



AFSTUDEERSCRIPTIE PLANTVEILIGHEID



Brand uitbreidingsrisico van groene gevels

BIJLAGEN:

Auteurs:

F. Verbrugge	:Student- 634178
M. Diks	:Student- 617365

Begeleiding

E. Rutgers	:HAN Begeleiding
L. Clijsen	:HAN Begeleiding
R.A.P. van Herpen	:Peutz Begeleiding

31-03-2023



Informatiepagina

Onderzoek

Document: Bachelor scriptie | Bijlagen
Versie: 2.0
Datum: 31-03-2023
Opdrachtgever: Peutz B.V.
Bedrijfsbegeleider: Ruud van Herpen
Schoolbegeleiders: Ellen Rutgers & Lienke Clijsen
Auteurs: Fiona Verbrugge & Maaïke Diks
Gecontroleerd door: Fiona Verbrugge & Maaïke Diks



Hogeschool

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
HBO Bouwkunde
Ruitenberglaan 26, 6826 CC Arnhem | Academie Built Environment
<https://www.han.nl/>



Afstudeerbedrijf

Peutz bv
Peutz Mook
Lindenlaan 41, 6584 AC Molenhoek
<https://www.peutz.nl/>



Inhoudsopgave

Bijlage 1: Afkortingen en begrippenlijst

Bijlage 2: Plan van aanpak

Bijlage 3: Literatuurstudie

Bijlage 4: Onderbouwing probleemstelling

Bijlage 5: Deskresearch; Groene gevels en brandgedrag van groene gevelsystemen

Bijlage 6: Deskresearch; Brandveiligheid van gevels

Bijlage 7: Deskresearch; Bepaling brand uitbreidingsrisico

Bijlage 8: Deskresearch; Restrictie's testmethoden

Bijlage 9: Rapport; HAN experiment

Bijlage 10: Rapport; SBI-testen





BEGRIPPEN EN AFKORTINGEN

8 januari 2023

Bijlage 1

M. Diks

617365

1 Afkortingenlijst

Afkorting	Betekenis
A	De gebruiksoppervlakte van het brandcompartiment, bepaald volgens NEN 2580 [m ²] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
F(A)	Frequentie per jaar van een potentieel ernstige initiële brand in het brandcompartiment [1/jaar] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
$F_{norm}(A)$	Normatieve (aanvaardbare) overschrijdingsfrequentie per jaar voor de gebruiksoppervlakte A van het brandcompartiment door brand [1/jaar] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
$F_{os}(A)$	Verwachte overschrijdingsfrequentie per jaar van de gebruiksoppervlakte van het brandcompartiment door brand [1/jaar] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
ISO	De ISO codering staat voor de wereldwijde codering van normen. (ARBO centrum compleet veilig, 2022)
K_1	Frequentie per jaar van een potentieel ernstige initiële brand, per vierkante meter gebruiksoppervlakte [1/m ² *jaar] Verstekwaarde voor niet-slaapfuncties: $10^{-3} [1/(m^2*jaar)]$ (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 17, 87)
NEN-EN norm	NEN-EN staat voor de Eurocode dat een bepaalde norm niet alleen in Nederland geldt maar in geheel Europa. (ARBO centrum, 2022)
NEN-norm	NEN staat voor Nederlandse Norm, NEN is ook de naam van het samenwerkingsverband tussen het Nederlands Normalisatie-instituut en de Stichting NEC. (ARBO centrum, 2022)
P	De uiteindelijke faalkans, in dit onderzoek verkregen door: $P_1 * P_2 * P_3$ (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P_1	De kans, gegeven ontsteking, dat een initiële brand in het NEN 6079-compartiment die potentieel ernstig is, zich daadwerkelijk ontwikkelt tot een lokale brand [-] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
$P_{1,0}$	Constante factor die de gemiddelde kans vertegenwoordigt van blussing door aanwezigen en blussing door de brandweer als de brand nog zeer klein is. $P_{1,0}$ is de verstekwaarde van P_1 en is gelijk aan 0,04[-]. (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P_2	De kans, gegeven een lokale brand in het brandcompartiment, dat deze doorgroeit tot een volledig ontwikkelde compartimentsbrand [-] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
$P_{2,b}$	$P_{2,b}$ de kans P_2 voor geval b, gelijk aan 0,8 [-], verstekwaarde voor de faalkans van het smoren van de brand door zuurstoftekort. Van toepassing als: de betreffende ruimte niet groter is dan 300m ³ ; alle deuren en ramen in de omhulling gesloten zijn en de beglazing tenminste bestaat uit dubbelglas. (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 17, 90)
P_3	De kans, gegeven een ontwikkelde compartimentsbrand in het brandcompartiment, op het falen van ten minste één brandscheidingsconstructie [-] (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P_4	De kans op een branduitbraak (hierbij verspreid de brand zich naar omliggende percelen). (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016)
$P_{norm}(A)$	De maximale toegestane faalkans. (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
SBI-test	Single Burning Item test, dit is een van de testmethoden die in Nederland gebruikt wordt om de brandklasse te bepalen. (Rockpanel, 2022)
WBDBO-waarde	De waarde voor de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag, deze waarde geeft de mate van brandwerendheid aan. (HILTI, 2022)



2 Begrippenlijst

Begrip	Betekenis
Biodiversiteit	Biodiversiteit of biologische diversiteit is een graad van verscheidenheid aan levensvormen binnen een gegeven ecosysteem. (Wikipedia, 2022)
Brand uitbreidingsrisico	De kans dat een potentieel bedreigende brand zich uitbreidt naar buiten het acceptabele uitbreidingsgebied. In dit onderzoek is dat branduitbreiding naar een ander brandcompartiment. (Herpen, Voortgangsbepreking 1, 2022)
Brandbestrijdingsplan	Verzameling van alle gegevens over de maatregelen en voorzieningen om brand en de gevolgen van brand in een bedrijf of instelling zo gering mogelijk te houden. (Encyclo, 2023)
Brandcompartiment	Een brandcompartiment is een deel van een gebouw dat bij brand als zelfstandige eenheid beschouwd kan worden. De brandcompartimenten moeten ervoor zorgen dat gedurende een bepaalde tijd van minimaal 20 minuten het vuur en de rook tegengehouden kunnen worden, zodat er een veilige vrije vluchtroute gecreëerd kan worden. (Wikipedia, 2022)
Branddoorslag	Branddoorslag is branduitbreiding die niet via de buitenlucht verloopt (bijvoorbeeld van het ene compartiment naar het andere binnen het 'afgesloten' gebouw). (Bouwen met staal, 2022)
Brandgedrag	Onder het brandgedrag worden, naast de echte brandbaarheid, ook de rookontwikkeling en de druppelvorming bij brand begrepen. (Vree, brandklasse, brandgedrag, 2022)
Brandkamer	Dit is een ruimte onder in een brandtestopstelling waar de warmtebron gepositioneerd kan worden. De brandkamer ligt terug ten opzichte van de gevel en doordat het vuur naar boven wil zal er een uitslaande vlam naar de te testen gevel ontstaan. (brandveilig.com, 2018)
Brandklasse	De brandklasse is het gedrag van een materiaal bij brand, eenvoudig gesteld de brandbaarheid ervan. (Vree, brandklasse, brandgedrag, 2022)
Brandoverslag	Brandoverslag is de uitbreiding van een brand van de ene ruimte naar een andere ruimte, uitsluitend via de buitenlucht. Door warmtestraling kan een brand zich via de lucht uitbreiden. (Brandveiliggebouw.nu, 2019)
Branduitbraak	De kans op branduitbreiding, via brandoverslag, naar gebouwen op buurpercelen. (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016)
Brandvermogen	De hoeveelheid energie die per tijdseenheid vrijkomt bij een brand, uitgedrukt in kW of MW. (Nederlands Instituut Fysieke Veiligheid, 2019)
Brandwerendheid	Brandwerendheid gaat over delen van de constructie en betreft de tijd die een constructie (bijvoorbeeld een wand of deur) de brand tegen kan houden. (Rijkswaterstaat Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2011)
Capillaire werking	Water/vocht wat omhoog kruipt in een smalle buis of stof tegen de zwaartekracht in. (Wikipedia, 2022)
Cavity barrier	Cavity barriers zijn een soort van firestops in de spouw en gaan vooral het warmtetransport doormiddel van convectie tegen. (Herpen, Feedback, 2022)
Conditioneren	Het in evenwicht brengen van de relatieve vochtigheid en temperatuur van een materiaal en omgeving ten behoeve van eenduidige testresultaten. (Dechering, 2022) (Encyclo.NL, 2022)



Equivalent brandduur	De equivalent brandduur is gedefinieerd als het tijdstip conform de standaard brandontwikkeling waarop een gelijke energie-inhoud opgelegd is aan constructie als met OZone berekend. (Nieman Raadgevende Ingenieurs Zwolle, 2009)
Firestop	Een firestop is een passieve vorm van brandwerendheid die wordt gebruikt om openingen/ aansluitingen tussen verschillende brandscheidingen (denk aan de aansluiting tussen wanden en vloeren) te sluiten. Firestops zijn ontworpen om de brandwerend scheiding dicht te maken en zo de verspreiding van brand en rook tegen te gaan. (Wikipedia, 2022)
Flashover	Flashover of vlamoverslag is een term in de brandbestrijding waarmee het explosief ontbranden van in een ruimte aanwezige gassen wordt (Provincie Antwerpen, 2022)aangeduid.
Gastheer	Dier of plant dat al dan niet vrijwillig onderdak of steun biedt aan een ander organisme (z.o. parasiet, tussengastheer). (ENCYCLO.NL, 2023)
Geldigheidsgebied	Het geheel van voorwaarden waaronder een brandklasse mag worden toegepast. (Encyclo.NL, 2022)
Geotextiel	Geotextiel is doorlaatbaar textiel dat gebruikt wordt in combinatie andere materialen bij vooral water- en wegenbouwkundige toepassingen. Het kan naar wijze van fabricage onderverdeeld worden in geweven, niet-geweven en gebreid. (Wikipedia, 2020)
Gevel gebonden groene gevels	Bij een gevelgebonden groene gevel wordt een systeem aan de muur gemonteerd waarin de planten zijn geplaatst. Deze systemen kunnen samengesteld worden uit modules, plantenbakken of zakken met geschikte planten. (ZNSTD, 2022)
Gevolgklasse	Klasse waarin een constructie wordt ingedeeld volgens NEN-EN 1990, waarbij de ernst van de gevolgen van bezwijken van de constructie maatgevend is voor de bepaling van de klasse. (Vree, Gevolgklasse, 2022)
Groene gevel	Een groene gevel is een met planten begroeide muur. In dit onderzoek wordt er vooral uitgegaan van gevelgebonden groene gevels. (Amsterdam Rainproof, 2022)
Grondgebonden groene gevels	De meest voorkomende groene gevels zijn grondgebonden en komen voort uit een geveltuint. De klimplant wordt aan de voet van de gevel in de grond geplaatst en groeit omhoog, al dan niet met of zonder klimhulp. (ZNSTD, 2022)
Hechtwortels	Hechtwortels zijn wortels, die zich in de lucht ontwikkelen en die bij klimplanten en epifyten de vasthechting van de stengels aan een substraat teweegbrengen. In ons klimaat zijn zij alleen bij de klimop bekend, in de tropen komen zij daarentegen veel voor. (Argrarische encyclopedie, 1954)
Houtkrib	Een houtkrib is een geordende stapel hout die vastgenageld is en die, met behulp van een brandbare vloeistof, vanaf onderaan in brand gestoken wordt. (Mierlo, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021) (Andersson, Wood crib test 6 RISE, 2022)
Maatgevend effect	Dit is een gebeurtenis die kan ontstaan en alles bepalend is voor je risicoanalyse, in dit onderzoek gaat het om een gebeurtenis die je ten alle tijden wilt voorkomen. (Wikipedia, 2022)
Natuurlijke brand(concept)	In het Natuurlijk brandconcept wordt de brandontwikkeling in brandruimte beschreven. Verondersteld wordt dat de brand tot deze ruimte beperkt blijft. (Cajot, Haller, & Pierre, 2014)



Ontstekingsfrequentie	De frequentie per jaar dat een potentieel ernstige brand zich in een brandcompartiment voordoet [1/jr]. (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016)
Overschrijdings-frequentie	Gemiddeld aantal keren dat in een bepaalde tijd een verschijnsel een zekere waarde bereikt en overschrijdt (betekenisdefinitie, 2022)
Ozone	Een programma dat gebruikt wordt om een natuurlijke brand te simuleren. (Herpen, Uitleg Ozone, 2022)
Prestatie-eisen	Een prestatie-eis is een in maten of getallen uitgedrukt voorschrift met betrekking tot een eigenschap van een bouwconstructie of -onderdeel. (ENCYCLO, 2023)
Rankende planten	In de plantkunde zijn ranken gespecialiseerde stengels (stengelranken), bladeren (bladranken) of bladstelen met een draadachtige vorm die door klimplanten worden gebruikt voor ondersteuning en hechting, waarbij ze zich winden om alles wat ze aanraken. (Wikipedia, 2022)
Schoorsteeneffect	Het schoorsteeneffect is de opwaartse beweging van de binnen lucht in een gebouw of een koker, doordat deze lucht warmer is en dus lichter dan de buitenlucht. Die beweging zorgt voor aanzuiging van verse lucht onderaan in het gebouw of de koker en stuwt de warme lucht aan de bovenkant naar buiten. (Gids Duurzame Gebouwen, 2016)
Standaardbrandkromme	Een diagram dat het verband weergeeft tussen het verloop van de tijd en de temperatuur gedurende een standaardbrand ontwikkeling. (Bouwen met Staal, 2022)
Stralingsflux	De meetwaarde voor de vrijgekomen stralingswarmte van een brand uitgedrukt in kW/m ² . (den Boer, et al., 2019)
Uitslaande vlam	De vlam die tijdens een volledig ontwikkelde compartimentbrand via een gevelopening naar buiten komt. (Herpen, Voortgangsbespreking 1, 2022)
Verstekwaarden	Een vooraf bepaalde (standaard) waarde die kan worden gebruikt als de gebruiker geen situatie specifieke waarde kan leveren. (Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016)
Vleugels	De SBI-testopstelling is een hoekopstelling, de twee zijden die samen de hoekvormen worden vleugels genoemd. (Dechering, 2022)
Vuurlast	De vuurlast staat voor de totale verbrandingswaarde (bij volledige verbranding) van alle brandbare materialen in, op en aan een gebouw. (Brandpreventie Twente, 2022)
Warmtebron	Een voorwerp dat warmte afgeeft, tijdens een brandtest kan dit gaan om een houtkrib of een gasbrander (Woorden.org, 2023)





BRANDVEILIGHEID GROENE GEVELS

Plan van aanpak

9 januari 2023

Bijlage 2

F. Verbrugge en M. Diks

634178

617365

Inhoudsopgave

1	Aanleiding	4
1.1	Onderwerp	4
1.2	Vraagstuk	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Achtergronden	5
2.1	Afstudeerbedrijf	5
2.2	Opdrachtgever	5
2.3	Afstudeerbegeleiders	5
2.4	Afstudeergroep	5
3	Probleemstelling	7
4	Doelstelling	7
5	Afbakening	8
5.1	De te onderzoeken onderwerpen	8
5.2	De afgebakende onderwerpen	8
6	Hoofd- en deelvragen	9
6.1	Hoofdvraag	9
6.2	Deelvragen	9
7	Eindproduct	10
7.1	Producten HAN	10
7.2	Producten Peutz	10
7.3	Presentatie vorm	10
8	Theoretisch kader	11
8.1	Relevante begrippen	11
9.1	Relevante theorieën en modellen	12
10	Onderzoeksmethodiek	13
10.1	Het soort onderzoek	13
10.2	Dataverzameling	13
10.3	Data omschrijving	13
10.4	Data-analyse	13
10.5	Onderzoeksvoorwaarden	14
10.6	Risicoanalyse	14
10.7	Bronvermelding	14
11	Kwaliteitsbeheersing	15
11.1	Ambitie	15
11.2	Communicatie	15
11.3	Bestandsbeheer	16
11.4	Programma's	17



11.5	Controle rapporten	17
11.6	Omgang begeleiders vanuit de HAN	17
11.7	Omgang begeleider Peutz.....	18
11.8	Werktijden	18
11.9	Urenstaten en planning	18
11.10	Vergaderingen	18
11.11	Verantwoordelijkheid	19
11.12	Ziekte en afwezigheid	19
11.13	Risicoanalyse.....	19
12	Werkplanning.....	21
13	Concept-literatuurlijst.....	22
13.1	Nog te gebruiken bronnen.....	22
13.2	Bibliografie.....	22
14	Bijlagen	22
14.1	Bijlage a; Cijferlijst Fiona	23
14.2	Bijlage b; Cijferlijst Maaïke	24

1 Aanleiding

1.1 Onderwerp

Het onderzoek zal gaan over de brandveiligheid van groene gevels. Hierbij zullen diverse onderwerpen aanbod komen. De hoofdonderwerpen tijdens dit onderzoek zullen als volgt zijn: de wet & regelgevingen die betrekking hebben op de gevels van hoogbouw, de diverse maatregelen die getroffen kunnen worden om een gevel brandveilig te maken en enkele systemen om een groene gevel te kunnen maken. Ook zal er gekeken worden naar de toe te passen planten, de bijbehorende grondsoorten en de verschillende mogelijkheden voor de watervoorziening van de groene gevel.

1.2 Vraagstuk

Vanuit de opdrachtgever komt er steeds vaker de vraag om groene gevels toe te passen in het ontwerp. Het toepassen van een groene gevel heeft niet alleen een esthetische waarde voor de omgeving, ook de luchtkwaliteit van de omgeving wordt verbeterd door het toepassen van levend groen. De toepassing van levend groen trekt op haar beurt ook weer dieren en insecten aan waardoor een groene gevel bijdraagt aan de biodiversiteit van de omgeving. Uit enkele onderzoeken blijkt ook dat een groene leefomgeving de levenskwaliteit van mensen op een positieve manier beïnvloed. Zo zouden mensen zich rustiger en minder gestrest voelen. Doordat een groene gevel voornamelijk uit planten bestaat krijgt de gevel een zachter en minder egaal oppervlak dan bijvoorbeeld een gevel bestaande uit bakstenen of stucwerk, dit zou betekenen dat een groene gevel ook de akoestiek verbeterd. Nog een belangrijke reden om voor een groene gevel te kiezen is dat de toepassing van planten verkoeling met zich meebrengt. Met oog op de klimaatverandering en de hitte stress die zich zeker zomers in de steden steeds meer voordoet zou de toepassing van groene gevels kunnen helpen in het creëren van een aangenamere leefomgeving.

Naast de vele positieve effecten van groene gevels zijn er ook een aantal nadelen aan deze ontwerp-optie. Zo wordt er een nieuwe schil toegevoegd aan de gevel welke een serieus risico zou kunnen vormen voor de brandveiligheid van de gevel en daarmee het achterliggende gebouw. De nieuwe schil bestaat uit organisch materiaal wat in principe brandbaar is, tevens wordt er een tweede luchtsponw toegevoegd die trekkende lucht tot gevolg heeft wat een groot risico vormt voor de brandvoortplanting via de gevel en kortsluiting tussen brandcompartimenten tot gevolg kan hebben. Echter wordt deze nieuwe schil niet meegenomen in de berekeningen rondom de brandveiligheid van de gevel. Dit houdt in dat deze schil van planten en grond ervoor kan zorgen dat het brandgedrag van de gevel veranderd zonder dat men echt weet in welke mate dit effect positief of negatief is.

1.3 Leeswijzer

Als eerste wordt er iets verteld over de achtergrond van dit onderzoek en wie onder andere aan dit onderzoek zullen mee helpen. Vervolgens wordt de probleemstelling toegelicht, waaruit de hoofd- en deelvragen zijn ontstaan. Het doel van het onderzoek en het te maken eindproduct volgt daarna. Om ervoor te zorgen dat alle jargon in het onderzoek duidelijk is, zijn er theoretisch kaders opgesteld met een begrippenlijst en de relevante theorieën en modellen. De opzet van het onderzoek wordt stap voor stap uitgelegd zodat het duidelijk is waar er informatie vandaan gehaald zal worden, hoe er mee omgegaan wordt en hoe de risico's op foutieve informatie beperkt worden. De werkplanning zal opgebouwd worden uit de onderzoeksopzet en het tijdschema. Het plan van aanpak wordt afgesloten met de concept literatuurlijst waarin de nog te gebruiken bronnen en gebruikte bronnen vermeld staan.



2 Achtergronden

2.1 Afstudeerbedrijf

De Peutz Group is een groep van onafhankelijke ingenieursbureaus, die advies geven op gebied van akoestiek, bouwfysica, milieutechnologie, geveltechniek en brandveiligheid. Peutz Group beschikt over diverse digitale meet- en rekentechnieken en over laboratoria met geavanceerde technologieën waardoor ze instaat zijn specifiek advies te geven van hoge kwaliteit. De filosofie van het bedrijf is het vergroten van haar eigen kennis en een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van de vakgebieden. Het ter beschikking stellen van stageplekken en meewerken aan cursussen wordt als een maatschappelijke taak gezien binnen het bedrijf.

Peutz Group bestaat uit 5 bedrijven met verschillende vestigingen.

1. Peutz b.v. Geveltechniek heeft 4 vestigingen te Eindhoven, Groningen, Mook en Zoetermeer.
2. SONOR Kalibratie te Zoetermeer
3. Peutz Consult GmbH bestaat uit 4 vestigingen te Berlijn, Dortmund, Düsseldorf en Nürnberg.
4. Peutz S.A.R.L Cosil Peutz Lightning Design is gevestigd in Lyon en Parijs.
5. Daidalos Peutz heeft 2 vestigingen in Hoogdele en in Leuven.

Peutz Group is een vennootschap sinds 1963 en is opgericht in 1954. De directie wordt gevormd door de heren ir. M.L.S. Vercammen, ir. J.F.W. Koopmans, ir. C.I. Esmeijer, ir. J.A. Eijsackers en ing. D.J. den Boer. De groep bestaat uit 4 adviesbureaus met in totaal 310 medewerkers en 12 vestigingen.

2.2 Opdrachtgever

Ruud van Herpen is een brandveiligheidsdeskundige en werkt al jaren in deze branche. Naast het werk wat hij sinds 2021 voor Peutz doet, is hij ruim 10 jaar werkzaam als docent en afstudeerbegeleider aan de Technische Universiteit Eindhoven. Voordat hij bij Peutz ging werken heeft hij 18 jaar lang gewerkt bij Nieman raadgevende ingenieurs als brandveiligheidsadviseur. Door de jaren heen heeft hij veel ervaring opgedaan en heeft hij dit gedeeld in de branche door middel van spreken op congressen en hogescholen. Momenteel is hij ook werkzaam in een NEN-vakgroep om de normen rondom brandveiligheid te herschrijven en te verbeteren. Zijn hoeveelheid kennis, ervaring en inzicht in dit vakgebied maakt hem een uitstekende praktijkbegeleider voor dit onderzoek.

2.3 Afstudeerbegeleiders

Dit onderzoek wordt begeleid door twee afstudeerbegeleiders. De eerste begeleider is Ellen Rutgers, zij is docente op het gebied van constructie en mechanica op de opleiding Bouwkunde aan de HAN. Naast deze twee vakken heeft ze ook veel verstand van organisatie en bouwtechniek. Dit maakt haar tot een goede begeleider voor dit afstudeeronderzoek aangezien er veel verschillende aspecten aan bod zullen komen tijdens het onderzoek. De tweede begeleider is Lienke Clijsen, zij is ook docente op de opleiding Bouwkunde aan de HAN. Zij doceert in het vak materiaalkunde en heeft zich gespecialiseerd in duurzaamheid. Deze combinatie maakt haar tot een goede begeleider voor dit onderzoek aangezien er veel gekeken zal moeten worden naar de materiaaleigenschappen om tot een goede en duurzame oplossing te komen.

2.4 Afstudeergroep

Deze afstudeergroep bestaat uit twee mensen, Fiona Verbrugge en Maaïke Diks.

Fiona Verbrugge

Fiona Verbrugge is 23 jaar oud en is in het studiejaar 19'20' van start gegaan met de opleiding HBO-bouwkunde aan de HAN. Aan het einde van het 2^e leerjaar heeft zij ervoor gekozen om zich te specialiseren in bouwtechniek. In het laatste jaar van de opleiding zal ze beginnen met haar afstudeeronderzoek wat gevolgd wordt door een minor die mogelijk in het buitenland plaats zal vinden.



Persoonlijke leerdoelen

1. Brandveiligheid brengt veel risico met zich mee, ik wil leren om brandveiligheid risico's te berekenen en in kaart te brengen.
2. Communicatievaardigheden professionaliseren. Hiermee wil ik mijn agenda's en notulen opstellen. Mijn schrijfvaardigheden professionaliseren en op een academische manier een rapport leren schrijven.
3. Het zelfstandig leren opzetten van een geavanceerde praktijk proef. Hierbij zal veiligheid, uitvoerbaarheid en het behalen voor het beoogde resultaat een groot onderdeel zijn. Tijdens dit onderzoek zal er een brandproef gedaan worden, hierin wil ik het voortouw nemen en dit zo ver mogelijk voorbereiden en uitvoeren.
4. Het onderbouwen van bepaalde keuzes is van groot belang bij het doen van een onderzoek. Voordat er een brandproef zal worden gedaan moeten er keuzes gemaakt worden over systemen en materialen. Hierin wil ik de keuze zo ver mogelijk technisch leren onderbouwen.

Maaïke Diks

Maaïke Diks is 22 jaar oud, ze is in het studiejaar 17'18' begonnen met de opleiding HBO Bouwkunde aan de HAN. Tijdens haar studie heeft ze gekozen voor de verdieping constructie en voor de minor heeft ze Low Ec& High Tech van de HAN gevolgd.

Persoonlijke leerdoelen

1. Gedurende deze afstudeerperiode wil ik mij gaan verdiepen in de regels rondom brandveiligheid. Aan het einde wil ik in staat zijn een element te beoordelen op haar brandgedrag en hoe deze zich verhoudt op tot de gestelde eisen.
2. Ik zou tijdens het afstuderen mij willen verdiepen in de simulatieprogramma's die Peutz gebruikt om brandgedrag te simuleren (bijvoorbeeld Ozone). Ik hoop hiermee een globaal beeld te krijgen van hoe de programma's ongeveer werken en welke onderdelen hiermee te onderzoeken zijn.
3. Ik zou mijn kennis over groene gevelsystemen graag willen uitbreiden zodat ik niet alleen globaal weet welke systemen er zijn maar ook wat de voor- en nadelen van deze systemen zijn en hoe de montage van dergelijke systemen in elkaar zit.
4. Ik zou graag willen leren hoe je een (goed) interview afneemt en hoe je deze moet organiseren en aanvliegen aangezien ik hier nog geen ervaring mee heb.
5. Gedurende mijn studie vond ik het altijd lastig om een nieuw onderzoek op te starten en af te bakenen, terwijl hierbij vaak al basis kaders werden gegeven. Tijdens deze periode wil ik leren om dit zelf te doen in plaats van dat ik hiervoor telkens op groepsgenoten moet terugvallen. Ik wil zelf leren kaders te stellen en inschattingen maken over hoelang het maken van een bepaald product duurt waardoor ik de diepgang van een onderzoek en daarmee de planning beter kan inschatten en opstellen.



3 Probleemstelling

Tijdens het onderzoek is onderzoek gedaan naar de omissies van de diverse (N)EN-normen en bijbehorende testmethodes die van toepassing zijn op de brandveiligheid maar er is ook kritisch gekeken naar het huidige BouwBesluit van 2012 zelf. Zo wordt er structureel geen onderscheid gemaakt in groene gevels, terwijl dit niet als een “standaard” gevel kan worden beschouwd. Een groene gevel is een levende gevel waarin aspecten zoals klimaat, seizoenen en onderhoud een veel grotere rol spelen dan bij bijvoorbeeld een houten, gestucte of bakstenen gevel afwerking. Een levende gevel kent zoveel variabelen dat deze niet te vatten zijn binnen de huidige regelgeving. Het gebrek aan wettelijke kaders voor het geldigheidsgebied en de beperkingen van de testmethode creëren mogelijkheden voor het maken van goedkopere (en minder veilige) oplossingen. Zo zou men kunnen zeggen dat levend groen niet als (extra) vuurlast wordt gezien, wat een bedreiging kan vormen voor de brandveiligheid van een gevel en daarmee het gehele gebouw.

(Urban Technology, 2019) (Herpen, 2022)

4 Doelstelling

Momenteel is er te weinig kennis over de invloed van groene gevels op de brandveiligheid van een gebouw. Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in het brandgedrag en het risico van beplanting op de gevel. Vanuit het onderzoek kan er het basisprincipe van het brandrisico gedeeld worden met deskundigen. Doordat er een aantal aspecten zijn die afgebakend zullen worden zal het resultaat van ons onderzoek niet meteen bruikbaar zijn in de praktijk. Het is de bedoeling dat naast informeren, er ook geïnspireerd wordt tot nieuwe onderzoeken en innovatie. Hierdoor zal er uiteindelijk geadviseerd kunnen worden over de brandveiligheid van groene gevels naar de opdrachtgevers.



5 Afbakening

Aan de hand van een woordspin zijn alle onderwerpen bedacht en is er een keuze gemaakt wat er wel en niet in het onderzoek wordt meegenomen. De keuzes zijn ontstaan door te focussen op de onderzoeksvraag en de specifieke onderwerpen die nodig zijn om deze vraag te kunnen beantwoorden.

5.1 De te onderzoeken onderwerpen

- Groene gevels en de bijkomende onderdelen
- Brandgedrag van groene gevel materialen
- Wet- en regelgeving
- Risicoanalyse methode
- Testmethodes in Nederland en andere Europese landen en de bijkomende risico's

5.2 De afgebakende onderwerpen

- Brandveiligheid, met uitsluiting van:
 - o Horizontale brandscheiding: In het onderzoek wordt de focus gelegd op de verticale brandscheiding om het onderzoek haalbaar te maken. Tevens wordt de focus gelegd op de brandveiligheid van de gevel zodat deze niet meewerkt aan de brandverspreiding in een gebouw in plaats van dat de focus wordt gelegd op de brandveiligheid van een heel gebouw.
 - o Rookvorming en verspreiding: er zijn geen eisen gekoppeld aan rookvorming en verspreiding buiten een gebouw omdat hier geen eisen aan gekoppeld zijn ontbreekt er ook een wettelijk toets kader. Het ontbreken van deze eisen maakt dit onderwerp minder relevant voor dit onderzoek waardoor dit dan ook buiten beschouwing wordt gelaten.
 - o Achterliggend gevelsysteem: tijdens het onderzoek wordt de focus gelegd op het brandgedrag van de schil die gevormd wordt door het toepassen van groene gevels. Om de uitslagen van de onderzoeken specifiek voor de groene gevelsystemen te houden wordt er gerekend met een achterliggend gevelsysteem die voldoet aan de brandklasse A2 of A1. Op deze manier kan men zich ervan verzekeren dat de achterliggende gevel alleen een verwaarloosbaar kleine invloed uitoefent op het brandgedrag van het groene gevelsysteem.
 - o Brandoverslag naar omliggende percelen: gedurende het onderzoek zal er gekeken worden naar het brand uitbreidingsrisico voor het gebouw waarop de groene gevel zich bevindt.
- Gebouwtypen, met uitsluiting van:
 - o Gebruiksfunctie die geen woonfunctie is: een gebouw met als hoofdfunctie 'wonen' zal relatief snel in aanmerking komen voor het toepassen van een groene gevel. Aangezien een woonfunctie ook te maken heeft met slaap gebruik zijn de eisen omtrent brandveiligheid hoger dan bij een kantoorfunctie. Tevens zal bij een woonfunctie een brand minder snel door het gehele gebouw ontdekt worden ten opzichte van een bedrijfspand met overkoepelende brandmelding- en blussystemen. Bij overige gebruiksfuncties is het minder voor de hand liggend om groene gevels toe te passen, hierdoor zullen deze achterwege gelaten worden.
 - o Hoogbouw: bij gebouwen hoger dan 70 m worden in Nederland extra eisen gesteld omtrent de brandveiligheid van het gebouw. Aangezien het niet aannemelijk is dat deze gebouwen ook boven de 70 m nog van een groene gevel worden voorzien wordt dit buiten de beschouwing van het onderzoek gelaten.



- Grondgebonden woningen: Veel grondgebonden woningen zijn eengezinswoningen. Bij deze type gebouwen zijn minder grote brandcompartimenteringen waardoor de uitbreiding van brand in de gevel minder sociaaleconomische gevolgen kan hebben dan bij hoogbouw. Dit is ook terug te zien in de gevolgklasse die gegeven wordt aan eengezinswoningen in verhouding tot de gevolgklasse van woongebouwen met meerdere verdiepingen. Om deze reden is er gekozen om dit onderdeel van het onderzoek achterwege te laten.
- Groene gevels, met uitsluiting van:
 - Gevelsystemen: Er zullen diverse gevelsystemen onderzocht worden, maar in verband met de vele variabelen die hierin mogelijk zijn zullen niet alle systemen onderzocht worden.
 - Grondsoorten: In het onderzoek naar groene gevels zal alleen de meest voorkomende voedingsbodem voor planten onderzocht worden.
 - Plantensoorten: De meeste groene gevelsystemen worden inclusief planten geleverd, de leveranciers hiervan hebben uitgebreid onderzoek gedaan naar plantensoorten en de bijkomstigheden van elk soort. Dit is de reden dat dit onderwerp kort aan bod komt en niet uitgebreid onderzocht zal worden. Daarnaast is de Duitse instelling Fire-Safe Green momenteel bezig met een uitgebreid onderzoek naar het brandgedrag van verschillende plantensoorten, wat in de nabije toekomst gepubliceerd zal worden.
- Kosten:
 - De kosten van gevelsystemen, testmethodes en andere onderwerpen zullen niet meegenomen worden in dit onderzoek. Het belangrijkste onderdeel van brandveiligheid is de veiligheid en dit zou niet gelimiteerd moeten worden door bijkomende kosten.

(Herpen, 2022)

6 Hoofd- en deelvragen

6.1 Hoofdvraag

Welke aspecten hebben invloed op het brand uitbreidingsrisico van een groene gevel naar een ander brandcompartiment?"

6.2 Deelvragen

- Wat is een groene gevel?
- Wat is het brandgedrag van de materialen die toegepast zijn bij groene gevels?
- Hoe wordt er nu omgegaan met de kans op branduitbreiding via (groene) gevels?
- Hoe kan het brand uitbreidingsrisico naar andere brandcompartimenten via de gevel worden bepaald?
- Wat zijn de restrisico's van de huidige testmethodes en voorschriften voor het brandgedrag van (groene) gevels?
- Wat is het effect van (gedroogde) beplanting en het substraat op het brandgedrag van groene gevels?



7 Eindproduct

Tijdens dit onderzoek zullen er een aantal producten ontstaan. Hieronder is aangegeven welke producten er aan het einde van het onderzoek voor wie beschikbaar zullen zijn.

7.1 Producten HAN

Product	Omschrijving
Plan van aanpak	Als eerste zal er een plan van aanpak gemaakt worden om onderlinge afspraken vast te leggen, tevens kan het door alle betrokken partijen gebruikt worden om inzicht te krijgen in hoe het onderzoek vormgegeven wordt.
Het hoofdrapport	Dit is het rapport wat aan de hand van het onderzoek gemaakt zal worden. De belangrijkste informatie en alle bevindingen zullen hierin te lezen zijn.
Bijlagen	In de bijlagen kunnen alle ondersteunende documenten voor het hoofdrapport terug worden gevonden.
Procesverslag	Het verslag waarin de weekstaten, notulen en reflecties worden samengevoegd. Hierin wordt duidelijk gemaakt wat de taakverdeling was, hoe de samenwerking is gegaan en wat de tussentijdse vergaderingen opgeleverd hebben.
Afstudeerzitting	De mondelinge onderbouwing van het onderzoek om de echtheid van het verslag te waarborgen.

7.2 Producten Peutz

Product	Omschrijving
Het hoofdrapport	Dit is het rapport wat aan de hand van het onderzoek gemaakt zal worden. De belangrijkste informatie en alle bevindingen zullen hierin te lezen zijn.
Bijlagen	In de bijlagen kunnen alle ondersteunende documenten voor het hoofdrapport terug worden gevonden.
Artikel	Informerend artikel over onze bevindingen voor Brandveilig.com

7.3 Presentatie vorm

Product	Omschrijving
PowerPointpresentatie	Presentatie ter onderbouwing van het onderzoek.
Optie: video	Ter aanvulling van de presentatie. Video van het experiment en/of de simulatie.



8 Theoretisch kader

8.1 Relevante begrippen

Begrippenlijst		
	Begrip	Betekenis
1	Standaard brandkromme	De gestandaardiseerde brandkromme geeft het verband weer tussen brandtijd en brandtemperatuur.
2	Natuurlijke brand	Een brand waarbij de mens niet ingrijpt, dus geen blusacties of sprinklerinstallaties etc.
3	Groene gevel	Een groene gevel is een met planten begroeide muur.
4	Meerdere verdiepingen gebouw	Gebouw dat bestaat uit meerdere bouwlagen waarbij de hoogste verdiepingsvloer tussen de 12m en de 70m hoog ligt.
5	Hoogbouw	Een gebouw hoger dan 70 m.
6	Grondgebonden woningen	Een woning die toegankelijk is vanaf straatniveau waarvan 1 woonlaag aansluit op het maaiveld. Vaak met erf of tuin.
7	Duurzaam	Een product of dienst is duurzaam als het zo aangeboden wordt dat het meer bijdraagt aan de gezondheid van het milieu, dier en mens dan dat het deze schaadt.
8	Brandveilig	Het beschermen van gebouwen en mensen tegen het ontstaan en de gevolgen van een brand.
9	Brandgedrag	Hoe een brand zich ontwikkelt.
10	SBI-test	Single Burning Item test, een test waarbij 1 brandend materiaal of voorwerp getest wordt.
11	Gebouwschil	De afscheiding van een gebouw tussen binnen en buiten.
12	Brandklasse	De brandklasse is het gedrag van een materiaal bij brand, eenvoudig gesteld de brandbaarheid ervan.
13	Brandcompartiment	Gedeelte van een bouwwerk bestemd als maximaal uitbreidingsgebied van een brand.
14	Branddriehoek	De benodigdheden voor het ontstaan van een brand. Dit bestaat uit zuurstof, brandstof en temperatuur
15	Gevolgklasse	Een klasse bepaling om de gevolgen van het bezwijken van een constructie te bepalen.
16	Private doel	Doel die betrekking heeft op het gebouw wat geen wettelijke eis is maar wel een belangrijk en vanzelfsprekend doel is.
17	Publiekrechtelijke doel	Doel die betrekking heeft op de omliggende gebouwen en omgeving wat geen wettelijke eis is maar wat wel een belangrijk en vanzelfsprekend doel is.
18	Faalkans	De kans waarop een bepaald effect zich voor kan doen waardoor de beoogde eis/doel niet meer behaald wordt.
19	Maatgevend effect	Het belangrijkste (negatieve) effect dat optreedt.

(Rossum, 2021)



9.1 Relevante theorieën en modellen

Risicoanalyse methode

Voor het onderzoek zal er niet alleen naar de wetgevingen gekeken moeten worden, omdat in sommige gevallen de wetgeving niet toereikend genoeg is of als er sprake is van een gelijkwaardigheidsbepaling. In deze gevallen zal er een risicoanalyse gedaan moeten worden, hierbij gaat het om de kans op een brand maal het effect dat het brand zou hebben. Voor deze analyse zal dan ook een kans en effecten classificatie gemaakt moeten worden. Voor de classificatie van de effecten zou er onder andere naar de eurocode gekeken kunnen worden welke onderscheid maakt in drie verschillende gevolgklasse (CC1, CC2 en CC3). Het maatgevende effect zou bepaald kunnen worden aan de hand van de risico subsystemen, het risico subsysteem dat bij dit onderzoek het meeste van toepassing is, is "Beperking van uitbreiding van brand".

Brand experiment

Als het mogelijk is om een brand experiment uit te voeren zal dit waarschijnlijk een SBI-test zijn. Tijdens een dergelijke SBI-test zou gekeken moeten worden naar het brandvermogen van een groene gevel. De volgende aspecten zouden moeten worden onderzocht: het brandgedrag en het type vlam, de straling functie en de tijd/duur van de vlam. Aan de hand hiervan zou men het brandvermogen kunnen bepalen.



10 Onderzoeksmethodiek

10.1 Het soort onderzoek

Het onderzoek zal een combinatie van kwalitatief en kwantitatief onderzoek zijn. Dit komt doordat er momenteel niet tot nauwelijks onderzoek is geweest naar dit onderwerp. Hierdoor zal er veel achtergrondinformatie gezocht worden tijdens de literatuurstudie. De nieuw te vergaren informatie zal gecreëerd worden met simulaties, rekenprogramma's en met een fysieke brandproef. Hier zullen tabellen en grafieken uit ontstaan die opgestelde hypothese zal bevestigen of weerleggen. De combinatie van de onderzoeksoorten zal ervoor zorgen dat de juiste informatie opgedaan wordt om een correcte conclusie te trekken aan het einde van het onderzoek.

10.2 Dataverzameling

De benodigde data zullen verzameld worden met behulp van diverse methodes. Zo zullen er literatuuronderzoeken gedaan worden waarbij de informatie gehaald wordt uit boeken en dat wat online te vinden is. Ook zullen er diverse experts benaderd worden om te helpen met het onderzoek hierbij moet men denken aan het afnemen van interviews. Bij interviews zal het gesprek, mits er toestemming is, opgenomen worden om naderhand getranscribeerd te worden. De concrete antwoorden worden hierbij uitgeschreven en gekoppeld aan de gestelde vraag. Relevante informatie die niet direct antwoord geeft op een gestelde vraag zal wel omschreven worden. Het is de bedoeling dat niet relevante informatie wegvalt zodat het interview duidelijk een rode draad heeft. Een deel van de informatie die benodigd zal zijn voor het onderzoek zal voortkomen uit experimenten, dit kan een digitale simulatie zijn maar ook een brandproef in de praktijk.

10.3 Data omschrijving

Literatuuronderzoek

Bij een literatuuronderzoek zal er informatie geciteerd worden of op eigen wijze geïnterpreteerd worden. Bij een citaat is het van belang dat dit op de correcte manier gedaan wordt. Er zullen geen grote lappen tekst geciteerd worden om een vermoeden van plagiaat te voorkomen. Wanneer er een citaat wordt gebruikt zal dit altijd volgens de APA-methode van de 6^e editie worden aangegeven.

Interview

De afgenomen interviews zullen als bijlagen toegevoegd worden en worden in de bronvermelding geplaatst. Hier zal vanuit het onderzoek naar gerefereerd worden. Interviews mogen geciteerd worden mits dit overeenkomt met de gemaakte opnamen en notulen van het gesprek.

Brand experiment

De kennis die er opgedaan wordt vanuit de brand practica zullen in het rapport komen te staan in de vorm van grafieken en tabellen. Tijdens de proeven zullen foto's gemaakt worden die als referentie afbeeldingen terugkomen in het onderzoek. De voorbereidingen op het practica zullen in de bijlagen toegevoegd worden. Om ervoor te zorgen dat de opgedane kennis van het practica concreet en bruikbaar is zal er naast de conclusie van de afstudeerders ook een conclusie gevraagd worden van de expert(s). Deze worden met elkaar vergeleken en opgenomen in het onderzoek.

10.4 Data-analyse

Het analyseren van data kan op bepaalde methoden gedaan worden. De methoden die er in dit onderzoek gebruikt zullen worden, zijn hieronder kort omschreven.

MCA

Met behulp van een Multi Criteria Analyse (MCA) zullen er bepaalde keuzes afgewogen worden. Het maken van een keuze van gevelsystemen, planten en grondsoorten zal een goede samenhang moeten hebben. Er wordt hierbij niet 1 onderwerp meegenomen met verschillende aspecten maar er wordt vooral naar de samenhang tussen deze onderdelen gekeken.



Simulatie vergelijkingen

Simulaties kunnen een goede informatiebron zijn mits deze goed geïnterpreteerd en geanalyseerd worden. De resultaten uit deze simulaties zullen met andere onderzoeken vergeleken worden. Hierbij zal de expertise van vakkundige werknemers van Peutz gevraagd worden.

Brand experiment

De praktijk proeven, waarbij gekeken gaat worden naar de effecten van een groene gevel op de brandveiligheid, zullen worden geanalyseerd met behulp van experts. De onderzoekers en de experts zullen los van elkaar een conclusie trekken die daarna besproken wordt met elkaar. Hierdoor kijken beide partijen er van een andere invalshoek naar en zal de definitieve conclusie concreet en kloppend zijn.

10.5 Onderzoeksvoorwaarden

De voorwaarden waaraan dit onderzoek moet voldoen zijn als volgt: er zal een gedegen literatuuronderzoek moeten worden uitgevoerd. Hiervoor is het van belang dat er uitsluitend betrouwbare bronnen worden gebruikt. Ook zullen de interviews goed voorbereid moeten worden om gerichte vraagstellingen mogelijk te maken. Hierbij is het van belang dat er ook naar de kundigheid van de te interviewen expert wordt gekeken. Er zal kritisch gekeken moeten worden naar de antwoorden die voortkomen uit een interview, met oog op eventuele partijdigheid. Indien hier sprake van is, zal de desbetreffende informatie elders bevestigd moeten worden voor om zeker te weten dat het betrouwbare data is.

Wanneer de data uit een zelfstandig uitgevoerd practicum moet blijken zal men eerst een gedegen plan moeten opstellen en de foutmarges in kaart moeten brengen. Indien mogelijk zal het practicum enkele keren herhaald worden om een nauwkeurig onderzoeksresultaat uit te wijzen.

10.6 Risicoanalyse

Net als ieder ander onderzoek brengt ook dit onderzoek risico's met zich mee. Een van de risico's is dat er door het beperkte tijdsbestek dat is gegeven voor dit onderzoek men sneller zou kunnen kiezen voor een eenvoudige oplossing of het eenvoudigste antwoord, in plaats van te kijken naar de beste uitkomst. Hieronder valt ook het minder goed natrekken van de gebruikte bronnen. Een ander risico voor dit onderzoek is de beperkte hoeveelheid gepubliceerde vooronderzoeken, hierdoor zullen er meer aannames genomen moeten worden of zal er vaker een praktisch onderzoek moeten worden uitgevoerd. Bij het uitvoeren van een praktisch onderzoek is de kans echter groot dat er een nog niet bekende foutmarge in het onderzoeksresultaat optreedt welke dan niet (voldoende) meegenomen kan worden in de conclusie. Wanneer er wordt gekozen een SBI-test te doen zal het lastig zijn om een correct onderzoek uit te voeren aangezien deze beperkt is tot een brandvermogen van 30 kW, dit is vergelijkbaar met een prullenbakbrand. In de praktijk kan zich ook een grotere bron voordoen met een veel hoger brandvermogen, denk hierbij aan een autobrand. Dit hogere vermogen zou een geheel ander effect op de brandontwikkeling in de gevel kunnen hebben.

10.7 Bronvermelding

De gebruikte bronnen dienen volgens de APA-stijl 6^e editie vermeld te worden aan het einde van elk rapport/onderzoek. Bronnen dienen elke dag bijgehouden te worden om ervoor te zorgen dat er niets wordt vergeten of overgeslagen. Ook is het de bedoeling dat er aan het einde van een paragraaf of alinea er een verwijzing komt naar de gebruikte bron.



11 Kwaliteitsbeheersing

11.1 Ambitie

Voordat er met een onderzoek gestart wordt is het belangrijk om te weten wat de ambitie van de onderzoekers is. Ambitie betekent het streven naar iets beters. Hiermee wordt bedoeld dat er vooraf aan het onderzoek een ideale situatie geschetst wordt waar naartoe gewerkt wordt. In dit onderzoek is de gezamenlijke ambitie ten eerste om het afstudeertraject met een 8,0 of hoger af te ronden. De persoonlijke groei van de afstudeerders staat centraal. Vooraf aan het onderzoek zullen leerdoelen geformuleerd worden waar er tijdens het onderzoek naar gestreefd wordt deze zo goed mogelijk te behalen. De verwachting is dat het onderzoek succesvol afgerond wordt op deze manier.

11.2 Communicatie

Communicatie binnen het team is van groot belang om de kwaliteit te kunnen waarborgen. Fiona en Maaïke zullen respectvol met elkaar omgaan. Om de communicatie zo goed mogelijk te laten verlopen zullen hieronder een aantal onderdelen benoemd worden waarin de gemaakte afspraken worden vastgelegd.

Begin van de dag

Aan het begin van elke werkdag zal er een kort reflectie- en voortgangsmoment zijn. Hierin vertellen beide afstudeerders kort waar ze mee bezig zijn, of ze denken dat de deadlines nog haalbaar zijn en wat de planning voor die dag is. Als er struikelpunten zijn met de werkzaamheden of partijen kan dit gedeeld worden zodat er samen een oplossing gezocht kan worden.

Door dit elke werkdag te doen zullen problemen zich niet snel opstapelen en zal de planning makkelijker te behalen zijn. Hierbij is geen agenda of notulen nodig, dit zal hooguit 5 à 10 min per dag zijn.

WhatsApp en bellen

Via whatsapp kan er snel contact gelegd worden tussen de afstudeerders. Dit kan voordelen en nadelen met zich meebrengen. Het voordeel is dat er snel een bericht gestuurd kan worden en gereageerd kan worden. Het is niet de bedoeling dat hier misbruik van gemaakt wordt en op niet gepaste tijden berichten gestuurd worden over het afstuderen mits hier van tevoren over gesproken is.

Thuiswerken

Wanneer de keuze is gemaakt om thuis te werken of afzonderlijk van elkaar te werken zal er bij vragen contact opgenomen worden via WhatsApp, mail en/of Teams. Via Teams heeft videobellen de voorkeur om het gesprek persoonlijk te houden en de sfeer te behouden. Bij thuiswerken kan er afgeweken worden van standaard werktijden, dit zal altijd in overleg gebeuren.

Voortgang, samenwerking en planning

Er zullen wekelijks korte vergaderingen worden in gepland om te reflecteren op de samenwerking en de voortgang. Dit zal zo veel mogelijk op de maandag gepland worden. Hierdoor zal de onderlinge communicatie niet verwateren en zullen irritaties zich niet ophopen waardoor de kwaliteit en goede sfeer gewaarborgd blijven. Tijdens deze vergadering zal er ook gekeken worden naar de actiepuntenlijst en de planning. Deze wordt geüpdatet zodat voor de komende week de plannen duidelijk zijn en de prioriteiten weer op een rijtje zijn gezet.



11.3 Bestandsbeheer

De bestanden die geproduceerd worden die betrekking hebben op het afstudeeronderzoek zullen geplaatst worden in de daarvoor bestemde Teams omgeving. Fiona Verbrugge, Maaïke Diks en Ellen Rutgers hebben toegang tot de bestanden en kunnen deze aanpassen. De teams omgeving is ingedeeld in een mappen structuur waarbij de bestandsnamen altijd beginnen met de volgende datumnotatie: YYYY-MM-DD.

De mappen structuur zal op de onderstaande wijze gebruikt worden.

Hoofdmap	Submap	Bestanden
00_Planning	00_Planning	Planning Excel die wekelijks wordt aangepast.
	01_Urenstaten	1 Excel bestand met de urenstaten in aparte tabbladen
01_Project afspraken	00_Definitief plan van aanpak	
	01_Overige afspraken	
02_Agenda's	00_HAN	Agenda's voor vergaderingen met HAN personeel
	01_Peutz	Agenda's voor vergaderingen met Peutz personeel
	02_Afstudeerpartners	Agenda's voor vergaderingen met Fiona en Maaïke
	03_Extern	Agenda's voor vergaderingen met externe partijen.
03_Notulen	00_HAN	Notulen van vergaderingen met HAN personeel
	01_Peutz	Notulen van vergaderingen met Peutz personeel
	02_Afstudeerpartners	Notulen van vergaderingen met Fiona en Maaïke
	03_Extern	Notulen van vergaderingen met externe partijen.
04_Externe documenten	00_HAN	Door de HAN aangeleverde bestanden
	01_Peutz	Door Peutz aangeleverde bestanden
	02_Contactpersonen	Overzicht met contactgegevens
	03_Voorbeeldstukken	Voorbeelden ter vergelijking van externe partijen.
05_Werkbestanden	00_Plan van aanpak	Plan van aanpak waar gezamenlijk in gewerkt wordt
	00_Plan van aanpak bijlagen	Bijlagen die behoren tot het plan van aanpak waar gezamenlijk in gewerkt wordt.
	01_Literatuuronderzoek Fiona	Bestand met het literatuuronderzoek van Fiona
	01_Literatuuronderzoek Fiona bijlagen	Bijlagen die bij het literatuuronderzoek horen van Fiona
	02_Literatuuronderzoek Maaïke	Bestand met het literatuuronderzoek van Maaïke
	02_Literatuuronderzoek Maaïke bijlagen	Bijlagen die bij het literatuuronderzoek horen van Maaïke
	Etc.	



06_ Concept stukken	00_Verstuurd	Concept stukken die verstuurd zijn voor Feedback
	01_Ontvangen	Conceptstukken waarbij feedback geleverd is door expert
07_Definitieve stukken	00_Definitief	Document stukken waarbij de laatste feedbackronde is verwerkt en is goedgekeurd
	01_Definitief Bijlagen	Bijlages waarbij de laatste feedbackronde is verwerkt en is goedgekeurd

In de 'submappen' van de werkdOCUMENTEN zal ook een map met 'vervallen' komen. Hierin komen alle oude/vervallen bestanden te staan waar niet meer in gewerkt zal worden.

11.4 Programma's

De programma's die gebruikt zullen worden zijn hieronder weergegeven.

Programma	Functie
Word	Verslagen; denk aan plan van aanpak, hoofdverslag etc.
Excel	Planning, urenstaten tabellen en grafieken etc.
PowerPoint	Presentatie onderdelen; posters en dia shows
Whiteboard	Maken van een mindmap tijdens online brainstormsessies
Teams	Opslaan van bestanden en het houden van online vergaderingen
Ozone	Simulatieprogramma voor natuurlijke branden.

Deze lijst zal zich naarmate het onderzoek vordert verder uitbreiden.

11.5 Controle rapporten

Elkaars werk controleren is van groot belang voor het waarborgen van de kwaliteit van het onderzoek. In de werkbESTANDEN zal er met arceringen gewerkt worden om een miscommunicatie te voorkomen en controle op elkaars werk te laten uitvoeren. Er is gekozen voor het coderen van de kopteksten aangezien dit ook terug te zien is in de inhoudsopgave. Hierdoor is er in een oogopslag te zien hoe alle zaken ervoor staan en wie welke taken nog open heeft staan. Tijdens de interne controle wordt er niet alleen gecontroleerd op inhoud maar ook op de spelling en opmaak van de tekst.

Arcering	Betekenis/actie
Kop	Hier moet nog aan begonnen worden
Kop	Te bespreken met expert
Kop	Wordt (samen) aan gewerkt
Kop	Te controleren door Maaïke
Kop	Te controleren door Fiona
Kop	Is intern gecontroleerd en goedgekeurd
Kop	Is extern gecontroleerd en goedgekeurd, definitief

11.6 Omgang begeleiders vanuit de HAN

Er is besloten om een hoofdcontactpersoon aan te wijzen voor het contact met de HAN begeleiders, dit om te voorkomen dat er te veel wisselende contacten zijn voor de begeleiders en om de kans op miscommunicatie te verkleinen. Maaïke is voornamelijk de contactpersoon voor de HAN begeleiders, Fiona zal wel in iedere mail wisseling gedeeld worden door haar toe te voegen in de CC.



11.7 Omgang begeleider Peutz

Er is besloten om een hoofdcontactpersoon aan te wijzen voor het contact met de begeleider vanuit Peutz, dit om te voorkomen dat er te veel wisselende contacten zijn voor de begeleider en om de kans op miscommunicatie te verkleinen. Fiona is voornamelijk de contactpersoon voor de Peutz begeleider, Maaïke zal wel in iedere mail wisseling gedeeld worden door haar toe te voegen in de CC. In de eerste weken zal er een wekelijks overleg met de begeleider plaatsvinden over de stand van zaken van het onderzoek en zal er ook feedback gegeven worden. Zodra het onderzoek echt van start is en goed loopt zal dit afgebouwd worden naar eens in de twee weken.

11.8 Werktijden

Bij Peutz zijn er flexplekken ter beschikking gesteld zodat er tijdens kantoortijden aan het onderzoek gewerkt kan worden. De werktijden zijn van 8:30 tot 17:15. In verband met de treintijden zal het kunnen voorkomen dat er een korte lunchpauze genomen wordt zodat de trein van 17:12 gehaald kan worden. Dit wordt altijd in overleg gedaan met de afstudeerpartner.

Van tijd tot tijd zal er ook op de HAN afgesproken worden om het contact met docenten en studenten niet te verliezen. De werktijden zijn dan van 8:30 tot 17:00

11.9 Urenstaten en planning

De urenstaten zullen dagelijks bijgehouden worden door de 2 afstudeer partners. Hierbij zal inzichtelijk worden hoeveel uur ieder aan het onderzoek besteed en hoeveel er in deze tijd gedaan kan worden.

Daarnaast zal ook de planning bijgehouden worden. Hierin wordt aangegeven wie waar mee bezig is, wat er gecontroleerd moet worden en wanneer de deadline is per onderdeel.

11.10 Vergaderingen

Elke maandag zal er een overleg zijn met Ruud van Herpen. Naarmate het onderzoek vordert zal dit teruggebracht worden naar 1 keer in de 2 weken. Onderwerpen waarbij de afstudeerders vast lopen zullen hierin besproken worden. De voortgang, haalbaarheid en kwaliteit van het onderzoek zal ook aanbod komen. Fiona zal hiervoor de agenda's maken, deze 24 uur van tevoren aan de genodigden sturen en Maaïke zal tijdens deze vergaderingen notuleren.

Vergaderingen met Ellen Rutgers en/of Lienke Clijsen zullen georganiseerd worden door Maaïke. Zij plant de dag, schrijft de agenda en zorgt ervoor dat iedereen deze op tijd ontvangt. Vergaderingen met overig HAN personeel zal op dezelfde manier georganiseerd worden. Fiona zal notuleren tijdens deze vergaderingen.

Vergaderingen en interviews met externe partijen zullen georganiseerd worden door de persoon die hier het meeste baat bij heeft. Dit zal van tevoren besproken worden. Interviews zullen zoveel mogelijk opgenomen worden zodat achteraf notuleren mogelijk is. Hierdoor zal er geen informatie over het hoofd gezien worden.

Wekelijks zal er ook een reflectie moment zijn om de samenwerking zo soepel mogelijk te laten verlopen. Hierin zal besproken worden wat beide afstudeerders gedaan hebben, hoe de samenwerking gaat en of er struikelpunten zijn in de werkzaamheden en communicatie. Eerlijkheid en respect voor elkaar zijn hierbij het belangrijkste, dit zorgt er voor dat beide afstudeerders in een zo prettig mogelijke sfeer kunnen werken om een zo goed mogelijk resultaat te behalen.



11.11 Verantwoordelijkheid

Beide afstudeerders zijn verantwoordelijk voor onderstaande onderdelen;

- Afspraken nakomen (op tijd komen, deadlines halen en woord houden)
- Planning bijhouden
- Bijhouden van urenstaten
- Literatuurstudie
- Kwaliteit van het onderzoek
- Veilig werken bij proeven
- Elkaars werk controleren op inhoud, betrouwbaarheid, taal en opmaak
- Respectvolle communicatie

Waar iedere afstudeerder persoonlijk voor verantwoordelijk is;

- Competenties en persoonlijke leerdoelen
- Het behalen van deze doelen

Wanneer de persoonlijke verantwoordelijkheden verwaarloosd worden kan afstudeerder 1, afstudeerder 2 hierop attenderen. Dit betekent niet dat afstudeerder 1 hier dan verantwoordelijk is.

11.12 Ziekte en afwezigheid

Door ziekte of andere omstandigheden kan het zich voordoen dat één student of beide studenten niet in staat zijn om te werken en voor één of meerdere dagen afwezig zullen zijn. Deze afwezigheid kan zorgen voor vertraging waardoor de planning mogelijk niet gehaald wordt. Deze vertraging kan worden ingehaald door thuis te werken, indien noodzakelijk zal er dan ook in het weekend gewerkt moeten worden. Wanneer één van de twee studenten voor langere tijd uitvalt zal er gekeken moeten worden hoe de situatie opgelost kan worden en zal er misschien zelfs een herverdeling van het werk moeten plaatsvinden om de planning te halen.

11.13 Risicoanalyse

- Er zijn diverse aspecten die een risico kunnen vormen voor de haalbaarheid en het slagen van dit onderzoek. Zoals in paragraaf 7.10 al is benoemd bestaat er de kans op ziekte en afwezigheid door omstandigheden bij de studenten.
- Een ander risico is een eventuele incorrecte planning of agenda afspraken. Als hier verwarring over ontstaat kan het zijn dat het onderzoek vertraging oploopt, om deze reden zal de planning regelmatig worden gecontroleerd en zo nodig worden geüpdatet. Wanneer hierin een wijziging komt wordt dit ook nog eens bewust gedeeld met de betrokkenen om miscommunicatie in de toekomst te voorkomen.
- De projectafbakening kan ook een risico vormen als deze niet goed geformuleerd is of als deze te weinig of juist te veel van het onderzoek afbakt. Om hier een goede balans in te vinden wordt de projectafbakening gedeeld met zowel de begeleider vanuit het bedrijf als met de begeleiders vanuit de HAN. De feedback die hierop gegeven wordt zal uiteraard meegenomen worden om het plan van aanpak te verbeteren.
- Door het falen van apparatuur bestaat er ook het risico op data verlies. Om dit risico te beperken zal er iedere vrijdagmiddag een back-up worden opgeslagen op zowel de computer van Fiona als op de computer van Maaïke.
- Aangezien een deel van de benodigde data uit interviews moet komen kan het zijn dat het onderzoek (onbedoeld) wordt tegengewerkt door de te interviewen persoon. Hierbij moet gedacht worden aan het regelmatig verzetten van gemaakte afspraken waardoor het interview dusdanig wordt uitgesteld dat de informatie niet meer te verwerken is in het onderzoek. Ook kan het zijn dat de benodigde informatie voor het onderzoek volgens de te interviewen persoon valt onder de geheimhoudingsplicht waardoor deze informatie niet vrij te geven is. Dit is een situatie die niet te voorkomen valt en waar op het moment zelf een passende oplossing voor gezocht moet worden. Dit zou kunnen betekenen dat



het desbetreffende onderwerp minder diepgang krijgt of dat het volledige onderwerp komt te vervallen in het onderzoek. Dit laatste zal ten alle tijden moeten worden voorkomen.

- Een ander probleem dat zich voor kan doen is dat er te weinig data te vinden is om antwoord te geven op de gestelde onderzoeksvraag. Uit het vooronderzoek is immers gebleken dat er bijzonder weinig bekend is over het brandgedrag van groene gevels. Toch is ervoor gekozen om in dit onderzoek specifiek in te gaan op het brandgedrag van groene gevels en het effect hiervan. Deze keuze kan wellicht te ambitieus zijn waardoor het onderzoek mogelijk minder diepgaand zal worden gezien het tijdsbestek van dit onderzoek. Wanneer er gekozen wordt om het onderzoek toch in detail uit te voeren bestaat er de kans dat er geen uiteindelijke conclusie is tegen het einde van de onderzoeksperiode. In dat geval zal er een aanbeveling geschreven moeten worden zodat een andere groep afstudeerders het onderzoek verder kunnen oppakken en afronden.



12 Werkplanning

Kalender week			35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4
			W ee k 0	W ee k 1	W ee k 2	W ee k 3	W ee k 4	W ee k 5	W ee k 6	W ee k 7	W ee k 8	W ee k 9	W ee k 10	W ee k 11	W ee k 12	W ee k 13	W ee k 14	W ee k 15	W ee k 16	Jaa rwi sse lin g	W ee k 17	W ee k 18	W ee k 19	W ee k 20
Globale afstudeer planning																								
1	Contact bedrijfsbegeleider	x																						
2	Contact docent HAN begeleider	x																						
3	Afstudeervoorstel A4	x																						
4	Goedkeuring afstudeervoorstel	x																						
5	Concept plan van aanpak	29-08-'22																						
6	Definitief plan van aanpak	12-09-'22																						
7	Literatuuronderzoek	19-09-'22																						
8	Deskresearch																							
9	Hoofdverslag maken en onderzoeken	31-10-'22																						
10	Tussenpeiling uitvoeren																							
11	Inleveren afstudeerproject met bijlagen	10-01-'23																						
12	Beoordeling AFO HAN+ extern	10-01-'23																						
13	Afstudeerzitting en beoordeling	16-01-'23																						

13 Concept-literatuurlijst

13.1 Nog te gebruiken bronnen

Boeken

- Tabellenboek voor bouw- en waterbouwkundigen, 11^e druk van R. Blok

Digitale bronnen

- Diverse afstudeerscripties van de HBO-kennisbank
- Rapport brandveiligheid thermisch lichte gevels, Nora Kuiper TU/e (masterproject)
- SBR-handreiking doelgerichte brandveiligheid hoogbouw: Risicogerichte benadering in risico subsystemen
- Rapportage risico van gevels met brandklasse B (DGMR)
- PHBO FSE: dictaat blok 1 (algemeen, brandfysica), dictaat blok 2 (natuurlijk brandconcept), dictaat blok 5 (probabilistische analyse)
- BouwBesluit 2012
- PHBO FSE-dictaat algemene kennis over natuurlijke branden, materiaalgedrag en risicobenadering.

Experts

- Synneva Rusman- Peutz Zoetermeer
- Docent of student van de opleiding tuin & landschapsinrichting van “van Hall Larenstein”
- Brandweer?

13.2 Bibliografie

Herpen, R. v. (2022, september 5). Voortgangsbespreking 1. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)

Rossum, E. v. (2021). *Handboek Brandveiligheid*. Utrecht, Utrecht, Nederland: Brandpreventie Academy.

Urban Technology. (2019, Maart 12). *Groene Gevels*. Opgehaald van Hogeschool van Amsterdam | Kenniscentrum Techniek: <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/contentgroep/klimaatbestendige-stad/resultaten/groene-gevels.html#:~:text=Groene%20gevels%20houden%20ook%20regenwater,aantrekkelijkheid%20van%20de%20bebouwde%20omgeving>.

14 Bijlagen

- Bijlage A; Cijferlijst Fiona
- Bijlage B; Cijferlijst Maaïke



14.1 Bijlage A; Cijferlijst Fiona Verbrugge

Onderwijsproduct	Toets	Toetscode	Bijlagen	Studiepunten	Resultaat	Behaald	Datum resultaat	Alle pogingen
Fase: Propedeuse (60/ 60 studiepunten behaald) (16)								
Wiskunde en Mechanica 1	Wiskunde en Mechanica 1	B1AWIS-MEC		2,5	6	Ja	20-01-2020	
Demontabel bouwen "De Strandtent"	Demontabel bouwen "De Strandtent"	B1BT		5	8	Ja	20-12-2019	
Generieke hbo-competenties 1	Generieke hbo-competenties 1	B1HBO		2,5	7	Ja	27-01-2020	
Demontabel bouwen "De Strandtent"	Demontabel bouwen "De Strandtent"	B1OR		5	7	Ja	06-12-2019	
Het Hollandse Rijthuis	Het Hollandse Rijthuis	B2AR		5	7	Ja	16-02-2020	
Wiskunde en Mechanica 2	Wiskunde en Mechanica 2	B2AWIS-MEC		2,5	6	Ja	06-07-2020	
Het Hollandse Rijthuis	Het Hollandse Rijthuis	B2CO		5	7	Ja	12-02-2020	
Generieke hbo-competenties 2	Generieke hbo-competenties 2	B2HBO		2,5	6	Ja	08-02-2020	
Wiskunde en Mechanica 3	Wiskunde en Mechanica 3	B3AWIS-MEC		2,5	7	Ja	19-04-2021	
Herbestemming 'Het oude gebouw'	Herbestemming 'Het oude gebouw'	B3BT		5	7	Ja	26-06-2020	
Generieke HBO-Competenties 3	Generieke hbo-competenties 3	B3HBO		2,5	7	Ja	08-05-2020	
Herbestemming: "Het Oude Gebouw"	Herbestemming "het oude gebouw"	B3OR		5	8	Ja	01-07-2020	
Het Woonhuis	Het Woonhuis	B4AR		5	8	Ja	07-07-2020	
Statistiek en Mechanica 4	Statistiek en Mechanica 4	B4ASTAT-MEC		2,5	6	Ja	14-10-2020	
Het Woonhuis	Het Woonhuis	B4CO		5	8	Ja	07-07-2020	
Generieke hbo-competenties 4	Generieke hbo-competenties 4	B4HBO		2,5	8	Ja	05-11-2020	
Fase: Postpropedeuse (120/ 180 studiepunten behaald) (8)								
Inleidende Stage	Inleidende Stage	B05		15	7	Ja	16-11-2020	
Inleidende Stage	Inleidende Stage	B06		15	8	Ja	04-02-2021	
"Het BE Gebouw"	"Het BE Gebouw"	B07BT		7,5	7	Ja	15-09-2021	
"Het BE Gebouw"	"Het BE Gebouw"	B07CO		7,5	7	Ja	09-07-2021	
Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	B08AR		7,5	7	Ja	15-09-2021	
Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	B08OR		7,5	8	Ja	29-06-2021	
Hoogbouw	Hoogbouw	BK-09/10-BT		30	7	Ja	14-06-2022	
Verdiepende Stage	Verdiepende Stage	BK-11/12-BT		30	8	Ja	16-08-2022	

31-08-2022 12:37

634178 Fiona Verbrugge (HAN)



14.2 Bijlage B; Cijferlijst Maaïke Diks

Onderwijsproduct	Toets	Toetscode	Bijlagen	Studiepunten	Resultaat	Behaald	Datum resultaat	Alle pogingen
Fase: Propedeuse (60/ 60 studiepunten behaald) (16)								
Wiskunde en Mechanica 1	Wiskunde en Mechanica 1	B1AWIS-MEC		2,5	8	Ja	11-11-2018	
Demontabel bouwen "De Strandtent"	Demontabel bouwen "De Strandtent"	EIND		5	7	Ja	05-12-2018	
Generieke hbo-competenties 1	Generieke hbo-competenties 1	EIND		2,5	7	Ja	31-01-2019	
Demontabel bouwen "De Strandtent"	Demontabel bouwen "De Strandtent"	EIND		5	7	Ja	30-11-2018	
Het Hollandse Rijthuis	Het Hollandse Rijthuis	B2AR		5	7	Ja	15-02-2019	
Wiskunde en Mechanica 2	Wiskunde en Mechanica 2	B2AWIS-MEC		2,5	8	Ja	31-01-2019	
Het Hollandse Rijthuis	Het Hollandse Rijthuis	B2CO		5	7	Ja	19-02-2019	
Generieke hbo-competenties 2	Generieke hbo-competenties 2	B2HBO		2,5	6	Ja	31-01-2019	
Wiskunde en Mechanica 3	Wiskunde en Mechanica 3	B3AWIS-MEC		2,5	7	Ja	18-04-2019	
Herbestemming 'Het oude gebouw'	Herbestemming 'Het oude gebouw'	B3BT		5	8	Ja	13-05-2019	
Generieke HBO-Competenties 3	Generieke hbo-competenties 3	B3HBO		2,5	8	Ja	16-05-2019	
Herbestemming: "Het Oude Gebouw"	Herbestemming "het oude gebouw"	B3OR		5	8	Ja	13-05-2019	
Het Woonhuis	Het Woonhuis	B4AR		5	7	Ja	05-07-2019	
Statistiek en Mechanica 4	Statistiek en Mechanica 4	B4ASTAT-MEC		2,5	8	Ja	04-07-2019	
Het Woonhuis	Het Woonhuis	B4CO		5	8	Ja	05-07-2019	
Generieke hbo-competenties 4	Generieke hbo-competenties 4	B4HBO		2,5	8	Ja	04-07-2019	
Fase: Postpropedeuse (150/ 180 studiepunten behaald) (10)								
Inleidende Stage	Inleidende Stage	B05		15	7	Ja	02-12-2019	
Inleidende Stage	Inleidende Stage	B06		15	8	Ja	16-03-2020	
"Het BE Gebouw"	"Het BE Gebouw"	B07BT		7,5	8	Ja	08-09-2020	
"Het BE Gebouw"	"Het BE Gebouw"	B07CO		7,5	8	Ja	30-10-2020	
Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	B08AR		7,5	7	Ja	08-07-2020	
Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	Wijkontwikkelingen: De naoorlogse wijk	B08OR		7,5	8	Ja	28-08-2020	
Course 9 en 10 Hoogbouw - Constructief ontwerpen	Course 9 en 10 Hoogbouw - Constructief ontwerpen	B09-10CO/n		30	7	Ja	04-01-2022	
Verdiepende stage -Constructie	Verdiepende stage -Constructie	B11-12CO		30	9	Ja	23-06-2022	
Afstuderen - CO	Afstuderen - CO	EIND		0	-	Nee		
Low Ec High Tec (voltijd)	Low Ec High Tec (voltijd)	M-LEHT01		30	Voldaan	Ja	26-01-2022	
<Geen fase> (1)								
Minor BK-13/14-BT Low Ec & High Tec	Minor BK-13/14-BT Low Ec & High Tec	EIND		30	9	Ja	26-01-2022	

31-08-2022 12:35

617365 Maaïke Diks (HAN)





HET NUT VAN GROENE GEVELS

Literatuurstudie

9 januari 2023

Bijlage 3

F. Verbrugge en M. Diks

634178

617365

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Hypothese	4
1.3	Doelstelling	4
1.4	Leeswijzer	4
1.5	Onderzoeksmethodiek	5
2	Begrippenlijst	6
3	Gezondheid en welzijn	7
3.1	Fysieke gezondheid	7
3.2	Mentale gezondheid	7
3.3	Andere effecten voor de gezondheid	8
3.4	Conclusie	8
4	Esthetica	9
4.1	Imago van de omgeving	9
4.2	Creatieve toepassingen	9
4.3	Aantasting van de gevel	10
4.4	Effecten van groen onderhoud	10
4.5	Conclusie	11
5	Geluid	12
5.1	Verandering van geluid	12
5.2	Omgevingsgeluid	12
5.3	Onderzoek geluidsabsorptie en geluidsisolatie	12
5.4	Geluidsisolatie binnenshuis	13
5.5	Conclusie	13
6	Lucht	14
6.1	Luchtzuiverende werking planten	14
6.2	Unieke eigenschappen plantensoorten	15
6.3	Onderzoek luchtkwaliteit	15
6.4	Natuurlijke luchtstroming	15
6.5	Meetbaarheid en variabelen	16
6.6	Indirecte effecten op de luchtkwaliteit	17
6.7	Conclusie	17
7	Temperatuur	18
7.1	Warmte weerkaatsing	18
7.2	Luchtvochtigheid	19
7.3	Gebouwisolatie	20
7.4	Conclusie	20



8	Water.....	21
8.1	Effect op het riool	21
8.2	Wateropslag.....	22
8.3	Kwaliteit afstromend water	22
8.4	Conclusie.....	22
9	Biodiversiteit.....	23
9.1	Biodiversiteit in de drukbevolkte gebieden	23
9.2	Overlast.....	23
9.3	Planten keuze	24
9.4	Conclusie.....	24
10	Voedselproductie.....	25
10.1	Verticale moestuin.....	25
10.2	Groente en fruit verbouwen	25
10.3	Onderhoud.....	25
10.4	Conclusie.....	26
11	MCA	27
11.1	Criteria	27
11.2	Analyse.....	28
12	Conclusie.....	29
13	Aanbevelingen	31
13.1	Urban Heat Island effect (UHI).....	31
13.2	Biophilia en biophilic design.....	31
13.3	Eigenschappen plantsoorten	31
14	Literatuur	32
14.1	Figurenlijst	32
14.2	Tabellenlijst.....	32
14.3	Bibliografie.....	33



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Als bouwkundestudenten en natuurliefhebbers zijn wij geïnteresseerd in nieuwe groene ontwikkelingen in de bouw. Groene gevels komen steeds vaker voor in drukbevolkte gebieden om deze levendiger te maken. Er wordt gesuggereerd dat groene gevels een positieve bijdrage leveren aan de gezondheid van mensen, de luchtkwaliteit verbeteren en helpen bij de wateropvang. Er zijn nog meer voordelen die groene gevels met zich mee zouden brengen zoals de biodiversiteit en de esthetica van een gebouw en gebied. Is een groene gevel meer dan alleen mooi of is het alleen een eyecatcher met loze beloftes? Wij gaan de voor- en nadelen tegen elkaar opwegen en onderzoeken of groene gevels wel zo 'groen' zijn als men suggereert. In deze literatuurstudie wordt er onderzocht of de volgende stelling waar of niet waar is:

"Het toepassen van groene gevels levert een positieve bijdrage aan de leefomgeving in een dichtbevolkt gebied."

De aspecten die onderzocht zullen worden zijn de aspecten die de meeste invloed zouden kunnen hebben op de leefomgeving in een dichtbevolkt gebied.

1.2 Hypothese

Wij verwachten dat de toepassing van groene gevels vooral een positief effect zal hebben op de leefomgeving in dichtbevolkte gebieden. Als er specifieker naar de verschillende aspecten gekeken wordt, wordt ervan uit gegaan dat de toepassing van groene gevels vooral een positieve bijdrage zal hebben op: de gezondheid van mensen, de esthetica en akoestiek van de leefomgeving, de luchtkwaliteit, de (gevoels-)temperatuur van de omgeving en de biodiversiteit. Wij verwachten ook dat dat groene gevels niet of nauwelijks kunnen bijdragen aan de waterhuishouding in de stad of aan de voedselproductie.

1.3 Doelstelling

Aan het einde van dit onderzoek willen wij duidelijk hebben op welke aspecten groene gevels bijdragen aan de leefomgeving. Dit wordt gedaan door de voor- en nadelen per aspect tegenover elkaar te zetten. Zo kan er bepaald worden of groene gevels op dit onderwerp effect hebben en zo ja of het een positieve of negatieve bijdrage is. Elk aspect zal getoetst worden aan criteria om inzichtelijk te krijgen hoe deze aspecten bijdragen aan de leefomgeving.

Aannames die vaak gedaan worden, zullen tijdens dit onderzoek kritisch bekeken worden om te oordelen of deze uitgangspunten kloppen of niet. Aan het einde zal dan ook een afweging worden gemaakt of het toepassen van groene gevels wel de moeite waard is.

1.4 Leeswijzer

Groene gevels zouden een bijdrage kunnen leveren aan de mentale en fysieke gezondheid van de mens. Hier begint het onderzoek dan ook mee en wordt vervolgd in hoofdstuk drie door de esthetica van de gevel. Geluid in een drukgebied zoals een stad kan snel storend zijn, het effect van groene gevels hierop wordt in het vierde hoofdstuk onderzocht. De luchtkwaliteit en temperatuur van de stad zijn van groot belang als er naar de toekomst gekeken wordt. Deze twee uitgebreide hoofdstukken -hoofdstuk vijf en zes - vullen elkaar aan en gaan onder ander in op het Urban Heat Island effect. In een stad is het waterhuishouden erg complex om in balans te houden, in het zevende hoofdstuk wordt gekeken naar de toegevoegde waarde daarvoor van groene gevels. Biodiversiteit en voedselproductie zijn tot slot onderwerp van hoofdstuk acht en negen. Om te bepalen of de stelling in de inleiding waar is of niet zal er aan de hand van een MCA een goed overwogen conclusie geschreven worden. Vanuit de conclusie en de bevindingen zal een aanbeveling voor vervolgonderzoek geschreven worden.



1.5 Onderzoeksmethodiek

Voor dit onderzoek wordt er vooral gekeken naar bestaande literatuur. Hierbij worden alle bronnen onderzocht op de betrouwbaarheid en worden er ook meerdere bronnen geraadpleegd om de betrouwbaarheid te kunnen garanderen. Er zal zowel naar de voor- als naar de nadelen gekeken worden, om zo een eerlijk beeld te kunnen schetsen over de effecten van groene gevels.

2 Begrippenlijst

Tabel 1 Begrippenlijst

Begrippen	Betekenis
Aandachtsmoeheid	Aandachtsmoeheid is een vermoeidheid die optreedt wanneer men langere tijd de aandacht ergens gericht op focust, wat kan leiden tot minder effectief handelen. (Hertog, den, et al., 2022)
Biodiversiteit	De verscheidenheid aan planten en dieren en de variatie aan waardevolle plekken met aandacht voor de natuurlijke processen en de natuur. (Gemeente Rotterdam, sd)
Biophilia	De aangeboren biologische verbinding tussen mens en natuur en het besef dat de mens onderdeel van de natuur is. (Moodo interieurontwerp, 2022)
Biophilic design	Ontwerpen aan de hand van biophilia (Moodo interieurontwerp, 2022)
Groene gevel	Een groene gevel is een met planten begroeide muur. (Amsterdam Rainproof, 2022)
Grondgebonden planten	Planten die met hun wortels gebonden zijn aan het maaiveld. (Algemeen Nederlands Woordenboek, 2017)
Hechtwortels	Hechtwortels zijn wortels, die zich in de lucht vormen en die bij klimplanten de vasthechting van de stengels aan een achtergrond teweegbrengen. (Nederlandse Encyclopedie, 2019)
Huidmondjes	Openingen in de opperhuid van planten, bestaande uit twee sluitcellen rond een regelbare spleet. Hiermee kunnen ze stoffen opnemen en omzetten in andere stoffen door fotosynthese. (Algemeen Nederlands Woordenboek, 2017)
Inheemse planten	Planten die hun oorsprong vinden in Nederland. (Gemeente Rotterdam, sd)
Natuur inclusief bouwen	Het oprichten van bouwwerken en het inrichten van de omgeving van gebouwen dusdanig dat de natuurwaarden er baat bij hebben. (Natuurinclusief bouwen, 2016)
RC-waarde	De RC-waarde is de thermische weerstand van een constructie onderdeel. Hoe hoger het getal hoe beter de thermische schil isoleert. (Takkenkamp, sd)
Uitheemse planten/ exoten	Planten die hun oorsprong buiten Nederland vinden. (Rijksoverheidsdienst voor Ondernemend Nederland, 2022)
Urban Heat Island effect (UHI)	Het hitte-eilandeffect of Urban Heat Island effect (UHI) is het fenomeen dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied. (Wikipedia, 2020)
Windtunneltest	Een windtunnel is een laboratorium faciliteit waarmee onderzoek gedaan kan worden naar de aerodynamische eigenschappen van een voorwerp. Ook kan er gekeken worden naar de luchtkwaliteit en het effect van het voorwerp ervan. (Wikipedia, 2020)
Wisselteelt	Wisselteelt is het doorschuiven van jaarlijks verschillende gewassen. Zo komt hetzelfde gewas pas na enkele jaren terug op hetzelfde moestuinbed om een uitgeputte bodem en bodemziektes te voorkomen. (Velt samen eco actief, 2022)



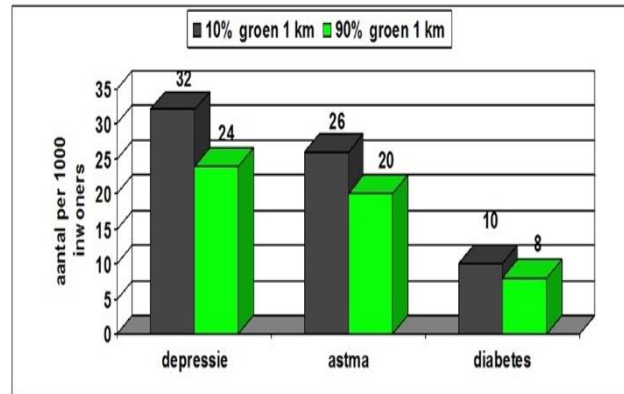
3 Gezondheid en welzijn

Uit onderzoek van het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2022) is gebleken dat meer planten in de omgeving zowel voor een verbetering als een verslechtering van de volksgezondheid kan zorgen. De verbetering van de gezondheid kan zowel over de fysieke gezondheid als mentale gezondheid gaan.

3.1 Fysieke gezondheid

Het toepassen van planten gaat niet alleen de luchtverontreiniging tegen maar ook de hittestress en geluidsoverlast in de stad¹. Het wegvallen of verminderen van deze aspecten zorgt voor stressvermindering. Tevens zorgt het uitzicht op groen voor een lagere bloeddruk en hartslag en een verlaging van het cortisolniveau ook wel het stresshormoon genoemd (zie figuur 1).

Deze stressvermindering zorgt ervoor dat het herstellend vermogen van de mens verbetert. (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2022) (Hertog, den, et al., 2022)



Figuur 1 Relaties groen in de leefomgeving – gezondheid (Verheij, de Vries, Spreuwenberg, & Schellevis, 2009) (Maas, et al., 2009)

Tevens nodigt een groene omgeving uit tot meer beweging, denk bijvoorbeeld aan een lunchwandeling die een stuk leuker is in een groene omgeving dan over een industrieterrein. Deze stimulans tot meer bewegen gaat welvaartsziektes als overgewicht, diabetes type 2 en hart- en vaatziekten tegen. Daarnaast zijn er aanleidingen om te geloven dat men door een groene omgeving een verbeterde nachtrust krijgt, dit zou te maken kunnen hebben met het feit dat planten zuurstof produceren. Een groene omgeving zou vooral bij kinderen kunnen leiden tot een beter concentratievermogen en geheugen, en zou de leerprestaties verbeteren. Dit komt mede doordat een groene woonomgeving bijdraagt aan het herstellen van aandachtsmoeheid². Hierdoor zou men weer beter kunnen focussen en concentreren op de dagelijkse bezigheden en leerprocessen. (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2022) (Mobilane, 2021) (Hertog, den, et al., 2022)

3.2 Mentale gezondheid

Naast deze positieve effecten op de fysieke gezondheid zijn er ook verbeteringen te zien bij de mentale gezondheid. Dit lijkt een gezondheidsaspect te zijn dat lastig te onderzoeken is maar het tegenovergestelde is waar. Er zijn immers meerdere onderzoeken gedaan naar biophilia, biophilic design³ en haar effecten, welke hierna kort toegelicht zullen worden.

Tot de 19^e eeuw was de samenleving sterk verbonden en afhankelijk van de natuur, na die tijd werd de focus steeds meer gelegd op technologie en is het leven meer naar binnen verplaatst. Door deze verschuiving verliest men het contact met de natuur. Echter, er is nog steeds een aangeboren biologische aantrekkingskracht die de mens aan de natuur verbindt. Deze aantrekkingskracht wordt mede veroorzaakt door het effect dat groen heeft op het oerinstinct van de mens. Een groene omgeving heeft namelijk invloed op het emotioneel en psychische welbevinden van mensen. Zo zou

¹ De onderwerpen luchtverontreiniging, hittestress en geluidsoverlast worden elders in het onderzoek verder uitgelegd en toegelicht.

² Aandachtsmoeheid is een vermoeidheid die optreedt wanneer men langere tijd de aandacht ergens gericht op focust, wat kan leiden tot minder effectief handelen.

³ Met biophilia wordt “de aangeboren biologische verbinding tussen mens en natuur en het besef dat de mens onderdeel van de natuur is” bedoeld. Het ontwerpen aan de hand van biophilia wordt biophilic design genoemd.



het ervaren van negatieve emoties en angst afnemen, wat zorgt voor een meer ontspannen gevoel. Een groene omgeving prikkelt het menselijk brein tot nieuwsgierigheid naar het ontdekken van een onbekend en/of mysterieus landschap. Het ontdekken van een groene omgeving zou een veilig gevoel tot gevolg kunnen hebben.

Tevens stimuleert de behoefte tot verkennen en ontdekken de mens om te denken in mogelijkheden, terwijl in de huidige maatschappij vooral naar problemen wordt gekeken. Het verruimen van de geest op die manier kan zorgen voor stressvermindering, wat voor een beter mentaal welzijn zorgt.

Wanneer de begroeide omgeving open en opvallend genoeg is, bezorgt het de mens over het algemeen een gevoel van veiligheid. Dit gevoel komt voort uit het feit dat er voldoende ruimte is om potentieel gevaar tijdig waar te nemen. Wanneer de omgeving opvallende kenmerken vertoont zal dit gebruikt kunnen worden als herkenningspunt om van daaruit te navigeren. Het vermogen om zelfstandig te kunnen oriënteren en navigeren verkleint de kans op verdwalen, wat een veilig gevoel tot gevolg heeft.

(Moodo interieurontwerp, 2022)_(Rogers, biophilia hypothesis | Description, Nature, & Human Behavior, 2019)_(Rosley, Rahman, & Lamit, Biophilia Theory Revisited: Experts and Non-experts Perception on Aesthetic Quality of Ecological Landscape, 2014)_(Rosley, Rahman, & Lamit, Biophilia Theory Revisited: Experts and Non-experts Perception on Aesthetic Quality of Ecological Landscape, 2014)_(Architectuurstudio IR, 2020) (Rogers, biophilia hypothesis: Related Content, 2019) (Rogers, biophilia hypothesis: Additional Information, 2019)

Al met al heeft een groene omgeving indirect veel invloed op het mentaal welzijn van de mens, wat weer invloed heeft op de fysieke gezondheid. Het ontwerpen aan de hand van biophilic design is dan ook een manier om de samenleving meer toegang te bieden tot de natuur.

3.3 Andere effecten voor de gezondheid

Het toepassen van meer groen in de omgeving kan ook nadelige effecten hebben voor de gezondheid. Sommige planten kunnen irritatie veroorzaken, zo kunnen de pollen onder andere voor hooikoorts zorgen.

Een plant kan ook giftige stoffen bevatten zoals brandnetels en berenklauw (zie figuur 2 en 3 hiernaast). Het aanraken van die planten kan leiden tot lichte of zelfs extreme huidirritaties. Daarnaast kunnen planten vatbaar zijn voor insectenplagen die negatieve effecten hebben



Figuur 2 (Berenklauw plant)

op de gezondheid, denk bijvoorbeeld aan de eikenprocessierups. Een ander risico is dat door het toepassen van meer groen in de omgeving er meer dieren op de omgeving afkomen, welke ziekteverwekkers bij zich kunnen dragen. Zo kunnen er teken in planten gaan zitten die



Figuur 3 Verwondingen door berenklauw (DuraVermeerSave)

mogelijk de ziekte van Lyme bij zich dragen en dit na een beet overbrengen. Ook kan het zijn dat het groen ratten aantrekt die vele ziektes over kunnen dragen waaronder ook de ziekte van Weil. Toch zit dit risico vooral bij horizontaal gelegen groene velden; het risico dat deze dieren zich in groene gevels gaan huisvesten bestaat wel, maar is kleiner. Uitwerpselen van honden en katten kunnen ook parasitaire ziektes bij zich dragen. Echter, dit probleem is bij een groene gevel niet anders dan bij een ander type gevel. (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2022) (Hertog, den, et al., 2022) (Mobilane, 2021)

3.4 Conclusie

Wanneer men de positieve en de negatieve gezondheidseffecten van groene gevels naast elkaar zet en gaat vergelijken wordt al gauw duidelijk dat er niet alleen meer positieve gezondheidseffecten zijn, maar ook dat de negatieve effecten een veel kleinere kans hebben om voor te komen bij groene gevels.



4 Esthetica



Figuur 4 Straatbeeld met en zonder groen (imgur.nl)

Het toepassen van groene gevels in een ontwerp zorgt voor diverse positieve effecten, één hiervan is dat het bijdraagt aan de esthetica. Uiteraard is dit een onderwerp waarin smaken erg verschillend kunnen zijn en de vraag is dan ook of deze bijdrage positief of negatief is aan de omgeving. Toch is het hoogstwaarschijnlijk dat veel mensen het een positieve bijdrage zullen vinden. Uit onderzoek naar biophilic design is immers gebleken dat men het rustgevend en inspirerend vindt om naar een groene omgeving te kijken en zich daarin te bevinden. Het toepassen van groene gevels verandert het straatbeeld naar een rustigere omgeving wanneer dit vergeleken wordt met een versteende stad. In de afbeelding hiernaast (figuur 4) zijn 2 foto's te zien van dezelfde straat. Deze foto's zijn gemaakt om het verschil in straatbeeld weer te geven tussen twee verschillende decennia. De context van deze foto is hierbij niet van belang, deze foto's geven de invloed van groen in een omgeving goed weer. Zo ziet de foto uit 2020 er veel rustiger en vriendelijker uit dan de foto uit 1982. Dit komt mede door de toepassing van bomen en planten. Dit effect wordt in dit geval gecreëerd door grondgebonden planten maar dit kan natuurlijk ook bereikt worden door beplanting /groen in de gevel te verwerken.

4.1 Imago van de omgeving

Naast dat een groene gevel een rustige en gezonde uitstraling heeft, draagt het ook bij aan het imago van de stad waarin deze staat. Zo ziet de stad er milieuvriendelijker uit door de natuurlijke uitstraling maar ontmoedigt een begroeide muur ook het graffiti gebruik of ander vandalisme (figuur 5). Beplanting is een slechte ondergrond voor graffiti aangezien het een levend materiaal is. Als de planten haar bladeren verliezen zal de graffiti tekening verdwijnen, waardoor het een minder aantrekkelijke ondergrond is voor graffiti artiesten. Daarnaast is de ondergrond ook niet stabiel en vlak genoeg om de gewenste graffiti werk te creëren.



Figuur 5 (Wand met graffiti)



Figuur 6 ParkRoyal Collection Pickering, Singapore (ParkRoyal Collection Pickering, Singapore)

4.2 Creatieve toepassingen

Om de esthetische waarde van een groene gevel nog verder te verhogen, kan men ervoor kiezen om de gevel zo vorm te geven dat er een groene oase ontstaat zoals te zien is bij figuur 6. Hier wordt vooral gebruik gemaakt van groene balkons en daken in plaats van groene gevels. Bij een ontwerp als dit zou een groene gevel zeker een goede bijdrage kunnen leveren aan de esthetica van het gebouw.

Het is ook mogelijk een patroon of logo in de gevel te creëren (in figuur 7 is het McDonalds logo te herkennen). Dit wordt mogelijk door verschillende plantensoorten, die bijvoorbeeld verschillen in kleur, blad type en grootte, toe te passen om zo het contrast te realiseren.



Figuur 7 Groene gevel van een McDonald's filiaal in Noord-Amerika (Groot, 2022)



Men kan het ook veel grootser aanpakken en de gevel volledig te voorzien van een patroon of kunstwerk, zoals te zien is in figuur 8 en 9.



Figuur 9 Deze groene wand staat in Universiade Claustrol Mexico
(A Bike Was Added To This Huge Green Wall For A Bit Of Whimsical Fun)



Figuur 8 Deze groene gevel is de grootste groene gevel ter wereld en staat in Kaohsiung
(Big green wall)

4.3 Aantasting van de gevel

Afhankelijk van het type gevel en het type gevel begroeiing kan het zijn dat de begroeiing de gevel aantast (figuur 10). Dit komt vooral voor bij gevels met grondgebonden planten die tegen de gevel omhoogklimmen, hierbij kan men denken aan de Hedera en aan de Wilde Wingerd. Deze planten hechten zich aan de gevel met kleine hechtwortels, deze kunnen zich niet alleen aan de gevel hechten, maar kunnen ook in de voegen tussen stenen gaan groeien. De hechtwortels dringen niet ver de voegen in, maar dit kan wel voldoende zijn om de gevel te beschadigen. Wanneer dit soort planten van de gevel verwijderd worden, blijven de hechtwortels vaak achter die dan de gevel kunnen ontsieren. In sommige gevallen zijn deze wel weer weg te branden, om permanente (esthetische) schade van de gevel te beperken of te verminderen.



Figuur 10 Bakstenen gevel
aangetast door de hechtwortels
van een Hedera (Diks)

Daarnaast schermen de planten de achterliggende gevel af van bijvoorbeeld Uv-straling en direct contact met water. Wanneer de planten verwijderd worden zal er een kleurverschil zichtbaar zijn tussen de afgeschermden gevel en de gevel die wel is blootgesteld aan invloeden van buitenaf. Dit kleurcontrast is vooral zichtbaar bij houten gevels. In de loop der jaren zal het verschil wel minder worden maar in de meeste gevallen blijft het zichtbaar.

4.4 Effecten van groen onderhoud



Figuur 11 Deze groene gevel is door onjuiste detaillering en onderhoud volledig afgestorven (Hendriks N.)

Een andere manier waarop groene gevels de esthetica van een gebouw of omgeving kunnen benadelen is als de gevel slecht onderhouden wordt of als deze begint af te sterven. Een gebouw met een afgestorven groene gevel zal mensen het gevoel geven dat het gebouw “dood” is (figuur 11). Naast het feit dat de gevel er niet uit ziet zoals de architect bedacht heeft, draagt een gevel met dode planten niet bij aan een prettige leefomgeving. Het kan zelfs averechts werken op de mentale gezondheid van de mens en kan resulteren in angstige en eenzame gevoelens.

(Hendriks N.) (Going Green, 2020) (Groot, 2022) (Van Hall Larenstein; VHG; TU Delft; Wageningen URPRO; Alterra; Wellantcollege, 2011) (Mobilane, 2021) (IS KLIMOP (HEDERA HELIX) SLECHT VOOR JE MUUR?, 2017)



4.5 Conclusie

Over het algemeen is een groene gevel een verrijking voor de esthetica van gebouw en omgeving. Om ervoor te zorgen dat dit zo blijft zal er wel aandacht besteed moeten worden aan correcte detaillering en onderhoud. Wanneer hier niet goed over nagedacht wordt, zal een groene gevel uiteindelijk veranderen van de oogappel van de stad naar een doorn in het oog.



5 Geluid

Door de hoeveelheid mensen, verkeer en gebeurtenissen in een stad zal er altijd geluid zijn. Dit geluid wordt door harde gevel afwerkingen weerkaatst en is daardoor ook langer hoorbaar (het creëert een echo). Oppervlakte die zachter zijn zullen geluid eerder absorberen. Oppervlakken die niet vlak zijn maar onder willekeurige hoeken staan zullen het geluid verstrooien. Groene gevels toepassen in een stad zou effect kunnen hebben op het geluid van de omgeving maar mogelijk ook op de geluidsisolatie van een gebouw.

5.1 Verandering van geluid

Door het toepassen van groene gevels zal er een natuurlijke 'ruis' ontstaan. De wind zal namelijk door de bladeren heen ritselen wat voor veel mensen als prettig wordt ervaren. Natuurgeluiden overheersen niet in steden, maar door meer groene gevels toe te passen, zal er meer natuurlijk geluid ontstaan. Hierdoor zal het geluid van motoren, andere apparaten en verkeer verder naar de achtergrond verdwijnen. Groene gevels zullen de focus van het geluid in een stad veranderen, wat positief is voor de beleving van de stad. Zo wordt de rust en de connectie met de natuur, die vaak gemist wordt in een stad, weer teruggebracht.

(Boermareclame, 2017) (Laska, 2022) (Ismail, 2014) (Wong, 2009)

5.2 Omgevingsgeluid

Naast het maskeren van het geluid, zullen de planten en substraten in een groene gevel ook een bijdrage hebben in de absorptie van omgevingsgeluid. Volgens onderzoek van (Kohler, 2008) kunnen groene gevels 2 tot 5 decibel geluid absorberen. (Hop, 2013) Deze getallen worden gedeeltelijk onderbouwd door Boerma.

(Boermareclame, 2017). Hij geeft aan dat groene gevels het geluid kunnen reduceren met 2 tot 3,5 decibel op straatniveau. Ander onderzoek (Ismail, 2014) toont aan dat deze reductie op kan lopen tot 10 à 15 decibel geluidsvermindering. Er is niet één onderzoek wat op dit punt hetzelfde aantal decibellen benoemt. Het effect van een groene gevel hangt erg af van de dichtheid van de begroeiing.

Hoe dichter begroeid de planten zijn hoe beter ze het geluid dempen.

Als de bladeren van de planten in de winter uitvallen zal geluidsisolerende werking minder tot geen effect hebben omdat de dichtheid van de begroeiing afneemt. Sommige plantensoorten zijn groenblijvers wat betekent dat ze het hele jaar door hun blad behouden en groen blijven. Dit type plant zou voordeliger zijn voor de geluidswering in de wintermaanden wanneer andere plantensoorten afsterven en bladverliezen (zie figuur 12).

(Hop, 2013) (Praag, 2011) (Boermareclame, 2017) (Laska, 2022) (Ismail, 2014)



Figuur 12 Groen gevel (edepot.wur)

5.3 Onderzoek geluidsabsorptie en geluidsisolatie

De kennis die over de geluidsabsorptie en geluidsisolatie is opgedaan is vooral gedaan uit de basiskennis over het gedrag van geluid. Er zijn (online) weinig wetenschappelijk onderbouwde onderzoeken te vinden over groene gevels en geluid. Als het effect echt gemeten moet worden, zullen er veel variabelen optreden die een duidelijk resultaat tegen kunnen werken. Een geluidstest wordt voornamelijk in een testruimte uitgevoerd. Het probleem hierbij is dat een groene gevel van een gebouw niet aan 6 zijdes is afgesloten, hierdoor zal het gedrag van de geluidsgolven een heel ander effect hebben.

(Praag, 2011) (Voorthuijsen, 2020)



5.4 Geluidsisolatie binnenshuis

De bladeren van een groene gevel creëren een soort extra spouw in de gevel die een geluidsisolerende werking heeft. De extra massa die toegevoegd wordt aan de gebouwschil helpt ook mee aan het weren van geluid. Het geluid van buiten wordt hierdoor gedempt waardoor het omgevingsgeluid minder te horen is in een gebouw. Deze geluidsdemping kan tot 10 decibel demping opleveren wat zeer veel is. Dit wordt vaak als een prettige bijkomstigheid gezien. (Boermareclame, 2017) (Hop, 2013)

5.5 Conclusie

Het omgevingsgeluid in de stad wordt geabsorbeerd door de groene gevel, wat een reductie van 2 tot 5 decibel kan opleveren. Daarnaast maken de bladeren van een groene gevel ook geluid door de wind die er doorheen waait, waardoor het huidige omgevingsgeluid (bijvoorbeeld van verkeer, apparaten en andere stedelijke geluiden) iets verder naar de achtergrond verdwijnt. Natuurlijke geluiden worden vaak als prettig en rustgevend ervaren.

De gebouw bewoners zullen ook voordelen merken van de groene gevels binnenshuis. De bladeren creëren een extra luchtsponw die omgevingsgeluid tot 10 dB isoleert en absorbeert waardoor het binnen veel rustiger en stiller wordt.



6 Lucht

Luchtkwaliteit wordt aangetast door onder meer het verbranden van fossiele brandstoffen. Dit gebeurt onder andere door het verkeer en industriegebieden. Ook huishoudens hebben hier een effect op door het stoken van gas in de winter en het koelen met airconditioning in de zomer. De steeds warmer wordende zomers zullen ook een versterkend effect hebben op de uitlaatgassen van auto's. Er wordt namelijk meer brandstof verbruikt als de airco van de auto meer koele lucht in de ruimte moet blazen om een aangename temperatuur te creëren. Hierdoor komen er vele schadelijke stoffen in de lucht die grote gevolgen kunnen hebben voor mens, dier en milieu.

Veel gemeenten zetten in op groen (planten) om de luchtkwaliteit vooral in steden te verbeteren. Door groene gevels en daken te subsidiëren, willen ze ervoor zorgen dat er meer groen in de stad komt om de luchtkwaliteit te verbeteren. Planten hebben namelijk een luchtzuiverende werking waardoor de luchtkwaliteit verbeterd kan worden. De vraag is of dit echt het geval is of dat groene gevels ook negatieve effecten op de luchtkwaliteit hebben.

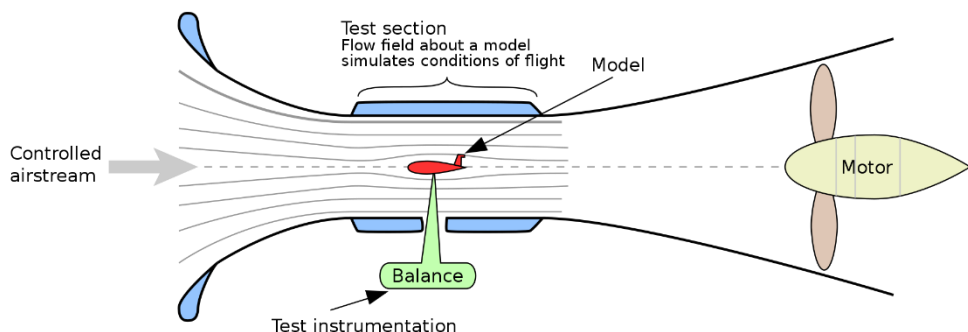
(Visscher, 2017) (Dinther, 2015)

6.1 Luchtzuiverende werking planten

Er is wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de luchtzuiverende werking van planten. Naast dat planten koolstofdioxide omzetten in zuurstof om te overleven, kunnen ze nog meer schadelijke stoffen uit de lucht zuiveren. Planten kunnen namelijk ook andere schadelijke stoffen opnemen met de huidmondjes welke in de bladeren van de plant te vinden zijn. De plant kan deze dan afbreken in stoffen die niet schadelijk zijn voor het milieu. Elke plantensoort heeft unieke eigenschappen als het gaat om lucht zuiveren. Sommige planten hebben een sterk effect op het verminderen van koolstofdioxide, de anderen een groter effect op het zuiveren van stikstof of fijnstof uit de lucht. Planten kunnen stuk voor stuk getoetst worden op de luchtzuiverende werking, dit kan uitgevoerd worden met een 'windtunnel test'. Een windtunnel test (zie figuur 13) is een grote koker (afmetingen verschillen per testobject) waar lucht doorheen geblazen wordt. Deze testopstelling kan meerdere aspecten van wind en lucht meten, bijvoorbeeld het effect van het plaatsen van een object op de luchtstroming, maar ook de kwaliteit en samenstelling van de lucht. Door de samenstelling van de lucht te meten voordat deze door de koker wordt geblazen, kan de lucht die in de koker geblazen wordt vergeleken met de lucht die er aan de andere kant van de koker uit komt.

Voordat de test uitgevoerd wordt moet het bladoppervlak bekend zijn, zodat er naderhand bepaald kan worden welke schadelijke stoffen er uit de lucht gezuiverd zijn en wat de zuiveringscapaciteit per mm^2 bladoppervlak is.

(Bade, 2011) (Oldenkotte, 2012) (J.Wesseling, Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit, 2011) (wikipedia, 2022)



Figuur 13 Schematische weergave van een windtunneltest (wikipedia, 2022)

6.2 Unieke eigenschappen plantensoorten

Niet alle planten hebben dezelfde eigenschappen, er zijn plantensoorten die schadelijke stoffen uitscheiden, niet goed tegen bepaalde schadelijke stoffen in de lucht kunnen of die niet de ideale condities hebben om lucht te zuiveren.

Planten verbruiken alleen overdag koolstofdioxide, 's nachts hebben ze zuurstof nodig om te overleven. Dit is in verhouding tot de zuurstof die ze overdag produceren zeer minimaal, maar dit is wel een feit waaraan gedacht moet worden. Dit betekent namelijk dat er netto minder koolstofdioxide gezuiverd wordt dan dat er bij een test onderzocht wordt.

Daarnaast heeft elke plantensoort unieke eigenschappen, deze kunnen ook negatief zijn voor de luchtkwaliteit. Sommige plantensoorten reageren erg slecht op de schadelijke stoffen in de lucht en kunnen zelfs doodgaan door deze omstandigheden. Ook zijn er planten- en boomsoorten die zelf schadelijke stoffen uitscheiden. De typische dennengeur ontstaat bijvoorbeeld door het uitscheiden van schadelijke stoffen. (Hop, 2013) Deze komen in de lucht terecht waardoor er juist meer schadelijke stoffen uit de lucht gezuiverd moet worden. Het type plant is dus een belangrijk aspect om mee te nemen in het maken van een conclusie over de luchtzuiverende werking van planten.

Naast de plantensoort is het ook van groot belang om te weten in wat voor condities de plant leeft. Als een plant altijd in de schaduw staat zal er minder fotosynthese plaatsvinden waardoor er minder schadelijke stoffen omgezet worden dan wanneer deze plant in de zon staat. De hoeveelheid zon die een plant nodig heeft verschilt ook per plant. Sommige planten verbranden zelfs bij te veel zon in combinatie met hoge temperaturen. Deze variabelen worden bij veel onderzoeken niet gespecificeerd waardoor het resultaat niet goed te interpreteren is.

(J.Wesseling, Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit, 2011) (Cohen, 2006) (Hop, 2013)

6.3 Onderzoek luchtkwaliteit

Algemeen wordt aangenomen dat groene gevels goed zijn voor het milieu, dier en mens, maar er is nog weinig onderzoek gedaan naar de effecten op luchtkwaliteit.

Bij het ontwerpen van een groene gevel wordt vaak gedacht aan de esthetische waarde van de gevel. Hierbij wordt er bijvoorbeeld een soort mos tegen de gevel geplakt omdat het betaalbaar en mooi is. Door de ontbrekende kennis over of de desinteresse voor het zuiveren van luchtkwaliteit kan de luchtkwaliteit zelfs achteruitgaan bij te maken van een verkeerde plantenkeuze.

Dit kan betekenen dat ondanks dat er meer groene gevels worden toegepast in de stad, de luchtkwaliteit niet hoeft te verbeteren.

Deze ontbrekende kennis bij architecten en bouwkundigen is duidelijk terug te zien in het artikel van architectuur.nl waarbij de laatste alinea eindigt met veel vragen over groene gevels en de effecten op de luchtkwaliteit in combinatie met verschillende plantensoorten. Zie onderstaande vragen:

“Wat gebeurt er met de temperatuur, met het fijnstof, met de stikstofconcentratie als ik zo’n groene wand neerzet? Wat is wetenschappelijk gezien de waarde voor het klimaat? Welke plantensoort heeft welk effect?” (Voorthuisen, 2020) (Laska, 2022) (Hendriks K. , 2017) (Ysebaert, 2021)

6.4 Natuurlijke luchtstroming

Groene gevels kunnen een negatief effect hebben op de luchtstroming in dorpen en steden.

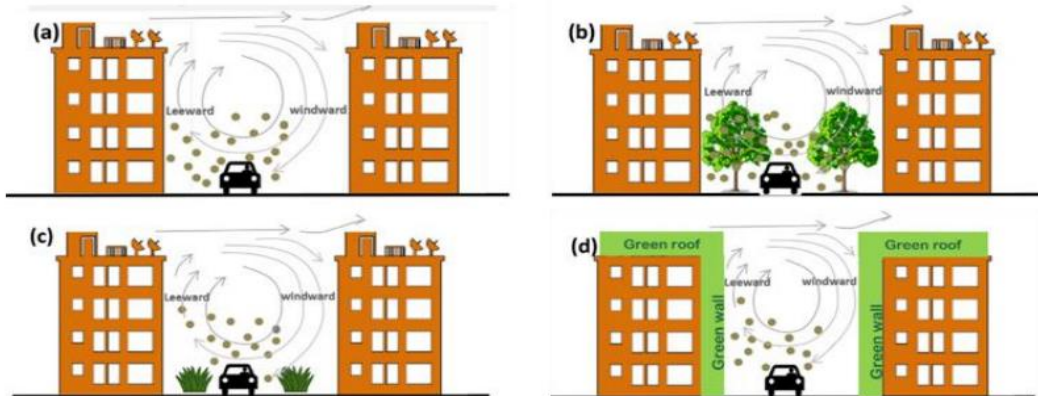
Bebouwing vermindert de lichtsnelheid in een gebied, dit komt doordat gebouwen niet gestroomlijnd zijn en eigenlijk in de weg staan van de wind. Bij gebouwen met vlakke gevels zwakt de wind minder snel af dan bij een groene gevel, dit komt doordat een groene gevel meer weerstand biedt omdat het een ruwer oppervlakte heeft (zie figuur 14). Het bladerdek van een groen gevel verandert daarnaast ook de windrichting waardoor dit de wind verder vertraagt.

In een stad is het juist goed als het waait omdat de wind de vervuilde lucht, die ontstaat in een stad, afgevoerd wordt naar een open omgeving en er aanvoer is van verse lucht. Als het minder hard waait zal het dus langer duren voordat er schone lucht is. In een open omgeving zijn vaak meer planten en bomen die de vervuilde lucht kunnen zuiveren.



Niet alle schadelijke stoffen zullen uit de lucht gefilterd kunnen worden in verband met de zuiveringscapaciteit van de planten, in verhouding tot de hoeveelheid schadelijke stoffen die geproduceerd worden.

(Hop, 2013) (Verhulsdonk, 2020) (J.Wesseling, Effecten van groen op luchtkwaliteit, 2008)
(Oldenkotte, 2012) (Willow, 2021)



Figuur 14 Wind circulatie tussen gebouwen, groene gevels dragen bij aan het verbeteren van de luchtkwaliteit. Helaas verminderen ze de windsnelheid, hierdoor duurt het langer voordat de schadelijke stoffen afgevoerd kunnen worden. Dit is niet zichtbaar op de afbeelding. (Hop, 2013)

6.5 Meetbaarheid en variabelen

Het leven in een stad gaat snel en verandert ook regelmatig. Dit resulteert in het feit dat er veel variabelen zijn zoals mensen, dieren, gebouwen en vervoersmiddelen. Om erachter te komen of meer groene gevels in een stad toevoegen effect heeft op de luchtkwaliteit moet dit gemeten worden. Er zal een nulmeting moeten worden gedaan en na een paar jaar ook een eindmeting.

Doordat er veel variabelen zijn zal het lastig zijn om aan te tonen of groene een mogelijke verbetering in luchtkwaliteit opleveren of dat dit veroorzaakt wordt door iets anders. Als er in 2017 een nulmeting was gedaan en in 2021 een tweede meting zou de luchtkwaliteit hoogstwaarschijnlijk verbeterd zijn. Dit zou vooral het gevolg van de pandemie geweest zijn en niet de toename aan groen. Misschien is ook het gebruik van elektrische auto's omhooggegaan of hebben meer mensen gekozen om met de fiets naar hun werk te gaan. Deze variabelen hadden allemaal meegenomen moeten worden in het onderzoek.

Volgens meerdere deskundigen wordt aangegeven dat het lastig zal zijn om de relatie tussen de verbeterde luchtkwaliteit in de stad en toename in groene gevels te meten. Het is mogelijk om planten individueel te testen, zoals eerder genoemd met de windtunnel test, maar helaas is deze test op grote schaal niet mogelijk.

(Hop, 2013) (Moorselaar, 2020) (Alexandri, 2008) (Sherwood, 2019)



6.6 Indirecte effecten op de luchtkwaliteit

Gevelbekleding kan ook indirect een bijdrage leveren aan de luchtkwaliteit. Planten op gevels en daken kunnen een isolerende werking hebben op een gebouw. Dit resulteert in 2 voordelen, de eerste is dat er in de winter minder gestookt hoeft te worden waardoor de productie van vervuilde energie omlaag geschroefd kan worden. In de zomer zal de energiebehoefte kleiner zijn wat ervoor zorgt dat er minder vraag zal zijn naar aircosystemen. Het verminderen het aantal van deze installaties heeft een effect op de luchtkwaliteit doordat er minder vervuilende stoffen vrij komen bij de productie. Het 'Urban heat island effect' zal door het toepassen van meer groene gevels en daken ook verminderen (Urban heat island effect, 2017) (Zie ook hoofdstuk [Temperatuur](#) voor meer info). De esthetica heeft ook een indirect effect op de luchtkwaliteit, doordat groen inspirerend is zullen mensen sneller de fiets pakken of lopend zich verplaatsen in plaats van het kiezen voor de auto als vervoersmiddel. Bij een hele drastische maatregel zoals bij de lockdown door corona, was het effect van minder auto's op de luchtkwaliteit goed te meten. (Hop, 2013) (J.Wesseling, Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit, 2011) (Urban heat island effect, 2017)

6.7 Conclusie

Het is lastig om het effect van groene gevels op de luchtkwaliteit te meten. Er zijn veel variabelen in een stad wat resulteert in een complexe meting met veel variabelen. Op dit moment bestaat er geen specifieke methode waarbij alleen de gevolgen van groene gevels op de luchtkwaliteit gemeten kan worden.

Niet alle planten zuiveren dezelfde stoffen uit de lucht. Door het ontbreken van kennis hierover bij het bouwen van een groene gevel, zal het effect van verschillende soorten beplanting bij groene gevels niet per groene gevel hetzelfde zijn. Het effect van een groene gevel op de luchtkwaliteit zal dan ook niet specifiek genoeg zijn om er een éénduidig antwoord op te geven of groene gevels bijdragen aan luchtkwaliteit. Een windtunnel test is immers niet te vergelijken met de werkelijke situatie. Groene gevels zullen zeker een effect hebben op luchtkwaliteit maar welk effect dit is, is niet goed meetbaar en daardoor ook lastig te bewijzen.



7 Temperatuur

Het feit dat de temperatuur in steden hoger is dan op het omringende platteland wordt het Urban Heat Island effect genoemd (UHI) (zie figuur 15 voor een schematische weergave). Dit treedt vooral op tijdens piek temperaturen op hele hete zomerdagen. Het grote temperatuurverschil is vooral te meten in de onderste luchtlag. De temperatuur wordt zo hoog door de zon, die door middel van straling onder andere de steenachtige materialen opwarmt. Deze steenachtige materialen houden deze hitte vast, maar stralen dit ook weer uit naar de buitenlucht. Hierdoor wordt de temperatuur van de lucht hoger in deze luchtlag.

Hoge temperaturen zijn een probleem voor de gezondheid en de arbeidsproductiviteit van mensen.

Om dit probleem op korte termijn op te lossen wordt

er nu vaak een airco

aangesloten en gebruikt.

Op lange termijn zou dit probleem opgelost kunnen worden door het

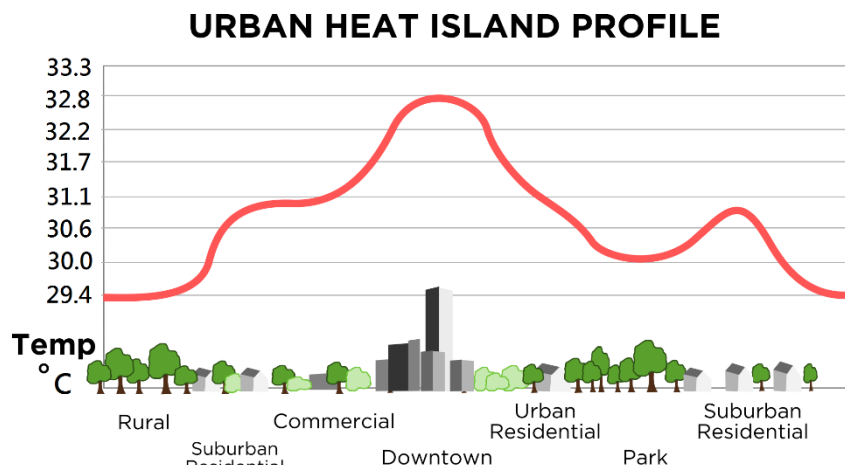
steenachtige materiaal te vervangen door groen.

Groene gevels zouden een positieve bijdrage kunnen leveren aan de

temperatuur en het

verminderen van het Urban Heat Island effect

(Mobilane, 2019) (Dinther, 2015)



Figuur 15 Schematische weergave urbaan heat island effect (hitte eiland effect)

7.1 Warmte weerkaatsing

Beplanting weerkaatst een deel van de zonnestraling die op de bladeren valt, een ander deel wordt opgenomen en gebruikt voor fotosynthese. Het deel van de warmte dat de plant gebruikt is ook voelbaar in de bladeren. Hoeveel warmte een materiaal weerkaatst is te meten in Albedo, dit is een schaal van 0 tot 1. Het getal 1 geeft aan dat alles weerkaatst wordt en bij 0 wordt er niets weerkaatst. Een getal daar tussenin geeft aan dat een deel wordt weerkaatst en een deel wordt opgenomen en vastgehouden. Bij planten kan ook de fotosynthetische activiteit per oppervlakte gemeten worden, dit wordt berekend aan de hand van de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). In de onderstaande tabel zijn, aan de hand van verschillende auteurs, de resultaten weergegeven van het effect van groen op de temperatuur.

Deze tabel is overgenomen uit Ecosysteemdiensten van groene daken en gevels. (Hop, 2013)

Volgens onderzoek (Alexandri, 2008) heeft groen op straatniveau het grootste effect op de temperatuur. Dit kan resulteren in temperatuurdaling van 2 tot 4 graden dalen op straatniveau door de toepassing van groene gevels.

Groene gevels hebben dus een verkoelend effect op straatniveau, wat vooral meetbaar is bij laagbouw (tot 20 meter). Dit effect wordt nog verder versterkt door ook een groen dak toe te passen.



Tabel 2 Overzicht temperatuurdalingen door verschillende type groen

Temperatuurdaling door verschillende type groen (Hop, 2013)				
Extensief groen dak	Groene gevel	Park	Bomen	Auteur
Tot 30° direct boven dak				(Getter, 2006)
Tot 40 °C direct boven dak. Overdag gemiddeld 19 °C, 's nachts 8 °C				(Green Roofs in the New York Metropolitan, 2006)
		0,94 °C koeling overdag, 1,15 °C koeling 's nachts	Koeling door schaduw; 's nachts soms warmte retentie	(Bowler, 2010)
0,1 °C		0,3 – 2,6 °C afhankelijk van grootte		(Macky, 2012)
		1,5 – 3 °C		(Ng, 2012)
Max 26 °C in warm droog klimaat, max 8,4 °C in warm vochtig klimaat	(Model Londen) Muur zelf 10 °C, street canyon 2,5 °C			(Alexandri, 2008)
0,1-0,8 °C op stadsschaal als 50% daken New York begroeid is				(Green Roofs in the New York Metropolitan, 2006)

(Alexandri, 2008) (Hop, 2013) (Mobilane, 2019) (Cai, 2021) (Green Roofs in the New York Metropolitan, 2006)

7.2 Luchtvochtigheid

Door de toename van het aantal planten zal er ook meer fotosynthese zijn op straatniveau wat resulteert in een hogere luchtvochtigheid. Bij fotosynthese wordt er vocht afgestaan aan de lucht bij het omzetten van koolstofdioxide in zuurstof. Een verhoogde luchtvochtigheid kan de gevoelstemperatuur verhogen. Dit kan nadelige effecten hebben voor de productiviteit en gezondheid van de mens. De temperatuur kan dus wel dalen door het toepassen van groene gevels in een dichtbevolkt gebied, maar dit resulteert niet rechtstreeks in een gedaalde gevoelstemperatuur. (Strooming, 2020) (KNMI, 2018)



7.3 Gebouwisolatie

Groene gevels hebben niet alleen een positief effect op het buitenklimaat maar kunnen ook een positieve bijdrage leveren aan de temperatuur in een gebouw. Het bladerdek van een groene gevel creëert een soort extra spouw in de gevel. Stilstaande lucht heeft een isolerende werking; dit principe wordt bij gelaagd glas in een kozijn ook toegepast. Hierdoor is er technisch gezien minder isolatiemateriaal nodig, maar bij het berekenen van thermische isolatie wordt groen niet meegenomen als thermische laag. Daarnaast zijn er groene gevels die als substraat een isolatiemateriaal hebben. Deze extra laag thermische isolatie wordt ook niet meegerekend in de RC-waarde berekening. Dit wordt niet gedaan in verband met het vocht wat er in het substraat trekt om de planten te kunnen voeden. Ondanks dat de isolatielaag vochtig zal zijn, zal dit ook een kleine bijdrage leveren aan de thermische isolatie.

Door de extra isolatie hoeft er dus minder gestookt te worden. De meeste huishoudens stoken op dit moment nog op fossiele brandstoffen. Hierbij komen naast warmte ook schadelijke stoffen vrij. Het behoud van blad bij gevelbegroeiing is wel van belang bij deze redenatie. De bladeren werken als isolatie, als het blad in de herfst uitvalt zal de gevel niet tot nauwelijks bijdragen aan de thermische isolatie. Als er dus minder gestookt hoeft te worden heeft dit een positief effect op de temperatuur in een stad.

(Hop, 2013) (Boermareclame, 2017) (Praag, 2011) (Cai, 2021)

7.4 Conclusie

Groene gevels hebben een verkoelend effect op straatniveau, dit is vooral meetbaar bij laagbouw (minder dan 20m). Door ook groene daken toe te passen wordt dit effect nog verder versterkt. De toename van planten in de binnenstad heeft een nadelig effect op de luchtvochtigheid. De luchtvochtigheid zal namelijk stijgen waardoor de gevoelstemperatuur stijgt. Het binnenklimaat van een gebouw zal verbeteren door het toepassen van groene gevels doordat het groen een extra spouw creëert, wat als extra isolatielaag zal werken. Hierdoor hoeft er minder gestookt te worden wat niet alleen positief is voor de vermindering van uitstoot van schadelijke stoffen en de temperatuur in de stad, maar ook voor de gasrekening van de bewoners.



8 Water

De afvoer van regenwater kan in een stad een probleem zijn, dit komt door de grote hoeveelheid verharde oppervlakten. Wegen en paden laten het water bij regenbuien via het harde oppervlak wegstromen waardoor dit niet (goed) opgenomen wordt in de aarde. Dit water wordt vervolgens afgevoerd via de riolering of grote wateren (kanalen of rivieren etc. die door een stad heen lopen). Doordat het regenwater wordt afgevoerd en niet in het grondwater terecht komt, kan dit resulteren in het verder zakken van het grondwaterpeil ondanks dat het regent. Om het water af te voeren zijn dure riolerings- en zuiveringsinstallaties nodig. Groene gevels zouden een bijdrage kunnen leveren aan de waterhuishouding van een stad.

8.1 Effect op het riool

Bij grote regenbuien ontstaan er neerslagpieken. Deze kunnen gereduceerd worden door het gebruik van groene gevels. De neerslag zal deels op de bladeren van de plant terecht komen en deels in het substraat van de groene gevel. Deze 2 extra oppervlaktes, die het water vasthouden, zorgen ervoor dat er minder water op de straten komt. De neerslag op straat moet in de bodem wegtrekken of zal worden afgevoerd naar het riool. Als het teveel regent voor het riool om al het water in één keer af te voeren zal het een andere weg vinden, vaak is dit het laagste punt van de straat. Het water zal vervuult raken wanneer deze over de weg en het straatvuil stroomt.

Het deel van het regenwater dat op de bladeren terecht komt zal redelijk snel weer verdampt worden. Hierdoor raakt het de grond niet eens en kan het niet vervuult raken door straatvuil. Tevens wordt het riool ontlast zonder dat dit nadelig is voor het grondwaterpeil.

(Dobbels, 2019) (Benefits of green walls, 2019) (Laska, 2022)



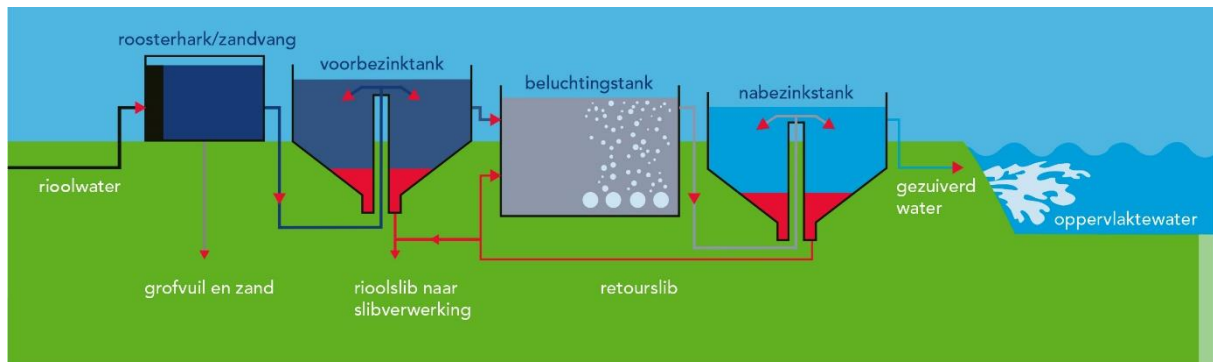
Figuur 16 Waterzuiveringsinstallatie (rioolwaterzuiveringsinstallatie)



8.2 Wateropslag

Groene gevels zullen niet meehelpen met de wateropslag, wel met het verminderen van het effect van neerslagpieken. De horizontale oppervlakte bij groene gevels is te klein om hier een wateropslag in te maken. Wat wel mogelijk is, is dat het opgevangen water van groene daken gebruikt wordt voor het bewateringssysteem van een groene gevel. Hierdoor wordt er indirect wel gelet op watermanagement en zal er zo min mogelijk schoon regenwater verspild worden en afgevoerd worden naar het riool. Daarnaast is er ook minder schoon drinkwater nodig om de gevel te bewateren. Doordat groene gevels een klein horizontaal oppervlak hebben zal de gevel minimaal bijdragen aan de wateropslag, groene daken zouden hier veel effectiever voor zijn dan groene gevels. (Hop, 2013)

8.3 Kwaliteit afstromend water



Figuur 17 Principe van een waterzuiveringsinstallatie (vallei-veluwe)

De kwaliteit van het regenwater zal beter zijn door de groene gevel, dan wanneer het niet gefilterd zou zijn door de grond en planten. Planten en aarde hebben een zuiverende werking, hierdoor hoeven er minder (dure) installaties (figuur 16 en 17) aangeschaft te worden om het rioolwater te zuiveren. Dit is beter voor het milieu omdat er minder installaties nodig zijn en dus ook minder grondstoffen en materialen. Daarnaast is er minder energie nodig om de installaties te laten draaien wat weer een bijdrage levert aan de temperatuur en luchtkwaliteit van de omgeving. (Hop, 2013) (Cohen, 2006) (Dobbels, 2019)

8.4 Conclusie

Het effect van groene gevels op de waterhuishouding is klein maar wel aanwezig. Door de absorberende werking van de groene gevel duurt het langer voordat het regenwater het maaiveld bereikt, dit draagt bij aan het verminderen van neerslagpieken. Planten en aarde/substraat zuiveren het water waardoor er minder installaties nodig zijn om het rioolwater te filteren. Het effect van groene gevels op de wateropslag is minimaal, groene daken daarentegen zouden een veel groter effect op de wateropslag kunnen hebben.

9 Biodiversiteit

De toepassing van groene gevels kan een positieve bijdrage hebben op de biodiversiteit van zowel de flora als de fauna (zie figuur 18). Er wordt immers meer ruimte gecreëerd voor de planten in een versteende omgeving dit wordt ook wel natuur inclusief bouwen genoemd. (Wageningen University & Research, sd)

9.1 Biodiversiteit in de drukbevolkte gebieden

Bij het gebruik van groene gevels zou men kunnen kiezen voor het toepassen van verschillende inheemse plantensoorten

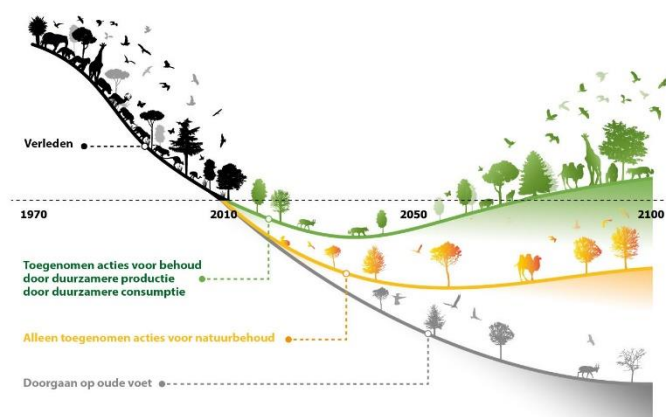
(planten die oorspronkelijk uit Nederland komen), hierdoor wordt de biodiversiteit versterkt. Wanneer men voor uitheemse plantensoorten (planten die in Nederland groeien maar oorspronkelijk uit het buitenland komen, ook wel exoten genoemd) kiest, zou men ook de biodiversiteit vergroten. In beide gevallen is dit een positieve bijdrage aan de flora in de omgeving. Door het toepassen van meer of andere planten in een versteende omgeving zal dit ook de fauna ondersteunen. Sommige plantensoorten hebben de eigenschap bepaalde insectensoorten of vogelsoorten aan te trekken door bijvoorbeeld hun bloemen, zaden en/of vruchten. Vogelsoorten die insecten eten komen vervolgens ook weer op de groene gevel af. Al met al wordt er met een groene gevel (mits deze is voorzien van de juiste plantensoorten) een omgeving gecreëerd die een voedselketen vormt voor de fauna in de omgeving. Wanneer er voor planten gekozen wordt met grote groenblijvende bladeren, creëert men voor sommige diersoorten ook de ideale overwintering- of nestel plek in een omgeving die anders te versteend zou zijn om in te kunnen leven.

(Van Hall Larenstein; VHG; TU Delft; Wageningen URPRO; Alterra; Wellantcollege, 2011) (Mobilane, 2021) (Toolbox voor biodiversiteit, sd) (Groen Kennisnet Kennisplatform voor de groene sector, sd) (Wageningen University & Research, sd)

9.2 Overlast

Het creëren van een nieuwe leefomgeving voor dieren (zoals insecten en spinnen) kan ook als overlast worden ervaren. Denk hierbij aan insecten in de zomer en spinnen die 's winters binnen een overwinteringsplek zoeken. Het ervaren van overlast is echter subjectief want deze dieren gedragen zich zonder de aanwezigheid van een groene gevel net zo. Zonder groene gevels trekken wespen zomers naar prullenbakken en andere locaties waar zij eten kunnen vinden. 's Winters zullen spinnen en insecten altijd proberen naar binnen te trekken omdat ze zo een grotere overlevingskans hebben. Een groene gevel verandert niks aan het gedrag van deze dieren.

(Van Hall Larenstein; VHG; TU Delft; Wageningen URPRO; Alterra; Wellantcollege, 2011)



Figuur 18 Mogelijke ontwikkelingen van de biodiversiteit (W.U.R.)



9.3 Planten keuze

Bij het samenstellen van een groene gevel moet goed gekeken worden naar welke planten er worden toegepast. Zo is er een verschil tussen inheemse planten en uitheemse planten. Het toepassen van alleen inheemse planten is de veilige optie als men zeker wil weten dat de planten geen negatief effect hebben op de omgeving. Echter, dit betekent ook dat de keuze zeer beperkt wordt. Het toepassen van exoten kan risico's met zich meebrengen. De meeste exoten kunnen harmonieus samenleven met inheemse planten en dragen ook bij aan de voedselketen van de fauna in Nederland. Een klein deel van deze exoten zijn agressiever van aard (denk aan de Japanse Duizendknoop). Deze planten hechten zich in korte tijd zo goed aan het Nederlandse klimaat, dat ze invasief worden en zo gaan woekeren dat ze de andere (inheemse) plantensoorten kunnen verdrijven. Dat is uiterst ongewenst.

Wanneer exoten (figuur 19) tevens een slechte voedingsbron zijn voor bestuivende insecten soorten (zoals bijen en vlinders), kan het zijn dat sommige insecten met uitsterven bedreigd worden, denk hierbij aan de diverse wilde bijenrassen. Enkele wilde bijensoorten hebben hun dieet aan kunnen passen aan de uitheemse plantensoorten waardoor ze voldoende voedsel kunnen verzamelen. De rassen die hier niet toe in staat zijn hebben steeds meer moeite met overleven door de voedselschaarste die is ontstaan door de verdrijving van inheemse plantensoorten.

Het gevolg van deze invasieve exoten is dat er een lijst is opgesteld met verboden plantensoorten, welke geldt voor heel Europa. Deze regelgeving is voor het eerst in 2015 ingevoerd en wordt regelmatig geüpdatet met het oog op nieuwe bedreigende planten of diersoorten. Hiernaast is één van de kaarten te zien met daarop de verboden plantensoorten.

(Kate, 2021) (Federale overheidsdienst | Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en milieu, 2020) (European Comission, 2021)

9.4 Conclusie

Men kan concluderen dat groene gevels een positieve bijdrage kunnen hebben op de biodiversiteit in de omgeving. Voor het beste effect zou men wel een goede studie moeten doen naar de al aanwezige flora en fauna zodat men deze kan versterken of vergroten.



Figuur 19 Overzichtsblad verboden plantensoorten
(Federale overheidsdienst | Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en milieu, 2020)

10 Voedselproductie

10.1 Verticale moestuin

Volgens een onderzoek van de technische universiteit Wageningen is het mogelijk om groene gevels en daken in te zetten voor de voedselproductie. Hierbij moet men niet gaan denken aan het op grote schaal verbouwen van gewassen als graan, suikerbieten en maïs. Dit zou immers verre van haalbaar en praktisch zijn. Men zou kunnen denken aan moestuinen waarop kleine gewassen verbouwd kunnen worden, voor enkele personen tegelijkertijd (zie figuur 20). Hierbij kan gedacht worden aan knolgewassen (rode bieten, koolraap en knolselderij), kleine kruidachtige planten (zoals paprika's en munt planten) maar ook aan slapplanten. Voorheen deden niet al deze plantensoorten het goed in Nederland maar door de klimaatveranderingen en de opwarming van de aarde maken gewassen als paprika's en tomaten een steeds betere kans als het gaat om overleven en het produceren van vruchten die door mensen geconsumeerd kunnen worden. Zelf eten verbouwen heeft diverse voordelen, zo staat men dicht bij de natuur, de verbouwde groenten en fruit bevatten vaak minder gif- en meststoffen en doordat er minder voedsel getransporteerd hoeft te worden zal op den duur de uitstoot van milieuvervuilende stoffen verminderd worden. Tevens is het zelfstandig verbouwen van eten erg leerzaam, met name voor kinderen. (Kleef, 2019) (Hiemstra & Hop, 2013)



Figuur 20 Een verticale moestuin kan aan de erf/balkon afscheiding worden toegevoegd (Kleef, 2019)

10.2 Groente en fruit verbouwen

Het verbouwen van groente en fruit in de gevel is minder rooskleurig dan men in eerste instantie denkt. Om zelf voedsel te verbouwen is immers grond en mest nodig, deze moeten getransporteerd worden waarmee er nog steeds veel milieuvervuilende stoffen worden uitgestoten. Daarnaast is voedselverbouwing in moestuinen minder efficiënt dan op grote akkers, waardoor de opbrengst lager zal zijn. De opbrengst van de verticale moestuinen zal zeer waarschijnlijk niet afdoende zijn om iedereen te voorzien van voldoende vers voedsel, waardoor de grote akkerbouw nog steeds zal moeten blijven bestaan en de negatieve milieueffecten zullen blijven.

10.3 Onderhoud

Een moestuin vergt veel onderhoud, ook wanneer dit een verticale moestuin is. Om dit onderhoud te kunnen plegen zal alles goed bereikbaar moeten zijn. Wanneer men een moestuin op het dak zou maken is dit nog te realiseren met het aanleggen van voetpaden. Voor gevels is dit een heel ander verhaal, deze ruimte is slecht te bereiken. Daarnaast zou slecht onderhoud ook de esthetische waarde van de gevel kunnen belemmeren. De enige goed bereikbare gevels zijn die van de begane grond of degene die direct grenzen aan een dakterras of balkon. Maar dan nog zal men niet de volledige hoogte van de gevel kunnen gebruiken voor het verbouwen van groente en fruit. Theoretisch gezien is het wel mogelijk om een gevellift (figuur 21) te installeren op het dak, welke gebruikt kan worden voor het onderhoud van een blinde groene gevel. Met behulp van een gevellift en een strak onderhoudsplan zou het mogelijk moeten zijn om een verticale moestuin te creëren en te onderhouden. Dit wekt wel de vraag op of dit financieel rendabel is.



Figuur 21 Gevellift (EcoTec)



Sommige plantensoorten (zoals planten uit de komkommerfamilie en enkele uit de nachtschade familie) zijn erg gevoelig voor de te gebruiken grond, de wisselteelt⁴ vindt hier dan ook zijn oorsprong. Deze eenjarige plantensoorten kunnen niet ieder jaar op dezelfde plek staan. Zij zullen ieder jaar op een andere plek geplaatst moeten worden of men zou de grond moeten vervangen. Dit laatste is uiteraard een niet haalbare opgave wanneer men de hele gevel ieder jaar van nieuw substraat moet voorzien. Wanneer men deze planten telkens op dezelfde locatie plaatst met dezelfde grond bestaat er een grote kans op schimmel of andere plantenziekten. Deze ziektes hebben negatief effect op de productie van de plant en kan de plant al dan niet laten afsterven.
(Hiemstra & Hop, 2013)

10.4 Conclusie

Al met al is het voor de hobbyist mogelijk om de groene gevel te gebruiken als moestuin, maar dit is verre van aan te raden in verband met de complexiteit en de uitstraling van de gevel. Wel zou men de balkonafscherming kunnen gebruiken voor het maken van een verticale moestuin.

⁴ Wisselteelt is het doorschuiven van jaarlijks verschillende gewassen. Zo komt hetzelfde gewas pas na enkele jaren terug op hetzelfde moestuinbed om een uitgeputte bodem en bodemziektes te voorkomen.



11 MCA

MCA staat voor Multi Criteria Analyse. Dit is een analyse waarbij verschillende aspecten met elkaar vergeleken worden en waarbij inzichtelijk wordt gemaakt welk aspect zwaarder meeweegt. Hierbij is het doel om een goed onderbouwde keuze over een bepaald onderwerp te kunnen maken en het tevens inzichtelijk te maken voor derden.

11.1 Criteria

De volgende criteria nemen we mee in deze MCA:

- Mensen
- Dieren
- Natuur
- Klimaatverandering
- Toekomst
- Energieverbruik
- Financiën

Mensen en gezondheid

Er zijn veel aspecten van een groene gevel die een effect hebben op de mentale staat van een mens maar die ook de fysieke gezondheid kunnen beïnvloeden. Het criteria 'mensen' kijkt naar welke aspecten van een groene gevel bijdragen aan de gezondheid en het welzijn van de mensheid.

Dieren (fauna)

Met dit criterium wordt er gekeken naar wat het effect is van de groene gevel op dieren. Komen er meer dieren op af, kunnen dieren beter overleven of is het van belang voor de toekomst van een dier dan zal er bij dit criteria een + komen te staan. Heeft het geen effect op de dieren die er zijn of draagt het niet extra bij aan de huidige situatie dan komt er een 0 te staan. Als een diersoort bedreigd wordt door het toepassen van een groene gevel komt er een – te staan.

Natuur (flora)

Met dit criterium wordt er gekeken naar wat het effect is van groene gevels op de natuur. Hierbij moet gedacht worden aan de algehele flora op land en in het water.

Klimaatverandering

Bij dit criterium wordt er gekeken naar wat de invloed is op de klimaatverandering. Zorgt het toepassen van een groene gevel voor de verslechtering of verbetering van het klimaat en zal dit de klimaatverandering verlangsamen of versnellen.

Toekomst

Dit criterium is gericht op de invloed die groene gevels kunnen hebben op de toekomst. Hierbij moet gedacht worden aan de toekomstige generaties en het voortbestaan van de mens, natuur en dier.

Energieverbruik

Kost het toepassen van een groene gevel meer of minder energie. Door de steeds heter wordende zomers worden er meer airco's gebruikt, waardoor er meer energie verbruikt wordt. In de winter geldt dit ook, dan worden er meer verwarmingsinstallaties gebruikt om een aangename temperatuur te creëren in de woning. Dit heeft een effect op het energieverbruik en de energierekening.

Financiën

Dit criterium geeft antwoord op de vraag of het toepassen van een groene gevel opweegt tegen de investeringskosten en onderhoudskosten van een groene gevel.



11.2 Analyse

Tabel 3 Multi Criteria Analyse

Multi Criteria Analyse								
	Mensen en gezondheid	Dieren	Natuur	Klimaatverandering	Toekomst	Energieverbruik	Financiën	Totaalscore
Gezondheid en welzijn	+	0	0	0	+	+	+	+4
Esthetica	+	0	0	0	+	0	-	+1
Geluid	+	0	0	0	+	0	+	+3
Luchtkwaliteit	+	0	0	0	0	+	0	+2
Temperatuur	+	+	+	+	+	+	+	+7
Wateropvang	0	+	+	+	0	+	0	+4
Biodiversiteit	0	+	+	0	+	0	+	+4
Voedsel	+	0	0	0	+	0	-	+1

+ = Positief effect.

- = Negatief effect.

0 = n.v.t. of de positieve en negatieve effecten wegen tegen elkaar op waardoor het effect neutraal is.



12 Conclusie

In deze literatuurstudie is onderzocht of de volgende stelling waar of niet waar is.

“Het toepassen van groene gevels levert een positieve bijdrage aan de leefomgeving in een dichtbevolkt gebied.”

Het toepassen van groene gevels heeft veel positieve effecten, in dat opzicht klopt deze stelling. De gezondheid van mensen die zich in een groene omgeving bevinden is aanzienlijk beter dan die van mensen die minder omringd zijn door groen. Groene gevels dragen bij aan het vergroenen van de omgeving doordat het een vorm is van biophilic design. Hierdoor gaat men zich fysiek en mentaal sterker voelen.

Groene gevels dragen volgens ons bij aan de esthetische waarde van een gebouw en de stad. Veel mensen zullen van nature een groene omgeving mooi vinden, omdat dit onder andere rust uitstraalt. Daarnaast gaat het toepassen van groene gevels vandalisme tegen en zijn er vele interessante ontwerpopties mogelijk. Goed onderhoud van de gevel is wel een vereiste om deze natuurlijke en vriendelijke uitstraling te behouden.

Wat betreft de akoestiek dragen groene gevels ook bij aan de omgeving. Door het zachtere en oneffen oppervlak worden omgevingsgeluiden gedempt en verstrooid. Daarnaast creëert een groene gevel ook geluid, doordat de bladeren bewegen in de wind en het groen dieren aantrekt. De natuurlijke ‘ruis’ maskeert het geluid van de drukte en hectiek van de stad, waardoor men de focus kan leggen op de natuurlijke klanken welke vaak als rustgevend ervaren worden. Doordat men een extra schil toevoegt aan de gevel zal ook de geluidsdemping van buiten naar binnen worden verbeterd. Dit komt door de luchtsponw die achter de bladeren ontstaat en door de grotere massa van de gevel.

In de hypothese hadden we de verwachting gesteld dat groene gevels een positieve bijdrage hebben op de luchtkwaliteit. Uit het onderzoek is echter gebleken dat dit een bijzonder lastig onderdeel is om te beoordelen, aangezien het toepassen van groene gevels zowel een positief als een negatief effect kunnen hebben op de luchtkwaliteit. Zo zijn planten in staat de lucht te zuiveren door middel van fotosynthese, maar helaas zuiveren niet alle planten de schadelijke stoffen uit de lucht, sommige scheiden deze juist uit. Daarnaast zal de wind minder hard door de straten kunnen waaien waardoor de aanvoer van schone lucht en de afvoer van vervuilde lucht minder snel gaat.

Ons vermoeden omtrent het effect van groene gevels op de temperatuur is deels correct. Groene gevels blijken in een omgeving met vooral laagbouw (minder dan 20 m) een verkoelend effect te hebben op straatniveau. De beplanting zorgt daarentegen ook voor een hogere luchtvochtigheid, dit is een nadelig effect aangezien de gevoels temperatuur bij een hogere luchtvochtigheidsgraad ook hoger ligt. Een voordelig effect is dat de overhangende bladeren een stilstaande luchtsponw creëert welke bekend staan om de isolerende werking. Dit betekent dat het gebouw beter geïsoleerd is waardoor er minder gestookt of gekoeld hoeft te worden en de uitstoot van schadelijke stoffen wordt beperkt.

In onze hypothese hadden we aangegeven dat we hadden verwacht dat het effect van groene gevels op de waterhuishouding in de stad een niet noemenswaardige positieve bijdrage zou zijn. Uit het onderzoek is gebleken dat deze aanname correct was. Groene gevels zijn namelijk amper in staat om regenwater op te vangen en vast te houden door het kleine horizontale oppervlak dat ze hebben. Wel zijn de gevels in staat de neerslagpieken te verminderen en het water dat de gevel bereikt te filteren.

Uit ons onderzoek is gebleken dat groene gevels inderdaad een positief effect hebben op de biodiversiteit. Zo wordt er meer ruimte gecreëerd voor de natuur waarin de flora versterkt of gevarieerder wordt, afhankelijk van de plant keuze. De groene gevel zal op haar beurt een voedingsbron zijn voor insecten en vogels waardoor de fauna in de stad ook weer aantrekt. De gevel is



echter vooral geschikt als voedingsbron voor dieren en niet voor mensen. Uit het onderzoek is gebleken dat de gevel wel gebruikt kan worden voor voedselproductie in de vorm van een verticale moestuin, alleen zal deze vorm van gewassen verbouwen vele malen minder efficiënt zijn dan de grote akkerbouw. Doordat een (verticale) moestuin veel onderhoud vergt zullen er extra investeringen gedaan moeten worden om dit onderhoud uit te voeren. Al met al lijkt het ons niet rendabel om groene gevels in te zetten voor grootschalige voedselproductie. Wij zouden het wel leuk vinden als er meer aandacht wordt gevestigd op het inzetten van verticale moestuinen in bijvoorbeeld balkonbalustrades of tuinschuttingen.

Onze conclusie is dan ook dat de effecten van groene gevels minder gunstig zijn dan wat de leveranciers vertellen als zij deze proberen te verkopen. In sommige gevallen zijn er zelfs nadelen aan het toepassen van groene gevels. Toch vinden wij dat de positieve effecten zwaarder wegen dan de nadelen. Hierdoor zijn wij van mening dat de toepassing van groene gevels het investeren waard is en dat dit een ontwerp optie is die vooral aangemoedigd moet worden.



13 Aanbevelingen

13.1 Urban Heat Island effect (UHI)

Urban Heat Island effect is een effect wat is ontstaan door de combinatie van weinig planten, weinig wind en veel mensen en gebouwen. Dit effect is nadelig voor de klimaatverandering en daardoor ook voor de toekomstige generaties. Naar aanleiding van dit onderzoek is de vraag bovengekomen hoeveel groen er nodig is om dit negatieve effect te verminderen. Hierbij is het type plant of boom belangrijk, maar de biodiversiteit moet natuurlijk ook niet achteruitgaan. Het is dan ook belangrijk dat er onderzoek wordt gedaan naar hoe de natuurlijke balans kan worden hersteld.

13.2 Biophilia en biophilic design

Er zijn al redelijk wat onderzoeken gedaan naar biophilia en biophilic design, toch zijn deze onderzoeken vooral op basis van meningen en gevoel. Dit komt mede doordat dit onderwerp ook over een gevoelskwestie gaat. Toch zou het de moeite waard zijn om onderzoek te doen naar het effect van biophilia en hier harde cijfers aan te koppelen. Dit is niet zo zeer nodig voor de wetenschap maar juist om de maatschappij te helpen in te zien wat de noodzaak is van biophilic design en dat het de moeite waard is om hier tijd en geld in te investeren.

13.3 Eigenschappen plantsoorten

Er zijn heel veel plantensoorten met allemaal unieke eigenschappen. Om erachter te komen wat het effect is van groene gevels moet er meer onderzoek gedaan worden naar een juiste combinatie van beplanting. De unieke eigenschappen van planten, die toepasbaar zijn in groene gevels, zijn niet allemaal bekend. Hier zou een onderzoek naar gestart moeten worden waarbij er specifiek gelet wordt op de toepassing in groene gevels en de effecten op de klimaatverandering.



14 Literatuur

14.1 Figurenlijst

Figuur 1 Relaties groen in de leefomgeving – gezondheid (Verheij, de Vries, Spreeuwenberg, & Schellevis, 2009) (Maas, et al., 2009).....	7
Figuur 2 (Berenklauw plant).....	8
Figuur 3 Verwondingen door berenklauw (DuraVermeerSave).....	8
Figuur 4 Straatbeeld met en zonder groen (imgur.nl)	9
Figuur 5 (Wand met graffiti)	9
Figuur 6 ParkRoyal Collection Pickering, Singapore (ParkRoyal Collection Pickering, Singapore).....	9
Figuur 7 Groene gevel van een McDonald's filiaal in Noord-Amerika (Groot, 2022)	9
Figuur 9 Deze groene gevel is de grootste groene gevel ter wereld en staat in Kaohsiung (Big green wall)	10
Figuur 8 Deze groene wand staat in Universiade Claustrol Mexico (A Bike Was Added To This Huge Green Wall For A Bit Of Whimsical Fun)	10
Figuur 10 Bakstenen gevel aangetast door de hechtwortels van een Hedera (Diks).....	10
Figuur 11 Deze groene gevel is door onjuiste detaillering en onderhoud volledig afgestorven (Hendriks N.)	10
Figuur 12 Groen gevel (edepot.wur).....	12
Figuur 13 Schematische weergave van een windtunneltest (wikipedia, 2022)	14
Figuur 14 Wind circulatie tussen gebouwen, groene gevels dragen bij aan het verbeteren van de luchtkwaliteit. Helaas verminderen ze de windsnelheid, hierdoor duurt het langer voordat de schadelijke stoffen afgevoerd kunnen worden. Dit is niet zichtbaar op de afbeelding. (Hop, 2013).....	16
Figuur 15 Schematische weergave urbaan heat island effect (hitte eiland effect)	18
Figuur 16 Waterzuiveringsinstallatie (rioolwaterzuiveringsinstallatie)	21
Figuur 17 Principe van een waterzuiveringsinstallatie (vallei-veluwe).....	22
Figuur 18 Mogelijke ontwikkelingen van de biodiversiteit (W.U.R.)	23
Figuur 19 Overzichtsblad verboden plantensoorten (Federale overheidsdienst Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en milieu, 2020)	24
Figuur 20 Een verticale moestuin kan aan de erf/balkon afscheiding worden toegevoegd (Kleef, 2019)	25
Figuur 21 Gevellift (EcoTec)	25

14.2 Tabellenlijst

Tabel 1 Begrippenlijst	6
Tabel 2 Overzicht temperatuurdalingen door verschillende type groen	19
Tabel 3 Multi Criteria Analyse	28



14.3 Bibliografie

- (sd). *hitte eiland effect*. wikipedia, <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hitte-eilandeffect>.
- (sd). *A Bike Was Added To This Huge Green Wall For A Bit Of Whimsical Fun*.
<https://designyoutrust.com/2016/03/a-bike-was-added-to-this-huge-green-wall-for-a-bit-of-whimsical-fun/>.
- Alexandri, E. J. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and . *Building and Environment* 43, 480-493.
- Algemeen Nederlands Woordenboek. (2017, mei 30). *Grondgebonden*. Opgehaald van Ensie:
<https://www.ensie.nl/anw/grondgebonden>
- Amsterdam Rainproof. (2022). *Groene gevel*. Opgehaald van Amsterdam Rainproof elke druppel telt:
<https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/groene-gevel>
- Architectuurstudio IR. (2020, januari 23). *biophilia & biomimicry*. Opgehaald van Architectuurstudio IR:
<https://www.studioir.nl/portfolio/biophilia-en-biomimicry/>
- Bade, T. (2011). *Groen loont!*. Apeldoorn: De groene stad.
- Benefits of green walls*. (2019, 09). Opgehaald van sempergreenwall:
<https://sempergreenwall.com/benefits/>
- (sd). *Berenklauw plant*. <https://www.nederlands-dis.nl/dis/nagerecht/overheerlijke-groente-gewone-inlandse-berenklauw-uit-de-natuur-of-je-tuin/>.
- (sd). *Big green wall*. Taiwan Today, <https://taiwantoday.tw/news.php?unit=36&post=34575>.
- Boermareclame. (2017). *Geluid*. Opgehaald van Boermareclame.nl:
<http://mijnbestanden.boermareclame.com/vhg/HLT2/Mens/Geluid/Inleiding/Info-geluid.pdf>
- Bowler, D. (2010). Urban greening to cool towns and cities. In D. Bowler, *A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning In Press*,. A.S.: Pullin.
- Cai, D. S. (2021, 7 2). *Rewilding cities: grow back greener, cleaner and healthier*. Opgehaald van Oxford university: <https://www.ox.ac.uk/news/2021-07-02-rewilding-cities-grow-back-greener-cleaner-and-healthier>
- Cohen, A. J. (2006, 09 01). *the global burden of disease due to outdoor airpollution*. Opgehaald van tandfonline: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15287390590936166>
- Diks, M. (sd). *Baksteen gevel aangetast door Hedera*.
- Dinther, M. v. (2015, Maart). *De grote steden gaan drastisch veranderen: minder auto's, meer hoogbouw en radicale vergroening*. Opgehaald van De volkskrant: 1.
<https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/de-grote-steden-gaan-drastisch-veranderen-minder-auto-s-meer-hoogbouw-en-radicale-vergroening~b45dab65/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.bouwwereld.nl%2F>
- Dobbels, F. (2019, 06 30). *Groene gevels: van nieuwigheid naar het nieuwe gewoon*. Opgehaald van edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/497441>
- DuraVermeerSave. (sd). Wond veroorzaakt door berenklauw. *Wond veroorzaakt door berenklauw*. DuraVermeer, <https://www.duravermeersave.nl/toolbox/biologische-agentia/berenklauw>.
- Ecopedia. (2022). *Fotosynthese*. Opgehaald van Ecopedia:
<https://www.ecopedia.be/encyclopedie/fotosynthese#:~:text=Definitie%3A-,Fotosynthese%20is%20een%20biochemisch%20proces%20waarbij%20de%20groene%20planten%2C%20de,middel%20van%20het%20pigment%20chlorofyl>.
- EcoTec, g. (sd). *Gevellift*. EcoTec gevelliften B.V., <https://www.ecotecbv.nl/>.
- edepot.wur. (sd). *Groene gevel met groot blad*. <https://edepot.wur.nl/330986>.
- European Comission. (2021). *Environment | Nature and biodiversity | Invasive Alien Species*. Opgehaald van European Comission:
https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm
- Federale overheidsdienst | Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en milieu. (2020, september 06). *Europese lijst met verboden invasieve uitheemse soorten*. Opgehaald van Federale overheidsdienst | Volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en milieu:
<https://www.health.belgium.be/nl/dieren-en-planten/biodiversiteit/uitheemse-invasieve-soorten/ias-de-strijd-tegen-invasieve-uitheemse>



- Gemeente Rotterdam. (sd). *Inheemse Planten*. Opgehaald van Gemeente Rotterdam:
<https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/inheemse-planten/#:~:text=Inheemse%20planten%20zijn%20planten%20die,een%20gezond%20en%20leefbaar%20ecosysteem.>
- Gemeente Rotterdam. (sd). *Samen werken aan meer biodiversiteit*. Opgehaald van Gemeente Rotterdam: <https://www.rotterdam.nl/apps/rotterdam.nl/wonen-leven/biodiversiteit/>
- Getter, K. R. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *HortScience* 41, 1276-1285.
- gevaarlijke stoffen uitgelegd*. (2019). Opgehaald van Ilent:
<https://www.ilent.nl/onderwerpen/gevaarlijke-stoffen-uitgelegd>
- Going Green. (2020, december 12). YouTube.nl. *Green Walls | Living cities*.
<https://www.youtube.com/watch?v=R9fJ0rt2Hpw>.
- Green Roofs in the New York Metropolitan. (2006). In C. Rosenzweig, *Research Report* (p. 59). New York: Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard .
- Groen Kennisnet Kennisplatform voor de groene sector*. (sd). Opgehaald van Groenkennisnet:
<https://groenkennisnet.nl/>
- Groot, F. d. (2022, maart 04). *Groene gevels combineren veel voordelen*. Opgehaald van BouwTotaal:
<https://www.bouwtotaal.nl/2022/03/groene-gevels-combineren-veel-voordelen/>
- Hendriks, K. (2017). *Groene daken en gevels voor klimaatbestendigheid*. Opgehaald van Wageningen university & research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Groene-daken-voor-klimaatbestendigheid-.htm>
- Hendriks, N. (sd). *Grootste groene gevel geflopt*. <https://www.bouwwereld.nl/bouwfouten/gevels-volgens-nico/grootste-groene-gevel-geflopt/>.
- Hertog, den, F., Hout, van den, K., Kruize, H., Brombacher, N., Gootzen, A., & Jongh, de, D. (2022, april). *Kennisbundeling Groen en Gezondheid*. Opgehaald van RIVM De zorg voor morgen begint vandaag: https://www.rivm.nl/sites/default/files/2022-05/Kennisbundeling%20Groen%20en%20Gezondheid_V6.pdf
- Hiemstra, J. A., & Hop, M. E. (2013, December). *Wageningen University Research | WUR eDepot*. Opgehaald van Ecosysteemdiensten van groene daken en gevels:
<https://edepot.wur.nl/286734>
- Hop, M. E. (2013, december). *ecosysteemdiensten van groene daken en gevels*. Opgehaald van edepot.wur: <https://edepot.wur.nl/286734>
- imgur.nl. (sd). Veranderingen in het straatbeeld van Nederland door de jaren heen. *Veranderingen in het straatbeeld van Nederland door de jaren heen*. [imgur.nl](https://imgur.com/a/rffE0Oz), <https://imgur.com/a/rffE0Oz>.
- IS KLIMOP (HEDERA HELIX) SLECHT VOOR JE MUUR?* (2017, augustus 15). Opgehaald van De Tuinen van Appeltern:
[https://appeltern.nl/nl/tuinadvies/tuinieren/is_klimop_hedera_helix_slecht_voor_je_muur#:~:text=Klimop%20\(Hedera%20helix\)%20is%20per,voor%20schade%20aan%20bouwwerken%20zorgen.](https://appeltern.nl/nl/tuinadvies/tuinieren/is_klimop_hedera_helix_slecht_voor_je_muur#:~:text=Klimop%20(Hedera%20helix)%20is%20per,voor%20schade%20aan%20bouwwerken%20zorgen.)
- Ismail, M. R. (2014, 05 22). *Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings*. Opgehaald van science direct:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X14002333>
- J.Wesseling. (2008). *Effecten van groen op luchtkwaliteit*. Opgehaald van leefmilieu.nl:
https://www.leefmilieu.nl/sites/www3.leefmilieu.nl/files/imported/pdf_s/2008_Effecten_van_%20groen_op_de_luchtkwaliteit.pdf
- J.Wesseling. (2011). *Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit*. Opgehaald van rivm.nl:
<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680705019.pdf>
- Kate, G. t. (2021, januari 09). *The pollinators*. Opgehaald van Exotische planten: een verrijking of de ondergang vna bestuivers: <https://www.thepollinators.org/exotische-planten-een-verrijking-of-de-ondergang-van-bestuivers/>
- Kleef, P. v. (2019, juli 20). *De verticale moestuin*. Opgehaald van Groene Helden Academie:
<https://groeneheldenacademie.nl/verticale-moestuin/>



- KNMI. (2018). *Gevoelstemperatuur bij hoge luchtvochtigheid*. Opgehaald van KNMI:
<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/gevoelstemperatuur-bij-warm-weer#:~:text=Als%20de%20lucht%20vochtig%20is,bij%20hoge%20luchtvochtigheid%20bemoeilijkt%20wordt.>
- Kohler, M. (2008). a view back and some visions. In M. Kohler, *Green facades* (pp. 423-436). Urban ecosystems.
- Laska, M. W. (2022, 07 05). *the use of green walls and the impact on air quality and life standard*. Opgehaald van researchgate:
https://www.researchgate.net/publication/336009302_The_use_of_green_walls_and_the_impact_on_air_quality_and_life_standard
- Maas, j., Verheij, R., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F., & Groenewegen, P. (2009). *Morbidity is related to a green living environment*.
- Macky, S. (2012). Building and Environment. In L. X, *Remotely sensing the cooling effects of city scale* (pp. 348-358). R.B.
- Mobilane. (2019). *Voordelen groene gevel*. Opgehaald van Mobilane building green:
<https://mobilane.com/nl/nieuws/voordelen-van-een-groene-gevel/>
- Mobilane. (2021, december 15). *Mobilane building green*. Opgehaald van Voordelen van een groene gevel: <https://mobilane.com/nl/nieuws/voordelen-van-een-groene-gevel/>
- Moodo interieurontwerp. (2022, augustus 23). *Biophilic Design*. Opgehaald van Moodo:
<https://moodo-interieurontwerp.nl/ervaar-de-positieve-effecten-op-het-welzijn-met-biophilic-design/>
- Moorselaar, I. v. (2020, december). *Groen en luchtkwaliteit*. Opgehaald van ggd.amsterdam:
<https://www.ggd.amsterdam.nl/gezond-wonen/luchtkwaliteit/groen-luchtkwaliteit/#hddfe3679-d6e2-4903-b28b-16ce0c2561ee>
- Morbidity is related to a green living environment. (sd). *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63 (12), 967-973.
- Natuurinclusief bouwen. (2016, September). Opgehaald van
https://denhaag.raadsinformatie.nl/document/3974708/1/RIS288182_bijlage_Nota_natuurinclusief_bouwen#:~:text=Onder%20natuurinclusief%20bouwen%20verstaan%20we,natuurwaarden%20er%20baat%20bij%20hebben.
- Nederlandse Encyclopedie. (2019, januari 24). *Wat is de betekenis van Hechtwortels?* Opgehaald van Ensie:
<https://www.ensie.nl/betekenis/hechtwortels#:~:text=Hechtwortels%20zijn%20wortels%20die%20zich,aan%20een%20substraat%20teweeg%20brengen.>
- Nederlandse encyclopedie. (2020). *Huidmondjes*. Opgehaald van encyclo:
<https://www.encyclo.nl/begrip/huidmondjes#:~:text=huidmondjes%20%3D%20Openingen%20in%20de%20oppervlucht,sluitcellen%20rond%20een%20regelbare%20spleet.>
- Ng, E. (2012). A study on the cooling effects of greening in a highdensity city: An experience from Hong Kong. In *Building and Environment* (pp. 256-271). Hong Kong.
- Oldenkotte, G. (2012). *groene gevel of groen dak geen groene long*. Opgehaald van Vakbladdehovenier:
<https://www.vakbladdehovenier.nl/upload/artikelen/dg612groenelong.pdf>
- (sd). *ParkRoyal Collection Pickering, Singapore*. Trivago, <https://www.trivago.nl/singapore-44278/hotel/parkroyal-on-pickering-2553292.>
- Praag, R. v. (2011). *Groen moet je doen*. Opgehaald van TUDelft:
http://homepage.tudelft.nl/x4x4j/saddbtreports/0809vj/roby_van_praag.pdf
- Research, W. U. (sd). Het ombuigen van de curve van biodiversiteitsverlies. *Het ombuigen van de curve van biodiversiteitsverlies*. WUR, DuraVermeerSave).
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2022, mei 17). *RIVM De zorg van morgen begint vandaag*. Opgehaald van Effecten van groen op fysieke en mentale gezondheid:
<https://www.rivm.nl/nieuws/effecten-van-groen-op-fysieke-en-mentale->



- gezondheid#:~:text=Invloed%20van%20groen%20op%20gezondheid&text=Zo%20kan%20groen%20de%20gezondheidsschade,en%20sociale%20interactie%20kan%20stimuleren.
- Rijksoverheidsdienst voor Ondernemend Nederland. (2022, Februari 17). *Invasieve exoten*. Opgehaald van Rijksoverheidsdienst voor Ondernemend Nederland: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/invasieve-exoten>
- rioolwaterzuiveringsinstallatie. (sd). <https://nl.wikipedia.org/wiki/Rioolwaterzuiveringsinstallatie>.
- Rogers, K. (2019, Juni 25). *biophilia hypothesis | Description, Nature, & Human Behavior*. Opgehaald van Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/biophilia-hypothesis>
- Rogers, K. (2019, Juni 25). *biophilia hypothesis: Additional Information*. Opgehaald van Britannica: <https://www.britannica.com/science/biophilia-hypothesis/additional-info#Additional-Reading>
- Rogers, K. (2019, Juni 25). *biophilia hypothesis: Related Content*. Opgehaald van Britannica: <https://www.britannica.com/facts/biophilia-hypothesis>
- Rosley, M. S., Rahman, S. R., & Lamit, H. (2014, Oktober 16). *Biophilia Theory Revisited: Experts and Non-experts Perception on Aesthetic Quality of Ecological Landscape*. Opgehaald van ScienceDirect: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877042814055104?token=295CCA52858C215E0AA7F46BF97C1734E26A5030BFC2C256A194733AEE6DED3C0002399161B11F1033B96111B2C63D30&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220921075155>
- Rosley, M. S., Rahman, S. R., & Lamit, H. (2014, Oktober 16). *Biophilia Theory Revisited: Experts and Non-experts Perception on Aesthetic Quality of Ecological Landscape*. Opgehaald van ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814055104>
- Sherwood, H. (2019, 07 13). *Battle for clean air is sending our gardens to new heights*. Opgehaald van theguardian: <https://www.theguardian.com/environment/2019/jul/13/living-walls-bloom-cities-tackle-air-pollution>
- Strooming. (2020). *hoe reageert het menselijk lichaam op luchtvochtigheid*. Opgehaald van gezondheidskrant: <https://www.gezondheidskrant.nl/hoe-reageert-het-menselijk-lichaam-op-luchtvochtigheid/>
- Takkenkamp. (sd). *Wat is de Rc-waarde?* Opgehaald van Takkenkamp: <https://www.takkenkamp.com/kennisbank/rc-waarde/#:~:text=De%20Rc%2Dwaarde%20is%20een,combinatievloer%20of%20dubbel%20glas%20aangeduid.>
- Toolbox voor biodiversiteit. (sd). Opgehaald van All4biodiversity: <https://toolbox-all4biodiversity.nl/>
- Tzoulas, K. e. (2020). *Promoting Ecosystem and Human Health in Urban Areas Using Green Infrastructure: A Literature Review. Landscape and Urban Planning*. Opgehaald van scientific research: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkozje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2675296](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkozje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2675296)
- Urban heat island effect. (2017). Opgehaald van environmental protection agency: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/reduce-urban-heat-island-effect#:~:text=%22Urban%20heat%20islands%22%20occur%20when,heat%2Drelated%20illness%20and%20mortality.>
- vallei-veluwe. (sd). <https://www.vallei-veluwe.nl/wat-doet-waterschap/zorgen-schoon-water/energie-rioolwater/hoe-werkt-rwzi/>.
- Van Hall Larenstein; VHG; TU Delft; Wageningen URPRO; Alterra; Wellantcollege. (2011). *Reader ecoengineering groene gevels*. Opgehaald van Groenweb Eco Engineering: <https://edepot.wur.nl/330986>
- Velt samen eco actief. (2022). *Hoe start je met wisselteelt?* Opgehaald van Velt samen eco actief: <https://velt.nu/tip/hoe-start-je-met-wisselteelt#:~:text=Wisselteelt%20is%20jaarlijks%20verschillende%20gewassen,zijn%20teeltwisseling%2C%20teeltrotatie%20of%20vruchtwisseling.>
- Verbrugge, F., & Diks, M. (2022). *Plan van Aanpak*.
- Verbrugge, F., & Diks, M. (2022). *Substraat*.



- Verheij, J., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., & Schellevis, F. (2009). *Groenewegen*, P.P. Groenewegen p.p (2009).
- Verhulsdonk, I. (2020, 02 21). *hoe ontstaan windstoten*. Opgehaald van Nemokennislink: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/hoe-ontstaan-windstoten/>
- Visscher, R. (2017, 11 20). *Fijnstofreductie door groene daken en gevels schromelijk overschat*. Opgehaald van Nemokennislink.nl: <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/fijnstofreductie-door-groene-daken-schromelijk-overschat/>
- Voorthuijsen, A. v. (2020, 07 14). *het wonder van groene gevels*. Opgehaald van Architectuur.nl: <https://www.architectuur.nl/kennis/het-wonder-van-groene-gevels/>
- Wageningen University & Research. (sd). *Biodiversiteit*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/nl/show-longread/Biodiversiteit-longread.htm>
- Wageningen University & Research. (sd). *Natuurinclusieve transities*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoekprogrammas/onderzoeks-en-investeringsprogrammas/natuurinclusieve-transities.htm>
- (sd). *Wand met graffiti*. <https://nl.depositphotos.com/12463323/stock-photo-graffiti-vandalism.html>.
- Wesołowska. (sd). *The use of green walls and the impact on air*. Web of conference, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/42/e3sconf_asee18_00096.pdf.
- Wikipedia. (2020, juni). *hitte eiland effect*. Opgehaald van wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hitte-eilandeffect>
- wikipedia. (2022, augustus). *windtunnel*. Opgehaald van wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_tunnel?adlt=strict&toWww=1&redig=6D64C660457A46ED80024D5B18234109
- Willow, F. (2021, 07 20). *how green walls help the environment clean the air improve wellbeing*. Opgehaald van ethical unicorn: <https://ethicalunicorn.com/2021/07/20/how-green-walls-help-the-environment-clean-the-air-improve-wellbeing/>
- Wong, N. H. (2009, 06 26). *Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls*. Opgehaald van sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132309001632>
- Ysebaert, T. (2021, 6 3). *groene gevels voor betere luchtkwaliteit in steden*. Opgehaald van blog.uantwerpen.be: <https://blog.uantwerpen.be/pintra/groene-gevels-voor-betere-luchtkwaliteit-in-steden/>





PROBLEEMSTELLING

Onderbouwing

6 januari 2023

Bijlage 4

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	De huidige regelgeving	4
2.1	Brandklasse	4
2.2	Weerstand branddoorslag en brandoverslag	5
2.3	Rookvorming.....	5
3	Gebreken van de huidige regelgeving.....	6
3.1	Er wordt niet naar risico's gekeken	6
3.2	Naleving van de wetgeving	6
3.3	Beperkingen van de SBI-test	7
3.4	Risico van het optellen brandklasse	8
4	Conclusie.....	9
5	Bibliografie	10



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Groene gevels zijn nog een relatief nieuw concept in de bouw die ervoor zorgen dat mens en natuur dichter bij elkaar komen. Deze innovatie heeft vele voordelen, waardoor opdrachtgevers steeds vaker groene gevels gaan toepassen in de bouw. Doordat de innovaties in de bouw sneller kunnen gaan dan dat de regelgeving kan bijhouden, zou de regelgeving omtrent brandveiligheid verouderd kunnen zijn ten opzichte van de toepassing van groene gevels.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk maken van de risico's die de wet- en regelgeving met zich meebrengen en hoe deze wordt nageleefd in de praktijk. Hierdoor wordt duidelijk wat de gebreken zijn in de Nederlandse norm en welke risico's deze vormen voor de brandveiligheid van de gevel en het hele gebouw.

1.3 Leeswijzer

Dit document start in hoofdstuk 2 met een toelichting van de huidige regelgeving, in hoofdstuk 3 zullen de gebreken van deze regelgeving aan bod komen. In hoofdstuk 4 volgt een conclusie waarna het document wordt afgesloten met de bibliografie in hoofdstuk 5. De begrippen- en afkortingenlijst behorende bij dit onderzoek zijn te vinden in bijlage 1.



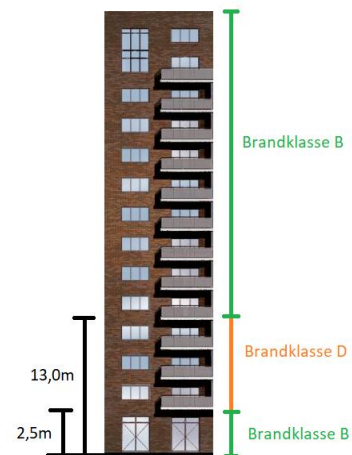
2 De huidige regelgeving

Volgens de wet- en regelgeving, zoals opgeschreven in het huidige Bouwbesluit van 2012, gelden er diverse regels omtrent de brandveiligheid van gevels. Er wordt hierin geen onderscheid gemaakt tussen levende gevels (zoals een begroeiende schil) en niet-levende gevels (bijvoorbeeld een houten of stenen buitenblad). Wanneer begroeiing geïntegreerd is in de gevelconstructie, moet de begroeiing ook voldoen aan de brandveiligheidseisen van gevels. Wanneer de begroeiing voor de gevel geplaatst is, wordt zij niet als onderdeel van de gevelconstructie beschouwd en zijn daar geen eisen aan verbonden.

De voorschriften worden toetsbaar gemaakt door (N)EN-normen (bepalingsmethoden) en zijn vooral bedoeld om de gevolgen van een brand te beperken. In de huidige regelgeving wordt er niet specifiek gekeken naar de risico's van branduitbreiding maar worden constructieonderdelen aan prestatie-eisen getoetst. Wanneer aan de prestatie-eisen wordt voldaan wordt een gebouw brandveilig geacht. Met het formuleren van prestatie-eisen, in plaats van praktische oplossingen te eisen, hoopt de overheid het innoveren van de bouw zo min mogelijk te belemmeren.

2.1 Brandklasse

Voor de gevels van een gebouw zijn er ook brandveiligheidsvoorschriften. Hoewel gevels meestal niet brandwerend hoeven te zijn, moeten ze wel de uitbreiding van een beginnende brand beperken, daarvoor zijn brandklasse-eisen geformuleerd. De brandklasse is onderdeel van de Europese norm (EN-13501-1: Reaction to fire), met een classificering van laag naar hoog: F tot en met B, A1 en A2. Wanneer een gebouw met woonfunctie hoger ligt dan 13 m zal er een brandklasse eis B gelden voor de gevel. Als een voor personen bestemde vloer boven de 5 m ligt, geldt er tevens de eis dat de eerste 2,5 m vanaf het aansluitende terrein niveau moet voldoen aan brandklasse B. Dit vanwege het verhoogde risico op ontsteking van de gevel door bijvoorbeeld brandstichting, containerbranden of een autobrand. In verband met de realiseerbaarheid wordt er een uitzondering gemaakt voor de gevel die tussen de 2,5 m en de 13m ligt en voor gevelopeningen, voor deze uitzonderingen geldt er een minimale brandklasse eis D (figuur 1).



Figuur 1 Schematische weergave brandklasse verdeling in de gevel (Diks, Brandklasse verdeling in de gevel,

Aangezien vliesgevels ook gezien worden als ramen kunnen deze ook onder de brandklasse D uitzonderingsregel vallen hoewel dit wel een discussiepunt blijft gezien de grootte van het oppervlak. In artikel 2.70 van het BouwBesluit 2012 (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijke relaties, 2022), geldt er nog een andere uitzonderingsregeling voor de constructieonderdelen. Van elke afzonderlijke ruimte hoeft ten hoogste 5% van de totale oppervlakte van de constructieonderdelen, hieronder valt ook de gevel van een gebouw, niet te voldoen aan de gestelde brandklasse eis. Deze uitgezonderde oppervlaktes mogen niet allemaal op 1 plek geconcentreerd zijn om grote risico's te voorkomen, dit maakt de kwestie omtrent de brandklasse eis van vliesgevels erg complex en discutabel. De gevels die minimaal aan brandklasse D moeten voldoen, vallen immers ook onder de 5% uitzonderingsregel waardoor gevels aan twee uitzonderingsregels moeten voldoen.

Wanneer langs de gevel een (extra) beschermde vluchtroute loopt wordt de basiseis (brandklasse D) verhoogt naar brandklasse C. Zodra er een brandoverslag risico aanwezig is volgens de Nederlandse norm (NEN-6068), moet de stralingsflux van een uitslaande vlam op de niet brandwerende opening van een ander brandcompartiment worden getoetst. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren wanneer er geen brandwerende daglichtopeningen in de gevel zijn opgenomen. Als voorwaarde bij deze toetsing geldt dat de gehele gevel aan brandklasse B moet voldoen (inclusief gevelopeningen), om andere vormen van warmtetransport door straling te mogen verwaarlozen.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijke relaties, 2022) (Rossum, 2021) (DGMR Bouw B.V., 2021) (Normcommissie 353084, 2019) (Normcommissie 351007, 2020)



2.2 Weerstand branddoorslag en brandoverslag

In basis gelden er geen eisen aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO-waarde) ter plaatse van een gevel. De eisen aan de WBDBO-waarde staan vastgelegd in de NEN-6068 en wordt uitgedrukt in het aantal minuten dat deze brandwerend moet zijn volgens de standaard brandkromme. Het aantal minuten dat de gevel brandwerend moet zijn is dan ook projectafhankelijk, in de meeste gevallen volstaat een brandwerendheid van 30 minuten of langer.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties, 2022) (Rossum, 2021) (Normcommissie 351007, 2020) (DGMR, 2019)

2.3 Rookvorming

Omdat de gevel aan de buitenlucht grenst gelden er geen eisen omtrent de bijdrage van rookproductie. Er wordt namelijk vanuit gegaan dat er voldoende “schone lucht” aanwezig is om de giftige rook voldoende te verdunnen tot een onschadelijke concentratie.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties, 2022) (Rossum, 2021)

3 Gebreken van de huidige regelgeving

3.1 Er wordt niet naar risico's gekeken

In paragraaf 2.1 werd al aangegeven dat volgens de NEN-6068 gevelopeningen aan brandklasse B moeten voldoen. Zodra dit het geval is zou er volgens die redenering immers geen brandoverslag kunnen plaatsvinden, waardoor dit niet verder berekend hoeft te worden. Wat in de regelgeving echter niet meegenomen wordt, is de kans dat deuren en/of ramen open staan op het moment van brand. In een dergelijke situatie zit er een onderbreking in de brandwerende schil en kan er alsnog brandoverslag plaatsvinden, dit kan ernstige gevolgen hebben als de rest van het gebouw hier niet op berekend is.

Wanneer de gevel een spouw bevat bestaat er het risico dat de brand in de spouw terecht komt en kortsluiting tussen 2 of meer brandcompartimenten veroorzaakt, wat betekent dat er meerdere brandcompartimenten tegelijkertijd worden bedreigd door de brand. Als het brandbestrijdingsplan hier niet op afgestemd is, kan dit grote gevolgen hebben. Zo kan het zijn dat er te weinig vluchtcapaciteit is voor (volledige) evacuatie of dat de brand zich zo snel uitbreidt dat de brandweer de brand niet meer op tijd kan beheersen.

(Herpen, Voortgangsbespreking 1, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 2, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 3, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 4, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021)

3.2 Naleving van de wetgeving

In sommige gevallen wordt er te kortzichtig naar de regelgeving gekeken. In dit soort gevallen wordt er gekeken wat het absoluut minimum is voor de eisen en daarmee de maatregelen, hier komt ook het gebrek aan wettelijke kaders voor het geldigheidsgebied naar voren. Doordat er geen duidelijke eisen zijn voor het geldigheidsgebied is het mogelijk om te zoeken naar de mazen in de wet. Zo zijn er bijvoorbeeld geen specifieke eisen voor het testen van groene gevels terwijl dit een levende gevel is. Levende gevels zijn echter veel afhankelijker van de omgeving (denk aan het klimaat, de seizoenen en het onderhoud van de gevel) en kennen daardoor veel meer variabelen dan bijvoorbeeld gevels met een houten of stenen afwerking. Groene gevels zijn daardoor niet te vatten binnen de wettelijke kaders van de huidige regelgeving. Het gebrek aan wettelijke kaders zorgt ervoor dat leveranciers het minimale kunnen doen om aan de eisen te voldoen en er wordt niet verder gekeken naar de eventuele gevolgen van dit absolute minimum. Dit kan betekenen dat er te weinig aandacht wordt besteed aan het brandveilig detailleren. Veelal is er tijdens de vergunningaanvraag te weinig bekend over de materialisering om vast te kunnen stellen of het gebouw voldoet aan de regelgeving of dat er fouten in de ontwerpfase zitten. Toch wil men de vergunning meer dan eens al in het voren afgeven in het vertrouwen de regelgeving wordt nageleefd.

Het kan ook zijn dat de aangewezen persoon die het ontwerp moet toetsen op brandveiligheid niet bekwaam genoeg voor een dergelijke toetsing. Dit heeft tot gevolg dat er soms geen (fatsoenlijk) brandveiligheidsadvies wordt aangevraagd of afgegeven waardoor er een grotere kans ontstaat op ontwerpfouten. Tegen de tijd dat deze fouten aan het licht komen zijn de oplossingen erg duur of is het bijna niet meer haalbaar om dit aan te passen. Dat deze fouten niet eerder aan het licht komt omdat er te weinig mensen zijn die voldoende specifieke kennis hebben omtrent brandveiligheid en hoe dit te realiseren is.

(Herpen, Voortgangsbespreking 1, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 2, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 3, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 4, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021)



3.3 Beperkingen van de SBI-test

Volgens de NEN-normen wordt de brandklasse van een materiaal of product getoetst aan de hand van een Single Burning Item test (SBI-test), de eisen van deze test staan vastgelegd in de norm EN-13823. Deze test opstelling heeft echter wel een beperkte capaciteit. Zo zijn er voor de testopstelling eisen aan de afmetingen gesteld voor het te testen object. Zo zijn de afmetingen van de te testen panelen 1m*1,5 m en 0,5m*1,5 m, wanneer een element zo is gemaakt dat deze niet fatsoenlijk aan de maten kan voldoen zal het basisprincipe van het object aangepast moeten worden. Hierdoor zou het brandgedrag tijdens de test anders kunnen zijn ten opzichte van de praktijk. Ook is er een maximale dikte van 0,25 m, deze dikte kan niet overschreden worden in verband met de afmetingen van de apparatuur. Dit heeft tot gevolg dat de test veelal alleen het individuele product kan testen, in een dergelijk geval wordt er vaak gekozen voor een onbrandbare achtergrond.

Op deze manier wordt alleen het brandgedrag van het product getest, in de praktijk zal er echter niet altijd voor een onbrandbare achtergrond gekozen worden. Wanneer de achtergrond wel brandbaar is kan dit van invloed zijn op het brandgedrag van het te testen product. Zo is er meer brandbare massa welke kan zorgen voor een hoger brandvermogen en een hoger brandvermogen betekent weer dat de kans op de ontsteking van andere materialen groter is.

Een andere beperking van de SBI-test is dat de testopstelling slechts in staat is een brandvermogen van 30,7kW te produceren, in sommige gevallen is dit te verhogen tot een maximum van 50 kW. In beide gevallen is dit een relatief laag brandvermogen dat vergelijkbaar is met een containerbrand. Het brandvermogen van een uitslaande vlam ligt over het algemeen meer in de buurt van enkele Megawatts. Men kan dan ook wel voorstellen dat de praktijk een ander effect op de brandbaarheid van de gevel kan hebben ten opzichte van de test.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties, 2022) (Rossum, 2021)

(Herpen, Voortgangsbespreking 1, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 2, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 3, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 4, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021) (Herpen ; Fellow Fire Engineering (TU/E), 2022) (Normcommissie 353084, 2022) (Dechering, 2022)



3.4 Risico van het optellen brandklasse

In de [vorige alinea](#) werd al benoemd dat de maximale toelaatbare dikte voor de SBI-test, zorgt voor belemmeringen in het testen van de brandklasse omdat een product veelal niet getest kan worden met een achterliggende constructie. Wanneer men toch de brandklasse van de gevel wil weten zou een niet-deskundig adviseur eenvoudig kunnen denken dat de brandklassen bij elkaar opgeteld kunnen worden. Dit is echter niet het geval, wanneer men twee producten met een brandklasse B samenbrengt in één element betekent dit niet dat het element automatisch brandklasse B krijgt. Voor brandklasse B gelden onder andere de eisen dat het product heel moeilijk brandbaar is en een zeer beperkte bijdrage levert aan de brand. Het feit dat een product met brandklasse B nog wel aangestoken kan worden betekent dat het product een ontstekingsrisico kan vormen voor de andere brandbare producten in het element. Als beide producten met brandklasse B gaan branden zal het brandvermogen en de temperatuur al snel boven de geteste waarden uitkomen, waardoor niet langer meer bekend is hoe het materiaal zich gedraagt (in veel gevallen zal het product minder veilig zijn dan de geteste situatie). Als het product toegepast wordt buiten het geldigheidsgebied, zal een product opnieuw getest moeten worden.

Wanneer men een element samenstelt met twee producten waarbij de één een brandklasse A1 (onbrandbaar en draagt niet bij aan de brandontwikkeling) heeft en het andere product volledig afschermt en de ander een brandklasse E (Zeer brandbaar en hoge bijdrage aan brandontwikkeling) heeft zal men nog steeds geen klasse A1 kunnen krijgen. De reden hiervoor is dat voor een element met een brandklasse A1 diverse eisen gelden. Zo moet iedere laag van dit product voldoen aan aparte eisen, een product met een brandklasse E zal hier niet aan voldoen. Wel zal men op deze manier een brandklasse B kunnen behalen. Indien men van dezelfde producten uitgaat maar de afscherming van het product met een brandklasse E niet volledig is, dan vormt dit een enorm risico voor de brandveiligheid omdat dit product gemakkelijk brandt en vervolgens ook gemakkelijk aangestoken kan worden. In een dergelijke situatie kan men een brandklasse E krijgen voor het element ondanks dat er een product in verwerkt is dat een brandklasse A1 heeft.

Wanneer men alleen producten met een brandklasse A1 (onbrandbaar en draagt niet bij aan de brandontwikkeling) of een brandklasse A2 (vrijwel onbrandbaar en draagt nauwelijks bij aan de brandontwikkeling) toepast, behaalt men automatisch een brandklasse B of hoger voor het element. Hiervoor zal geen aanvullende test nodig zijn om dit te beoordelen.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (de Groot, van de Leur, & van Leeuwen, 2020)



4 Conclusie

Tijdens het onderzoek is er kritisch gekeken naar de gebreken van de diverse (N)EN-normen en bijbehorende testmethodes die van toepassing zijn op de brandveiligheid maar er is ook kritisch gekeken naar het huidige BouwBesluit van 2012 zelf. Zo wordt er geen onderscheid gemaakt in groene gevels, terwijl dit niet als een “standaard” gevel kan worden beschouwd. Zo is een groene gevel een levende gevel waarin aspecten zoals klimaat, seizoenen en onderhoud een veel grotere rol spelen dan bij bijvoorbeeld een houten, gestucte of bakstenen gevel afwerking. Een levende gevel kent zoveel variabelen dat deze niet te vatten is binnen huidige regelgeving. Het gebrek aan wettelijke kaders voor het geldigheidsgebied en de beperkingen van de testmethode creëren mogelijkheden voor het maken van goedkopere (en minder veilige) oplossingen. Dit kan gebeuren door bijvoorbeeld het optellen van brandklassen in plaats van een gevelopbouw in zijn geheel te testen, wat een bedreiging kan vormen voor de brandveiligheid van een gevel en daarmee het gehele gebouw.



5 Bibliografie

- de Groot, F., van de Leur, P., & van Leeuwen, G.-J. (2020, 06). *Hoe bepaal ik brandveiligheid gevel*. Opgehaald van Bouwtotaal: <https://www.bouwtotaal.nl/2020/06/hoe-bepaal-ik-brandveiligheid-gevel/>
- Dechering, D. (2022, September). Uitleg SBI. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- DGMR. (2019, februari 6). *Handreiking /Beoordeling brandveiligheid gevels*. Opgehaald van Touwtechniek.com: http://www.touwtechniek.com/content/32863/download/clnt/95097_Handreiking_Beoordeling_brandveiligheid_gevels.pdf
- DGMR Bouw B.V. (2021). *Risico's van gevels met brandklasse B*. Den Haag: DGMR.
- Diks, M. (2022). *Brandklasse verdeling in de gevel*.
- Diks, M. (2022). *Onderbouwing probleemstelling*.
- Gemeente Rotterdam. (sd). *Samen werken aan meer biodiversiteit*. Opgehaald van Gemeente Rotterdam: <https://www.rotterdam.nl/apps/rotterdam.nl/wonen-leven/biodiversiteit/>
- Herpen ; Fellow Fire Engineering (TU/E). (2022). *PHBO Fire safety engineering | Blok 2 | Basis brandfysica en branddynamica*.
- Herpen, R. v. (2022, september 5). Voortgangsbespreking 1. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Herpen, R. v. (2022, september 14). Voortgangsbespreking 2. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Herpen, R. v. (2022, september 21). Voortgangsbespreking 3. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Herpen, R. v. (2022, september 26). Voortgangsbespreking 4. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties. (2022, augustus 01). *BouwBesluit Online 2012*. Opgehaald van BouwBesluit 2012: <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties. (2022, augustus 01). *BouwBesluit Online 2012*. Opgehaald van BouwBesluit 2012: <https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>
- Normcommissie 351007. (2020). *NEN 6068*. NEN Connect.
- Normcommissie 353084. (2019). *NEN-EN 13501-1*. NEN Connect.
- Normcommissie 353084. (2022, augustus). *NEN-EN 13823+A1*. Opgehaald van NEN Connect: <https://connect.nen.nl/standard/openpdf/?artfile=3668855&RNR=3668855&token=ea895032-1aa5-4942-b063-1e7016b2c266&type=pdf#pagemode=bookmarks>
- Rossum, E. v. (2021). *Handboek Brandveiligheid*. Utrecht, Utrecht, Nederland: Brandpreventie Academy.
- Verbrugge, F., & Diks, M. (2022). *Plan van Aanpak*.





GROENE GEVELS EN HET BRANDGEDRAG VAN GROENE GEVELSYSTEMEN

Deskresearch

9 januari 2023

Bijlage 5

F. Verbrugge
634178

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel.....	4
1.3	Leeswijzer	4
DEEL 1: Groene gevels		
2	Historie groene gevels	5
3	Type groene gevels	7
4	Grondgebonden groene gevels.....	8
4.1	Soorten klimplanten	8
4.2	Klimhulp	10
4.3	Water geven	11
4.4	Onderhoud en levensduur	11
5	Gevelgebonden groene gevels.....	12
5.1	Systemen	12
5.2	Montage systeem	12
5.3	Substraat type.....	12
5.4	Substraathouders.....	14
5.5	Irrigatiesystemen	15
5.6	Planten.....	16
5.7	Onderhoud en levensduur	16
5.8	Toepassing en risico's	16
6	Conclusie groene gevels	17
DEEL 2: Brandgedrag groene gevelsystemen		
7	Brandgedrag bepalen.....	18
7.1	SBI-test.....	18
7.2	Brandklasse bepalen	18
7.3	Rookklasse bepalen.....	19
7.4	Druppelklasse	19
7.5	Samengestelde klasse	19
8	Brandgedrag gevelsystemen.....	20
8.1	Wallflore outdoor	20
8.2	Sempergreen wall flexipanel.....	23
8.3	Modulogreen	26
8.4	Mobipanel FR.....	28
8.5	Virtoria gevelsysteem	30
9	Aandachtspunten brandgedrag groene gevels	32
9.1	Materialisering.....	32



9.2	Planten(soorten) en vochtgehalte	32
9.3	Variabelen in de test.....	33
9.4	Risico's	34
10	Conclusie brandgedrag groene gevels	35
11	Discussie	36
12	Aanbevelingen	37
13	Literatuur	38
13.1	Figurenlijst	38
13.2	Tabellenlijst.....	38
13.3	Bibliografie.....	39



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Natuur is belangrijk voor de gezondheid van mens, dier en de wereld, om deze verbinding te behouden en te versterken worden er steeds vaker groene gevels toegepast. Groene gevels hebben vele voordelen zoals het opvangen van fijnstof, het isoleren van gebouwen en het leveren van een positieve bijdrage aan de gezondheid van de mens. Dit zijn allemaal redenen om een groene gevel te monteren, maar waar bestaat een groene gevel uit en wat is het brandgedrag van de toegepaste materialen in een groen gevelsysteem. In dit tweedelige onderzoek zullen antwoorden gezocht worden op de volgende vragen:

Deel 1: “Wat is een groene gevel?”

Deel 2: “Wat is het brandgedrag van de toegepaste materialen in gevelgebonden groene gevelsystemen?”

1.2 Doel

Om erachter te komen wat het brandgedrag van groene gevels is, zal eerst onderzocht moeten worden wat groene gevels zijn en waar deze uit bestaan. Daarna zullen de toegepaste materialen van diverse groene gevelsystemen in beeld gebracht worden welke een bijdrage kunnen leveren aan de branduitbreiding tijdens een gevelbrand. Door onderzoek te doen naar de brandklasse certificaten van groene gevels zullen de risico's en aandachtspunten hiervan duidelijke worden. Het doel hiervan is om inzichtelijk te maken wat het brandgedrag van de groene gevelsystemen is, zodat in een vervolgonderzoek de bijdrage van de beplanting en het substraat onderzocht kan worden.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal het ontstaan van groene gevels en de innovatie van groene gevel systemen benoemd worden. Groene gevels kunnen in 2 types verdeeld worden, deze 2 soorten komen in hoofdstuk 3 aanbod. Het eerste type; de grondgebonden groene gevels, zal in hoofdstuk 4 verder toegelicht worden en in hoofdstuk 5 zal het tweede type; de gevelgebonden groene gevels, omschreven worden gevolgd door een toelichting waar deze uit bestaan. Dit deel wordt afgesloten in hoofdstuk 6 met een conclusie over wat groene gevels zijn.

Deel 2 start in hoofdstuk 7 met een uitleg over hoe het brandgedrag van gevels wordt bepaald. In hoofdstuk 8 worden de materialen van een aantal groene gevelsystemen onderzocht op het brandgedrag. Hieruit ontstaan een aantal aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden bij het testen van groene gevelsystemen. Deze aandachtspunten zijn in hoofdstuk 9 verder toegelicht en onderbouwd. De 2^e hoofdvraag wordt in hoofdstuk 10 beantwoord in de conclusie. In hoofdstuk 11 en 12 staan de discussie en de aanbevelingen die uit dit onderzoek ontstaan zijn. Als laatste is de literatuurlijst te vinden in hoofdstuk 13. In bijlage 1 zijn de betekenissen van diverse begrippen te vinden.



Deel 1: Groene gevels

2 Historie groene gevels

Er is altijd een natuurlijke verbinding geweest tussen mens en natuur. Voordat er huizen gebouwd werden leefde mensen in zelfgemaakte tenten van dieren huiden, omringd door de natuur. Het moment dat er huizen gebouwd werden bleef deze connectie erg belangrijk, op veel plekken door vele jaren heen zijn er diverse manieren geweest om de natuur dichtbij huis te houden. Wanneer men naar de geschiedenis kijkt ziet men al gauw het belang van groen voor de mens, vanuit dit belang is onder andere de groene gevel tot stand gekomen.

Planten betrekken in en om woningen wordt al vanaf 3000 jaar voor Christus gedaan. Vanuit ruïnes in Pompeï blijkt dat potplanten, pergola's en wijnranken al in en om gebouwen geplaatst werden om de verbinding met de natuur zo veel mogelijk te behouden. De bekendste en oudste klimplant is de druif, waarmee pergola's werden begroeid om een soort groene wand te creëren. Pergola's en prielen met klimplanten zijn de voorlopers van de groene gevels zoals deze nu bekend zijn.

De koning van Babylon, Nebukadnezar, liet een gebouw bouwen met diverse daktuinen. Hier is hoogst waarschijnlijk de hangende tuin voor het eerst uitgevoerd. Een hangende tuin wordt gemaakt door groen op het dak te planten en over de rand van het dak naar beneden te laten groeien. Het paleis Babylon werd in 600 voor Christus gebouwd. De planten die gebruikt zijn voor de daktuinen en hangende tuin werden uit andere gebieden gehaald waardoor de biodiversiteit van het gebied vergrootte (zie figuur 1).

Wat zeer opvallend is voor deze tijd, is dat er holle kolommen werden ontworpen waar aarde in aangebracht werd. In deze holle kolommen konden planten groeien doordat de wortels genoeg diepte hadden om te wortelen. Om deze planten groen te houden werd er een irrigatiesysteem bedacht met ondergrondse kanalen. Hierdoor werd het gebouw van de koning van Babylon als architectonisch kunstwerk gezien.



Figuur 1 Hangende tuinen van Babylon, Gravure door Maarten Heemskerck (Peters, 2011)

In het oude Egypte behielden ze de verbinding met de natuur door groene kamers te maken. Dit zijn kamers zonder dak of steenachtige muren, gemaakt van planten en bomen die in bepaalde vormen gegroeid werden. Zelfs graven werden omringd door groen en er werden overal tuinen aangelegd. Veel doorgangen werden versierd met pergola's waar druiven langs opgroeide zodat de planten extra veel zonlicht kregen en zo meer vruchten gaven. De klimop werd geweid aan de god Osiris, die stond voor de god van vegetatie.

Het gebruik van klimplanten werd later ook overgenomen door de Romeinen. Zij hebben de groene gevels doorontwikkeld en waren de eerste die deze benoemde in boeken.

Het Romeinse rijk ging uiteindelijk ten onder en daardoor raakte klimplanten in de vergetelheid. In kloostertuinen bleef het wel gebruikelijk om klimplanten te groeien en werden er slangenmuren ontwikkeld. Dit zijn muren die een horizontaal gezien een golvende vorm hebben zodat er zon en schaduwplekken op de gevel ontstonden, zoals te zien in figuur 2.



Figuur 2 Slangenmuur (golvende muur) op landgoed Hindersteyn

In de 17^e en 18^e eeuw kwamen er meer klimplanten naar Europa, o.a. de wilde wingerd werd uit Noord-Amerika gehaald en geïmporteerd. Het duurde even voordat deze planten gewent raakte aan het klimaat, maar rond 1900 waren deze Amerikaanse klimplanten overal in Europa te vinden.

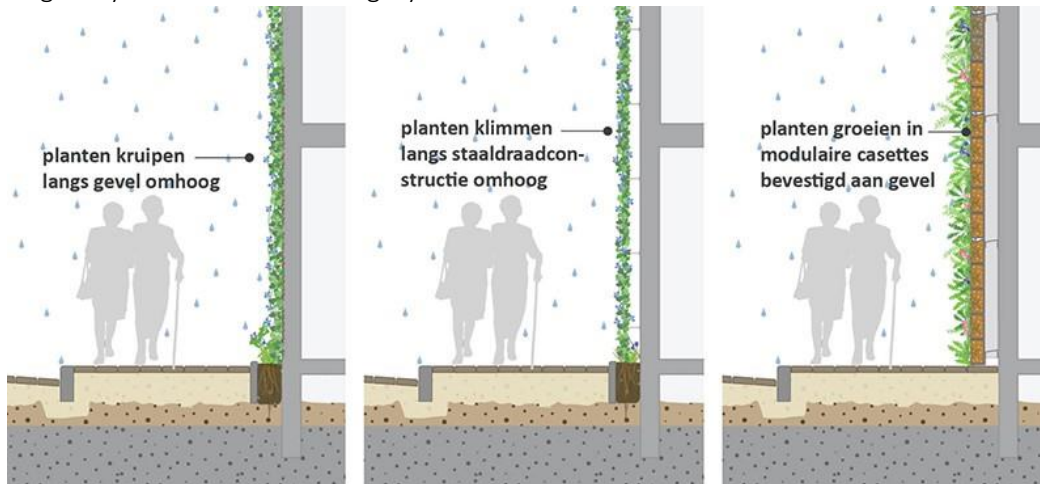
De Fransman Patrick Blanc heeft in 1970-1975 het eerste 'living wall systems' uitgevonden. Als botanicus deed hij veel onderzoek naar beplanting en groen, vooral in tropische gebieden heeft hij veel veldonderzoeken gedaan. Het groene gevels systeem wat hij ontworpen heeft, bestaat uit een metalen frame met polyamide vilt, dit vilt wordt vochtig gemaakt middels een irrigatiesysteem. Diverse mos soorten worden op dit vilt geniet, de mos soorten halen vocht uit het vilt en blijven zo in leven. Dit systeem is niet voor alle planten geschikt maar is een voorloper op de meeste hedendaagse levende groene gevel systemen.

(FOJTÍČKOVÁ, 2021) (Peters, 2011) (Blanc, 2022)



3 Type groene gevels

Groene gevels zijn er in veel verschillende types waarbij de meeste groene gevels in 2 groepen verdeeld kunnen worden. De eerste groep is grondgebonden gevels en de tweede groep is gevelgebonden gevels (ook wel niet grondgebonden gevels of livings wall systems genoemd). Grondgebonden groene gevels bevatten klimplanten die in de aarde op maaiveld niveau wortelen, sommige kunnen klimhulp nodig hebben dit ligt aan het type klimplant. Gevelgebonden groene gevels bestaan uit een systeem met planten waarbij de wortels in de gevel wortelen en groeien. Het gevelsysteem bestaat, in grote onderdelen, uit planten, grond of substraat, substraathouder, een irrigatiesysteem en een montagesysteem.



Figuur 3 Voorbeelden groene gevels (Atelier groenblauw, 2019)

In figuur 3 is in de linker afbeelding een voorbeeld te zien van een grondgebonden groene gevel zonder klimhulp, in de afbeelding in het midden is een groene gevel te zien van klimplanten die klimhulp nodig hebben om tegen een gevel aan te groeien. In de rechter afbeelding van figuur 3 is een voorbeeld te zien van een gevelgebonden groene gevelsysteem, hierbij is goed te zien dat de wortels in de gevel verbonden zijn.

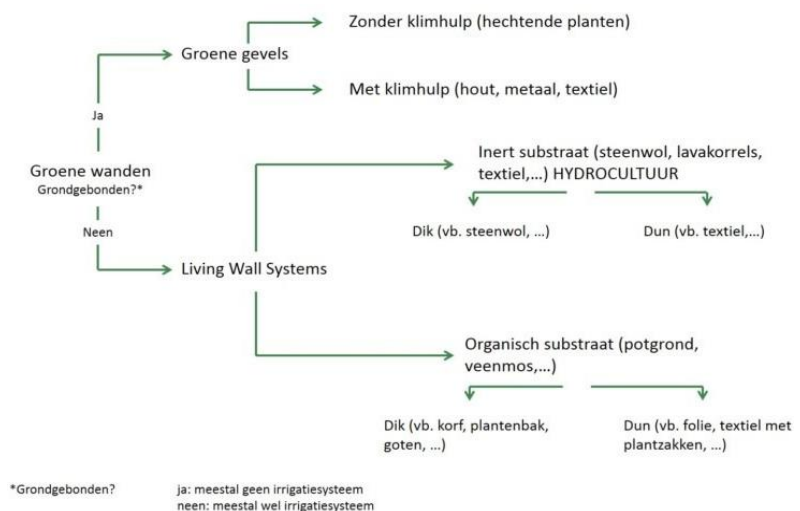
De locatie van de wortels geeft de eerste verdeling tot stand. Daarna wordt er bij de grondgebonden groene gevels uitgezocht of bepaalde planten wel of geen klimhulp nodig hebben. Als laatste kan er onderzocht worden wat voor type klimhulp het beste past bij de planten om een zo dicht begroeid mogelijke groene gevel te creëren (zie figuur 4).

Groene gevels die gevelgebonden zijn worden ook wel living wall systems genoemd. Hierbij wordt bedoeld dat het groen een onderdeel is van de gevel waarbij

de grond, beplanting en het irrigatiesysteem in de gevel verwerkt is. Bij gevelgebonden groene gevels kan er een onderverdeling gemaakt worden tussen type substraat. Substraten kunnen organisch zijn zoals veen of kokosvezels maar kunnen ook uit anorganische materialen zoals steenwol en textiel bestaan.

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020)

(Worldgreeninfrastructure network, 2021) (wtcb, 2017)



Figuur 4 Soorten groene gevels onderverdeeld. (wtcb, 2017)



4 Grondgebonden groene gevels

Grondgebonden groene gevels kunnen uit zichzelf ontstaan door klimplanten met hechtwortels of kunnen ontstaan door planten die met klimhulp op een bestaande gevel groeien (zie figuur 5). Planten met klimhulp kunnen ook nog verder verdeeld worden aan de hand van hun wortels en klimtechniek. Rankende planten hebben kleine takjes die krullen, deze krullen dan om klimhulp heen. De wurgers klampen zich helemaal vast aan hun gastheer om zo naar de zon te groeien. Sommige planten hebben luchtwortels, of groeien uit zichzelf omhoog. Het type wortel kan iets zeggen over hoe de planten groeien en wat voor klimhulp er nodig is.

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020)

4.1 Soorten klimplanten

Zelf hechtende klimplanten

Zelf hechtende klimplanten hebben een unieke eigenschap in verhouding tot andere klimplanten. Deze planten hebben namelijk naast hun gewone wortels die in de grond zitten, ook hechtwortels (zie figuur 6) waarmee ze zich vastkleven aan een voorwerp. Dit kan een bakstenen gevel zijn, een houten pergola maar ook een boom. De hechtwortels van deze planten vallen onder de adventiefwortels en scheiden calciumcarbonaat af wat als kleefstof dient. Deze hechtwortels kunnen schade aanrichten op hun gastheer doordat de kleefstof zo sterk is dat bij het verwijderen van de plant de hechtwortels achterblijven.

Voorbeelden van zelf hechtende planten zijn:

- Amerikaanse trompetbloem (Campsis)
- Klimhortensia (Hydrangea Petiolaris)
- Klimop (Hedera)
- Wilden wingerd (Parthenocissus)
- Pluimklimhortensia (Schizophragma integrifolium)

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020) (Dingenen, 2015) (groene gevels, 2021) (Vette, 2020)

Rankende planten

Rankende planten zijn een type klimplant met uitlopers waarmee ze zich kunnen vastklampen aan een voorwerp (bijvoorbeeld een boom of pergola). De uitlopers van deze planten zien eruit als krullen die ergens omheen gewikkeld kunnen worden, zie figuur 7.

Voorbeelden van rankende planten zijn:

- Siererwt (Lathyrus)
- Druif (Vitis vinifera)
- Toscaanse Jasmijn (Jasminum)
- Pompoenplant (Cucurbita)

Deze rankende planten zijn vaak vriendelijk ten opzichte van zijn/haar gastheer, ze groeien om een boom of voorwerp heen maar tasten deze niet aan.

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020) (groene gevels, 2021)



Figuur 5 Grondgebonden groen gevel met zelf hechtende klimplanten (Atelier groenblauw, 2019)



Figuur 6 Hechtwortels (Vette, 2020)



Figuur 7 Rankende helmbloem om klimhulp heen (Poot, 2016)



Wurgende planten

Wurgende planten zijn veel agressiever ten opzichte van rankende planten. Deze planten wurgen hun gastheer waardoor de plant/boom te weinig ruimte krijgt om te groeien. Er zijn redelijk wat bomen/planten die niet goed om kunnen gaan met wurgende planten wanneer deze om hun stam of takken heen groeien. In figuur 8 is een voorbeeld te zien van het effect van een wurgende plant om een boom heen, hierbij is de wurgende plant net los gemaakt van de gastheer.

Sommige wurgende planten kunnen ook ranken hebben net als de rankende planten, hierin is dus echt de agressie het grootste verschil tussen deze twee type.

Voorbeelden van wurgende planten zijn;

- Blauwereg (Wisteria)
- Kamperfoelie (Lonicera)
- Passiebloem (Passiflora caerulea)

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020) (groene gevels, 2021) (osdorp, 2018)



Figuur 8 Schade die een wurgende plant (in dit geval een blauwereg) heeft aangebracht aan een boom. (Blauwe regen, 2016)

Luchtwortels

Meerdere tropische planten hebben luchtwortels, hiermee kunnen ze voedingsstoffen uit de lucht opnemen en zuiveren. Wanneer deze wortels de aarde raken zullen deze doorgroeien als “normale” wortels. Luchtwortels kunnen ook om een gastheer heen groeien zodat ze zich vast kunnen klampen en naar de zon kunnen groeien. Een voorbeeld van een kamerplant met luchtwortels is in figuur 9 te zien. Voorbeelden van planten met luchtwortels zijn:

- Orchidee (Phalaenopsis)
- Monstera plant

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020) (groene gevels, 2021)



Figuur 9 Voorbeeld van luchtwortels (Luchtwortels wiki, 2015)

Omhoog groeiers

Dit zijn planten die cirkels maken om een gastheer heen en vanuit daar verticaal omhoog groeien, zoals te zien in figuur 10. Door de cirkelende beweging creëren ze stevigheid. Deze type planten tasten de gastheer niet snel aan, als de gastheer een boom is en door blijft groeien kan deze wel te weinig ruimte krijgen door de omhoog groeiende plant.

Voorbeelden van omhoog groeiers zijn:

- Klimrozen
- Clematis
- Kiwibes

(Jan, Verschillende type klimplanten, 2020)

(Luchtwortels wiki, 2015) (Adventiefwortels, 2018)



Figuur 10 Omhoog groeier, een klimplant die naar het licht groeit maar afhankelijk is van klimhulp om te groeien.

4.2 Klimhulp

Hout

Een klimhulp kan gemaakt worden door houten latten haaks op elkaar te monteren. Door de dikte van het hout zal er een ruimte ontstaan waar de planten tussendoor kunnen groeien. Het houten rek kan met schroeven en pluggen aan bijvoorbeeld een metselwerk gevel gemonteerd worden. In figuur 11 is te zien hoe een houten klimrek tegen de muur is gemonteerd en hoe een plant hierdoor omhoog gegroeid is. Deze houten klimrekken voor planten kunnen zelf gemaakt worden of kant en klaar gekocht worden bij de bouwmarkt. Dit type klimhulp is diverse houtsoorten verkrijgbaar maar er is ook een kunststof variant.

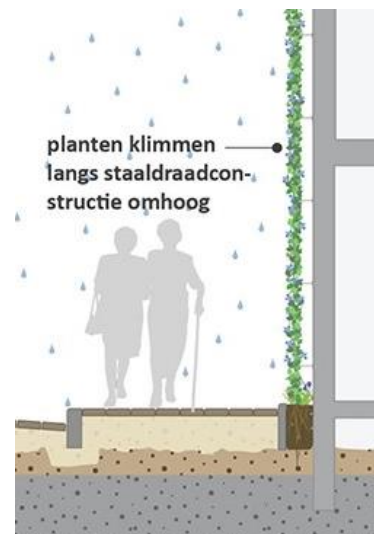


Figuur 11 Houten klim constructie (klim constructie, 2019)

Planten kunnen om een pergola groeien, dit is een houten stelling met of zonder dak voor buiten. Een pergola kan schaduw creëren op een terras met behulp van beplanting. Druiven planten worden vaak toegepast bij pergola's maar andere klimplanten zijn ook mogelijk. De pergola is in dit geval de klimhulp voor de planten. Het voordeel van houten pergola's is dat het ongeveer dezelfde kleur heeft als de stam van de beplanting waardoor de constructie niet heel erg opvalt, ondanks de dimensionering van het hout die nodig is voor de constructie. (klim constructie, 2019)

Staal

Met staal is er veel mogelijk, er kan staaldraad gebruikt worden, een stalen hekwerk zoals het houten klimrek of zelfs kippengaas. Al deze methodes zijn goed zelf te monteren tegen of voor een gevel. Pergola's kunnen ook gemaakt worden van staal. Doordat het staal slank gedimensioneerd kan worden en toch genoeg stevigheid biedt, zal het staal niet heel erg opvallen ondanks de niet natuurlijke kleur. Planten kunnen ook langs staaldraad omhoog groeien, het kan gebeuren dat planten verstikken door de afmetingen van het staaldraad, dit is soms zo slank dat het in de plant snijdt. Deze kans is vooral groot bij wurgende planten omdat deze zich heel goed vasthouden aan de klimhulp. Het type klimhulp verschilt daardoor ook per klimplant. Staaldraad is vooral handig bij lichte dunne planten die niet veel hou vast nodig hebben, zoals rankende planten. In figuur 12 is een voorbeeld te zien van een doorsnede van een groene gevel die opgebouwd is met staaldraad.



Figuur 12 Grondgebonden groene gevel met klimhulp (Atelier groenblauw, 2019)

Kokostouw

Planten kunnen ook begeleid worden met touw. Door metalen ogen te monteren in de gevel kunnen de planten tegen de gevelgebonden worden. Hierbij is het van belang dat er goed gelet wordt op hoe snel de plant groeit, elke keer dat de plant verder groeit zal de plant opnieuw vastgebonden moeten worden zodat de nieuwe takken die naar het licht groeien niet te zwaar worden en omvallen of knakken. Deze methode kan eigenlijk alleen gebruikt worden als de plant al redelijk sterk is van zichzelf maar de neiging heeft om te breken bij windstoten.



Touw kan ook helpen bij stalen- en houten klimconstructies, sommige planten volgen niet meteen de klimhulp maar volgen de zon waardoor ze wat extra hulp nodig hebben om de klimhulp te vinden en te gebruiken. Door met touw of draad de plant dicht tegen de klim hulp te knopen, kan de plant uiteindelijk zelfstandig verder groeien.

(klim constructie, 2019)

4.3 Water geven

Om de planten in een groene gevel gezond te houden hebben ze water nodig. Het water geven kan handmatig gebeuren of met een geautomatiseerd systeem.

Niet automatisch

Bij een niet automatisch water geef systeem, is het de bedoeling dat er als eigenaar van het groen gelet wordt op de staat van de beplanting. Als er veel regenval is zal er nauwelijks tot geen water gegeven hoeven worden. Bij (zeer) droge zomers zal er een aantal keer per week water gegeven moeten worden om de planten gezond en groen te houden.

Automatisch

Een automatisch methode om planten water te geven is bijvoorbeeld door een sprinklerinstallatie in de tuin aan te leggen en de sprinkler koppen zo dicht mogelijk tegen de gevel te zetten. Hierdoor krijgen de planten genoeg water. Doormiddel van een sensor kan er gemeten worden hoe vochtig de grond is en of er extra water nodig is of niet.

Het nadeel is dat dit systeem hoge aanschafkosten met zich meebrengt.

(Atelier groenblauw, 2019)

4.4 Onderhoud en levensduur

De klimplanten groeien in de grond en hebben daardoor een eindeloze hoeveelheid aarde, grondstoffen en groeimogelijkheden. De levensduur van de beplanting hangt hierdoor vooral af van het onderhoud van de beplanting en gevel. Hoe beter de gevel wordt onderhouden hoe langer de groene gevel mee gaat en mooi blijft.

(Atelier groenblauw, 2019) (Verbrugge & Diks, 2022)



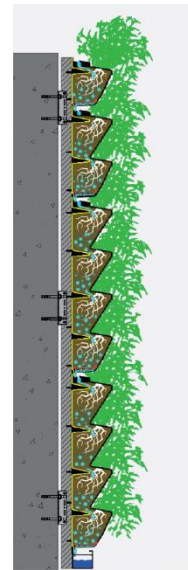
5 Gevelgebonden groene gevels

Living wall systems of gevelgebonden groene gevels zijn een redelijk nieuwe manier van het bouwen van groene gevels. Gevelgebonden betekend dat de wortels van de beplanting, de aarde/substraat en het irrigatiesysteem ook onderdeel zijn van de gevel en dat dit niet alleen bestaat uit de beplanting boven de grond. Dit type groene gevel kan onderverdeeld worden op type substraat en substraathouder. Daarnaast zijn er nog 2 methode voor het irrigatiesysteem.

5.1 Systemen

Sinds het eerste gevelgebonden groene gevelsysteem op de markt kwam zijn er diverse bedrijven ontstaan met unieke systemen. De belangrijkste eigenschappen zijn dat een gevelgebonden groene gevel systeem bestaat uit 4 basiselementen, het montage systeem, substraat, beplanting en het irrigatiesysteem (bij sommige type is er ook een substraathouder).

Verder zijn deze systemen nog te verdelen in organische en anorganische substraten. Organisch betekend van natuurlijke materialen en anorganisch betekend dat het een door de mens gemaakt product is. Als een groene gevel anorganische materialen gebruikt is dit vaak een bepaald isolatiemateriaal zoals steenwol waarbij er klein holletjes zijn gemaakt waar de planten in groeien. Bij organische substraten wordt er vaak een bakjes systeem toegepast zoals in figuur 13. In deze bakjes komt het organische substraat zoals potgrond met de beplanting.



Figuur 13
Voorbeeld living wall system van Modulogreen (by nature, 2018)

5.2 Montage systeem

Het montage systeem is vaak gemaakt van een metalen constructie. Deze constructie wordt verankerd aan het constructieve binnen spouwblad. Aan deze constructie kunnen diverse modules geplaatst worden. Elke bedrijf heeft eigen modules met een unieke samenstelling van materialen en afmetingen. De achterliggende constructie is natuurlijk ook uniek en op maat gemaakt voor de modules, maar de basis van de constructie is redelijk hetzelfde.

5.3 Substraat type

De substraten van gevelgebonden groene gevels kunnen verdeeld worden in 2 soorten, organische en anorganische substraten. Organische substraten bestaan voornamelijk uit natuurlijke producten, anorganische substraten (zie figuur 14) bestaan uit producten die door de mens ontworpen, gemaakt en samengesteld zijn. Beide producten hebben voor- en nadelen en kunnen als basis gebruikt worden voor gevelgebonden groene gevelsystemen.

Organisch

Voor groene gevels met een organisch substraat wordt vaak potgrond gebruikt. Dit mengsel bevat meestal een basis van veengrond of kokosvezels. In potgrond worden vaak extra voedingsstoffen toegevoegd om de planten van een voedingsrijke grond te voorzien. De stoffen en materialen die regelmatig toegevoegd worden zijn: boomschors, kokos, compost, meststoffen en kalk. De stoffen kunnen toegevoegd worden om de PH-waarde van de potgrond gunstiger te maken voor de beplanting, om vocht beter vast te houden of om voedingsstoffen toe te voegen aan het mengsel.

Op de volgende pagina in tabel 1, staan de meest voorkomende bestanddelen van potgrond inclusief de effecten hiervan.



Figuur 14 Gevelgebonden groene gevel (Atelier groenblauw, 2019)



Tabel 1 Grondstoffen potgrond

Bestandsdeel	Bijdrage
Zwartveen of tuinturf	Hoofdbestandsdeel van potgrond, houdt water en voedingsstoffen lang vast.
Witveen	Veensoort dat minder ver verteerd is dan zwartveen en is daardoor lichtere van kleur. Dit bestandsdeel maakt potgrond lichter en kan meer water en voedingsstoffen opnemen dan zwartveen.
Kalk	Wordt toegevoegd aan potgrond om de zuurtegraad hoger te krijgen. Dit is een tegenhanger voor de zure veengrond en is van belang voor het creëren van een goede leefomgeving van de planten.
Schors	Zorgt voor een luchtige grond en voorkomt verstikking van de wortels.
Klei	Houd water en voedingsstoffen goed vast net als zwartveen maar heeft als extra functie ook het verstevigen van de grond zodat planten hou vast hebben aan de grond.
Fijn zand	Toevoeging van dit bestandsdeel resulteert in een fijnere structuur van de potgrond en zorgt er daarnaast voor dat het overtollige water weg kan zakken.
Kokosvezels	Kan net als zwartveen als hoofdbestandsdeel gebruikt worden in potgrond. Kan goed water vasthouden en verhoogd de PH waarde van de potgrond.
Compost van planten	Verhoogd het vochtvasthoudend vermogen van de grond en activeert het leven van micro-organisme.
Lava korrels	Hebben een luchtige en open structuur waardoor water zich goed kan verspreiden door de grond. Lava kan warmte goed vasthouden en afgeven, hierdoor kan de warmte op het juiste moment aan de diverse planten doorgegeven worden.
Perliet	Heel luchtig materiaal Om té dichte samenstelling van de grond tegen te gaan.
Bevochtigingsmiddel	Zorgt voor een betere verdeling van het water in de potgrond
Waterkristallen	Dit zijn polymeren die voedingselementen en water doorgeven.
Meststoffen	Verrijking van de potgrond die nodig kan zijn doordat veen van nature weinig voedingsstoffen bevat.
PG mix	Een minerale meststof die de eerste 3 à 4 weken de planten de nodige voedingsstoffen geeft om goede wortels te vormen en te wennen aan de nieuwe omgeving.

(bustotaal, 2018) (Pelckman, 2021)

Anorganisch

Substraten kunnen ook gemaakt worden van anorganische materialen. Er zijn een aantal systemen die bestaan uit bijvoorbeeld substraten van steenwol, schuim of vilt.

Steenwol wordt als substraat vaker gebruikt dan schuim of vilt, dit komt doordat het een licht gewicht heeft en daardoor makkelijk te plaatsen is. Het lichte gewicht heeft ook als voordeel dat dit product bij bestaande bouw toegepast kan worden. Steenwol bevat geen voedingsstoffen, de benodigde voedingsstoffen kunnen via een irrigatiesysteem aan de plant toegediend worden. Dit heeft zo zijn voor- en nadelen, het voordeel is dat er heel precies voedingsstoffen toegediend kunnen worden, het nadeel is dat het overtollige water gefilterd wordt waardoor de voedingsstoffen die niet opgenomen zijn ook verdwijnen. Tevens is er een extra onderdeel nodig in het irrigatiesysteem om de voedingsstoffen toe te voegen aan het gefilterde water.



Schuim kan ook als substraat toegepast worden in gevels. Fytozell is een bepaald type schuim wat als voornaamste voordeel heeft dat het heel gelijkmatig vocht vasthoudt, het vochtpercentage in dit schuim is dus zo goed als overal gelijk. Hierdoor kunnen planten overal in dit schuim wortelen en hoeven de wortels niet te zoeken naar het ideale vochtigheidspercentage wat rond de 60 % ligt voor de meeste planten. Bij een organisch substraat heeft de grond aan de oppervlakte vaak een lager vochtpercentage dan 60%, onder in het substraat is het vaak vochtiger. Wanneer het dieper in de aarde te vochtig is voor de planten, zullen de wortels juist ondieper gaan wortelen, als de gronde te droog is aan de oppervlakte zullen de planten juist dieper gaan wortelen. Dit probleem heeft Fytozell dus opgelost. Fytozell is daarnaast ook biologisch afbreekbaar en is daardoor minder schadelijk voor het milieu dan producten die niet biologisch afbreekbaar zijn.
(fytozell, 2020) (Dobbels, 2018) (Canna, 2018)

5.4 Substraathouders

Substraathouders zijn de producten die de substraten bij elkaar houden. Dit kunnen plantenbakken aan de gevel zijn waar potgrond en planten in gedaan kunnen worden, maar ook het systeem wat bijvoorbeeld de steenwolisolatie met beplanting vasthoudt.

Zakken

Een zakjessysteem wordt opgebouwd uit meerdere lagen vliesdoek (geotextiel) die op een harde achtergrond (bijvoorbeeld aluminium) gemonteerd wordt. In de buitenste laag vliesdoek kunnen er openingen gemaakt worden of worden er zakjes gevormd. In de openingen kunnen planten in het substraat geplaatst worden, zie figuur 15. Doordat het vliesdoek flexibel is kunnen de planten zelf vormgeven aan het doek en zijn er groeimogelijkheden. De achterste laag vliesdoek wordt vochtig gehouden door een irrigatiesysteem. De wortels van planten groeien naar het doek toe om zo veel mogelijk vocht op te kunnen nemen. Bij dit systeem wordt er vaak een organisch substraat toegepast.
(Bertels, 2018) (Dobbels, 2018) (buitengevoel, 2020)



Figuur 15 groene gevel met textiel zakken als substraathouder (buitengevoel, 2020).

Bakken

Als er organische substraat wordt gebruikt, kom je bij de systeem keuze als snel uit op een bakken systeem. Deze bakjes kunnen van staal of kunststof gemaakt worden en bestaan vaak uit modules of cassettes waar een aantal bakjes in zitten. Deze modules of cassettes zijn vaak modulair en kunnen daardoor ook per module vervangen worden als er iets kapot of beschadigd is, of als de beplanting toe is aan vervanging. Met een bakken systeem zit er een herhaling in de vorm waardoor er 'strepen' in de gevel kunnen ontstaan, zie figuur 16. De beplanting moet over de bakken heen groeien voordat de bakken 'verdwijnen' in de gevel.
(de groene gevel, 2020) (Bertels, 2018)

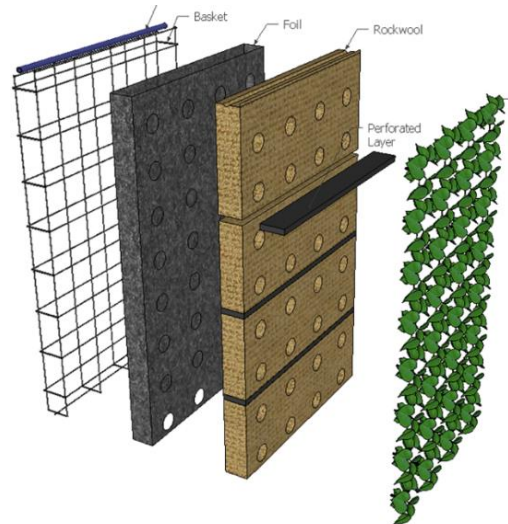


Figuur 16 Niet volgroeide groene gevel met een bakkensysteem van kunststof (de groene gevel, 2020).

Korven en kisten

Korven en kisten worden vaak toegepast bij anorganische substraten zoals steenwol en schuim. Dit is om te voorkomen dat de beplanting uit het substraat valt wanneer deze tegen een gevel gemonteerd wordt. Het voordeel van dit type substraathouder is dat het goed op maat te maken is op locatie en er dus geen standaardmaten zijn. De korven en kisten kunnen gemaakt worden van metaal, staal of kunststof. Een voorbeeld van de opbouw met een korf systeem is te zien in figuur 17, dit systeem is toegepast in het gebouw van de Aeres hogeschool.

(Clark, 2012) (groene gevel Aeres hogeschool, 2021)



Figuur 17 Groene gevel met korven en anorganische substraat (groene gevel Aeres hogeschool, 2021).

5.5 Irrigatiesystemen

Planten hebben water nodig om te kunnen overleven en bij een groene gevel is water geven vaak lastiger om handmatig te doen. Dit is de reden dat de meeste groene gevel producenten een irrigatiesysteem hebben ingebouwd. De meeste irrigatiesystemen kunnen onder de volgende 2 groepen verdeeld worden, het druppelsysteem en het vliesdoek/ geotextiel systeem.

Druppelsysteem

Bij het druppelsysteem (zie figuur 18) worden er op een vaste afstand leidingen aangebracht in de gevel. Deze vaste afstand kan bepaald worden door de afmetingen van een cassette of module, maar de belangrijkste factor is hoeveel water de beplanting nodig heeft en hoe ver het water het substraat in zakt. In de leidingen die horizontaal door de gevel lopen zitten kleine koppen waar water uit kan druppelen. Door sensors kan er gemeten worden hoe vochtig de grond is en hoeveel water de planten nodig hebben. Bij dit systeem zit ook een drainagesysteem om het te veel aan water door regen op te vangen in een waterbassin. (de groene gevel, 2020) (buitengevoel, 2020)



Figuur 18 Kop van een druppelsysteem (buitengevoel, 2020)

Geotextiel

Door de capillaire kracht van water kan het substraat ook door geotextiel water toegevoerd krijgen. Capillaire kracht is de kracht van een vloeistof om tegen de zwaartekracht in, omhoog te gaan in een dun buisje of stof. Bij veel groene gevel systemen wordt er een microvezel doek (geotextiel) aan de achterzijde van een planten bak of substraat gemonteerd. De doek wordt aan de onderzijde in een irrigatiekanaal gelegd waarna de capillaire werking optreedt. Wanneer deze doek vochtig is wordt het water afgegeven aan het substraat en kunnen de wortels het vocht opnemen. Als er regen is zal de aarde te vochtig worden, daar is ook aan gedacht door een drainagesysteem te monteren aan de onderzijde van de plantenbakken en substraten. Het water wat afgevoerd wordt komt vaak weer terug in een waterbassin dat gebruikt wordt om de beplanting water te geven. Om ervoor te zorgen dat de beplanting niet ziek wordt, zal het water schoongemaakt worden met een Uv-filter die alle schadelijke bacteriën en schimmels dood.

(Bertels, 2018) (Mobilane, 2019)



5.6 Planten

Bij het kiezen van een plantensoort voor een groene gevel zijn er een aantal aspecten die meegenomen kunnen worden bij het maken van de keuze. De aspecten die vaak van belang zijn, is het verbeteren van de luchtkwaliteit, of de plant winterhard is (groen blijft in de winter) en de uitstraling van de plant. Naast de CO² die uit de lucht gefilterd wordt zijn er ook planten die schadelijke stoffen zoals fijnstof en stikstof uit de lucht kunnen zuiveren.

Planten kunnen gemixt worden om diverse voordelen te behalen en om variatie in een gevel te creëren. Er kan gekeken worden naar de kleur van de bloemen en van het blad. De afmetingen van een plantsoort kunnen ook van belang zijn, het type substraat, substraathouder en de constructie kunnen effect hebben op het maximale gewicht en omvang wat de planten mogen hebben. Veel gevelleveranciers hebben een sortiment aan planten waaruit gekozen kan worden omdat deze planten voldoen en getest zijn op het systeem van de leverancier. Het voordeel hiervan is dat leveranciers kunnen aantonen dat hun gevelsysteem een bijdrage levert aan het verbeteren van de luchtkwaliteit. Het nadeel daarvan is wel dat als een opdrachtgever een specifiek plantsoort in zijn/haar hoofd heeft, het zo kan zijn dat dit bij een groene gevel leverancier niet in het sortiment zit. Zoals, in de bovengenoemde tekst geschreven is, komt er veel kijken bij het kiezen van beplanting. Dit is de reden dat dit minimaal benoemd wordt omdat dit een op zichzelfstaand onderzoek is.

5.7 Onderhoud en levensduur

De levensduur van de plant verschilt per systeem en is afhankelijk van hoe het systeem onderhouden wordt. Wanneer het irrigatiesysteem van een groene gevel verstopt of kapot is en dit niet tijdig gezien wordt kunnen de planten in de groene gevel doodgaan door een tekort aan water. Wanneer dit gebeurt zullen de planten in de gevel vervangen moeten worden. Bakkensystemen zijn vaak modulair waardoor bepaalde modules vervangen kunnen worden in plaats van dat de hele gevel vervangen moet worden. Bij gevelsystemen met steenwol als substraat is het ingewikkelder om de beplanting te vervangen.

De groene gevel systemen hebben een beperking in substraat waardoor de beplanting na een paar jaar niet verder meer kan groeien door het gebrek aan ruimte om te wortelen, hierdoor kan een plant afsterven. Er zit dus een maximum aan de groeicapaciteit van de beplanting door de maximale ruimte voor de wortels. Doordat de gevelconstructie op een bepaald gewicht is berekend is het ook veiliger om de planten niet eindeloos door te laten groeien doordat dit ook een toename in gewicht met zich meebrengt.

(Bertels, 2018)

5.8 Toepassing en risico's

Door de vraag van opdrachtgevers en architecten, worden er steeds vaker gevelgebonden groene gevels toegepast in bestaande bouw en nieuwbouwprojecten. Bij de aanvraag van een omgevingsvergunning, die nodig is voor het (ver)bouwen van een gebouw, zal er onder andere aangetoond moeten worden dat een gebouw brandveilig zal zijn. Hiervoor zullen materialen zoals groene gevels getest moeten worden aan de brandveiligheid. Grondgebonden groene gevels kunnen tegen de gevel groeien maar worden niet gezien als bouw materiaal omdat deze geen bouwkundige functie heeft. Gevelgebonden groene gevels worden wel gezien als gevelmateriaal en bouwkundig onderdeel, waardoor het interessanter is om de brandveiligheid en het brandgedrag hiervan te onderzoeken.

In de volgende hoofdstukken zullen groene gevels onderzocht worden, hierbij zal in alle gevallen uitgegaan worden van een gevelgebonden groene gevel. De benaming wordt ingekort zodat de tekst prettiger te lezen is.



6 Conclusie groene gevels

In dit onderzoek wordt er antwoord gegeven op de volgende vraag:

“Wat is een groene gevel?”

Groene gevels zijn al van oudsher op de wereld en zijn tot stand gekomen door de mens om de connectie met de natuur te behouden. Groene gevels ontstonden doordat klimplanten tegen gebouwen opgroeide met behulp van hechtwortels of door de mens aangebracht klimhulp. Dit is de oudste vorm van groene gevels en wordt tot de dag van vandaag nog steeds toegepast. Dit is tevens het eerste type waar de groene gevels in onderverdeeld kunnen worden.

Patrick Blanc heeft de eerste ‘living wall system’ ontworpen en op de markt gebracht. Sindsdien zijn er door diverse bedrijven variaties op dit systeem gemaakt en op de markt gebracht. Gevelgebonden groene gevels zijn het tweede type waar groene gevels in onderverdeeld kunnen worden.

Grondgebonden groene gevels zijn gevels waarbij de wortels van de plant in de grond zitten en niet in de gevel. Dit systeem bestaat voornamelijk uit klimplanten waarvan sommige soorten klimhulp nodig hebben. Klimplanten met hechtwortels kunnen zichzelf ‘vastplakken’ aan de gevel en hebben geen klimhulp nodig. De overige klimplanten kunnen verdeeld worden in, rankende planten, wurgende planten, planten met luchtwortels en omhoog groeiers. Deze planten hebben klimhulp nodig om als groene gevel te kunnen fungeren. Klimhulp kan gemaakt of gekocht worden en bestaat voornamelijk uit hout, staal of kokostouw. Van deze materialen kunnen hekwerken gemaakt worden, pergola’s of andere vormen, het belangrijkste is dat de plant begeleid worden en genoeg ruimte heeft om te groeien.

Gevelgebonden groene gevel systemen bestaan voornamelijk uit 4 onderdelen, de planten, het montagesysteem, het substraat en het irrigatiesysteem. Bij sommige type komt hier nog een substraathouder bij om het type substraat op zijn plek te houden en te ondersteunen. Gevelgebonden groene gevels kunnen organische of anorganische substraat bevatten. Organische substraten worden gemaakt van natuurlijke producten en hebben vaak als hoofdbestanddeel veengrond. Hier kunnen diverse stoffen en materialen aan toegevoegd worden om een ideale zuurtegraad te creëren, genoeg voedingsstoffen te bevatten voor planten en genoeg vochtvasthoudend vermogen te hebben. Anorganische substraten kunnen bestaan uit isolatiematerialen (bijvoorbeeld steenwol), schuim of vilt. Anorganische substraten bevatten geen voedingsstoffen, deze kunnen toegediend worden via het irrigatiesysteem. Het irrigatiesysteem kan bestaan uit een druppelsysteem of een geotextiel systeem. Een druppelsysteem heeft horizontaal door de groene gevel leidingen lopen waar water uit druppelt. Bij geotextiel zijn er doeken aan de achterzijde van de groene gevel bevestigd die doormiddel van een overstroom principe, vochtig gehouden worden. Het substraat wordt vochtig door het doek waardoor het substraat het ideale vochtgehalte heeft.

De beplantingskeuze voor gevelgebonden groene gevels is erg breed en kan worden uitgekozen door de leverancier van het systeem. Vaak hebben leveranciers een sortiment waaruit gekozen kan worden met de planten die volgens hen het beste zijn voor het systeem, mens, dier en milieu.



Deel 2: Brandgedrag van gevelgebonden groene gevelsystemen

7 Brandgedrag bepalen

Om erachter te komen wat het brandgedrag is van diverse gevelgebonden groene gevel systemen zal er eerst achterhaald worden hoe het brandgedrag getoetst en geclassificeerd wordt.

7.1 SBI-test

Voordat een (gevel)materiaal toegepast kan worden in de praktijk, zal deze getest worden aan haar brandgedrag. In Nederland wordt dit gedaan middels een SBI-test (dit staat voor Single Burning Item test, die volgens de NEN-EN 13823), dit is een kleinschalige testmethode (zie figuur 19) waarbij een materiaal wordt blootgesteld aan een brander van 30,7kW. De L-vormige testopstelling is 1,5m hoog en heeft 2 vleugels, van 1m en van 0,5m breed. Voorafgaand aan de test zal een materiaal geconditioneerd worden zodat het materiaal haar balansgewicht behaalt, hierdoor zal elke test onafhankelijk van bedrijf en condities worden uitgevoerd. In de afzuiging van de testopstelling zit meetapparatuur die de warmteafgifte (THR600), de vlamverspreiding (FIGRA) en de rookproductie (SMOGRA) kan meten. Daarnaast zal er ook gekeken worden of er tijdens de test brandende druppels (flaming droplets) ontstaan. Vanuit de gemeten waardes kan de brandklasse, rookklasse en druppelklasse bepaald worden.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (Efectis, 2020) (Smith, 2018)



Figuur 19 SBI-testopstelling (Smith, 2018)

7.2 Brandklasse bepalen

De brandklasse zijn opgebouwd van A1 tot en met F, waarbij A1 de veiligste klasse is en aangeeft dat een materiaal niet brandbaar is, brandklasse F is uiterst brandbaar en levert daardoor een grote bijdrage aan de branduitbreiding. In tabel 2 is een overzicht te zien van de brandklasse, de bijdrage aan een brand en de brandbaarheid van een materiaal. De waardes die uit de tests komen kunnen gekoppeld worden aan een brandklasse. Elke klasse heeft eisen waaraan de test minimaal moet voldoen om de classificering te behalen. De eisen voor een bepaalde classificering zijn te vinden in figuur 20 op de volgende pagina, waarbij de brandklasse, de rookklasse en druppelklasse worden meegenomen.

Tabel 2 Brandklasse en brandbaarheid

Brandklasse	Bijdrage aan brand	Brandbaarheid
A1	Geen enkele bijdrage	Onbrandbaar
A2	Nauwelijks bijdrage	Vrijwel niet brandbaar
B	Zeep beperkte bijdrage	Heel moeilijk brandbaar (zelfdovend)
C	Beperkte bijdrage	Brandbaar
D	Hoge bijdrage	Goed brandbaar (brandt zelfstandig verder)
E	Zeep hoge bijdrage	Zeep brandbaar
F	Gevaarlijke bijdrage	Uiterst brandbaar

(Dijk, 2021) (DGMR Bouw B.V., 2021) (Efectis, 2020) (Smith, 2018)

7.3 Rookklasse bepalen

Vanuit de rookproductie die tijdens de test gemeten wordt, kan de rookklasse van een materiaal bepaald worden. Wanneer er veel rook ontstaat zal een materiaal een klasse s3 krijgen, als een product weinig rook produceert zal deze een s1 klasse krijgen (zie figuur 20 voor de eisen). De rook, die een materiaal produceert bij brand, kan schadelijk zijn voor mensen en kan verstikking veroorzaken. Dit is de voornaamste reden dat dit onderdeel getest en geclassificeerd wordt. (DGMR Bouw B.V., 2021) (Efectis, 2020) (Smith, 2018)

Classification limits			
Fire:	A2/B	C	D
Figra0.2:	<=120		
Figra0.4:		<=250	<=750
THR600:	<=7,5	<=15	
LFS:	<edge	<edge	
Smoke:	s1	s2	s3
Smogra:	<=30	<=180	not s1/s2
TSP600:	<=50	<=200	not s1/s2
Drop./Part.:	d0	d1	d2
flaming droplets/particles	none	<=10 s	not d0/d1

Figuur 20 Waardes behorende bij de classificatie (Dechering, 2022)

7.4 Druppelklasse

Tijdens een test kan een materiaal gaan smelten waardoor er druppels ontstaan. Wanneer druppels of deeltjes van het materiaal vallen en zelfstandig blijven doorbranden kunnen ze andere materialen aansteken, waardoor de brand zich sneller uitbreidt. Om een druppelklasse aan een materiaal toe te voegen, zal er tijdens de test gekeken worden of er druppels of deeltjes vallen. Als dit het geval is, zal gekeken moeten worden of deze langer of korter dan 10 seconden branden. Wanneer een materiaal langer dan 10 seconden brandt zal deze een klasse d2 krijgen, bij minder dan 10 seconden krijgt het materiaal een druppelklasse d1 en wanneer er geen druppels ontstaan zal deze een d0 krijgen. Deze eisen zijn ook te vinden in figuur 20.

7.5 Samengestelde klasse

Na de classificering zal er een rapport opgesteld worden waarin alle testresultaten staan. Hierin wordt ook benoemt wat de brandklasse, rookklasse en druppelklasse van het materiaal is. Deze worden achter elkaar genoteerd zodat in één oogopslag alle klasse duidelijk zijn. Wanneer een product op alle onderdelen getest wordt zou deze bijvoorbeeld de volgende classificering kunnen ontvangen: B-S2-D0. Dit geeft een brandklasse B weer, een rookklasse s2 en een druppelklasse van d0.



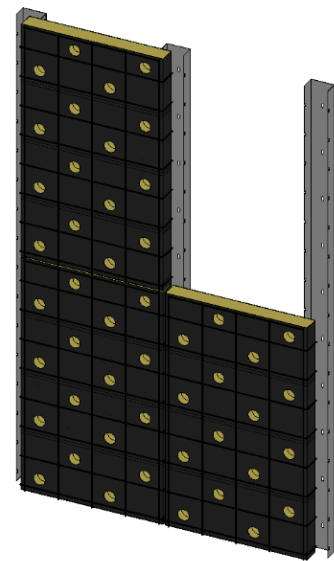
8 Brandgedrag gevelsystemen

Gevelsystemen bevatten veel verschillende materialen die ieder een ander brandgedrag vertonen. Om erachter te komen hoe brandbaar de materialen zijn en of deze kunnen bijdrage aan de branduitbreiding via de gevel, zullen diverse systemen onderzocht worden. Hierbij zullen in ieder geval de belangrijkste onderdelen (zoals het montagesysteem, substraat, irrigatiesysteem en de beplanting) meegenomen worden om een zo compleet mogelijk beeld te kunnen vormen van het brandgedrag van groene gevels.

8.1 Wallflore outdoor

Het systeem

Cloudgarden heeft diverse systemen ontwikkeld en op de markt gebracht om meer groen in en om een gebouw te krijgen. De Wallflore outdoor (zie figuur 21) is een gevelsysteem die bestaat uit substraatpanelen van minerale wol, een staaldraad korf, een HDPE-folie met brandvertrager en een montage systeem van Magnelis staal. In het substraat worden kleine holtes gemaakt waar de beplanting in komt. In tabel 3 zijn de standaard gegevens van het systeem te vinden. (Wallflore, 2019) (Efectis, 2021)



Figuur 21 Wallflore systeem
(Wallflore, 2019)

Tabel 3 Gegevens Wallflore outdoor (Efectis, 2021)

Gegevens	Wallflore outdoor
Afmetingen	Hoogte: 1000, 875, 750, 625, 500, 375mm Breedte: 600, 450, 300mm
Dikte	130mm
Gewicht	50kg/m ²
Brandclassificatie	B-s1,d0
Substraat	Steenwol
Substraat houder	Gegalvaniseerd staaldraad korf
Afwerking	HDPE-bandjesweefselfolie met FR
Montagesysteem	Magnelis staal
Irrigatiesysteem	Aluminium

Substraat; steenwol

De productontwerpers van Cloudgarden hebben bij dit systeem steenwol als substraat toegepast. De steensoorten die het vaakst gebruikt worden, om steenwolisolatie van te maken, zijn Diabaas en Basalt. De stenenmassa wordt gesmolten bij 1400 °C zodat deze volledig vloeibaar is. Vervolgens wordt de vloeibare massa gesponnen tot dunne draden waar (met behulp van een bindmiddel) steenwol isolatiematten van gemaakt worden. Doordat dit materiaal geproduceerd wordt bij hoge temperaturen zal het niet branden en heeft het een brandklasse A1. (metadecor, 2012) (Wallflore, 2019) (Efectis, 2021)



Substraathouder; Gegalvaniseerd staaldraad

Staal kan gegalvaniseerd worden, dit betekent dat een dunne laag zink over het staal gecoat wordt, dit zorgt ervoor dat het staal beter bestand is tegen corrosie. Het smeltpunt van staal ligt rond de 1500°C terwijl zink een veel lager smeltpunt heeft, deze ligt rond de 420°C. Volgens metadecor (metadecor, 2012) voldoet staal aan brandklasse A1/A2, zink voldoet ook aan deze eisen maar zal wel eerder smelten. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de staalkorf, die wordt toegepast om het steenwol en de planten bij elkaar te houden, voldoet aan brandklasse A1/ A2. (certilas, 2020) (metadecor, 2012) (Wallflore, 2019) (Efectis, 2021)

Afwerking paneel; HDPE-folie met FR

HDPE-folie is een hoge dichtheid polyethyleen folie, dit wordt gemaakt van aardolie en is daardoor van zichzelf een brandbaar product. Doordat er een brandvertrager (FR=fire retardant) is toegevoegd, zal de folie niet of nauwelijks mee branden. Het materiaal kan wel smelten bij een relatief lage temperatuur (de smelttemperatuur van PE zonder brandvertrager is 125°C), de precieze temperatuur van het materiaal met brandvertrager is niet bekend. De brandvertrager zou een positief effect moeten hebben op de folie waardoor de smelttemperatuur hoger zal worden en de brandbaarheid lager.

(high density polyethyleen, 2020) (Wallflore, 2019) (Efectis, 2021)

Montagesysteem; Magnelis staal

Het montage systeem van het Wallflore systeem bestaat uit U-profielen, gemaakt van corrosiebestendig Magnelis staal. Magnelis is een staalcoating die voor 93,5% uit zink, 3,5% uit aluminium en 3% uit magnesium bestaat. Uit een brandclassificatie rapport (Richard & Arora, 2016) van de coating blijkt dat diverse metaalsoorten met deze coating automatisch een brandklasse A1 hebben zonder dat deze getest hoeven te worden.

(Richard & Arora, 2016) (Wallflore, 2019)

Irrigatiesysteem; aluminium

Het irrigatiesysteem bestaat uit een druppelleiding en een opvanggoot. Vanuit de leidingen druppelen water en voedingsstoffen op het steenwol substraat waar de beplanting dit met de wortels kan opnemen. Onderaan de panelen is een opvanggoot gemonteerd waar het overtollige water in opgevangen wordt. Dit wordt gefilterd om het water te kunnen hergebruiken.

Het is onbekend waar de druppelleidingen van gemaakt zijn. De materialisering van de opvanggoot is wel bekend, dit is gemaakt van aluminium. Aluminium heeft een smelttemperatuur van 658°C en een brandklasse A1/A2. Het brandgedrag van het totale irrigatiesysteem is niet bekend.

(metadecor, 2012) (EBL, 2020) (Wallflore, 2019)

Beplanting

De beplanting die toegepast wordt in het Wallflore systeem is onbekend. Er is niets bekend over het aanbod van planten die in de gevel verwerkt kunnen worden of over welke planten er tijdens de brandtest zijn toegepast.

(Wallflore, 2019)



Brandbaarheid

De diverse toegepaste materialen in dit systeem hebben een brandklasse A1 wat zeer positief is voor de brandveiligheid. De bijdrage die de HDPE-folie met brandvertrager levert op het brandgedrag van het hele gevelsysteem is onbekend. Doordat een brandvertrager toegevoegd is zal de folie niet of nauwelijks branden maar wat de werkelijke bijdrage is, zal doormiddel van een brandtest bepaald moeten worden. De beplanting wordt nergens benoemd, waardoor hier ook moeilijk iets over gezegd kan worden. Het is, ondanks het feit dat bijna alle materialen onbrandbaar zijn en alleen smelten, opvallend dat geen brandklasse A1 of A2 behaald wordt. Dit zou door de toegepaste folie en/of de beplanting kunnen komen. In tabel 4 is de brandbaarheid van de materialen te vinden. (Efectis, 2021) (Wallflore, 2019)

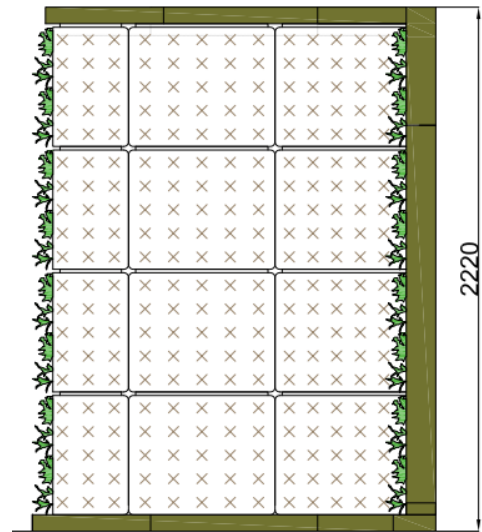
Tabel 4 Brandgedrag Wallflore outdoor

Materiaal	Brandbaarheid	Smelt-/ bezwijktemperatuur
Substraat	Brandklasse A1	±1400°C
Substraathouder	Brandklasse A1/ A2	420-1500°C
Afwerking	(Bijna) niet brandbaar	Zonder brandvertrager 125°C
Montagesysteem	Brandklasse A1	
Irrigatiesysteem	Brandklasse A1/A2	
Beplanting	Onbekend	Onbekend

8.2 Sempergreen wall flexipanel

Het systeem

Sempergreen heeft twee groene gevelsystemen, genaamd de Sempergreen wall flexipanel en Sempergreen wall flexipanel A2 (zie figuur 22). Beide systemen hebben een substraat van minerale wol waar kleine 'holtes' in gemaakt zijn waar de beplanting in geplaatst wordt. Deze isolatiepanelen worden voor-begroeid met beplanting zodat de planten goed vast geworteld zijn voordat ze op een gebouw gemonteerd worden. Doormiddel van aluminium profielen worden de panelen rondom bevestigd aan de gevel. De beplanting zal van water en voedingsstoffen voorzien worden via leidingen die de minerale wol vochtig houdt middels een druppelsysteem. Het eerste systeem is in 2014 op brandgedrag getest en kreeg een brandklasse B. Daarna is een vergelijkbaar systeem in 2020 getest en op de markt gebracht die aan brandklasse A2 voldoet. Het verschil in testresultaten zal verder toegelicht worden (zie tabel 5 voor gegevens over de twee systemen). (SemperGreen, 2022)



Aanzicht B

Figuur 22 Schematische tekening van Sempergreen wall, de x is de locatie van de beplanting in de gevel (SemperGreen, 2022)

Tabel 5 Gegevens Sempergreen wall

Gegevens	Sempergreen wall flexipanel	Sempergreen wall flexipanel A2
Getest in	2014	2020
Afmetingen	600x500mm	620x520mm
Dikte	180mm (65mm substraat)	180mm (65mm substraat)
Gewicht	45kg/m ²	45kg/m ²
Brandclassificatie	B-s2,d0 inclusief beplanting	A2-s2,d0, exclusief beplanting getest
Substraat	Minerale wol	Minerale wol
Afwerklaag	UV bestendige fleecedoek	UV bestendige fleecedoek klaver HC100,
Montagesysteem	Aluminium profielen	Aluminium profielen
Irrigatiesysteem	Druppelsysteem	Druppelsysteem

(Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) (Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020)
(Sempergreenwall, 2014)

Substraat; steenwol

De productontwerpers van Sempergreen hebben steenwol als substraat toegepast. De steensoorten die het vaakst gebruikt worden, om steenwolisolatie van te maken, zijn Diabaas en Basalt. De stenenmassa wordt gesmolten bij 1400 °C zodat deze volledig vloeibaar is. Vervolgens wordt de vloeibare massa gesponnen tot dunne draden waar (met behulp van een bindmiddel) steenwol isolatiematten van gemaakt worden. Doordat dit materiaal geproduceerd wordt bij hoge temperaturen zal het niet branden en heeft het een brandklasse A1. (metadecor, 2012) (Rockwool, 2018) (Sempergreenwall, 2014)



Substraat; glaswol

Glaswol wordt op een soortgelijke manier als steenwol gemaakt. Glasgranulaat wordt bij 1400°C gesmolten tot een vloeibare massa, waarna er dunne draden worden gesponnen. Met behulp van een bindmiddel worden van de draden vervolgens glaswolisolatiematten gemaakt. Doordat dit materiaal geproduceerd wordt bij hoge temperaturen zal het niet mee branden. Glaswol heeft net als steenwol een brandklasse A1.

(metadecor, 2012) (Sempergreenwall, 2014)

Afwerklaag substraat; TPO-folie

TPO staat voor Thermoplastische Poly Olefine. Dit is een verzamelnaam voor diverse kunststoffen zoals polyethyleen (PE), polypropyleen (PP) en polybutyleen (PB). In de bestekteksten en het brandklasse certificaat wordt niet duidelijk gespecificeerd wat voor een folie toegepast wordt. Dit is de reden dat de kunststofsoorten die binnen de groep polyolefinen vallen onderzocht zullen worden om een beeld te krijgen van het mogelijke brandgedrag. PE heeft een smelttemperatuur van 125°C en PP van 160°C, hieruit kan opgemaakt worden dat de smelttemperatuur relatief laag zal zijn ten opzichte van onbrandbare materialen zoals staal. Over het algemeen worden brandvertragers toegevoegd aan de diverse kunststoffen die gebruikt worden in de bouw. Zowel in de bestektekst als het brandklasse certificaat wordt niets genoemd over de toevoeging van een brandvertrager in het voor dit systeem gebruikte kunststof.

Doordat er te weinig informatie is over het soort folie is het lastig om een inschatting te maken van het brandgedrag en de brandklasse van het materiaal. Door de herkomst van kunststof kan wel gezegd worden dat, als er geen brandvertrager toegepast is, dit materiaal zeer brandbaar is.

(Natta, 2017) (Blok, 2018) (Sempergreenwall, 2014)

Montagesysteem; aluminium en RVS

Rondom de minerale wol panelen worden aluminium profielen gemonteerd, dit zijn Z-, rand- en omega profielen. Aluminium heeft een smelttemperatuur rond de 658°C, over het algemeen zal het materiaal gaan smelten maar niet branden. Dit is de reden dat aluminium een brandklasse van A1/ A2 heeft.

(certilas, 2020) (Sempergreenwall, 2014)

Irrigatiesysteem

In de bestekteksten van het flexipanel staat een uitgebreide tekst over de watervoorzieningen. Hierin wordt benoemd wat voor aansturingssysteem, sensoren en waterbassin er gebruikt kan worden. Wat hier niet in staat, is wat voor leidingen of systeem gebruikt wordt. Doordat de materialisering onbekend is, kan het brandgedrag hiervan niet bepaald worden.

(Sempergreenwall, 2014)

Beplanting

Het systeem dat een brandklasse B certificaat heeft ontvangen, is inclusief beplanting (Bergenia Cordifolia) getest. Het systeem wat een klasse A2 heeft ontvangen is exclusief beplanting getest. Het brandgedrag van de beplanting zelf is niet te specificeren. Vanuit de twee certificaten kan wel geconcludeerd worden dat de beplanting effect heeft op het resultaat van de test.

(Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) (Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020)

(Sempergreenwall, 2014)



Brandbaarheid

De bestektekst van de Sempergreen Wall Outdoor en de brandklasse certificaten zijn beide openbaar. In deze documenten worden niet dezelfde benamingen gebruikt waardoor er verwarring kan ontstaan. Zo wordt er over een TPO-folie gesproken in de bestektekst maar wordt deze omschreven als waterdichte laag in het brandklasse certificaat. Het materiaalgebruik is niet specifiek benoemt, of juist té specifiek waardoor er geen informatie over te vinden is. Hierdoor is het niet mogelijk om duidelijk te maken wat het brandgedrag (zie tabel 6) van de toegepaste materialen zijn.

Tabel 6 Brandgedrag Sempergreen wall

Materiaal	Brandbaarheid	Smelt-/ bezwijktemperatuur
Substraat	Brandklasse A1	1100-1400°C
Afwerking substraat	(Brandbare) kunststoffolie	Onbekend
Montagesysteem	Brandklasse A1/A2	658°C
Irrigatiesysteem	Onbekend	Onbekend
Beplanting	Onbekend	Onbekend



8.3 Modulogreen

Het systeem

Modulogreen is een systeem dat door Mostert de Winter wordt toegepast. Het systeem bestaat uit modulaire bakjes (substraathouder), met een organisch substraat, een aluminium montagesysteem en een druppelsysteem voor de water toevoer (zie figuur 23 en tabel 7). De modules worden in 9 verschillende maten geleverd, zodat er altijd een module is die past waardoor de gevel optimaal benut kan worden.

Tabel 7 Gegevens Modulogreen

Gegevens	
Afmetingen	Hoogte; 807, 427 en 237mm Breedte; 900, 600 en 300mm
Dikte	178mm
Gewicht	100kg/m ²
Brandclassificatie	Onbekend (voor toepassing in Nederland is brandklasse B vereist)
Substraat	Lava, bims, humus en klei
Substraathouder	Polypropyleen versterkt met glasvezel
Montagesysteem	Aluminium profielen
Irrigatiesysteem	Druppelsysteem

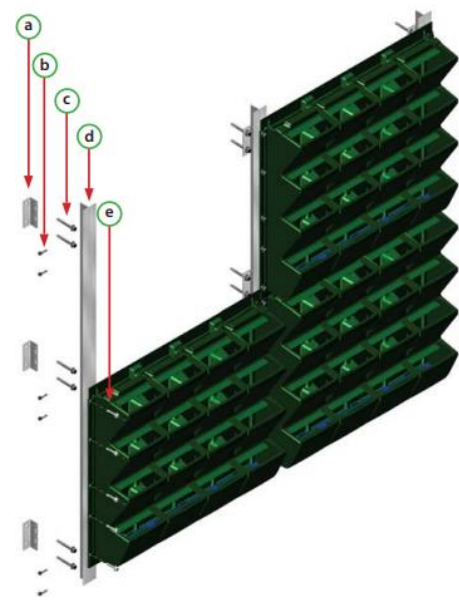
Substraat; lava, bims, humus en klei

Lava en bims zijn beide vulkanisch gesteente en zorgen voor meer lucht in de grond, hebben een drainerend effect en bevatten vele mineralen die de grond verbeteren.

Naast vulkanisch gesteente, zit er ook humus en klei in het samengestelde substraat. Humus is het product wat achterblijft nadat het verse organische materiaal is afgebroken en verteerd, dit kunnen dierlijke of plantaardige resten zijn. Humus wordt toegevoegd als natuurlijke meststof en heeft een licht zure PH-waarde (dat rond de 5 á 6 ligt) wat goed is voor de beplanting. Bij uitdroging kan humus gaan branden doordat dit bestaat uit plantaardige producten.

Als laatste materiaal wordt er klei toegevoegd. Dit ontstaat door vertering van gesteente en bestaat uit kleimineralen die in natte toestand aan elkaar plakken. Bij verhitting droogt klei uit en zal het hard worden. Lava, bims en klei kunnen niet branden doordat deze bestaan uit steenachtige materialen.

De brandbaarheid van het samengestelde substraat, zal sterk afhankelijk zijn van het percentage humus in het mengsel omdat dit het enige brandbare bestanddeel is. De brandbaarheid van het samengestelde substraat is geen openbare informatie, waardoor de brandbaarheid onduidelijk is. (Marle & Agricola, 2021) (Marcella, 2022) (Joost de Vree, 2018)



Figuur 23 Modulogreen systeem (Modulogreen, 2020)

Substraathouder; polypropyleen met glasvezel

De modules zijn gemaakt van een kunststof, genaamd polypropyleen, en is versterkt met glasvezel. Kunststof is van zichzelf zeer brandbaar en heeft een lage smelttemperatuur. Door glasvezel toe te voegen zal de brandbaarheid van het materiaal afnemen en de sterkte toenemen. Het is onbekend hoeveel glasvezel vermengd is met de kunststof waardoor het effect op het brandgedrag niet bepaald kan worden.

(Amiblu, 2020) (Modulogreen, 2020) (Modulogreen, 2022)

Montagesysteem; aluminium

Het montagesysteem bestaat uit aluminium hoeklijnen die met rvs-schroeven gemonteerd worden, hieraan komen de modules te hangen. Aluminium heeft een smelttemperatuur rond de 658°C, over het algemeen zal het materiaal gaan smelten maar niet branden. Dit is de reden dat aluminium een brandklasse van A1/ A2 heeft. De schroeven waarmee de hoeklijnen gemonteerd worden, zijn van roestvrijstaal. Staal is goed brandwerend en heeft een hele hoge smelttemperatuur (rond de 1400°C). Beide materialen, aluminium en staal, hebben een brandklasse A1 of A2 en zijn dus zeer brandveilig. (Modulogreen, 2020) (Modulogreen, 2022)

Irrigatiesysteem

Om de beplanting in de gevel gezond te houden, zal een druppelsysteem worden toegepast waar water en voedingsstoffen uit komen. Waar de leidingen van het druppelsysteem uit bestaan, is onbekend. Hierdoor is het lastig te bepalen wat het brandgedrag hiervan is.

(Modulogreen, 2020) (Modulogreen, 2022)

Beplanting

De meeste leveranciers van groene gevels hebben een sortiment aan planten die in de modules geplant kunnen worden. Bij Modulogreen zijn de plantensoorten niet vrij toegankelijk. Tevens is er geen brandklasse certificaat te vinden van dit systeem waardoor niet bekend is met welke planten een eventuele brandtest uitgevoerd is.

(Modulogreen, 2020) (Modulogreen, 2022)

Brandbaarheid

De materialen die in het irrigatiesysteem zijn toegepast zijn niet bekend waardoor het niet mogelijk is om het brandgedrag hiervan te bepalen. Wanneer brandbare en onbrandbare materialen worden samengevoegd en dit niet op brandgedrag getest is, is het lastig te bepalen wat voor een bijdrage deze levert aan de brandbaarheid van de gevel. Het organische substraat bestaat grotendeels uit onbrandbare materialen zoals lava bims en klei, maar door de toevoeging van humus is het moeilijk te bepalen wat het brandgedrag is van deze samenstelling. Dit is ook het geval bij de substraathouder die uit polypropyleen (brandbaar) en glasvezel (onbrandbaar) bestaat. Het enige onderdeel waarvan duidelijk te zeggen is wat het brandgedrag is, is het montagesysteem die uit aluminium en staal bestaat. Doordat niet alle informatie openbaar is en de brandbijdrage van sommige materialen niet bekend is, is het lastig om het brandgedrag van het gehele systeem te bepalen. (Zie tabel 8)

Tabel 8 Brandgedrag Modulogreen

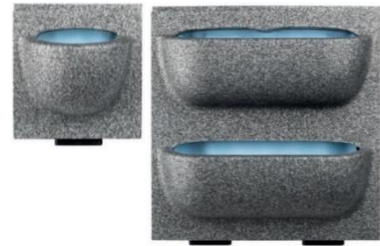
Materiaal	Brandbaarheid	Smelt-/ bezwijktemperatuur
Substraat	Onbekend, mogelijk licht brandbaar	Onbekend
Substraathouder	Kunststof is brandbaar, glasvezel is onbrandbaar.	Onbekend
Montagesysteem	Brandklasse A1/ A2	658°C/ 1400°C
Irrigatiesysteem	Onbekend	Onbekend
Beplanting	Onbekend	Onbekend



8.4 Mobipanel FR

Het systeem

Mobilane heeft in 2021 de Mobipanel FR op de markt gebracht, dit is het groene gevelsysteem voor buitengevels. Het gevelsysteem bestaat uit: een montagesysteem van Magnelis staal, een substraathouder van EPP met FR (geëxpandeerd polypropyleen met brandvertrager), een substraat van potgrond, een microvezel doek voor het irrigatiesysteem en beplanting. Een gevel kan opgebouwd worden uit cassettes, pixels en passtukken. De cassettes bevatten 2 bakjes voor beplanting en de pixel heeft 1 bakje (zie figuur 24). De passtukken zijn stroken van 100mm breed die op maat gemaakt kunnen worden, zodat de aansluiting rondom kozijnen en buiten hoeken netjes afgewerkt kunnen worden. In tabel 9 zijn de algemene gegevens van de Mobipanel te vinden. (Mobilane, 2019) (Knottnerus & Lock, 2021)



Figuur 24 Mobipanel systeem, links is een cassette te zien en rechts een pixel. (Mobilane, 2019)

Tabel 9 Gegevens Mobipanel (Knottnerus & Lock, 2021)

Gegevens	Mobipanel
Afmetingen	Cassette: 400x400mm of pixel:200x200mm
Dikte	170mm
Gewicht	40 kg/m ² (inclusief water en beplanting)
Brandclassificatie	B-s2,d0
Substraat	Potgrond op basis van veen
Substraathouder	Geëxpandeerd polypropyleen met brandvertrager (EPP met FR)
Montagesysteem	Magnelis staal profielen
Irrigatiesysteem	Microvezeldoek (geotextiel)

Substraat; potgrond op basis van veen

Potgrond heeft als hoofdbestanddeel veen, wat ontstaat door planten die onder vochtige en zuurstofarme omstandigheden afsterven. Wanneer het materiaal uitdroogt kan het bij hoge temperaturen worden aangestoken door de plantenresten waar het materiaal uit bestaat. Over het algemeen wordt het substraat vochtig gehouden in een groene gevel door een irrigatiesysteem om de planten in leven te houden. Hierdoor zou de kans kleiner zijn dat dit materiaal, ondanks dat het brandbaar is, zou gaan branden. (Knottnerus & Lock, 2021)

Substraathouder; EPP met FR

De substraathouder waar de planten en potgrond in geplaatst worden, zijn grotendeels gemaakt van (geëxpandeerd) polypropyleen met brandvertrager. Dit type kunststof is zonder brandvertrager zeer brandbaar en heeft een smelt temperatuur van 160°C. Tijdens een SBI-test wordt deze temperatuur snel behaald, door het toepassen van brandvertrager duurt het langer voordat het materiaal bezwijkt. De smelttemperatuur of de brandklasse van polypropyleen met brandvertrager is niet bekend. (Blok, 2018) (Knottnerus & Lock, 2021)

Montagesysteem; Magnelis staal

Het montage systeem van de Mobipanel bestaat uit een omega-profiel met ponsgaten, gemaakt van corrosiebestendig Magnelis staal. Magnelis is een staalcoating die voor 93,5% uit zink, 3,5% uit aluminium en 3% uit magnesium bestaat. Uit een brandclassificatie rapport (Richard & Arora, 2016) van de coating blijkt dat diverse metaalsoorten met deze coating automatisch een brandklasse A1 hebben zonder dat deze getest hoeven worden. (Richard & Arora, 2016) (Knottnerus & Lock, 2021) (Mobilane, 2019)



Irrigatiesysteem; microvezeldoek

De cassette bevat een microvezeldoek die vocht opneemt vanuit een waterleiding, de beplanting en potgrond groeit tegen deze doek aan waardoor de wortels vocht kunnen opnemen van de grond. Dit geotextiel wordt voor 80% gemaakt van polyester en de overige 20% bestaat uit polyamide, wat beide aardolie en aardgas producten zijn. Polyamide heeft een smeltemperatuur tussen de 210°C en de 220°C, polyester smelt rond de 250°C. De samenstelling van deze twee materialen zal daardoor waarschijnlijk tussen de 210°C en 250°C smelten en bij nog hogere temperaturen zal het zelfs gaan branden. In de toegepaste situatie zal dit materiaal altijd vochtig zijn waardoor de kans dat het materiaal gaat brander kleiner is dan bij een droge situatie. De brandklasse van dit materiaal is onbekend, maar zal hoogstwaarschijnlijk zonder enige brandvertrager niet voldoen aan brandklasse B. (Knottnerus & Lock, 2021) (brandveilig.com, 2007) (Blok, 2018)

Beplanting

Wanneer een opdrachtgever de Mobipanel wil toepassen in een gebouw, zal er eerst een keuze gemaakt moeten worden tussen diverse plantensoorten. Tijdens de SBI-test zijn er cassettes getest met verschillende plantensoorten die Mobipanel aanbiedt. In het testrapport is duidelijk aangegeven dat er inclusief planten getest is, maar de geteste plantensoorten zijn niet nader benoemd. De beplanting wordt gespecificeerd als 'not lignifying organic vegetation' wat betekent dat de beplanting (nog) niet verhout is. (Knottnerus & Lock, 2021) (Mobilane, 2019)

Brandbaarheid

De brandbaarheid van de onderzochte materialen zijn in het overzicht van tabel 10 te vinden. Het montagesysteem voldoet aan brandklasse A1 wat aangeeft dat dit zeer brandveilig is. Wanneer het substraat en het irrigatiesysteem niet vochtig zijn kunnen deze risicovol zijn omdat het vocht een brandvertragende werking heeft op de potgrond en de microvezeldoek. De substraathouder zou kunnen smelten bij brand maar het zal veel langer duren voordat dit materiaal gaat branden door de brandvertrager. Zonder brandvertrager zou dit product wel kunnen branden en een bijdrage kunnen leveren aan de branduitbreiding via een gevel. Het volledige systeem is getest met een SBI-test waarna de Mobipanel een certificaat heeft ontvangen met de volgende klasse; B-S2-D0. Deze klasse geeft aan dat het materiaal nauwelijks bijdraagt aan de brandontwikkeling, dat er een gemiddelde hoeveelheid rook ontstaat en er geen brandende druppels of deeltjes zijn ontstaan. (Knottnerus & Lock, 2021) (Mobilane, 2019)

Tabel 10 Brandgedrag Mobipanel

Materiaal	Brandbaarheid/ brandklasse	Smelt-/ bezwijktemperatuur
Substraat	Potgrond kan in droge situatie branden.	-
Substraathouder	Smeltbaar	Materiaal smelt zonder brandvertrager bij 160°C, met brandvertrager is dit onbekend.
Montagesysteem	Brandklasse A1	Staal smelt bij 1400°C
Irrigatiesysteem	Smelt en is brandbaar.	210-255°C
Beplanting	Onbekend	Onbekend



8.5 Vitoria gevelsysteem

Het systeem

Vitoria is een gevelsysteem dat bestaat uit kunststof bakken (cassettes), die per module 2 plantenbakken boven elkaar heeft (zie figuur 25). De cassettes worden gemaakt van ASA-kunststof met brandvertrager, hier komt potgrond in met het levend groen. Aan de bovenzijde van elke cassette komt een druppelleiding waar water en voedingsstoffen uit komen om de beplanting te voeden. Aan de onderzijde van de cassettes zal het overtollige vocht met een goot opgevangen worden. De cassettes worden aan L-profielen met haken opgehangen. De overige specificaties van het systeem zijn te vinden in tabel 11. (Vitoria gevelgroen technische details, 2019)



Figuur 25 Vitoria bakken (Vitoria gevelgroen technische details, 2019)

Tabel 11 Gegevens Vitoria

Gegevens	Vitoria
Afmetingen	510x 600mm pas profielen 100mm
Dikte	255 mm
Gewicht	Onbekend
Brandclassificatie	Onbekend
Montagesysteem	Metalen systeem
Substraathouder	ASA-kunststof met brandvertrager
Substraat	Potgrond
Irrigatiesysteem	Druppelslangen systeem
Levensduur	10 jaar systeemgarantie, 5 jaar product garantie

(Bertels, 2018) (Vitoria gevelgroen technische details, 2019)

Substraat; maatwerk

Vitoria Gevelgroen levert maatwerk op het gebied van het substraat. Per situatie en toepassing zal gekeken worden naar de natuurlijke groeiomstandigheden, het type beplanting, bezonning en gewicht. Hierbij wordt er rekening gehouden met het creëren van een optimale waterverdeling en zo min mogelijk waterverspilling. De grondstoffen die toegepast (kunnen) worden zijn niet vrij toegankelijk waardoor het brandgedrag hiervan niet bepaald kan worden. (Vitoria gevelgroen, 2017)

Substraathouder; ASA-kunststof met brandvertrager

De substraathouder wordt gemaakt van ASA (Acrylonitril-Styreen-Acylester) met brandvertrager. Dit is een kunststof die een lage smelttemperatuur heeft, deze ligt rond de 100°C. Doordat er brandvertrager is toegevoegd zal het materiaal meer weerstand bieden tegen brand dan wanneer dit niet wordt toegevoegd. De brandvertrager die wordt toegepast is onbekend waardoor het brandgedrag van de substraathouder moeilijk te bepalen is. (Vitoria gevelgroen, 2017) (Naeff, 2021)

Montagesysteem; onbekend

Het montagesysteem bestaat uit L-profielen met haken waar de cassettes aan opgehangen kunnen worden. Het materiaal van de profielen is niet vrij toegankelijk en vanuit de technische tekeningen die er wel te vinden zijn kan niet opgemaakt worden welke materiaal wordt toegepast. Hierdoor is het niet mogelijk om het brandgedrag van dit montagesysteem te bepalen.

(Virtoria gevelgroen, 2017)

Irrigatiesysteem

Aan de bovenzijde van elke cassette zal een druppelleiding gemonteerd worden waaruit water en voedingsstoffen het substraat in druppelen. Aan de onderzijde van elke cassette is een U-profiel gemonteerd waar het overtollige water in opvangen wordt. De materialisering van de druppelleidingen en de opvanggoten is onbekend.

(Virtoria gevelgroen, 2017)

Beplanting

De beplanting wordt uitgezocht op basis van locatie, bezonning en hoogte in de gevel. De Virtoria gevel is ontwikkeld vanuit een landschapsarchitect/ hoveniersbedrijf, hierdoor is de beplanting en het substraat afhankelijk van waar het toegepast zal worden en wat de wensen van de opdrachtgever zijn. Hierdoor is het brandgedrag niet te bepalen.

(Virtoria gevelgroen, 2017)

Brandbaarheid

Doordat de materialisering van het irrigatiesysteem, het substraat en de beplanting onbekend zijn, is het met de huidige informatie niet mogelijk om het brandgedrag te bepalen (zie tabel 12). Tevens is er geen brandklasse certificaat te vinden en wordt er nergens aangegeven hoe brandveilig het product is. Het enige materiaal wat wel bekend is, is het ASA-kunststof met brandvertrager waar de cassettes van gemaakt worden. De bijdrage van de brandvertrager op het brandgedrag is onbekend waardoor de het brandgedrag hiervan niet bepaald kan worden.

(Virtoria gevelgroen, 2017)

Tabel 12 Brandgedrag Virtoria

Materiaal	Brandbaarheid/ klasse	Smelttemperatuur
Substraat	Onbekend	Onbekend
Substraathouder	Onbekend, mogelijk brandbaar	Zonder brandvertrager 100°C
Montagesysteem	Onbekend maar waarschijnlijk onbrandbaar	Onbekend
Irrigatiesysteem	Onbekend	Onbekend
Beplanting	Onbekend	Onbekend



9 Aandachtspunten brandgedrag groene gevels

In het vorige hoofdstuk is onderzocht wat het brandgedrag is van de toegepaste materialen in de diverse groene gevelsystemen. Hiervan zijn vier systemen getest op brandgedrag en hebben hier een brandklasse certificaat voor gekregen. Deze documenten bevatten onduidelijkheden en verschillen in testcondities wat risico's met zich meebrengt. In dit hoofdstuk zullen een aantal aandachtspunten onderzocht worden, om de risico's in beeld te kunnen brengen, die ontstaan bij het testen en classificeren van groene gevels.

9.1 Materialisering

Onduidelijkheden in de materialisering

In een aantal brandklasse certificaten zijn niet alle materialen beschreven die toegepast zijn in het geteste gevelsysteem. Vanuit de samenstelling van de toegepaste materialen kan bepaald worden in welke mate er brandbare grondstoffen verwerkt zijn in het gevelsysteem. Wanneer niet alle materialen meegenomen worden in een brandklasse certificaat, is het lastig om aan te tonen dat het gevelsysteem voldoet en overeenkomt met de geteste situatie. Hierdoor is het haast onmogelijk om te bepalen of het systeem op de juiste manier wordt toegepast in de praktijk.

(Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) (Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020)

(Knottnerus & Lock, 2021) (Wallflore, 2019) (Efectis, 2021)

Brandvertragers

Wanneer er kunststof wordt toegepast in een gevel, worden er vaak brandvertrager(s) toegevoegd om de brandbaarheid van het materiaal te verminderen. De verhouding tussen de brandvertrager en de kunststof is niet benoemd en het soortbrandvertrager wordt ook vaak weggelaten. Hierdoor is het onduidelijk wat het effect van de brandvertrager is op het brandgedrag van de kunststofsamenstelling. (Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) (Knottnerus & Lock, 2021) (Knottnerus & Lock, 2021)

9.2 Planten(soorten) en vochtgehalte

Vochtgehalte

Het vochtgehalte dat het gevelsysteem bevat bij de aanvang van de test is bij Sempergreen wall brandklasse B (Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) benoemd. In de rapporten van de andere systemen staat dit niet benoemd. Het vochtgehalte heeft effect op het brandgedrag van een groene gevel. Door het vochtgehalte niet te benoemen zijn de testcondities en omstandigheden onduidelijk. De hoeveelheid vocht in een gevel wordt bij niet-levende gevels geconditioneerd ter behoeven van eenduidige testresultaten. Doordat groene gevelsystemen momenteel niet geconditioneerd wordt en het vochtgehalte onduidelijk is, zal het materiaal niet op de juiste manier getest worden.

(Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014)

Beplanting

Bij het testen van groene gevelsystemen zal de gevelopbouw zoveel mogelijk overeen moeten komen met de praktijk en zal tevens de meest ongunstige situatie getest moeten worden. In het testrapport van Sempergreen met brandklasse B (Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) en de Mobipanel met FR (Knottnerus & Lock, 2021) wordt benoemd dat er inclusief beplanting getest is. In de certificaten van Wallflore (Efectis, 2021) en Sempergreen Brandklasse A2 (Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020) is niet benoemd dat de gevelopbouw inclusief planten is getest. De beplanting draagt bij aan de vuurlast van het gevelsysteem en zou om die reden ook getest moeten worden op het brandgedrag. Door de beplanting van een groene gevel achterwege wordt de meest ongunstige situatie en de praktische toepassing van het systeem beide niet getest. Hierdoor zal er een brandklasse vergeven kunnen worden die niet overeenkomt met het werkelijke brandgedrag. (Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020) (Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014)



Plantensoorten

Leveranciers van groene gevelsystemen hebben vaak een sortiment met plantensoorten die toegepast kunnen worden in hun systeem. Tijdens de SBI-test wordt er vaak één plantensoort (zoals bij Sempergreen brandklasse B (Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014)) of een samenstelling van verschillende plantensoorten getest (Knottnerus & Lock, 2021), waarna een brandklasse volgt. Doordat niet alle plantensoorten worden getest of juist tegelijk worden getest, is het niet mogelijk om de vuurlast per plantensoort te bepalen. Leveranciers (van groene gevels) laten hun groene gevelsysteem testen met één plantensoort waarna het systeem in combinatie met diverse plantensoorten wordt toegepast in de praktijk. Sommige plantensoorten houden veel vocht vast waardoor er bij brand meer energie nodig zou kunnen zijn voordat de beplanting mee gaat branden, dan bij plantensoorten die minder vocht vasthouden en sneller verhouten. Hierdoor komt de geteste situatie niet overeen met de praktijk en zou het werkelijke brandgedrag af kunnen wijken van de testresultaten.

Er is op het moment (nog) te weinig onderzoek gedaan naar het brandgedrag van verschillende plantensoorten om het brandgedrag hiervan te kunnen bepalen. Ten tijde van dit onderzoek wordt in München onderzoek gedaan naar het brandgedrag van diverse plantensoorten. De heer T. Engel (Engel, 2022) is hoofdonderzoeker en voert meerdere SBI-testen uit om erachter te komen of er verschillen zijn tussen het brandgedrag van diverse plantensoorten.

(Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) (Knottnerus & Lock, 2021) (Engel, 2022)

9.3 Variabelen in de test

Vier groene gevelsystemen zijn getest op het brandgedrag middels SBI-testen. Elk groen gevelsysteem is onder andere omstandigheden voorbereid en getest. De conditie waar een materiaal zich in verkeert bij aanvang van de test zou onafhankelijk moeten zijn van de temperatuur en luchtvochtigheid, dit is bij groene gevels momenteel niet het geval. Ook bevatten planten zoveel variabelen waar geen eisen aan gesteld zijn dat het moeilijk is om zonder specifieke regels op een uniforme manier te testen. Hieronder worden de variabelen verder onderzocht en uitgelegd.

Conditioneren

Voordat een materiaal getest wordt op brandgedrag, zal dit geconditioneerd moeten worden volgens de richtlijnen die in de norm omschreven staan. Dit wordt gedaan zodat een materiaal haar evenwichtsvochtgehalte kan bereiken, zodat elk te testen materiaal onder dezelfde omstandigheden wordt getest. Wanneer er levend groen in de gevel wordt geïntegreerd zal het lastig zijn om dit groene gevelsysteem volgens de huidige regelgeving te conditioneren, zonder dat de beplanting uitdroogt en doodgaat. Doordat groene gevels een relatief nieuwe innovatie zijn in de bouw, zijn er geen expliciete eisen opgesteld voor het conditioneren hiervan. Dit is de reden dat groene gevels niet op dezelfde manier als niet-levende gevels geconditioneerd worden. Hierdoor wordt het gevelsysteem niet getest onder herhaalbare (geconditioneerde) omstandigheden en wordt niet de meest ongunstige situatie getest. Doordat er ruimte is voor eigen interpretatie, zal de meeste ideale situatie getest kunnen worden. Dit resulteert in testresultaten die eerder zullen voldoen aan een brandklasse waar anders niet aan voldaan zou kunnen worden.

Variabelen van beplanting

Naast de conditionering, kunnen er nog meer variabelen meespelen als het gaat om het brandgedrag van de beplanting. De bladoppervlakte, de aanwezigheid van (uitgebloeide) bloemen en de plantensoorten kunnen een effect hebben op het brandgedrag. In de brandklasse certificaten van Sempergreen (brandklasse B) en Mobipanel staat benoemd dat de planten nog niet verhout zijn. De toegepaste beplanting kan met de jaren wel verhouten waardoor de test een te optimistische weergave geeft van het brandgedrag. Doordat er heel veel variabelen mogelijk zijn bij planten, die niet allemaal worden vastgelegd, zullen de testresultaten afwijken van het uiteindelijke brandgedrag. (Efectis, Brandwerendheid certificaat, 2014) (Knottnerus & Lock, 2021)



Spouw

De spouw zorgt voor luchtverversing aan de achterzijde van een groen gevelsysteem. Hierdoor gaan de materialen langer mee, zal de kans op schimmelvorming verkleinen en zal het vocht niet doorslaan naar de achterliggende constructie. In sommige gevallen wordt de spouw tijdens een test dichtgezet, zodat het vuur daar niet kan komen en vooral de voorzijde van het systeem getest wordt op brandgedrag. Door het toepassen van een spouw of het niet dichtzetten van een spouw kan er een schoorsteeneffect ontstaan, waardoor er een ongunstigere situatie wordt getest dan wanneer dit niet wordt gedaan.

Irrigatiesysteem

In de rapporten van Mobipanel en Sempergreen (brandklasse B) staat dat het water wordt toegevoerd via een automatisch irrigatiesysteem. Omdat de testcondities omschreven staan in het rapport, betekent dit dat er getest wordt inclusief irrigatiesysteem en watertoevoer.

Bij de rapporten van Sempergreen brandklasse A2 en Wallflore staat niet benoemd dat er inclusief irrigatiesysteem getest is, waardoor deze resultaten mogelijk afwijken van een test met dit systeem waarbij het irrigatiesysteem wel is meegenomen. Tevens zijn dit ook de twee systemen waarbij niet is benoemd dat er met beplanting is getest.

(Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020)

Geldigheidsgebied

Een brandklasse certificaat zou een geldigheidsgebied moeten bevatten, hier staat in welke toepassingen (zoals de vorm, afmetingen en aansluitingsdetails) de brandklasse geldig is. Bij de brandklasse certificaten van groene gevels zijn vele variabelen niet omschreven en wordt niet duidelijk in wanneer de brandklasse van toepassing is. Hierdoor kunnen vragen ontstaan als: Voldoet een groen gevelsysteem inclusief beplanting aan de brandklasse wanneer er zonder beplanting getest is? Voldoet een gevel aan de brandklasse bij slecht onderhoud? Voldoet een groene gevel aan de brandklasse wanneer de beplanting verhout is?

Op deze vragen kunnen momenteel geen antwoorden gegeven worden. Hierdoor kunnen leveranciers hun eigen systeem laten testen en toepassen op een manier die voor hen goed uitkomt.

(Efectis, fire safety certificate flexipanel A2, 2020)

9.4 Risico's

In de huidige regelgeving worden nauwelijks eisen gesteld aan de aandachtspunten die in de vorige paragrafen benoemd zijn. Hierdoor kunnen groene gevels getest worden onder de meeste ideale omstandigheden. Bijvoorbeeld door met een hoog vochtgehalte te testen of de spouw achter een groene gevel dicht te zetten voor aanvang van de test. Doordat iedere leverancier (in overleg met het bedrijf die de test uitvoert) kan bepalen in welke omstandigheden getest gaat worden, zullen de testresultaten niet onafhankelijk zijn. Wanneer geen rekening gehouden wordt met de diverse aandachtspunten zal de geteste situatie niet overeenkomen met de praktijk. Hierdoor zal een brandklasse vergeven worden aan een groen gevelsysteem die zich in werkelijkheid (door andere omstandigheden) anders kan gedragen. Doordat er geen eisen zijn aan het geldigheidsgebied van de brandklasse van groene gevels, is het onduidelijk wanneer de brandklasse wel of niet van toepassing is op een gevel.



10 Conclusie brandgedrag groene gevelsystemen

In dit onderzoek stond de volgende vraag centraal:

“Wat is het brandgedrag van gevelgebonden groene gevelsystemen?”

Om het brandgedrag te bepalen van een gevelmateriaal, zal een SBI-test uitgevoerd moeten worden. Met de kleinschalige brandtest kan de brandklasse, de rookklasse en de druppelklasse bepaald worden.

Er is onderzoek gedaan naar het brandgedrag van de materialen die toegepast worden in groene gevelsystemen. Hieruit blijkt dat diverse materialen onbrandbaar zijn, sommige materialen mogelijk brandbaar zijn en dat het brandgedrag van een aantal materialen onbekend is. Vanuit deze informatie kan niet bepaald worden wat het brandgedrag is van de samengestelde systemen. Om hierachter te komen zullen meer brandtesten uitgevoerd moeten worden, wat in sommige gevallen (zoals bij Mobipanel, Sempergreen wall en Wallflore) al gedaan is. De materialen hebben invloed op de brandbaarheid van het systeem maar de vorm en afmetingen hebben hierop ook een effect. Doordat de brandklasse van de organische substraten en de diverse kunststoffen (met of zonder brandvertrager) geen specifieke brandklasse hebben, kan het brandgedrag van het gehele gevelsysteem niet bepaald worden.

Nadat er naar de afzonderlijke materialen is gekeken, zijn de brandklasse certificaten van de systemen naast elkaar gehouden om te achterhalen wat het totale brandgedrag is. Hierbij is ook gekeken naar de specificaties rondom de testomstandigheden en de conditionering van de test. In geen van de rapporten wordt benoemd dat er bij aanvang van de test geconditioneerd is, terwijl dit bij een niet-levende gevel wel van toepassing is. De groene gevelsystemen zijn hierdoor onder verschillende omstandigheden getest. De volgende zaken verschillen per getest gevelsysteem; bij een aantal systemen is met volgelopen irrigatiesysteem getest, sommigen zijn met spouw getest en twee systemen hebben inclusief beplanting getest terwijl anderen zonder beplanting testen. Door met een volgelopen irrigatiesysteem te testen, zit er veel meer vocht in de gevel waardoor er een hogere brandklasse verkregen zou kunnen worden. De spouw is in sommige gevallen dichtgezet bij de test, waardoor er geen schoorsteeneffect kan optreden. De beplanting zou effect kunnen hebben op het brandgedrag van de gevel, hoeveel effect de beplanting heeft is niet op te maken uit de testrapporten. Het vochtpercentage wat de gevel bij aanvang van de test bevat is in sommige gevallen benoemd.

De verschillen in testomstandigheden en -condities kunnen ervoor zorgen dat de geteste situatie niet overeenkomt met het werkelijke brandgedrag. Al deze variabelen zorgen ervoor dat het brandgedrag niet op een uniforme manier getest (kan) worden. Doordat er geen regels en voorschriften zijn vanuit de norm die specifieke eisen stellen aan de variabelen, kan er getest worden onder de ideale omstandigheden.



11 Discussie

Groene gevelsystemen

Door de jaren heen zijn er steeds meer groene gevelsystemen op de markt gekomen. Elk systeem is uniek en zal zich daardoor ook anders gedragen op het gebied van brand. In dit rapport zijn er 5 gevelsystemen onderzocht op het brandgedrag. Doordat er veel meer systemen zijn, is dit een redelijk minimaal onderzoek en kan niet bepaald worden wat het brandgedrag is van alle groene gevelsystemen.

Materialen

Niet alle informatie van groene gevelsystemen worden openbaar toegankelijk gemaakt door de leveranciers. Hierdoor is bij een aantal onderdelen van gevelsystemen niet duidelijk waar het van gemaakt is. Bij één van de certificaten is benoemd dat de specificaties wel bekend zijn bij het bedrijf die de test heeft afgenomen. Daarnaast is het brandgedrag van de samenstelling uniek waardoor het lastig is om informatie te vinden over het brandgedrag hiervan. Dit resulteert in een onderzoek wat minder uitgebreid is dan wanneer deze informatie wel beschikbaar zou zijn.

Bijdrage plantensoorten

Op het moment wordt er door de heer T. Engel onderzoek gedaan naar brandgedrag van diverse plantensoorten. Dit onderzoek is nog niet gepubliceerd waardoor deze informatie niet meegenomen kon worden in dit onderzoek. Hierdoor is er weinig gezegd over het brandgedrag van plantensoorten waardoor het onderzoek minder alles omvattend is. (Engel, 2022)

12 Aanbevelingen

Regelgeving, testmethodes en voorschriften

Om ervoor te zorgen dat alle groene gevels onder dezelfde testcondities en -omstandigheden getest worden, zullen hier eisen voor opgesteld moeten worden. Daarnaast zullen er richtlijnen moeten komen voor: welke variabelen er getest moeten worden en zal dit ook in een testrapport omschreven moeten worden om zo het risico op branduitbreiding in te dammen. Hierin moet duidelijk gemaakt worden of er inclusief of exclusief irrigatiesysteem, spouw of beplanting getest wordt. Daarnaast kunnen de planten(soorten) en het vochtgehalte meegenomen worden, hierbij is het conditioneren een belangrijk aspect. Wanneer de regelgeving eisen opstelt voor al deze variabelen, zullen de groene geveltesten op een uniforme manier getest kunnen worden.



13 Literatuur

13.1 Figurenlijst

Figuur 1 Hangende tuinen van Babylon, Gravure door Maarten Heemskerck (Peters, 2011)	5
Figuur 2 Slangenmuur (golvende muur) op landgoed Hindersteyn	5
Figuur 3 Voorbeelden groene gevels (Atelier groenblauw, 2019)	7
Figuur 4 Soorten groene gevels onderverdeeld. (wtcb, 2017).....	7
Figuur 5 Grondgebonden groen gevel met zelf hechtende klimplanten (Atelier groenblauw, 2019).....	8
Figuur 6 Hechtwortels (Vette, 2020)	8
Figuur 7 Rankende helmblom om klimhulp heen (Poot, 2016)	8
Figuur 8 Schade die een wurgende plant (in dit geval een blauweregen) heeft aangebracht aan een boom. (Blauwe regen, 2016)	9
Figuur 9 Voorbeeld van luchtwortels (Luchtwortels wiki, 2015).....	9
Figuur 10 Omhoog groeier, een klimplant die naar het licht groeit maar afhankelijk is van klimhulp om te groeien.....	9
Figuur 11 Houten klim constructie (klim constructie, 2019).....	10
Figuur 12 Grondgebonden groene gevel met klimhulp (Atelier groenblauw, 2019)	10
Figuur 13 Voorbeeld living wall system van Modulogreen (by nature, 2018).....	12
Figuur 14 Gevelgebonden groene gevel (Atelier groenblauw, 2019)	12
Figuur 15 groene gevel met textiel zakken als substraathouder (buitengevoel, 2020).	14
Figuur 16 Niet volgroeide groene gevel met een bakkensysteem van kunststof (de groene gevel, 2020).	14
Figuur 17 Groene gevel met korf en anorganische substraat (groene gevel Aeres hogeschool, 2021). ..	15
Figuur 18 Kop van een druppelsysteem (buitengevoel, 2020).....	15
Figuur 19 SBI-testopstelling (Smith, 2018).....	18
Figuur 20 Waardes behorende bij de classificatie (Dechering, 2022).....	19
Figuur 21 Wallflore systeem (Wallflore, 2019)	20
Figuur 22 Schematische tekening van Sempergreen wall, de x is de locatie van de beplanting in de gevel (SemperGreen, 2022)	23
Figuur 23 Modulogreen systeem (Modulogreen, 2020)	26
Figuur 24 Mobipanel systeem, links is een cassette te zien en rechts een pixel. (Mobilane, 2019)	28
Figuur 25 Virtoria bakken (Virtoria gevelgroen technische details, 2019)	30

13.2 Tabellenlijst

Tabel 1 Grondstoffen potgrond	13
Tabel 2 Brandklasse en brandbaarheid	18
Tabel 3 Gegevens Wallflore outdoor (Efectis, 2021)	20
Tabel 4 Brandgedrag Wallflore outdoor	22
Tabel 5 Gegevens Sempergreen wall	23
Tabel 6 Brandgedrag Sempergreen wall	25
Tabel 7 Gegevens Modulogreen	26
Tabel 8 Brandgedrag Modulogreen	27
Tabel 9 Gegevens Mobipanel (Knottnerus & Lock, 2021).....	28
Tabel 10 Brandgedrag Mobipanel.....	29
Tabel 11 Gegevens Virtoria.....	30
Tabel 12 Brandgedrag Virtoria.....	31



13.3 Bibliografie

- Adventiefwortels. (2018). *Wortels (plant)*. Opgehaald van Wikipedia:
[https://nl.wikipedia.org/wiki/Wortel_\(plant\)#Adventiefwortels](https://nl.wikipedia.org/wiki/Wortel_(plant)#Adventiefwortels)
- Amiblu. (2020). *Waarom glasvezel versterkt kunststof*. Opgehaald van Amiblu:
<https://www.amiblu.com/nl/waarom-gvk/>
- Atelier groenblauw. (2019). *groene gevel*. Opgehaald van rainproof:
<https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/groene-gevel>
- Bertels, J. (2018). *Eindwerk Jef Bertels*. Opgehaald van Scriptiebank.be:
<https://www.scriptiebank.be/sites/default/files/thesis/2018-09/eindwerk-Jef-Bertels-R0576613%5B2074%5D.pdf>
- Blanc, P. (2022). *Bibliographie*. Opgehaald van Verticalgardenpatrickblanc:
<https://www.verticalgardenpatrickblanc.com/patrick-blanc/bibliographie>
- Blauwe regen. (2016). Opgehaald van boomverzorging en verwijdering: <https://boomverzorging-verwijdering.nl/blauwe-regen-wurgt-bomen/>
- Blok, R. (2018). Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen. In R. Blok, *Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen 11e druk* (pp. 172-183). Eindhoven: Thiememeulenhoff.
- brandveilig.com. (2007, 11 7). *brandgevaar gecontroleerd door de brandweer*. Opgehaald van Brandveilig.com: <https://www.brandveilig.com/nieuws/een-groot-brandgevaar-in-kroegen-kan-niet-worden-gecontroleerd-door-de-brandweer-27024>
- buitengevoel. (2020). *verticale tuin zelf maken*. Opgehaald van buitenlevengevoel:
<https://www.buitenlevengevoel.nl/verticale-tuin-zelf-maken/>
- bustotaal. (2018). *Potgrond vs tuinaarde*. Opgehaald van Bustotaal.com:
<https://www.bustotaal.nl/blog/potgrond-versus-tuinaarde-wat-is-het-verschil/>
- by nature. (2018). *modulo green livings wall*. Opgehaald van bynaturedesign:
<https://bynaturedesign.ca/products/living-products/modulogreen-living-walls/>
- Canna. (2018). *Algemene informatie over inerte substraten*. Opgehaald van Canna:
<https://www.canna.nl/algemene-informatie-inerte-substraten>
- Capillariteit. (2020). *Capillaire werking*. Opgehaald van wikipedia:
[https://nl.wikipedia.org/wiki/Capillariteit#:~:text=Capillariteit%20\(of%20capillaire%20werking\)%20is,worden%20haarbuisjes%20of%20capillairen%20genoemd.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Capillariteit#:~:text=Capillariteit%20(of%20capillaire%20werking)%20is,worden%20haarbuisjes%20of%20capillairen%20genoemd.)
- certilas. (2020). *metalen en legeringen*. Opgehaald van Certilas: <https://certilas.nl/nl/content/metalen-en-legeringen>
- Clark, R. V. (2012, 01). *wegwijzer in verticaal groen*. Opgehaald van adoc: <https://adoc.pub/wegwijzer-in-verticaal-groen.html>
- de groene gevel. (2020). *de groene gevel*. Opgehaald van C2Venlo: <https://c2cvenlo.nl/de-groene-gevel/>
- Dechering, D. (2022). *Brandklasse certificaat Mobipanel zonder FR*. Haps: Peutz.
- DGMR Bouw B.V. (2021). *Risico's van gevels met brandklasse B*. Den Haag: DGMR.
- Dijk, N. v. (2021, 11 1). *bepaling en beoordeling brandgedrag bouwmaterialen*. Opgehaald van brandveilig.com: <https://www.brandveilig.com/artikel/bepaling-en-beoordeling-brandgedrag-bouwmaterialen-is-complexe-materie-70087>
- Dingenen, J. v. (2015). *Klimop: een beetje vreemd*. Opgehaald van Over wilde planten:
<http://www.van-dingenen-over-planten.nl/69.%20Klimop%20-%20een%20beetje%20vreemd.html>
- Dobbels, F. (2018, 6 5). *Groene wanden*. Opgehaald van Gevelgroen: https://www.gevelgroen.be/wp-content/uploads/2020/03/Infosessie-NAV_Groene-wanden_WTCB_FDobbels_2018.05.02.pdf
- EBL. (2020, 12 4). *Efix-e-example*. Opgehaald van Wallflore: <https://wallflore.nl/wp-content/uploads/2020/12/EFIX-e-Example-1.pdf>
- Efectis. (2014). *Brandwerendheid certificaat*. Opgehaald van Sempergreenwall:
<https://sempergreenwall.com/wp-content/uploads/2020/11/Brandwerendheid-certificaat-website.pdf>



- Efectis. (2020, juni 2). *Brandveilige gevels*. Opgehaald van Efectis: <https://effectis.com/nl/brandveilige-gevels/>
- Efectis. (2020). *fire safety certificate flexipanel A2*. Opgehaald van Sempergreenwall: <https://sempergreenwall.com/wp-content/uploads/2021/03/Fire-safety-certificate-Sempergreen-Flexipanel-A2.pdf>
- Efectis. (2021). *Wallflore fire safety*. Opgehaald van Wallflore: <https://wallflore.nl/wp-content/uploads/2021/11/WallFlore-Fire-Safety-3-1.pdf>
- Engel, T. (2022). *Fire safe green*. Opgehaald van TUM: <https://www.cee.ed.tum.de/hbb/forschung/laufende-forschungsprojekte/fire-safe-green/>
- FOJTÍČKOVÁ, M. (2021, 02 14). *history of green walls*. Opgehaald van floraurbanica: <https://floraurbanica.com/en/history-of-green-walls/#:~:text=In%20the%201930s%2C%20Stanley%20Hart,the%20name%20%E2%80%9CBotanical%20Bricks%E2%80%9D>
- fytozell. (2020). *fytozell brochure resins argo version*. Opgehaald van resinsargo: <https://resinsargo.com/wp-content/uploads/sites/5/2020/03/Fytozell-brochure-resins-agro-version-2020.pdf>
- gevel wat je wilt weten over groene gevels soorten en aanleg*. (2019). Opgehaald van gagoed: <https://www.gagoed.nl/gevel-wat-je-wilt-weten-over-groene-gevels-voordelen-soorten-en-aanleg/>
- groene gevel Aeres hogeschool*. (2021). Opgehaald van cloudgarden: <https://cloudgarden.nl/groene-gevel-aeres-hogeschool-almere/>
- groene gevels*. (2021, 8 18). *zelfhechtende klimplanten*. Opgehaald van groenegevels: <https://groenegevels.be/advies/zelfhechtende-klimplanten/>
- high density polyethyleen*. (2020). Opgehaald van Vinkkunststoffen: <https://www.vinkkunststoffen.nl/kunststofsoorten/hdpe-high-density-polyethyleen>
- Jan, A. (2020, januari 16). *Verschillende type klimplanten*. Opgehaald van Groene passies: <https://groenepassies.nl/bloemen-en-planten/verschillende-typen-klimplanten/>
- Jan, A. (2022). *Welke klimplanten zijn geschikt voor een pergola*. Opgehaald van groenepassies.nl: <https://groenepassies.nl/bloemen-en-planten/welke-klimplanten-zijn-geschikt-voor-een-pergola/>
- Joost de Vree. (2018). *Lavakorrels en lavagruis*. Opgehaald van Joostdecree: https://www.joostdevree.nl/shtmls/lavakorrels_lavagruis.shtml
- klim constructie*. (2019). Opgehaald van hettussendoortje.info: <https://hettussendoortje.info/nieuws/klimconstructie/>
- Knottnerus, B. R., & Lock, A. J. (2021, juli). *Classification of reaction to fire performance Mobipanel FR*. Opgehaald van Mobilane.com: <https://mobilane.com/app/uploads/2022/02/2021-Efectis-R000817-Mobilane-Building-Green-ksb.pdf>
- Luchtwortels wiki. (2015). *Luchtwortels*. Opgehaald van wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Luchtwortel>
- Marcella. (2022, 9 27). *Humusrijke grond*. Opgehaald van Hallo bloem: <https://hallobloem.nl/humusrijke-grond/>
- Marle, M. v., & Agricola, H. J. (2021, 4 9). *Verrijking Klimaat-effectatlas natuurbrandgevoeligheid*. Opgehaald van Klimaat-effectatlas: https://www.klimaat-effectatlas.nl/l/nl/library/download/urn:uuid:6c339a3d-4adf-4626-a50b-975d811026dc/technische+toelichting+natuurbrandgevoeligheid.pdf?format=save_to_disk
- metadecor. (2012). *brandveilige gevels*. Opgehaald van metadecor: <https://www.metadecor.nl/brandveiligheid-gevels/>
- Mobilane. (2019). *Voordelen groene gevel*. Opgehaald van Mobilane building green: <https://mobilane.com/nl/nieuws/voordelen-van-een-groene-gevel/>
- Modulogreen. (2020). *Brochure*. Opgehaald van Modulogreen: [https://modulogreen.com/uploads/Home/catalogos/MG_catalogo_ENPT%20\(3\)%20Web.pdf](https://modulogreen.com/uploads/Home/catalogos/MG_catalogo_ENPT%20(3)%20Web.pdf)



- Modulogreen. (2022). *groene gevels modulogreen de techniek*. Opgehaald van Mostertdewinter: <https://www.mostertdewinter.nl/nl/groene-gevels/modulogreen-de-techniek/>
- Naeff. (2021). *Acrylnitrilstyreen*. Opgehaald van Naeff: https://www.naeff.nl/nl/technische-datasheet/acrylnitrilstyreen-asa?n=2131_3
- Natta, Z. (2017). *Polyolefinen*. Opgehaald van wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Polyolefinen>
- osdorp. (2018). *De beste klimplanten*. Opgehaald van osdorp.nl: <https://www.osdorp.nl/nieuws/560/de-beste-klimplanten-voor-je-balkon-of-terras>
- Pelckman. (2021, 2 9). *Wat zit er in potgrond details*. Opgehaald van Pelckmans.net: <https://www.pelckmans.net/nl/blog/wat-zit-er-in-potgrond/details>
- Peters, B. (2011). *groene gevels*. Opgehaald van homepage.tudelft.nl: http://homepage.tudelft.nl/x4x4j/sadbtreports/0910nj/Afstudeerverslag_BAPeters_januari2011.pdf
- Poot, R. (2016, 11 2). *Rankende Helmbloem*. Opgehaald van Natuurfotografie: <https://www.natuurfotografie.nl/soortbeschrijving/rankende-helmbloem/>
- Richard, J., & Arora, S. (2016, 10 26). *Declaration concerning the classification of fire reaction of Magnelis steel product under the construction product regulation*. Opgehaald van FCE arcelormittal: https://fce.arcelormittal.com/repository2/fce/transfer/Firecert_Magnelis.pdf?flipbook=0
- Rockwool. (2018). *hoe wordt steenwol gemaakt*. Opgehaald van Rockwool: <https://www.rockwool.com/nl/advies-en-inspiratie/kennisverdieping/duurzaamheid-en-circulariteit/hoe-wordt-steenwol-gemaakt/>
- SemperGreen. (2022). Groene gevel beschadigd door brandstichting. *Groene gevel beschadigd door brandstichting*. SemperGreen, Zoetermeer.
- Sempergreenwall. (2014). *Technische bepalingen en werkbeschrijving sempergreenwall outdoor*. Odijk: Sempergreen vertical systems b.v.
- Smith, J. (2018). *Single burning item (SBI) test apparatus*. Opgehaald van Concept equipment: <https://www.concept-e.co.uk/products/single-burning-item-test-apparatus/>
- Verbrugge, F., & Diks, M. (2022). *Het effect van groene gevels*. Molenhoek: Peutz.
- Vette, J. (2020, 8 14). *Wortelstelsels*. Opgehaald van Veluwe in beeld: <https://veluwezoominbeeld.nl/natuurinfo/planten/wortelstelsel/>
- Virtoria gevelgroen. (2017). *de bakken van virtoria*. Opgehaald van virtoria: <https://www.virtoria.nl/de-bakken-van-virtoria/>
- Virtoria gevelgroen technische details*. (2019). Opgehaald van virtoria: <https://virtoria.spankracht-acceptatie.nl/wp-content/uploads/2021/02/Virtoria-GevelGroen-technische-details.pdf>
- Wallflore. (2019). *wallflore outdoor efix*. Opgehaald van Wallflore: <https://wallflore.nl/techniek/buiten/wallflore-efix-e/>
- Worldgreeninfrastructure network. (2021, 12 4). *key definition living green wall*. Opgehaald van world green infrastructure network: <https://worldgreeninfrastructurenetwork.org/key-definition-living-wall/#:~:text=A%20living%20wall%20is%20a,with%20the%20plant%20palette%20changing.>
- w tcb. (2017, 07 31). *groen bouwen*. Opgehaald van gevelgroen.be: https://www.gevelgroen.be/wp-content/uploads/2022/09/Boomdiagram-verschillende-systemen_4-zonder-bedrijven-768x494-1.jpg





BRANDVEILIGHEID VAN GEVELS

Deskresearch

9 januari 2023

Bijlage 6

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Theorie.....	4
2.1	De huidige wet- en regelgeving in Nederland.....	4
2.2	Brandklasse.....	4
2.3	Aanvullingen vanuit het buitenland op de Nederlandse regelgeving	5
3	Praktijk.....	6
3.1	In Nederland	6
3.2	In het buitenland	7
4	Conclusie.....	9
5	Literatuur	10
5.1	Figurenlijst	10
5.2	Bibliografie.....	10



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Groene gevels kunnen natuurlijk niet zomaar toegepast worden in een ontwerp, hier zitten allerlei regels aan verbonden. Vanuit de regelgeving worden er eisen gesteld aan de brandveiligheid van gevels maar wat houden deze precies in? En hoe gaat het in de praktijk, worden er extra maatregelen getroffen om de kans op branduitbreiding tegen te gaan of is men op zoek naar mazen in de wet? Deze deskresearch geeft antwoord op de volgende onderzoeksvraag:

“Hoe wordt er nu omgegaan met de kans op branduitbreiding via (groene) gevels?”

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om een beeld te krijgen van hoe er nu wordt omgegaan met de brandveiligheid en het brand uitbreidingsrisico van (groene) gevels. Op deze manier kan een deel van de risico's op branduitbreiding via de gevel (en de oorzaken hiervan) in kaart worden gebracht.

1.3 Leeswijzer

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden wordt er in hoofdstuk 2 gekeken naar hoe er in de theorie omgegaan wordt met het brand uitbreidingsrisico van gevels. Hoe er in de praktijk wordt omgegaan met het brand uitbreidingsrisico van gevels, zal in hoofdstuk 3 aan bod komen. Hoofdstuk 4 zal middels een conclusie antwoord geven op de hoofdvraag. In hoofdstuk 5 staat een lijst met de gebruikte literatuur en figuren. De begrippenlijst zal te vinden zijn in bijlage 1.



2 Theorie

2.1 De huidige wet- en regelgeving in Nederland

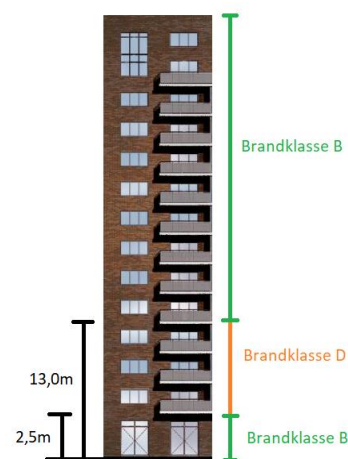
Volgens de wet- en regelgeving, zoals opgeschreven in het huidige Bouwbesluit van 2012, gelden er diverse regels omtrent de brandveiligheid van gevels. Er wordt hierin geen onderscheid gemaakt tussen levende gevels (zoals een begroeide schil) en niet-levende gevels (bijvoorbeeld een houten of stenen buitenblad). Wanneer begroeiing geïntegreerd is in de gevelconstructie, moet de begroeiing ook voldoen aan de brandveiligheidseisen van gevels. Wanneer de begroeiing voor de gevel geplaatst is, wordt zij niet als onderdeel van de gevelconstructie beschouwd en zijn daar geen eisen aan verbonden.

De voorschriften worden toetsbaar gemaakt door (N)EN-normen (bepalingsmethoden) en zijn vooral bedoeld om de gevolgen van een brand te beperken. In de huidige regelgeving wordt er niet specifiek gekeken naar de risico's van branduitbreiding maar worden constructieonderdelen aan prestatie-eisen getoetst. Wanneer aan de prestatie-eisen wordt voldaan wordt een gebouw brandveilig geacht. Met het formuleren van prestatie-eisen, in plaats van praktische oplossingen te eisen, hoopt de overheid het innoveren van de bouw zo min mogelijk te belemmeren

2.2 Brandklasse

Voor de gevels van een gebouw zijn er ook brandveiligheidsvoorschriften. Hoewel gevels meestal niet brandwerend hoeven te zijn, moeten ze wel de uitbreiding van een beginnende brand beperken, daarvoor zijn brandklasse-eisen geformuleerd. De brandklasse is onderdeel van de Europese norm (EN-13501-1: Reaction to fire), met een classificatie van laag naar hoog: F tot en met B, A1 en A2. Wanneer een gebouw met woonfunctie hoger ligt dan 13 m zal er een brandklasse eis B gelden voor de gevel. Als een voor personen bestemde vloer boven de 5 m ligt, geldt er tevens de eis dat de eerste 2,5 m vanaf het aansluitende terrein niveau moet voldoen aan brandklasse B. Dit vanwege het verhoogde risico op ontsteking van de gevel door bijvoorbeeld brandstichting, containerbranden of een autobrand. In verband met de realiseerbaarheid wordt er een uitzondering gemaakt voor de gevel die tussen de 2,5 m en de 13m ligt en voor gevelopeningen, voor deze uitzonderingen geldt er een minimale brandklasse eis D (figuur 1).

Aangezien vliesgevels ook gezien worden als ramen kunnen deze ook onder de brandklasse D uitzonderingsregel vallen hoewel dit wel een discussiepunt blijft gezien de grootte van het oppervlak. In artikel 2.70 van het BouwBesluit2012 (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijke relaties, 2022), geldt er nog een andere uitzonderingsregeling voor de constructieonderdelen. Van elke afzonderlijke ruimte hoeft ten hoogste 5% van de totale oppervlakte van de constructieonderdelen, hieronder valt ook de gevel van een gebouw, niet te voldoen aan de gestelde brandklasse eis. Deze uitgezonderde oppervlaktes mogen niet allemaal op 1 plek geconcentreerd zijn om grote risico's te voorkomen, dit maakt de kwestie omtrent de brandklasse eis van vliesgevels erg complex en discutabel. De gevels die minimaal aan brandklasse D moeten voldoen, vallen immers ook onder de 5% uitzonderingsregel waardoor gevels aan twee uitzonderingsregels moeten voldoen. Wanneer langs de gevel een (extra) beschermde vluchtroute loopt wordt de basiseis (brandklasse D) verhoogt naar brandklasse C.



Figuur 1 Schematische weergave brandklasse verdeling in de gevel (Diks, Brandklasse verdeling in de gevel, 2022)



Zodra er een brandoverslag risico aanwezig is volgens de Nederlandse norm (NEN-6068), moet de stralingsflux van een uitlaande vlam op de niet brandwerende opening van een ander brandcompartiment worden getoetst. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren wanneer er geen brandwerende daglichtopeningen in de gevel zijn opgenomen. Als voorwaarde bij deze toetsing geldt dat de gehele gevel aan brandklasse B moet voldoen (inclusief gevelopeningen), om andere vormen van warmtetransport door straling te mogen verwaarlozen.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijke relaties, 2022) (Rossum, 2021) (DGMR Bouw B.V., 2021) (Normcommissie 353084, 2019) (Normcommissie 351007, 2020)

Weerstand branddoorslag en brandoverslag

In basis gelden er geen eisen aan de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO-waarde) ter plaatse van een gevel. De eisen aan de WBDBO-waarde staan vastgelegd in de NEN-6068 en wordt uitgedrukt in het aantal minuten dat deze brandwerend moet zijn volgens de standaard brandkromme. Het aantal minuten dat de gevel brandwerend moet zijn is dan ook projectafhankelijk, in de meeste gevallen volstaat een brandwerendheid van 30 minuten of langer.

(Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijke relaties, 2022) (Rossum, 2021) (Normcommissie 351007, 2020) (DGMR, 2019)

2.3 Aanvullingen vanuit het buitenland op de Nederlandse regelgeving

D-klassering

De d-klassering is een aanduiding voor de vorming van vallende brandende druppels/deeltjes welke veel schade kunnen veroorzaken wanneer deze deeltjes elders op terecht komen en daar een nieuwe brand starten. Deze brandende druppels kunnen ook op mensen terecht komen en zo nare brandwonden veroorzaken. Voor de klassering gelden er 3 verschillende niveaus, d0, d1 en d2 waarbij d2 de slechtste classificatie is. Volgens de Nederlandse wetgeving zijn er geen directe eisen gesteld aan de d-klassering voor gevels. Wel zijn er regels voor de brandklasse die aangeven dat een product met een brandklasse B of hoger nooit een d2 klasse kan krijgen. In het buitenland worden hier vaak wel eisen aangesteld om op deze manier de kans op branduitbreiding verder te beperken.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (Rockwool)

3 Praktijk

Er is weinig openbare informatie te verkrijgen omtrent de praktische oplossing voor het risico op branduitbreiding via de gevel wanneer dit een groene gevel betreft. Wel zijn er enkele brandklasse certificaten van groene gevels te vinden welke als onderlegger kunnen fungeren waardoor men toch een beeld kan krijgen over hoe er in de praktijk wordt omgegaan met het beperken van de branduitbreiding. Als er naar het buitenland gekeken wordt is er echter veel meer informatie te vinden over het beperken van de branduitbreiding via de gevel.

3.1 In Nederland

Nadat er contact is geweest met twee niet nader te benoemen leveranciers (in verband met vertrouwelijke informatie) was het mogelijk om 2 brandklasse certificaten en 2 brandklasse rapporten in te zien. Drie van deze groene gevel producten voldoen aan brandklasse B en één voldoet zelfs aan brandklasse A2.

Leverancier 1 beschikt over twee groene gevelsysteem types welke beide voldoen aan brandklasse B. Beide zijn getest volgens de EN-13823 (de norm welke de volledige SBI-test toelicht) en de EN-ISO-11925 deze norm verwijst naar een kleine vlam test. De testen zijn uitgevoerd met niet verhouten planten (er zijn geen nadere specificaties bekend over de planten en het substraat), doordat er geen verhouten planten zijn meegenomen in het onderzoek is er uitgegaan van de meest gunstige (goed gehydrateerde) situatie. Tevens wordt er uitgegaan van een goed onderhouden gevel waarin geen dode plantenresten aanwezig zijn. Dit is uitgangspunt is niet realistisch voor de daadwerkelijke situatie.

(Knottnerus & Lock, 2021) (Lock & Knottnerus, 2020)

Leverancier 2 beschikt over twee gevelproducten waarvan er één voldoet aan brandklasse B en de ander aan brandklasse A2. Het product dat een certificering heeft ontvangen voor klasse B is met dezelfde methodes getest als de producten van leverancier 1. Dit systeem is uitgegaan van een aluminium frame, een substraat laag bestaande uit minerale wol met irrigatiemat en is met *Bergenia Cordifolia* (ook wel bekend als de schoenlapersplant) beplant en bevat geen verhouten delen. Op het certificaat staat geen specifieke grondsoort aangegeven, voor het te behalen resultaat zou het gunstig zijn om voor een onbrandbaar substraat te kiezen. Toch is dit niet aannemelijk aangezien de planten volgens dit systeem in de panelen worden voor begroeid en de *Bergenia Cordifolia* de voorkeur geeft aan een humusrijke grond. Een humusrijke grondsoort is over het algemeen brandbaar door het hoge gehalte aan dode plantenresten, wat zou wijzen op een reële substraat keuze voor de test.

(Sprinklr, 2022) (GroeiBloei, sd) (Wikipedia, 2022) (Efectis, 2014)

Het gevelpaneel dat geclassificeerd is voor brandklasse A2 is uitgegaan van een ander systeem. Zo wordt er onder andere gewerkt met minerale wol en glasvezel om de gevel onbrandbaar te maken (een vereiste voor deze klasse). Wat opvallend is aan deze test is dat er geen beplanting of grond wordt meegenomen in het onderzoek. Na contact opgenomen te hebben met leverancier 2, bleek dat de beplanting en substraat bewust achterwege zijn gelaten omdat de gevel anders niet de brandklasse A2 kon behalen. Dit gevelsysteem heeft wel het certificaat A2 maar dit geldt niet voor de uiteindelijke toepassing aangezien de panelen dan voorzien zijn van substraat en planten en daarmee dus afwijkt van de testopstelling. Het is voor de opdrachtgever en de vergunningverlener dan ook zaak om goed op te letten wanneer dit systeem toegepast wordt voor een gevel met een A2-eis, om onnodige brandgevaren te voorkomen.

(Efectis, 2020) (Leverancier 2, 2022)



3.2 In het buitenland

Wanneer men gaat kijken naar het buitenland voor de mogelijkheden om branduitbreiding via de gevel tegen te gaan, zal men vooral oplossingen voor het probleem vinden, in tegenstelling tot de prestatie-eisen in Nederland.

Sprinklerinstallaties

Sprinklerinstallaties worden in Europa, en vooral in Nederland weinig toegepast door de bijbehorende kosten, daarbuiten worden ze relatief veel gebruikt. Sprinklerinstallaties in een gebouw staan erom bekend dat ze de brand in toom kunnen houden, in de praktijk blijken ze vaak ook een blussend effect te hebben. Bij een door de sprinkler gecontroleerde brand zijn brandwerendheidseisen aan constructiedelen overbodig. Nu zijn er door ontwikkelingen in de markt ook sprinklerinstallaties beschikbaar specifiek voor ramen, deze kunnen zowel binnen als buiten het gebouw geplaatst worden. Door het toepassen van een raamsprinkler zal er tijdens de brand een waterfilm op de beglazing komen welke het glas koelt. Doordat het glas gekoeld wordt tijdens een brand zal het minder snel breken en zal brandoverslag risico vanuit de gevelopening beperkt worden. Deze waterfilm zorgt ervoor dat ook niet brandwerend glas tot zo'n 120 minuten intact kan blijven, hierbij is het wel van belang dat de sprinklers constant blijven sproeien om het glas te blijven koelen. Doordat de sprinklers zowel voor binnen als buiten geschikt zijn maakt het in eerste instantie niet uit waar de brand is om de breking van het glas te vertragen (mits aan beide kanten een raamsprinkler zit). Wanneer een raamsprinkler aan één zijde wordt toegepast, kan de rooksensor alleen aan die zijde rook detecteren en de sprinkler activeren.

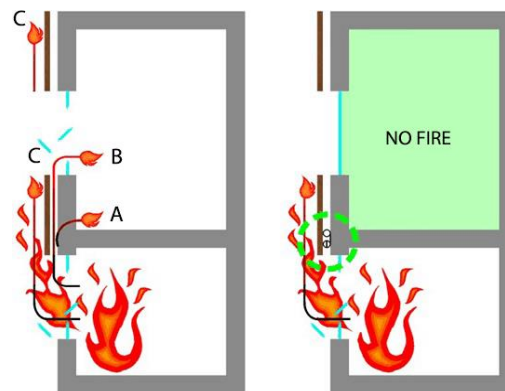
(Team McCoy Mart, 2022) (Broeke, Sprinkler als alternatief voor brandwerend glas, 2016) (Broeke, Sprinkler is alternatief voor brandwerend glas, 2016)

Cavity barriers en firestops

Cavity barriers zijn niet hetzelfde als firestops hoewel ze wel op elkaar lijken. Cavity barriers zijn bedoeld om verborgen openingen in een gebouw (rondom een aansluiting van constructie of elementen bijvoorbeeld) dicht te zetten zodat er door deze holtes geen rook of vlammen kunnen komen die zich verder door het gebouw willen verspreiden. Cavity barriers gaan vooral het warmtetransport door middel van convectie tegen. Firestops zijn bedoeld om alle branduitbreiding trajecten tegen te gaan, dit is vooral van belang bij brandbare materialen lagen. Beide kunnen voorkomen in de gevel om de branduitbreiding tegen te gaan (zie figuur 2).

Hierbij kan het gaan om uitbreiding via de gevel of doorslag door de constructie heen naar binnen toe. Het complexe rondom de toepassing van cavity barriers en firestops is de verbinding met de omliggende constructie. Het materiaal/product waarmee deze worden verbonden moeten minstens zo brandwerend zijn als de barrier of fire stop zelf. Wanneer dit niet het geval is, is het mogelijk dat tijdens een brand de firestop of cavity barrier losraakt en naar beneden valt waardoor deze geen enkele bescherming meer biedt. Dit is ook een van de dingen die mis is gegaan bij de brand in de Grenfell Tower in Londen (2017), waarbij de gevelelementen een slechtere brandklasse hadden waardoor deze loslieten en de firestops geen functie meer hadden. Sommige cavity barriers kunnen ook worden toegepast in een geventileerde spouw. De barrier zal bij lage temperaturen slechts een deel van de spouw dichtzetten waardoor ventilatie mogelijk blijft. Wanneer er brand uitbreekt en de temperatuur rondom de barrier toe neemt zal deze zich uitzetten totdat deze de volledige breedte van de spouw afdicht.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (WFM Media, 2022) (Team McCoy Mart, 2022) (Fire Risk Assessment Network, sd) (NHBC, 2022)



Figuur 2 Schematische weergave werking fire stop/cavity barrier (InsulationGO, 2022)

Overstek in de gevel

Een andere methode om branduitbreiding via de gevel tegen te gaan is door het toepassen van een overstek van enkele decimeters. De uitkraging vormt dan een fysieke barrière voor de vlammen waardoor de vlammen de brandbare gevel niet direct kunnen raken, de vlammen moeten zich eerst om de uitkraging heen buigen om vervolgens weer terug te buigen naar de gevel (waardoor er geen doorstroming kan plaatsvinden). Het overstek zorgt er niet alleen voor dat brand onderbroken wordt, ook zal het overstek een deel van de warmte tegen houden (mits het materiaal hiertoe in staat is), waardoor er minder warmtegeleiding plaatsvindt. Tevens zal er ook minder straling op de gevel terecht komen waardoor de kans op het spontaan ontbranden van de gevelafwerking ook kleiner wordt. Wanneer men een overstek in de gevel wil toepassen om de verticale branduitbreiding tegen te gaan is het wel van uiterst belang dat deze de volledige breedte van de gevel of de volledige omtrek van het gebouw bekleed. Een onderbreking in de uitkraging betekent immers een onderbreking in de brandvertragende schil.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (Herpen, Voortgangsbespreking 5, 2022)



4 Conclusie

Uit de deskresearch is er antwoord gezocht op de volgende onderzoeksvraag;

“Hoe wordt er nu omgegaan met de kans op branduitbreiding via (groene) gevels?”

In de Nederlandse wetgeving wordt er geen onderscheid gemaakt voor levende en niet-levende gevels. Dit betekent dat er alleen de standaard brandeisen voor gevels van toepassing zijn: brandklasse D, tenzij er een vloer boven de 5 meter ligt dan is de onderste 2,5 meter brandklasse B en alle geveldelen boven de 13 meter moeten ook voldoen aan brandklasse B. In het buitenland worden er naast de brandklasse ook eisen gesteld aan de vorming van vallende brandende druppeltjes/deeltjes (de d-classificatie).

In de praktijk blijkt vaak dat er enkel het minimum wordt gedaan om de geëiste brandklasse te behalen, in sommige gevallen lijkt het er zelfs op dat er gezocht wordt naar mazen in de wet. In het buitenland wordt er niet alleen naar de brandklasse gekeken van de gevel maar wordt er ook gekeken naar eventuele oplossingen om de verspreiding van brand via de gevel verder te beperken. Deze oplossingen kunnen bedoeld zijn om te voorkomen dat de gevel überhaupt wordt aangestoken (denk hierbij aan raam sprinklerinstallaties). Een andere methode is om fysieke barrières op te werpen zodat de vlammen belemmert worden in de uitbreiding via de gevelafwerking door bijvoorbeeld het gebruik van overstekken in de gevel. Branduitbreiding via de spouw kan tegengegaan worden door de toepassing van cavity barriers en firestops.



5 Literatuur

5.1 Figurenlijst

Figuur 1 Schematische weergave brandklasse verdeling in de gevel (Diks, Brandklasse verdeling in de gevel, 2022)	4
Figuur 2 Schematische weergave werking fire stop / cavity barrier (InsulationGO, 2022)	7

5.2 Bibliografie

- brandveiliggebouw.nu. (2019). *Wat wordt bedoeld met 'het risico op brandoverslag' en hoe wordt dit berekend?* Opgehaald van brandveiliggebouw.nu:
<https://brandveiliggebouw.nu/vragen/item/wat-wordt-bedoeld-met-het-risico-op-brandoverslag-en-hoe-wordt-dit-berekend#:~:text=Brandoverslag%20is%20de%20uitbreiding%20van,ruimte%2C%20uitsluitend%20via%20de%20buitenlucht.>
- Broeke, A. t. (2016, september 4). *Sprinkler als alternatief voor brandwerend glas*. Opgehaald van Brandveilig.com: <https://www.brandveilig.com/artikel/sprinkler-alternatief-brandwerend-glas-47058>
- Broeke, A. t. (2016, oktober 27). *Sprinkler is alternatief voor brandwerend glas*. Opgehaald van Platform voor securityprofessionals | Security management:
<https://www.securitymanagement.nl/sprinkler-is-alternatief-brandwerend-glas/>
- den Boer, D., Burcksen, R., Hartgerink, R., Van Herpen, R., Janse, E., Kersten, B., . . . Oberijé, N. (2019). *Brandveiligheid van gebouwen | Integrale brandveiligheid voor het realiseren van veiligheidsdoelen*. Opgehaald van saxion.nl: http://www.fellowfse.nl/courses-fse-1/copy_of_lesboek-2018brandveiligheid-van-gebouwen2019
- DGMR. (2019, februari 6). *Handreiking | Beoordeling brandveiligheid gevels*. Opgehaald van Touwtechniek.com:
http://www.touwtechniek.com/content/32863/download/clnt/95097_Handreiking_Beoordeling_brandveiligheid_gevels.pdf
- DGMR Bouw B.V. (2021). *Risico's van gevels met brandklasse B*. Den Haag: DGMR.
- Diks, M. (2022). *Brandklasse verdeling in de gevel*.
- Diks, M. (2022). *Onderbouwing probleemstelling*.
- Efectis. (2014). *Declaration of test results | 2014-Efectis-R224-D*. Efectis.
- Efectis. (2020). *Declaration of test results | 2020-Efectis-R001808-D[Rev.1]*. Efectis.
- Fire Risk Assessment Network. (sd). *What Is a Fire Cavity Barrier?* Opgehaald van Fire Risk Assessment Network: <https://fire-risk-assessment-network.com/blog/cavity-barriers/>
- GroeiBloei. (sd). *Bergenia cordifolia*. Opgehaald van GroeiBloei:
<https://groeinl/tuin/tuinplanten/vaste-planten/bergenia-cordifoliaweek>
- Herpen, R. v. (2022, oktober). Feedback op de deskresearch. (M. Diks, Interviewer)
- Herpen, R. v. (2022, Oktober 12). Voortgangsbespreking 5. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- InsulationGO. (2022). Reaction to Fire Classes. *Fire ratings*. Opgehaald van <https://insulationgo.co.uk/fire-ratings/>
- Knottnerus, B., & Lock, A. (2021). *Classification of reaction to fire performance in accordance with 13501-1:2018 | 2021-Efectis-R000817*. Effectis.
- Leverancier 2. (2022, September 27). Groene gevelsysteem met brandklasse A2. *Mail contact*.
- Lock, A., & Knottnerus, B. (2020). *Classification of reaction to fire performance in accordance with EN 13501-1:2018 | 2020-Efectis-R001820*. Efectis.



- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties. (2022, augustus 01). *BouwBesluit Online 2012*. Opgehaald van BouwBesluit 2012:
<https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties. (2022, augustus 01). *BouwBesluit Online 2012*. Opgehaald van BouwBesluit 2012:
<https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninklijkerelaties. (2022, augustus 01). *BouwBesluit Online 2012*. Opgehaald van BouwBesluit 2012:
<https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012>
- NHBC. (2022, April). *Requirements for cavity barriers*. Opgehaald van
https://www.nhbc.co.uk/binaries/content/assets/nhbc/tech-zone/nhbc-standards/tech-guidance/6.1/requirements_for_cavity_barriers.pdf
- Normcommissie 351007. (2020). *NEN 6068*. NEN Connect.
- Normcommissie 353084. (2019). *NEN-EN 13501-1*. NEN Connect.
- Rockwool. (sd). *European Reaction to Fire Classification System*. Opgehaald van Rockwool.com:
<https://www.dbfacades.com/wp-content/uploads/2017/07/European-Fire-Classification-System-Explanation.pdf>
- Rossum, E. v. (2021). *Handboek Brandveiligheid*. Utrecht, Utrecht, Nederland: Brandpreventie Academy.
- Sprinklr. (20222). *Verzorging Schoenlappersplant*. Opgehaald van Sprinklr:
<https://www.sprinklr.co/blogs/tuinplanten-verzorging/schoenlappersplant>
- Team McCoy Mart. (2022, september 26). *Restricting The Spread Of Fire And Smoke*. Opgehaald van McCoy Mart: <https://mccoymart.com/post/restricting-the-spread-of-fire-and-smoke/>
- Verbrugge, F., & Diks, M. (2022). Persoonlijke invulling begrippenlijst. *Begrippenlijst*.
- WFM Media. (2022). *The fire safe design will lead to less reduced risks of fires to spreading*. Opgehaald van WFM Media: <https://wfmmedia.com/fire-safety-design-to-reduce-the-risk-of-fire-spreading/#:~:text=Also%20putting%20fire%20breaks%20or,prevent%20the%20spread%20of%20fire>
- Wikipedia. (2022, juli 30). *Natuurbrand*. Opgehaald van Wikipedia:
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Natuurbrand>





BRAND UITBREIDINGSRISICO BEPALEN

Deskresearch

9 januari 2023

Bijlage 7

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Afkortingenlijst.....	4
3	Brandontwikkeling.....	5
4	Risicoanalysemethode	7
4.1	Bepaling ontstaanskans	7
4.2	Bepaling faalkans	8
4.3	Bepaling maatgevende effect	8
5	Risico bepaling middels cascademodellen	9
5.1	Cascademodel van een brand in een brandcompartiment.....	9
5.2	Cascademodel van een buitenbrand nabij de gevel	10
6	Conclusie.....	11
7	Literatuur	12
7.1	Figurenlijst	12
7.2	Bibliografie.....	12
8	Bijlagen	14
8.1	Bijlage A; Cascademodel interne ontstekingsbron.....	15
8.2	Bijlage B; Cascademodel externe ontstekingsbron	16
8.3	Bijlage C; Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een interne brand (ingevuld)	17
8.4	Bijlage D; Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een externe brand (ingevuld)	18
8.5	Bijlage E; Tabellen met verstekwaarden opgesteld door Nieman	19
8.6	Bijlage F; Tabellen met verstekwaarden vanuit de NEN 6079+C1	20



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het brand uitbreidingsrisico van een gevel heeft een groot effect op de brandveiligheid van een gebouw. Hoe sneller de branduitbreiding plaatsvindt en zich verspreid naar een ander brandcompartiment, hoe gevaarlijk het is. Het bepalen van het brand uitbreidingsrisico is een complexe zaak daarom staat in dit onderzoek de volgende onderzoeksvraag centraal:

“Hoe kan het brand uitbreidingsrisico naar andere brandcompartimenten via de gevel worden bepaald?”

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is om te achterhalen hoe het brand uitbreidingsrisico van een gevel bepaald kan worden. Als uitgangspunt wordt er specifiek gekeken naar een meerdere verdiepingen woongebouw. Er zullen twee situaties worden beschouwd in dit onderzoek: een brand in het brandcompartiment en een buitenbrand nabij de gevel. Door het bepalen van het brand uitbreidingsrisico van een gevel, kan het risico voorspeld worden. Hierdoor kunnen de nodige maatregelen getroffen worden om de risico's te beperken.

1.3 Leeswijzer

Dit onderzoek begint in hoofdstuk 2 met een overzicht waarin de gebruikte afkortingen worden toegelicht. Hierna zal in hoofdstuk 3 uitgelegd worden hoe een brand zich ontwikkelt en welke cascade modellen hierbij horen. In hoofdstuk 4 wordt de risicoanalysemethode, inclusief de bijbehorende formules, uitgelegd. In hoofdstuk 5 vindt men twee voorbeelden waarin de formules zijn toegepast. Hoofdstuk 6 bevat de conclusie waarin antwoord gegeven wordt op de hoofdvraag. Tot slot volgt de figurenlijst en de bibliografie in hoofdstuk 7 en de bijlagen in hoofdstuk 8. De begrippenlijst zal te vinden zijn in bijlage 1.



2 Afkortingenlijst

Afkorting	Betekenis	Bron
A	De gebruiksoppervlakte van het brandcompartiment, bepaald volgens NEN 2580 [m ²]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
F(A)	Frequentie per jaar van een potentieel ernstige initiële brand in het brandcompartiment [1/jaar]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
F _{norm} (A)	Normatieve (aanvaardbare) overschrijdingsfrequentie per jaar voor de gebruiksoppervlakte A van het brandcompartiment door brand [1/jaar]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
F _{os} (A)	Verwachte overschrijdingsfrequentie per jaar van de gebruiksoppervlakte van het brandcompartiment door brand [1/jaar]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
K ₁	Frequentie per jaar van een potentieel ernstige initiële brand, per vierkante meter gebruiksoppervlakte [1/m ² *jaar] Verstekwaarde voor niet-slaapfuncties: $10^{-3} [1/(m^2*jaar)]$	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 17, 87)
P	De uiteindelijke faalkans, in dit onderzoek verkregen door: $P_1 * P_{2,b} * P_3$	(Verbrugge & Diks, 2022)
P ₁	De kans, gegeven ontsteking, dat een initiële brand in het NEN 6079-compartiment die potentieel ernstig is, zich daadwerkelijk ontwikkelt tot een lokale brand [-]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P _{1,0}	Constante factor die de gemiddelde kans vertegenwoordigt van blussing door aanwezigen en blussing door de brandweer als de brand nog zeer klein is. P _{1,0} is de verstekwaarde van P ₁ en is gelijk aan 0,04[-].	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P ₂	De kans, gegeven een lokale brand in het brandcompartiment, dat deze doorgroeit tot een volledig ontwikkelde compartimentsbrand [-]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P _{2,b}	P _{2,b} de kans P ₂ voor geval b, gelijk aan 0,8 [-], verstekwaarde voor de faalkans van het smoren van de brand door zuurstoftekort. Van toepassing als: de betreffende ruimte niet groter is dan 300m ³ , alle deuren en ramen in de omhulling gesloten zijn en de beglazing tenminste bestaat uit dubbelglas.	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 17, 90)
P ₃	De kans, gegeven een ontwikkelde compartimentsbrand in het brandcompartiment, op het falen van ten minste één brandscheidingsconstructie [-]	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)
P ₄	De kans op een branduitbraak (hierbij verspreid de brand zich naar omliggende percelen).	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016)
P _{norm} (A)	De maximale toegestane faalkans	(Normencommissie 351007 Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 17)



3 Brandontwikkeling

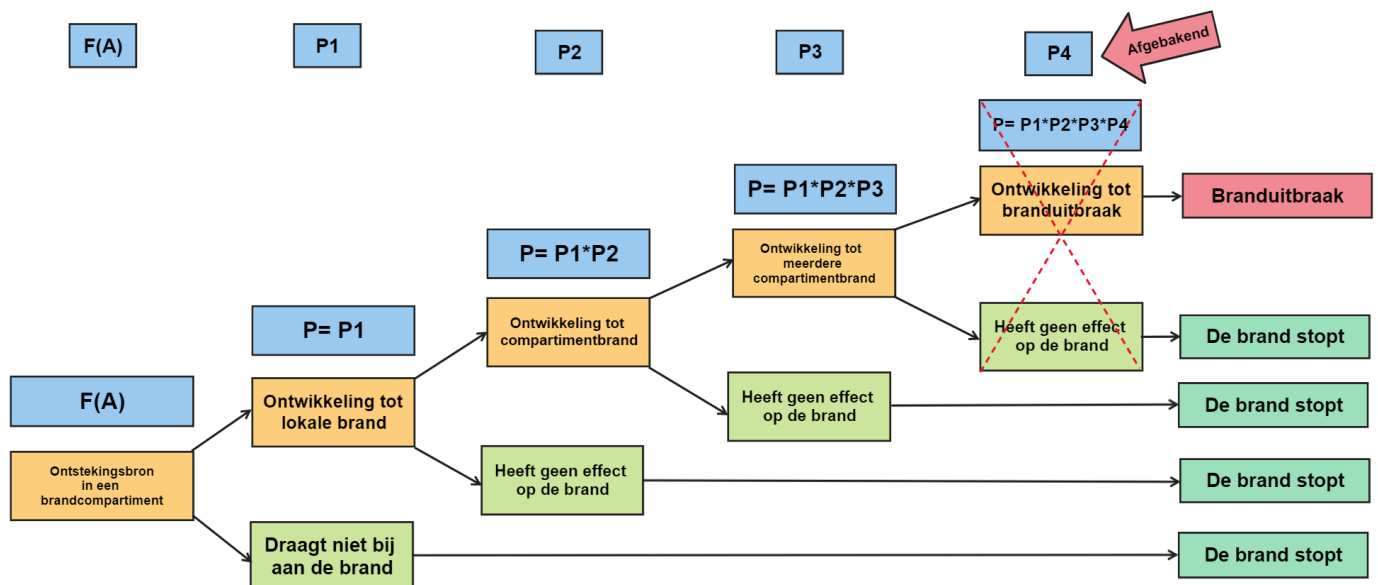
Het ontstaan van een brand en de ontwikkeling hiervan is op te delen in vijf fasen (zie figuur 1 en 2).

- F(A) De ontstekingsfrequentie van de brand.
- P₁) De directe omgeving rondom een ontstekingsbron, wanneer deze een hoge vuurlast heeft is de kans groot dat de ontstekingsbron de omgeving aansteekt en zich ontwikkelt tot een lokale brand. Blijft de vuurlast laag, dan kan het zijn dat het slechts bij een ontsteking blijft en de brand zichzelf dooft door een tekort aan brandbaar materiaal.
- P₂) De kans dat een lokale brand zich ontwikkelt tot een volwaardige compartimentsbrand. Dit kan tegengegaan worden door veiligheidsmaatregelen te treffen, denk aan sprinklerinstallaties die de uitbreiding van de brand binnen een brandcompartiment moeten tegengaan.
- P₃) De kans op het falen van de brandcompartiment scheidingen die moeten zorgen dat slechts één brandcompartiment wordt bedreigd door de brand in plaats van het gehele gebouw. Hieronder valt ook de gevel.
- P₄) De laatste fase (welke afgebakend is) is de kans op branduitbreiding via brandoverslag, naar gebouwen op buurpercelen. Dit wordt ook wel branduitbraak genoemd en wordt volgens de wet- en regelgevingen als het maatgevende effect beschouwd.

In figuur 1 is een cascademodel te zien van de verschillende fasen behorende bij de ontwikkeling van een brand en wat er kan gebeuren tijdens iedere fase wanneer de ontstekingsbron zich in een brandcompartiment bevindt. Figuur 2 geeft een vergelijkbaar cascademodel weer, maar dan met een ontstekingsbron nabij de gevel. Hierin geeft P₂ de ontwikkeling van de brand langs de gevel weer, welke wordt beïnvloed door de brandklasse. P₃ vertegenwoordigt nog steeds de invloed van de brandcompartiment scheidingen, waarbij de scheidingen zich nu in de gevel bevinden in de vorm van fire stops. Indien de brand in de gevel zich naar binnen in het gebouw uitbreidt komt men uit bij het cascade model van figuur 1.

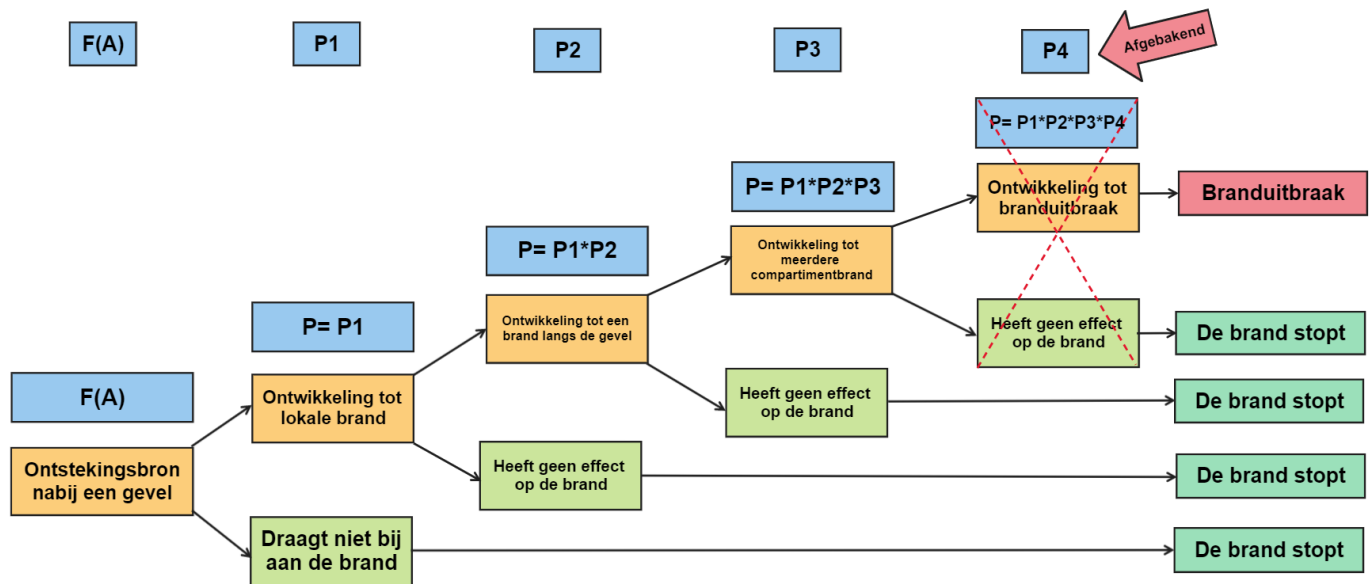
(Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016) (Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014) (Herpen ; Fellow Fire engineering (TU/e), 2022)
(Normcommissie 351007, 2020)

Zie [afkortingenlijst](#) voor de betekenissen van de afkortingen.



Figuur 1 Cascademodel van de stappen die plaats vinden tijdens het ontwikkelen van een brand met een ontstekingsbron in een brandcompartiment (Diks, Cascademodel brandontwikkeling ontstekingsbron in brandcompartiment, 2022) [Bijlage A](#)





4 Risicoanalysemethode

Met de risicoanalysemethode kan het risico van een bepaalde gebeurtenis worden bepaald, zo ook het brand uitbreidingsrisico. Een risico kan worden opgedeeld in een kans en in een effect. Hierbij gaat het om de kans dat een bepaalde gebeurtenis plaatsvindt en het effect dat deze gebeurtenis kan hebben. Deze bepalingmethode wordt met name gebruikt om de risico subsystemen (brand- en rookcompartimentering en de constructieve veiligheid van een gebouw) vanuit de regelgeving te berekenen en te onderbouwen.

4.1 Bepaling ontstaanskans

De kans op een meerdere compartimenten brand kan opgesplitst worden in twee fasen: de kans op het ontstaan van de brand ($F(A)$) en de kans op branduitbreiding (ook wel de faalkans genoemd). In deze paragraaf wordt uitgelegd hoe de ontstaanskans kan worden bepaald, [paragraaf 4.2](#) gaat in op het bepalen van de faalkans. De kans dat een brand ontstaat, is afhankelijk van het oppervlak waarop de brand kan ontstaan (A). Hoe groter het oppervlak is hoe groter de kans is dat ergens brand kan ontstaan. Verder geldt er per gebouwfunctie een eigen frequentie van het ontstaan van een brand. Zo is de kans dat er een brand ontstaat in een gebouw met veel elektronische apparaten (welke bij kortsluiting en/of oververhitting brand kunnen veroorzaken) veel groter dan in een gebouw met maar weinig potentiële ontstekingsbronnen. Deze frequentie kent een eigen coëfficiënt (k_1), waaraan verstekwaarden gekoppeld kunnen worden. Voor een gebouw met een niet-slaapfunctie (denk bijvoorbeeld aan een kantoor) geldt een k_1 van 10^{-3} . Vervolgens kan met de onderstaande formule de kans op het ontstaan van een brand worden berekend:

$$F(A) = k_1 * \sqrt{A}$$

$$K_1 = 10^{-3}$$

(Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016)

In dit onderzoek wordt er uitgegaan van een meerdere verdiepingen woongebouw. Dit houdt in dat de brandcompartimenten allemaal verschillende oppervlaktes kunnen hebben (dit verschilt per appartement) om bij een groot appartementencomplex niet voor ieder appartement een nieuwe ontstaanskans te hoeven berekenen, is de volgende verstekwaarden opgesteld:

$$F(A) = 3 * 10^{-3}$$

(Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014)

Deze waarde voor de ontstaanskans van brand ($F(A)$) zal dan ook aangehouden worden gedurende de bepaling van het brand uitbreidingsrisico in [paragraaf 5.1](#) en [paragraaf 5.2](#).



4.2 Bepaling faalkans

De kans dat een gebeurtenis plaatsvindt, in dit geval branduitbreiding, is te bepalen door de diverse kansen op een bepaalde gebeurtenis met elkaar te vermenigvuldigen. De ontwikkeling van een brand bestaat uit verschillende fasen met ieder een eigen faalkans, met behulp van deze faalkansen kan de uiteindelijke faalkans (P) en de overschrijdingsfrequentie per jaar van een gebruiksoppervlakte $F_{OS}(A)$ worden bepaald:

$$P = P_1 * P_2 * P_3$$
$$F_{OS}(A) = F(A) * P$$

Zie [afkortingenlijst](#) voor de betekenissen van de afkortingen.

Als toetsingskader voor gebouwen met een woonfunctie zal er uitgegaan worden van de volgende situatie: de kans op branduitbreiding via de gevel naar een ander brandcompartiment mag niet groter zijn dan de (maximale toelaatbare) faalkans van de brandscheidingen. Hierbij geldt dat een nieuwbouw gebouw met een woonfunctie een maximale toelaatbare faalkans ($P_{norm}(A)$) heeft van 0,3 tot 0,4 (Herpen, Fire resilience van woningbouw in CLT, 2021, p. 7).

$$P < P_{norm}(A)$$
$$F_{OS}(A) < F_{norm}(A)$$
$$F_{norm}(A) = F(A) * P_{1,0} * P_{norm}(A)$$

Zie [afkortingenlijst](#) voor de betekenissen van de afkortingen.

De overschrijdingsfrequentie en de faalkansen van de diverse brand maatregelen zijn projectafhankelijk. Om deze waarden te bepalen zal men of een projectspecifieke bepaling moeten doen voor de $F(A)$ en voor P_1 tot en met P_3 of men kan gebruik maken van verstekwaardes wanneer er geen projectspecifieke waardes zijn. Deze verstekwaardes zijn onder andere terug te vinden in de NEN 6079 (Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 86-100) maar men kan ook gebruik maken van de BSI (British Standard Institution). (Herpen ; Fellow Fire engineering (TU/e), 2022) (Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016) (Normcommissie 400179, 2019) (Herpen, Fire Safety Engineering, 2022) (Herpen, Fire resilience van woningbouw in CLT, 2021) (Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014)

Zie [afkortingenlijst](#) voor de betekenissen van de afkortingen.

4.3 Bepaling maatgevende effect

Naast de kans op brand(uitbreiding) moet men ook weten wat de gevolgen van de brand zijn om te kunnen bepalen wat het brand uitbreidingsrisico is. Het maatgevende effect in dit onderzoek is; de branduitbreiding vanuit het ene brandcompartiment naar het ander via de gevel. Om het maatgevende effect te beoordelen zal het getoetst worden aan de volgende eis: De kans op branduitbreiding via de gevel moet kleiner zijn dan de kans op branduitbreiding via de inwendige brandscheidingen, waarbij de maximale faalkans van inwendige brandscheidingen bij woningen gelijk is aan 30 tot 40%. In het kort betekent dit dat de kans op het maatgevende effect in ieder geval kleiner moet zijn dan 40% (0,40), de kans op het maatgevende effect kan op dezelfde manier bepaald worden als de uiteindelijke kans in [paragraaf 4.1](#). (Herpen, Fire resilience van woningbouw in CLT, 2021) (Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016) (Rossum, 2021)

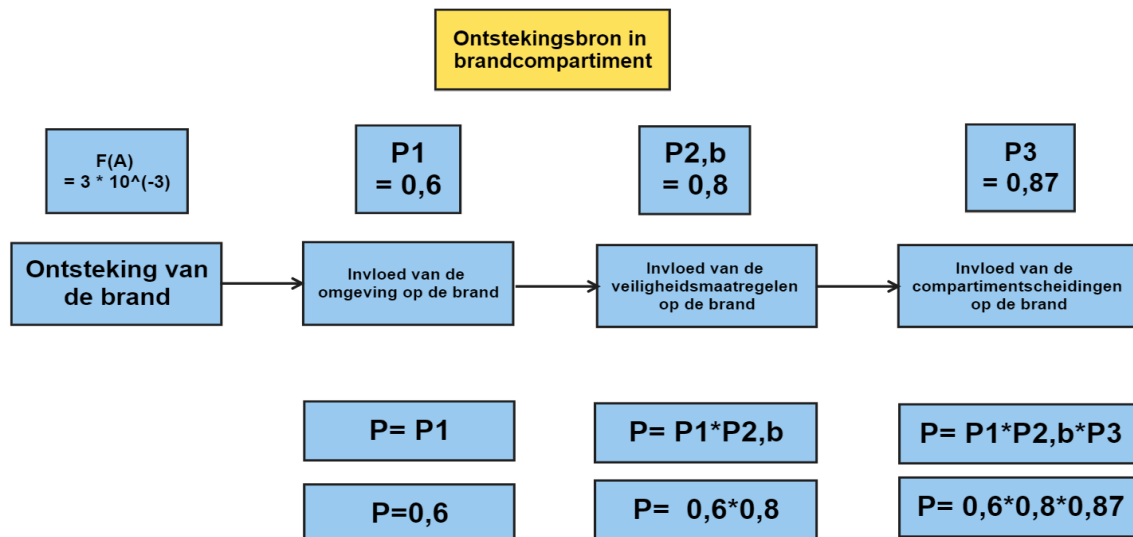
Zie [afkortingenlijst](#) voor de betekenissen van de afkortingen.



5 Risico bepaling middels cascademodellen

5.1 Cascademodel van een brand in een brandcompartiment

In onderstaande figuur 3 is de kans op branduitbreiding via de gevel bij een interne ontstekingsbron uitgewerkt volgens de berekeningen uit hoofdstuk 4 waarbij de waardes gebaseerd zijn op de verstekwaarden zoals deze zijn opgesteld in de NEN 6079 (bijlage F) (Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 89, 95) De kans op een ontsteking is gebaseerd op de waardes gegeven in het rapport van Nieman (bijlage E) (Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014, pp. 8, 20).



Figuur 3 Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een interne brand (Diks, Brand uitbreidingsrisico bij een interne brand, 2022).
 Bijlage C

De waarde $F(A)$ is een vaste waarde voor woonfuncties die terug te vinden is in tabel 3. P_1 is ontstaan uit de tabel B.2 (bijlage E) waarbij de percentages van de overige niet-slaapfuncties die een interne brandoorzaak hebben bij elkaar zijn opgeteld. Hieronder vallen: spelen met vuur door kinderen (1%), brandgevaarlijke werkzaamheden (9%) en defect/verkeerd gebruik van apparaat/product (50%). Wanneer deze waardes bij elkaar opgeteld worden komt men uit op 60% dit staat gelijk aan een factor 0,60. De waarde $P_{2,b}$ is een vaste waarde van 0,8. De waarde P_3 is ontstaan uit de tabel B.7, met als uitgangspunt dat de gevel een brandwerendheid heeft van 30 minuten en dat de brand 60 minuten duurt. Deze waardes zijn gekozen op basis van tabel 14, waarin aangegeven staat dat een gebouw met een gevolgklasse CC2 voorzien van een woonfunctie, een gemiddelde equivalente brandduur heeft die tussen de 43 en de 59 minuten ligt.

De kans dat er branduitbreiding naar andere brandcompartimenten via de gevel ontstaat, nadat er een interne ontstekingsbron is geweest, is gelijk aan $P = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 0,87 \approx 0,4$.
 De overschrijdingsfrequentie is gelijk aan $F_{OS}(A) = F(A) \cdot P = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \approx 0,001$.

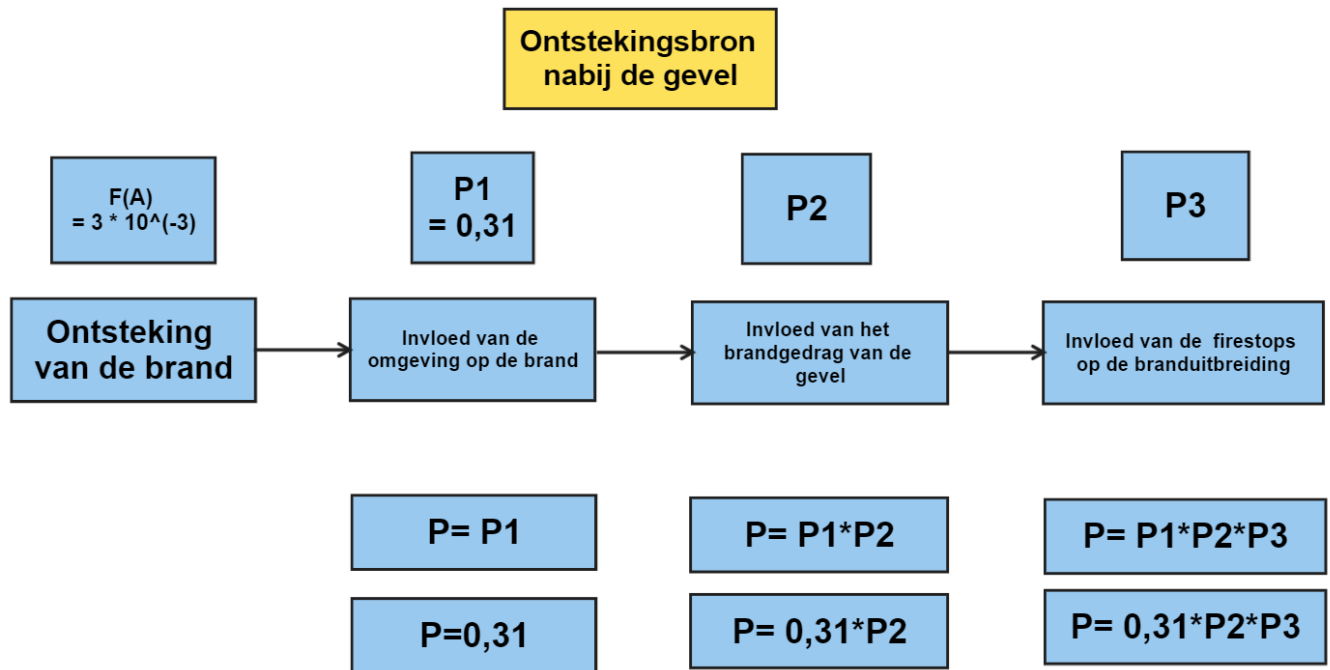
Voor de maximale toelaatbare faalkans ($P_{norm}(A)$ geldt de volgende eis, de $P_{norm}(A)$ vereist een waarde van 0,4 of lager. Uit de berekening blijkt dat $P \approx 0,4$ wat betekent dat de bovenstaande aannames net voldoen aan de $P_{norm}(A)$. Voor de maximale toelaatbare overschrijdingsfrequentie geldt de formule $F_{norm}(A) = F(A) \cdot P_{1,0} \cdot P_{norm}(A)$ met de berekening $F(A) = A \cdot k_1$ toont aan dat de $F_{norm}(A)$ gelijk is aan $(1000 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,04 \cdot 0,4 \approx 0,02$. Met een F_{OS} van 0,001 (berekening in de vorige alinea) voldoen de aangehouden verstekwaarden aan de gestelde eis.

Zie afkortingenlijst voor de betekenissen van de afkortingen.



5.2 Cascademodel van een buitenbrand nabij de gevel

In figuur 4, is de kans op branduitbreiding via de gevel bij een externe ontstekingsbron uitgewerkt volgens de berekeningen uit [hoofdstuk 4](#), waarbij de waardes gebaseerd zijn op de verstekwaarden zoals deze zijn opgesteld in de NEN 6079 ([bijlage F](#)) (Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, pp. 89, 95) De risico factor (welke een vaste waarde is die slechts per gevolgklasse wisselt) en de kans op ontsteking zijn gebaseerd op de waardes gegeven in het rapport van Nieman ([bijlage E](#)) (Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014, pp. 8, 20).



Figuur 4 Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een externe brand (Diks, Brand uitbreidingsrisico bij een externe brand, 2022).
[Bijlage D](#)

De waarde $F(A)$ is een vaste waarde voor woonfuncties die terug te vinden is in [tabel 3](#). P_1 is ontstaan uit de [tabel B.2](#), waarbij de percentages van de overige niet-slaapfuncties die een externe brandoorzaak hebben bij elkaar zijn opgeteld. Hieronder vallen: brandstichting (22%), roken (6%) en vuurwerk (3%). Wanneer deze waardes bij elkaar opgeteld worden komt men uit op 31% dit staat gelijk aan een factor 0,31. De waarde P_2 is een waarde die gebaseerd wordt op basis van het brandgedrag van de gevel, welke project specifiek is en kan afgeleid worden uit de brandklasse van de gevel. De waarde P_3 is de faalkans van de fire stops die zich in de gevel bevinden. De werking en betrouwbaarheid van deze firestops (om branduitbreiding naar de gevel van een ander brandcompartiment te voorkomen) is afhankelijk van het brandgedrag van de gevel en daarmee ook de brandklasse van de gevel. Wederom is dit een projectspecifieke waarde waarvoor eigenlijk geen goede verstekwaarden gebruikt kunnen worden aangezien er te veel variabelen zijn om de algemene faalkans van een fire stop te bepalen.

(Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016) (Herpen, Voortgangsbepaling, 2022)

Zie [afkortingenlijst](#) voor de betekenissen van de afkortingen.

Om het brand uitbreidingsrisico via de gevel, wanneer de ontstekingsbron zich nabij de gevel bevindt, te bepalen zal er meer bekend moeten zijn over het type gevel. In het geval van een groene gevel is er een dusdanige schaarste aan gegevens, over de brandklasse en het brandgedrag van hiervan, dat deze niet bepaald kan worden. Er zijn dan ook meer praktijkonderzoeken naar het brandgedrag van groene gevels vereist om het brand uitbreidingsrisico te bepalen en hier verstekwaarden voor op te kunnen stellen.



6 Conclusie

In het onderzoek is een antwoord onderzocht op de volgende vraag:

“Hoe kan het brand uitbreidingsrisico naar andere brandcompartimenten via de gevel worden bepaald?”

De methode die in aanmerking komt om het brand uitbreidingsrisico te bepalen is de risicoanalyse methode waarbij het risico wordt opgedeeld in een kans en in een effect. De kans en het effect van een brand worden vervolgens afzonderlijk van elkaar bepaald.

Het bepalen van de kans op het ontstaan van een brand en de mate van ontwikkeling kunnen bepaald worden aan de hand van een cascademodel. In dit onderzoek is er gewerkt met 4 fasen, de eerste is de waarde $F(A)$ welke aangeeft wat de frequentie is van het ontstaan een brand is. De tweede is P_1 deze beschouwt de kans op dat een brand zich ontwikkelt tot een lokale brand. De derde P_2 representeert de kans dat een lokale brand zich ontwikkelt tot een compartiment brand of een grote gevel brand. De vierde is P_3 deze staat voor de kans op het falen van de brandscheidingen waardoor er een brand woedt in meerdere brandcompartimenten of dat de gevel van meerdere brandcompartimenten wordt bedreigd door de brand.

De waardes die bij al deze fasen horen zijn projectafhankelijk, om aan deze waardes te komen zal men of een projectspecifieke bepaling moeten doen of men kan gebruik maken van diverse verstekwaarden.

Wanneer alle kansen met elkaar vermenigvuldigd worden kan de uiteindelijke faalkans getoetst worden aan de norm. Als de uiteindelijke faalkans (P) onder de maximale toelaatbare faalkans ($P_{\text{norm}}(A)$) blijft dan voldoet deze aan de eis. Als men de uiteindelijke faalkans vermenigvuldigt met de frequentie $F(A)$ dan krijgt men de overschrijdingsfrequentie. Blijft deze overschrijdingsfrequentie onder de maximale toelaatbare overschrijdingsfrequentie ($F_{\text{norm}}(A)$) dan voldoet deze ook aan de gestelde eis.

Zie afkortingenlijst voor de betekenissen van de afkortingen.

Om het maatgevende effect (in dit geval de branduitbreiding naar andere brandcompartimenten via de gevel) te bepalen wordt er vooral gekeken naar de kans op dat dit gebeurt. Hierbij geldt de eis dat de kans op branduitbreiding via de gevel naar een ander brandcompartiment niet groter mag zijn dan de kans dat de brand zich via een interne brandscheiding naar een ander brandcompartiment uitbreidt.

Wanneer het brand uitbreidingsrisico via de gevel bepaald moet worden wanneer de brand een ontstekingsbron heeft in het brandcompartiment kan men de bepalingsmethode gebruiken die hierboven benoemt is met behulp van verstekwaarden. Wanneer de ontstekingsbron zich buiten nabij de gevel bevindt, zal er meer bekend moeten zijn over het type gevel (denk aan het brandgedrag en eventuele firestops). In het geval van een groene gevel is er een dusdanige schaarste aan gegevens over het brandgedrag van groene gevels dat deze niet bepaald kan worden. Hiervoor zijn dan ook meer praktijkonderzoeken naar het brandgedrag van groene gevels vereist om het brand uitbreidingsrisico te bepalen en hier verstekwaarden voor op te kunnen stellen.



7 Literatuur

7.1 Figurenlijst

Figuur 1 Cascademodel van de stappen die plaats vinden tijdens het ontwikkelen van een brand met een ontstekingsbron in een brandcompartiment (Diks, Cascademodel brandontwikkeling ontstekingsbron in brandcompartiment, 2022).....	5
Figuur 2 Cascademodel van de stappen die plaats vinden tijdens het ontwikkelen van een brand nabij de gevel (Diks, Cascademodel brandontwikkeling ontstekingsbron nabij de gevel, 2022)	6
Figuur 3 Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een interne brand (Diks, Brand uitbreidingsrisico bij een interne brand, 2022). Bijlage C.....	9
Figuur 4 Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een externe brand (Diks, Brand uitbreidingsrisico bij een externe brand, 2022). Bijlage D.....	10

7.2 Bibliografie

- Blok, R. (2018). *Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen* (11e ed.). Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.
- Bostik. (2022). *Wat is het verschil tussen brandgedrag en brandwerendheid?* Opgehaald van Bostik: <https://www.bostik.com/netherlands/nl/fire-protect/our-experts/what-is-the-difference-between-fire-behaviour-and-fireprotection/#:~:text=Brandgedrag%20geeft%20aan%20hoe%20ontvlambaar,vastgelegd%20in%20de%20Euro%20brandklassen.>
- Bouwen met staal. (sd). *Keuze bepalingsmethode*. Opgehaald van Brand Informatie Systeem: https://www.brandveiligmetstaal.nl/pag/272/keuze_bepalingsmethode.html
- Diks, M. (2022). Brand uitbreidingsrisico bij een externe brand. *Schematische weergave brand uitbreidingsrisico bij een externe brand*.
- Diks, M. (2022). Brand uitbreidingsrisico bij een interne brand. *Schematische weergave brand uitbreidingsrisico bij een interne brand*.
- Diks, M. (2022). Cascademodel brandontwikkeling ontstekingsbron in brandcompartiment. *Schematische weergave van de stappen die plaats vinden tijdens het ontwikkelen van een brand*.
- Diks, M. (2022). *Cascademodel brandontwikkeling ontstekingsbron nabij de gevel*.
- Diks, M. (2022). *Deskresearch | Hoe wordt er nu omgegaan met het brand uitbreidingsrisico van groene gevels*.
- encyclo.nl. (2022). *Faalkans definiteis*. Opgehaald van Encyclo.nl Nederlandse encyclopedie: <https://www.encyclo.nl/begrip/faalkans#:~:text=Def.%3A%20kans%20op%20falen.>
- Herpen ; Fellow Fire engineering (TU/e). (2022). *PHBO Fiere Safety Engineering | Blok 5 | Doelgerichte brandveiligheid - integrale benadering*. Utrecht.
- Herpen, R. v. (2014). *Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies*. Zwolle: Nieman.
- Herpen, R. v. (2021, januari). Fire resilience van woningbouw in CLT. *Brandveilig.com*, p. 7.
- Herpen, R. v. (2022, oktober 18). Fire Safety Engineering. *An introduction in FSE*. Eindhoven: TU/e.
- Herpen, R. v. (2022, november 7). Voortgangsbepreking 6. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers) Nieman. (2016, juni 16). *Berekenen equivalente brandduur*. Opgehaald van Niemand de raadgevende ingenieurs: <https://www.nieman.nl/nieuws/berekenen-equivalente-brandduur/#:~:text=De%20equivalente%20brandduur%20is%20gedefinieerd,constructie%20als%20met%20Zone%20berekend.>



Normcommissie 351007. (2020). *NEN 6068*. NEN Connect.

Normcommissie 400179. (2019, oktober). *NEN-ISO 31000+C11 (nl)*. Opgehaald van NEN Connect:
<https://connect.nen.nl/Standard/Detail/3621156?compId=11254&collectionId=0>

Normcommissie:351007. (sd). Normcurve: overige niet-slaapfuncties, nieuwbouwsituaties. *NEN 6079+C1*.

Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken. (2016, juni). *NEN 6079+C1*. Opgehaald van NEN Connect:
<https://connect.nen.nl/standard/openpdf/?artfile=579402&RNR=220344&token=1ffe8e72-d297-47c4-9dd2-a96d872309c0&type=pdf#pagemode=bookmarks>

Rossum, E. v. (2021). *Handboek Brandveiligheid*. Utrecht, Utrecht, Nederland: Brandpreventie Academy.

Verbrugge, F., & Diks, M. (2022). Persoonlijke invulling begrippen- en afkortingenlijst. *Begrippenlijst*.

Vree, J. d. (sd). *Gevolgklasse*. Opgehaald van Joost de Vree:
<https://www.joostdevree.nl/shtmls/gevolgklasse.shtml>

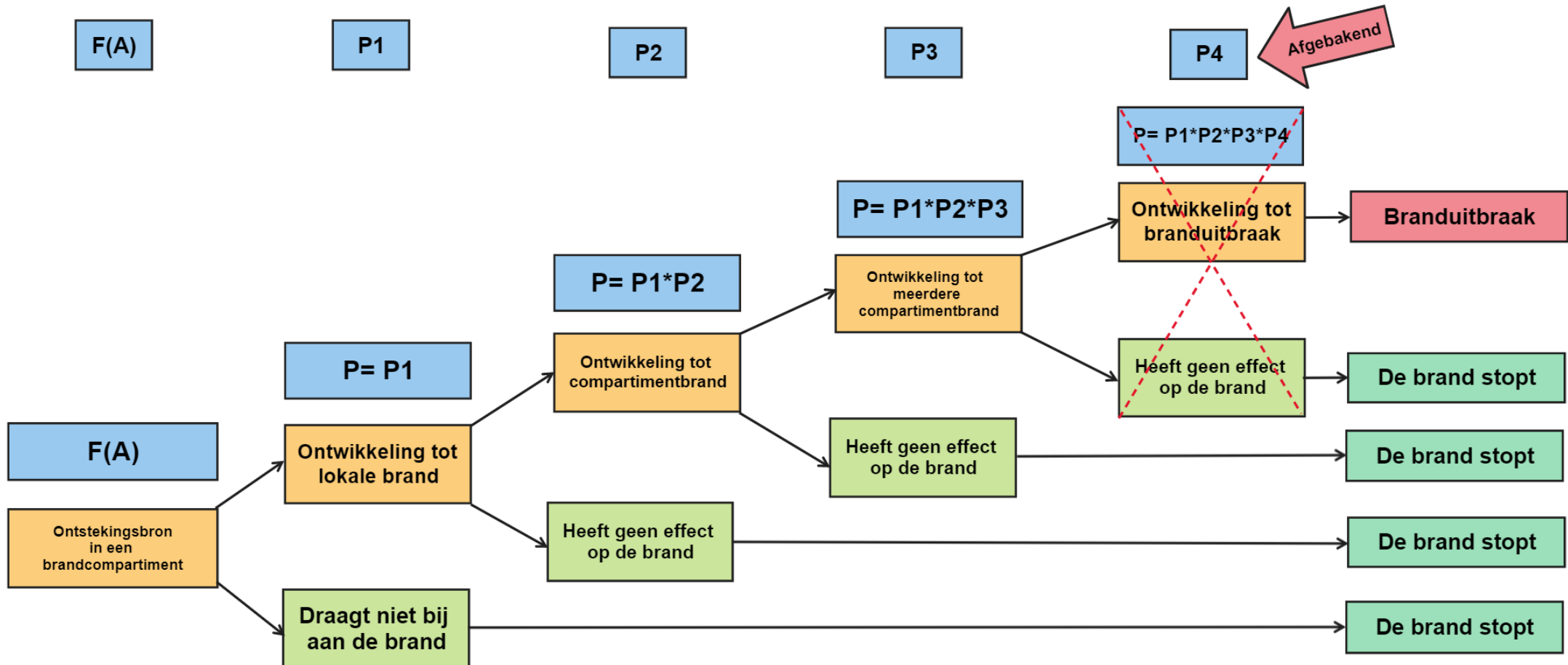


8 Bijlagen

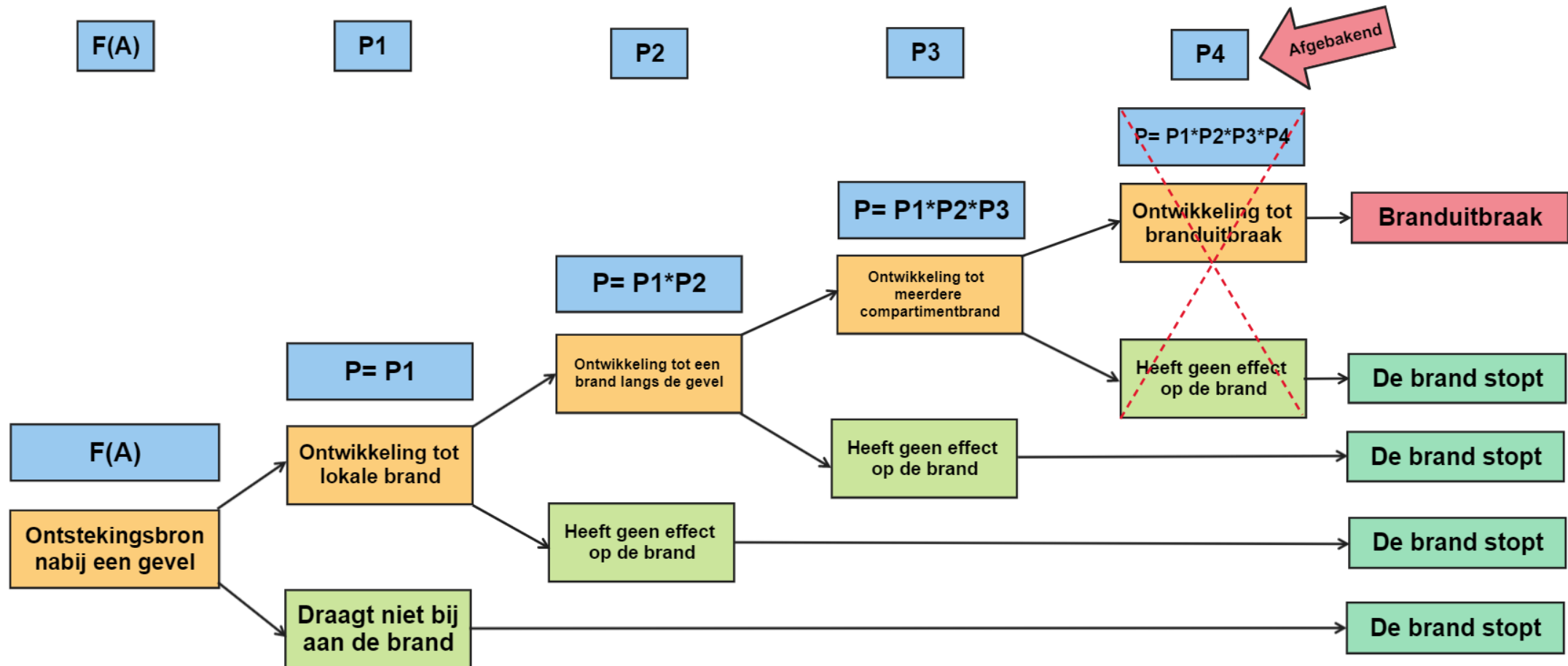
- Bijlage A; Cascademodel interne ontstekingsbron
- Bijlage B; Cascademodel externe ontstekingsbron
- Bijlage C; Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een interne brand (ingevuld)
- Bijlage D; Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een externe brand (ingevuld)
- Bijlage E; Tabellen met verstekwaarden opgesteld door Nieman
- Bijlage F; Tabellen met verstekwaarden vanuit de NEN 6079+C1



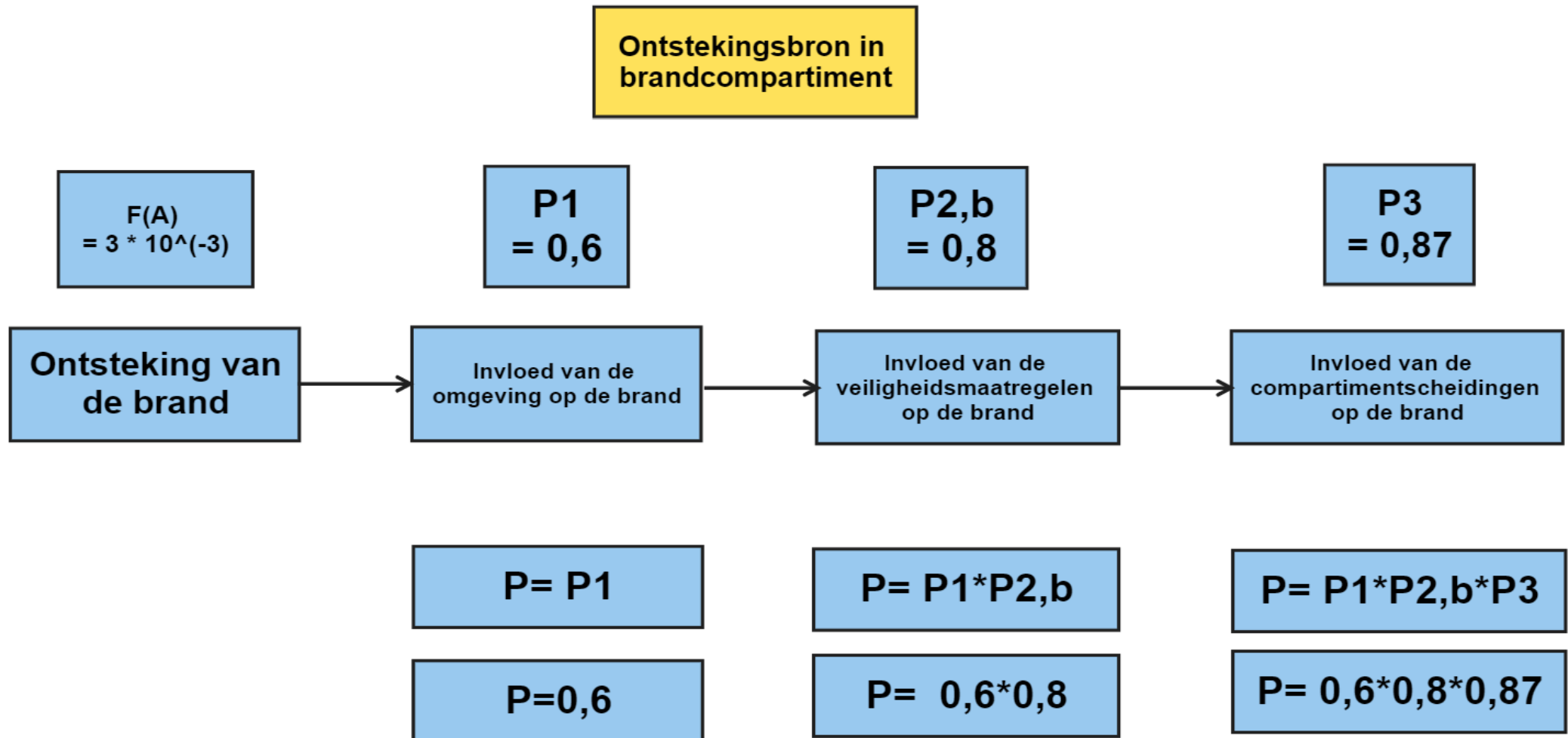
8.1 Bijlage A; Cascademodel interne ontstekingsbron



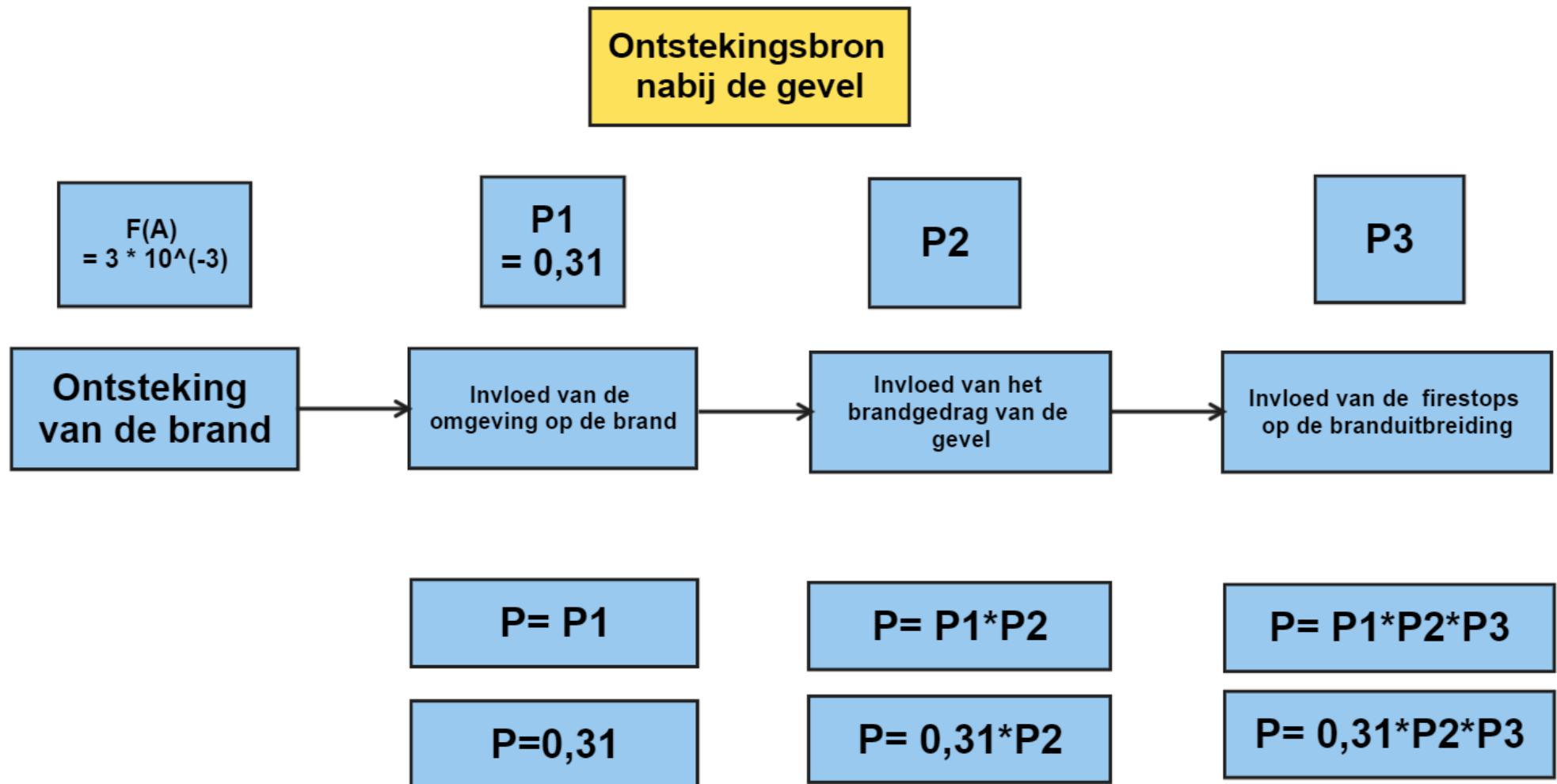
8.2 Bijlage B; Cascademodel externe ontstekingsbron



8.3 Bijlage C; Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een interne brand (ingevuld)



8.4 Bijlage D; Cascademodel brand uitbreidingsrisico bij een externe brand (ingevuld)



8.5 Bijlage E; Tabellen met verstekwaarden opgesteld door Nieman

Tabel 3

Tabel 3: Brandkansen en variabele vuurbelasting

	P ontstaan brand [1/jr] [BSI]	P ontstaan brand [1/m ² jr] [BSI]	P lokale brand [1/m ² /50jr] [Handbook]	P constructie- bedreigende brand [1/m ² /50jr] [dit rapport]	q Variabele vuurbelasting (gemiddeld) [MJ/m ²] [NEN-EN 1991-1-2]
Woonfunctie (laag)	3 e-3		1 e-5	1 e-6	780
Woonfunctie (hoog)	3 e-3				780
Kantoorfunctie	6 e-3	1 e-5	2 e-5	2 e-6	420
Logiesfunctie			2 e-5		420 / 310
Winkelfunctie				2 e-6	
Winkel (kleding)					600
Winkel (supermarkt)					1200

(Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014, p. 8)

Tabel 14

Tabel 14: Equivalente brandduren op basis van het natuurlijk brandconcept met randcondities en risicofactoren volgens NEN-EN 1991-1-2/NB bij gevolgklassen CC 1, CC 2 en CC 3, zonder brandbeveiligingsvoorzieningen (linker helft). Ter vergelijking zijn de resultaten van de probabilistische beschouwing toegevoegd (rechter helft).

Gevolgklasse en risicofactor	Equivalente brandduur [min]	Gevolgklasse en betrouwbaarheidsindex	Equivalente brandduur [min]
Kantoorfunctie NB (natuurlijk brandconcept)		Kantoorfunctie probabilistisch (natuurlijk brandconcept)	
(karakteristieke condities)	43	(gemiddelde condities)	31
CC 1, $\delta=0,76$	36	CC 1, $\beta=3,3$	32
CC 2, $\delta=1,24$	53	CC 2, $\beta=3,8$	44
CC 3, $\delta=1,64$	69	CC 3, $\beta=4,3$	52
Woonfunctie NB (natuurlijk brandconcept)		Woonfunctie probabilistisch (natuurlijk brandconcept)	
(karakteristieke condities)	53	(gemiddelde condities)	42
CC 1, $\delta=0,54$	38	CC 1, $\beta=3,3$	0
CC 2, $\delta=1,03$	59	CC 2, $\beta=3,8$	43
CC 3, $\delta=1,44$	83	CC 3, $\beta=4,3$	64
Winkelfunctie NB (natuurlijk brandconcept)		Winkelfunctie probabilistisch (natuurlijk brandconcept)	
(karakteristieke condities)	88	(gemiddelde condities)	85
CC 1, $\delta=0,92$	85	CC 1, $\beta=3,3$	103
CC 2, $\delta=1,35$	120	CC 2, $\beta=3,8$	132
CC 3, $\delta=1,74$	151	CC 3, $\beta=4,3$	154

(Herpen, Risicogebaseerde brandveiligheid van draagconstructies, 2014, p. 22)



8.6 Bijlage F; Tabellen met verstekwaarden vanuit de NEN 6079+C1

Tabel B.2

Tabel B.2 — Verdeling in branden naar oorzaak voor industriefunctie en overige niet-slaapfuncties (CBS, 2009 tot en met 2011)

Branden naar oorzaak	Industriefunctie		Overige niet-slaapfuncties	
	Aantal branden	Percentage	Aantal branden	Percentage
A Brandstichting	110	9 %	361	22 %
B Spelen met vuur door kinderen	9	1 %	11	1 %
C Roken	11	1 %	92	6 %
D Brandgevaarlijke werkzaamheden	228	18 %	149	9 %
E Defect/verkeerd gebruik apparaat/product	556	45 %	828	50 %
F Zelfverhitting/broei	313	25 %	150	9 %
G Vuurwerk	6	1 %	42	3 %
Totaal	1 233	100 %	1 634	100 %

(Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 89)

Tabel B.7

Tabel B.7 — Faalkans van een steenachtige scheidingsconstructie hoger dan 9 m met daarin opgenomen relevante doorgangen of doorvoeringen

Equivalenten brandduur	Brandwerendheid						
	0	30	60	120	240	360	480
30	1,00	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
60	1,00	0,87	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
120	1,00	1,00	0,87	0,14	0,14	0,14	0,14
240	1,00	1,00	1,00	0,87	0,14	0,14	0,14
360	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	0,14	0,14
480	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	0,14

(Normencommissie 351007 | Brandveiligheid van Bouwwerken, 2016, p. 95)





BRANDVEILIGHEID GEVELS: TESTMETHODE, CLASSIFICERING EN RESTRISICO'S

Deskresearch

9 januari 2023

Bijlage 8

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Restrisico's van de classificering en testmethoden.....	4
2.1	De SBI-test	4
2.2	Brandvermogen; test en realiteit.....	5
2.3	Afmetingen; test en realiteit.....	7
3	Diverse testmethodes en criteria.....	9
3.1	BS 8414-1/2 (EN).....	9
3.2	DIN 4102-20 (DE)	10
3.3	LEPIR 2 (FR)	11
3.4	ISO-13785-1 Intermediate scale test (EU)	12
3.5	ISO-13785-2 Large scale test (EU).....	12
3.6	SP Fire 105:1994 (SE)	13
3.7	ÖNORM B 3800-5:2013 (AT).....	14
3.8	Nieuwe Europese grootschalige test	15
4	Analyse risico's classificering en testmethoden.....	18
4.1	Multicriteria analyse	18
4.2	Aspecten, criteria en wegenen	18
4.3	Onvolledigheden specificaties en criteria	24
4.4	Resultaten van de multicriteria analyse	27
4.5	Conclusie testmethodes	28
5	Conclusie.....	29
6	Discussie	30
7	Aanbeveling	31
8	Literatuur	32
8.1	Figurenlijst	32
8.2	Tabellenlijst.....	32
8.3	Bibliografie.....	32
9	Bijlagen	34



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In 2017 is er een grote gevel brand geweest in the Grenfell Tower in Londen (team, 2019) (Groot, 2022), waarbij 72 mensen omgekomen zijn. Deze brand heeft veel te weeg gebracht onder de bevolking in Engeland maar ook in andere Europese landen. Diverse landen hebben de testmethodes voor de brandveiligheid van gevels aangepast, om ervoor te zorgen dat de testmethodes een realistisch beeld geven van een werkelijke brand. Hierdoor zou de kans op een gevelbrand met (zoveel) slachtoffers, voorkomen moeten worden.

In Nederland wordt de SBI-testmethode (Single Burning Item test) toegepast om gevelmaterialen te testen aan de brandklasse. Nu is de vraag of de voorschriften, waarin eisen aan de brandklasse van een gevel worden gesteld, in Nederland en in andere Europese landen een realistisch beeld geven van het brandgedrag van gevels en welke restrisico's er ontstaan door specificaties en criteria van de testmethodes.

De vraag die onderzocht gaat worden luid als volgt:

“Wat zijn de restrisico's van de huidige voorschriften en testmethodes voor het brandgedrag van (groene) gevels?”

1.2 Doel

In Nederland wordt er gebruik gemaakt van een kleinschalige test, nu is de vraag of de restrisico's hiervan groter zijn dan bij een grootschalige geveltest die bijvoorbeeld in Engeland wordt toegepast. Door eerst te onderzoeken welke specificaties de huidige testmethode heeft in Nederland, kunnen de bijkomende restrisico's inzichtelijk gemaakt worden. Deze kunnen vergeleken worden met de testen die in andere Europese landen worden gedaan. Het doel hiervan is om te onderzoeken welke restrisico's er bij het testen van (groene) gevels komen kijken en vanuit welke specificaties en criteria (die in de norm van de testmethode omschreven zijn) deze risico's ontstaan.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal de huidige testmethode in Nederland onderzocht worden, hierbij zal eerst benoemd worden wat deze testmethode inhoudt. Dit wordt vervolgd door de restrisico's die de testmethode met zich meebrengt. Een aantal Europese testmethodes zullen in hoofdstuk 3 toegelicht worden. Deze zullen doormiddel van een multicriteria analyse met de SBI-test vergeleken worden in hoofdstuk 4. Het doel hiervan is de restrisico's die elke test met zich meebrengt inzichtelijk te maken. Hoofdstuk 5 bevat de conclusie, waarin alle onderzochte restrisico's worden benoemd. In hoofdstuk 6 staan de aanbevelingen en in hoofdstuk 7 zijn de discussiepunten genoteerd. Als laatste is de gebruikte literatuur benoemd in hoofdstuk 8. De begrippenlijst is in bijlagen 1 te vinden.



2 Restriscio's van de classificering en testmethoden

Om een gevel te kunnen testen aan haar brandgedrag is een testmethode nodig met specificaties en criteria. In Nederland worden gevels getest met de Single Burning Item test (SBI-test). In dit hoofdstuk zal eerste uitgelegd worden wat deze testmethode inhoudt, wat er mogelijk is en hoe de test toegepast wordt. In het vervolg daarvan worden een aantal aspecten van deze test verder onderzocht om de restrisico's van deze methode in beeld te brengen.

2.1 De SBI-test

In Nederland worden gevels getest volgens de NEN-EN 13823: 2020. In deze norm staat beschreven wat de SBI-test (Singel Burning Item test) is, hoe deze opgebouwd moet worden en onder welke omstandigheden de test uitgevoerd moet worden. In figuur 1 staat een foto van de SBI-testopstelling zonder testmateriaal.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (Efectis, 2020) (Smith, 2018)

Testspecificaties

- Warmtebron: is een gasbrander, met een vermogen van 30,7kW.
- Testopstelling: is L-vormige en heeft een hoogte van 1,5m. Vleugel één is 1m breed, vleugel twee is 0,5m breed en staat onder een hoek van 90°.
- De maximale dikte van het testmateriaal is 0,25m.
- Het constructiemateriaal waar het te testen materiaal op gemonteerd wordt is een Promatect plaat of een vergelijkbaar onbrandbaar materiaal.
- Testduur: is 20 minuten.
- Boven de testopstelling is een afzuiging met meetapparatuur om diverse waardes te kunnen meten.

(DGMR Bouw B.V., 2021) (Efectis, 2020)



Figuur 1 SBI-testopstelling (Smith, 2018)

Beoordelingscriteria:

Aan de hand van de waardes die in de afzuiging gemeten kunnen worden kan een brandklasse, rookklasse en druppelklasse worden bepaald.

De waardes van de volgende onderdelen kunnen gemeten worden:

- Warmteafgifte (wordt bepaald op basis van zuurstof gebruik).
- Rookproductie (wordt bepaald op basis van de demping van het licht door de verbrandingsgassen)
- Vlamverspreiding (vermogen van de brand)
- Brandende deeltjes (op basis van waarneming gekeken of deze er zijn en of ze langer of korter dan 10 seconden branden)

(Dechering, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021)

Classificatie

De beoordelingscriteria voor de testresultaten wordt in Nederland gedaan volgens de norm NEN-EN 13501-1. Hierin staan de eisen waaraan voldaan moet worden om een bepaalde brandklasse te kunnen krijgen. Brandklasse B wordt bijvoorbeeld gegeven aan een product wanneer deze zelfdovend is en niet zelfstandig verder brandt. Brandklasse D wordt verkregen wanneer een product zelfstandig verder brandt wanneer deze aangestoken wordt. Zo heeft elke brandklasse haar eigen eisen om aan te voldoen om die specifieke brandklasse te verkrijgen. Een brandklasse kan verkregen worden wanneer er een small flame test en een SBI-test zijn gedaan volgens de boven genoemde norm.

Naast de brandklasse zijn er nog 2 klasse die getest kunnen worden, de rookklasse en de druppelklasse. Vanuit de regelgeving zijn er voor gevels geen eisen aan deze klassen verbonden. De rookklasse wordt bepaald aan de hand van de rookproductie die tijdens een SBI-test gemeten wordt.



De druppelklasse wordt getoetst tijdens de SBI-test en de single flame test waarna het proefstuk geclassificeerd wordt.

Wanneer een product op alle onderdelen getest wordt zou deze een volgende classificering kunnen ontvangen: B-S2-D0. Dit geeft een brandklasse B weer, een rookklasse S2 en een druppelklasse van D0. De rookklasse wordt getest en geclassificeerd, maar er zijn geen eisen verbonden aan de hoeveelheid rook die er buiten een gebouw mag ontstaan bij brand. Aan de druppelklasse zijn nog geen eisen verbonden maar die zouden er in de toekomst wel kunnen komen, dat is de reden dat deze nu wel al getest wordt.

(DGMR Bouw B.V., 2021)

2.2 Brandvermogen; test en realiteit

De SBI-test wordt uitgevoerd met een brandvermogen van 30,7kW, tijdens een werkelijke brand ligt het brandvermogen vele malen hoger. Dit verschil in brandvermogen kan een groot risico vormen voor de brandveiligheid van de gevel omdat het hogere vermogen kan zorgen voor een geheel ander brandgedrag. Dat het brandvermogen in de werkelijkheid zoveel hoger ligt is aan te tonen middels een natuurlijk brandconcept welke hieronder wordt uitgelegd.

(DGMR Bouw B.V., 2021)

Natuurlijke brand

Een natuurlijke brand is een brand in een gebouw die zich volledig kan ontwikkelen zonder dat er (om veiligheidsredenen) ingegrepen wordt om de brand te blussen. De brand kan zichzelf ontwikkelen tot zijn volle potentie waarbij hoge temperaturen en een enorm brandvermogen kan ontstaan. Om de ontwikkeling van een natuurlijke brand in beeld te brengen wordt er een natuurlijk brandconcept uitgedacht waarin de specifieke gebouw- en functiekenmerken een grote rol spelen bij het bepalen van de thermische belasting op de constructie.

De reden dat de gebouw- en functiekenmerken van zoveel belang zijn, wanneer men de brandontwikkeling in kaart wil brengen, komt omdat deze een bijdrage kunnen leveren aan de brand. Zo zal een gebouw met een houtenconstructie een redelijke bijdrage leveren aan de brandstof voor het vuur maar een gebouw met een stenen constructie zal in veel mindere maten bijdragen. Ook de gevelopening spelen een belangrijke rol, wanneer een gebouw ramen heeft die open staan gedurende de brand of als deze bezwijken door het vuur, vormen deze een opening in de gevel waardoor zuurstof toegevoerd kan worden. De toevoer van voldoende zuurstof is van uiterst belang om een vuur te onderhouden, wanneer er onvoldoende zuurstof is zal de brand op den duur doven. Tegelijkertijd zorgt de toevoer van buitenlucht ook dat de temperatuur binnen in de ruimte daalt, dit zal de brand belemmeren in de ontwikkeling.

De functiekenmerken zijn ook van belang, in bijvoorbeeld een kantoor is veel papier te vinden (zeker vroeger), papier vormt een goede brandstof voor brand omdat deze een hoge vuurlast heeft en in korte tijd veel brandvermogen creëert. Dit brandvermogen laat de temperatuur in de ruimte zo oplopen, dat deze hierdoor hoog genoeg worden om objecten, die slechts bij hoge temperaturen ontbranden, aan te steken.

(Brandveiligheid van gebouwen | Integrale brandveiligheid voor het realiseren van veiligheidsdoelen, 2019)(Herpen, Uitleg Ozone, 2022)



Opstellen natuurlijke brandconcept

Wanneer men een natuurlijk brandconcept wil opstellen om het brandvermogen in het brandcompartiment te bepalen kan men gebruik maken van het simuleringsprogramma Ozone. Dit programma is speciaal ontwikkeld om het natuurlijke brandconcept van een brandcompartiment te bepalen. Om een simulatie te starten zal men de volgende gegevens moeten invoeren:

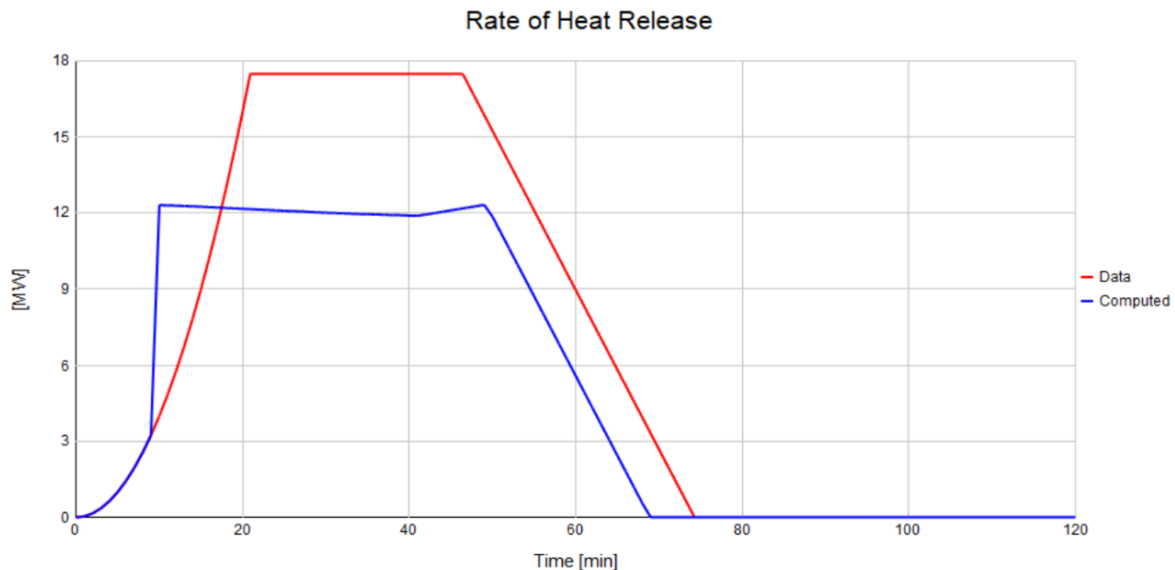
1. De afmetingen van het brandcompartiment inclusief de locatie en afmetingen van eventuele gevelopeningen.
2. De materialen en dimensionering van de opbouw van compartimentscheidingsdelen (vloer, plafond/dak en de wanden).
3. De vorm van het plafond/dak.
4. Het type brand.
5. De locatie van de brand.
6. Eventuele aanwezige veiligheidsmaatregelen (denk aan sprinklerinstallaties, brand- en/of rookmelders etc.).
7. De vuurlast van het interieur.
8. Het type zone model waarmee men wil rekenen (1-zone, 2-zones of een combinatie) en de oppervlaktes van de zones en de overgangstemperatuur.

Wanneer men kiest voor een combinatie van de 1-zone en de 2-zone modellen krijgt men de meest realistische weergave van een brand. Een brand start immers met 2 verschillende temperatuurzones, de zogenaamde cold zone en de hot zone. De hot zone is de ruimte waar de brand in is ontstoken en al een hoge temperatuur heeft bereikt, hier is de temperatuur al dusdanig hoog dat het interieur in de hot zone mee brandt. In de cold zone ligt de temperatuur lager en brand het interieur nog niet (allemaal) mee. Naarmate de brand zich verder ontwikkelt zal de temperatuur in de ruimte stijgen en zal de hot zone groter worden. Op een gegeven moment wordt de temperatuur zo hoog dat er brandbare gassen vrijkomen, deze fase heet de pre-flashover. Als de temperatuur nog verder stijgt zal de ontbrandingstemperatuur van deze gassen bereikt worden waardoor al deze gassen in één keer ontbranden, dit wordt flashover genoemd. De flashover is de overgangsfase tussen een lokale brand (groeifase) en een volledige compartimentbrand (brandfase) waarin de cold zone niet langer bestaat. De brand zal gedurende de brandfase door groeien tot zijn volle potentie, nadat de brand zijn piek heeft bereikt zal de dooffase beginnen. In de dooffase zal de brand langzaam in vermogen afnemen dit kan verschillende oorzaken hebben. Er kan een te kort aan zuurstof ontstaan doordat er geen optimale ventilatie is in de ruimte of de brandstof voorraad begint geleidelijk aan af te nemen waardoor het vuur niet meer onderhouden kan worden. Wanneer de dooffase begint zal de temperatuur ook langzaam gaan dalen tot dat deze weer gelijk is aan de temperatuur voor de brand. (Herpen, Uitleg Ozone, 2022) (Ozone 3, 2022)



Voorbeeld uitwerking

Met het natuurlijke brandconcept kan het brandvermogen in het brandcompartiment bepaald worden. Wanneer men de openingen in de brandscheidingen ook meeneemt in de dimensionering van de ruimte zal men tevens het brandvermogen van de uitslaande vlam kunnen bepalen. In figuur 2 is uitgegaan van een brandcompartiment van 70m² met 2 gevelopeningen van ieder 4,8m². Wanneer men het brandvermogen van de uitslaande vlam wil bepalen zal men het verschil tussen beide lijnen moeten aflezen (5,2MW), dit is het totale vermogen van de uitslaande vlam. Wanneer dit gedeeld wordt door het aantal gevelopeningen waaruit de uitslaande vlam kan ontstaan, komt men op een brandvermogen voor de uitslaande vlam uit van 2,6 MW. (Herpen, Uitleg Ozone, 2022) (Herpen, Voortgangsbespreking 7, 2022) (Ozone 3, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021)



Figuur 2 Diagram ontwikkeling brandvermogen gedurende een brand, gemaakt in Ozone (Diks, Ontwikkeling brandvermogen gedurende een brand, 2022)

Advies brandvermogen

Uit het bovenstaande voorbeeld blijkt dat de 30,7kW waarmee er getest wordt in de SBI-test, niet in de buurt komt bij het werkelijke brandvermogen. Om een realistisch beeld te krijgen van het brandgedrag van de materialen gedurende een compartimentsbrand met uitslaande vlam zal men met een veel hoger vermogen moeten testen.

2.3 Afmetingen; test en realiteit

Kleine vleugels

De afmetingen van de te testen producten zijn bij de SBI-test begrenst op twee vleugels met een hoogte van 1,5m, waarbij één vleugel 1m breed is en de ander staat onder een hoek van 90° en is 0,5m breed. Deze afmetingen zijn passend voor de huidige testmethode met een brander van 30,7kW. Wanneer de test verbeterd zou worden door een hoger brandvermogen toe te passen (zie [paragraaf 3.2](#)) zal de vlam van de brander groter zijn waardoor de testopstelling ook groter moet worden. De hoogte van 1,5m is daarnaast zo laag dat het niet mogelijk is om de brandoverslag naar een ander (bovengelegen) brandcompartiment te toetsen omdat het niet mogelijk is om binnen deze hoogte twee brandcompartimenten na te bouwen.

Maximale dikte

Naast de eisen in de lengte, de breedte en de hoogte is er ook een begrenzing op de maximale dikte van het te testen element, de maximale dikte is 0,25m. Dit heeft ermee te maken dat de SBI-test, wat staat voor Single Burning Item test, ontworpen is om maar één product per keer te testen en deze meestal niet dikker zijn dan 0,25m. Wanneer men het gecombineerde brandgedrag van producten wil testen zorgt deze begrenzing ervoor dat alleen zeer slanke constructies kunnen worden getest of alleen delen van de opbouw. Dit houdt in dat wanneer men een gevelbekleding wil testen de achterliggende constructie niet meegenomen kan worden in de test. Dit heeft veel invloed op de uitkomst van de resultaten. Wanneer de gevelbekleding licht ontvlambaar is maar niet bijdraagt aan een extreme temperatuur (door bijvoorbeeld een gebrek aan massa, zoals bij diverse bouwfolies) zal deze gevelbekleding een goede score krijgen. Wanneer de achterliggende constructie echter brandbaar is zal er een hogere vuurlast zijn en kan de gevelbekleding de achterliggende constructie wel aansteken.

Daarnaast kan het zijn dat men het product test zonder een achterliggende spouw terwijl dat in de praktijk misschien wel het geval is. Een spouw kan grote invloed uitoefenen op het brandgedrag door de hogere luchtstromingssnelheid waardoor er niet alleen meer zuurstof wordt toegevoerd maar er ook trek ontstaat. Deze trek zorgt voor een snellere branduitbreiding naar bovengelegen gebieden. (Dechering, 2022) (Herpen, Uitleg belang van de achterliggende constructie voor de brandveiligheid, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021)



3 Diverse testmethodes en criteria

Er worden binnen Europa veel verschillende geveltesten uitgevoerd. Er zijn Europese richtlijnen, maar per land zijn hier aanvullende normen voor opgesteld. Om erachter te komen of Nederland kan leren van de testmethodes van andere Europese landen, zullen deze testmethodes onderzocht worden. De vragen zijn: welke testmethodes worden er toegepast, hoe zijn deze gespecificeerd in de norm en wat zijn de beoordelingscriteria. De huidige testmethode in Nederland is niet realistisch in verhouding tot de werkelijke branduitbreiding via een gevel. In tabel 1 staan de normen van diverse Europese testmethodes met bijbehorende testcriteria die onderzocht zullen worden.

(Mierlo, 2022)

Tabel 1 Testmethodes en normen

Testmethode gevels	Criteria testresultaten	Land
NEN-EN 13823: 2020 (SBI-test)	NEN-EN 13501-1:2019	EU (NL)
BS 8414-1:2020 en -2:2020	BR 135:2013	UK
DIN4102-20:2017	DIN 4102-20:2010*/ DIBT-Zulassungen	DE
LEPIR 2 + Arrêté 25/05/2010 - IT 249 + Protocol LEPIR-2	LEPIR 2 + Arrêté 25/05/2010 - IT 249 + Protocol LEPIR-2	FR
ISO 13785-1:2002	- geen -	EU
ISO 13785-2:2002	- geen -	EU
SP Fire 105:1994	SP AR 1992:64	SE
ÖNORM B 3800-5:2013	OIB Richtlijn 2:2011	AU
Europese norm (in de ontwikkelingsfase)	(In de ontwikkelingsfase)	EU

3.1 BS 8414-1/2 (EN)

In Engeland wordt niet dragende gevelbekleding, getest volgens de testmethode die omschreven is in de norm BS8414-1/2: 2020. De criteria waar de testresultaten op beoordeeld worden staan in de BR 135:2013 en de eisen van het geldigheidsgebied zijn te vinden in de BS9414.

(Mierlo, 2022)

Testspecificaties

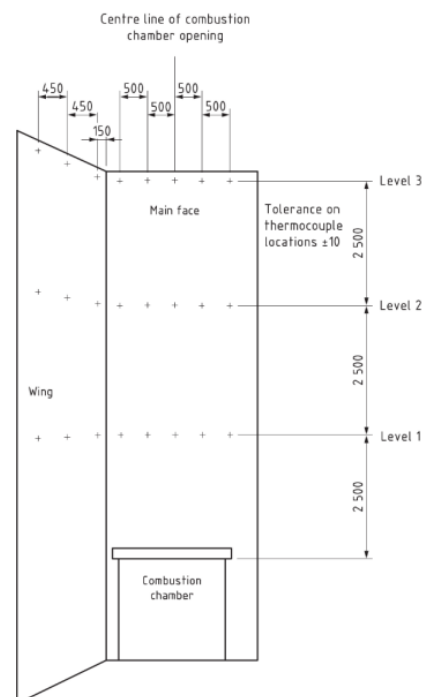
- Warmtebron: 400 kg houtkrib, circa 3 MW.
- Testduur: 60 minuten.
- Testopstelling: L-vormig, hoogte 9,7m (7,7m boven brandkamer), breedte vleugels 2,6m en 1,5m (zie figuur 3).
- Hulpconstructie: de gevelbekleding wordt op metselwerk (BS 8414-1) of een stalenframe (BS 8414-2) gemonteerd.
- Brandkamer: 2m hoog, 2m breed en 0,26m afstand vanaf hoeklijn in brede vleugel.
- Afstand naden: zijn gespecificeerd op een hoogte van 2,5m, 5m en 7,5m vanaf de brandkamer.

(Mierlo, 2022)

Beoordelingscriteria

De thermokoppels, die op 5 meter hoogte in en op de gevel gemonteerd zijn, mogen geen hogere temperatuur meten dan 600°C binnen de eerste 15 minuten van de test. De beoordeling van de interne en externe branduitbreiding wordt gedaan aan de hand van faalcriteria (wel of niet voldoen).

(Mierlo, 2022)



Figuur 3 Schematische weergave van de testmethode BS8414-1/2 (Mierlo, 2022)

Geldigheidsgebied

Engeland heeft als enige land een norm voor het geldigheidsgebied van de brandklasse. Dit zou voor andere landen een goede aanvulling zijn zodat de brandklasse die toegekend wordt aan een product, specifiek voor dat product met die condities voldoet. Door het geldigheidsgebied vast te leggen, kan het onveilig toepassen van het product (door andere afmetingen of samenstelling van het materiaal) voorkomen worden.

(Mierlo, 2022)

3.2 DIN 4102-20 (DE)

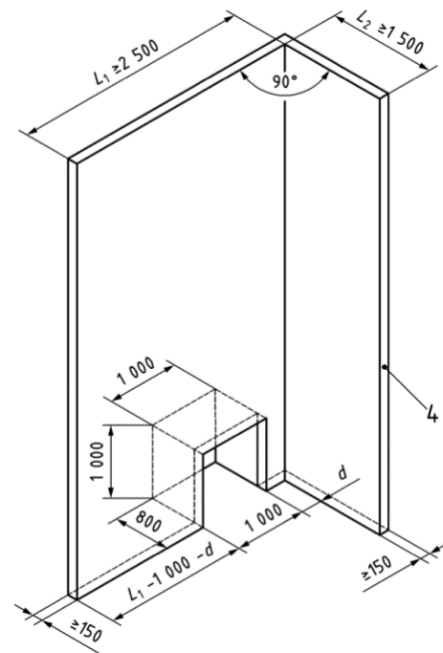
In Duitsland worden geveltesten uitgevoerd aan de hand van de DIN4102, in deel 20 van deze norm worden aanvullende verificaties gegeven voor de beoordeling van het brandgedrag van buitengevelbekleding. Het doel van de test is om de branduitbreiding over de gevel te testen en wat de bijdrage van de gevelbekleding is.

(Mierlo, 2022)

Testspecificaties

- Warmtebron: 30 kg houtkrib grondvlak 0,5 m x 0,5 m of 320 kW gasbrander.
- Testduur: minimaal 60 minuten, test is afgelopen wanneer het proefstuk minder dan 50°C is (dit kan tot 15 uur duren).
- Testopstelling: L-vormig, hoogte $\geq 5,5$ m (4,5m boven brandkamer), breedte vleugels $\geq 2,5$ m en $\geq 1,5$ m (zie figuur 4)
- Maximale dikte materiaal 0,5m.
- Hulpconstructie bestaat uit metselwerk.
- Brandkamer 1 meter hoog, 1 m breed en strak tegen de hoeklijn (zijvleugel) geplaatst.

(Mierlo, 2022)



Figuur 4 Schematische weergave van de testmethode DIN4102-10 (Mierlo, 2022)

Beoordelingscriteria

- Er mogen geen vlammen of schade aan het proefstuk worden aangericht boven 3,5m, vanaf de brandkamer gemeten.
- De externe of interne temperatuur mag niet boven de 500 °C komen, op een hoogte van 4,5m boven de brandkamer gemeten.
- Binnen de eerst 15 minuten van de test, mogen de vlammen niet aan de bovenzijde van het proefstuk komen.

In Duitsland gaat de classificering via DIBt (Deutsches institut für Bautechnik), dit is een technische autoriteit die de veiligheid van bouw(producten) waarborgt.

(Mierlo, 2022)

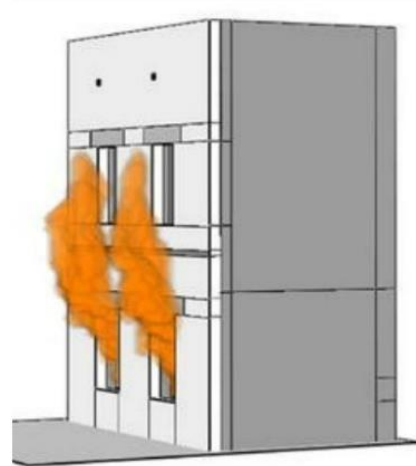
3.3 LEPIR 2 (FR)

De LEPIR 2 is de testmethode die in Frankrijk toegepast wordt, waarbij er onderzocht wordt wat de branduitbreiding over en in de gevel is. De test is specifiek ontworpen om een realistische inschatting te maken over het gevaar van een uitslaande brand en of dit leidt tot branduitbreiding tot twee verdiepingen hoger.

Testspecificaties

- Warmtebron: 600 kg houtkrib.
- Testduur: 30 minuten.
- Testopstelling: I-vormig, hoogte 6,5m, breedte 4,3m. (zie figuur 5)
- Gevelopeningen: 2 gevelopeningen horizontaal naast elkaar en 2 gevelopening boven elkaar. Bovenzijde van de onderste gevelopening zit op 2,5m hoog en de bovenzijde van de bovenste gevelopeningen zit op 5m hoog. Boven de bovenste gevelopening is nog 1,5m gevel tot de bovenzijde van de testopstelling.
- Totaal 4 gevelopeningen, 2 voor de brandkamer om een uitslaande vlam te creëren, en 2 voor de bovenliggende ruimte.

(Mierlo, 2022)



Figuur 5 Schematische weergave van de testmethode de LEPIR II (Mierlo, 2022)

Beoordelingscriteria

- Product voldoet als er geen zichtbare vlammen of schade aan het proefstuk is op niveau 3 binnen 30 minuten;
- Vliesgevels/ geïntegreerde systemen: er mag geen branddoorslag zijn via de aansluiting van de gevel op de vloer, binnen 30 minuten.
- ETICS-gevels (een type buitengevelisolatiesysteem, bestaand uit een laag isolatie en een laag gevelbekleding, voor renovatiewerk): er mag geen doorbreking in de stuc laag zijn boven niveau 2 binnen 60 minuten.



3.4 ISO-13785-1 Intermediate scale test (EU)

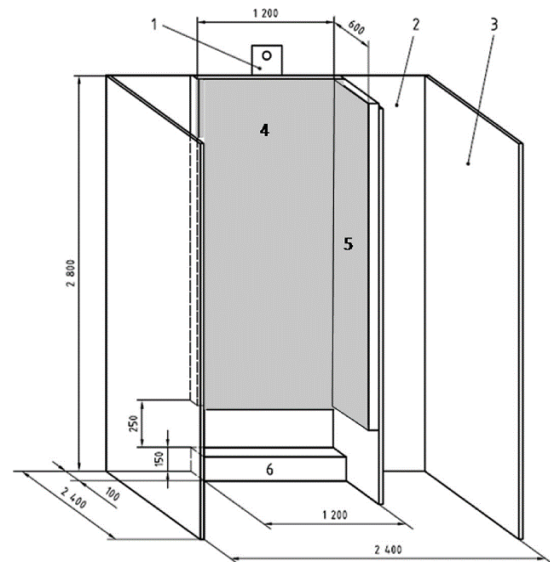
De ISO-13785-1 is een Intermediate Scale test (de middelgrote brandtest) die iets groter is dan de SBI test. Deze testmethode is een Europese norm en wordt in Tsjechië toegepast als standaard gevel test. Het doel van de test is het brandgedrag van gevelbekleding en constructies vast te stellen. De te testen proefstukken worden blootgesteld aan een nagebootste externe brand.

(Mierlo, 2022)

Testspecificaties

- Warmtebron: 100 kW lijnvormige gasbrander.
- Testduur: 30 min
- Testopstelling: L-vormig, hoogte 2,8m (2,4 m boven brander), breedte vleugels 1,2m en 0,6m. (zie figuur 6)
- De L-vorm staat midden in een U-vormige (anti-tocht) achterwand, de drie vleugels zijn allemaal 2,8m hoog en 2,4 m breed.
- Gevelbekleding wordt op 12 mm onbrandbare plaat gemonteerd (minimaal klasse A2).

(Mierlo, 2022) (Efectis, 2020)



1. Heat flux gauge; 2. Back Panel; 3. Draft free panel;
4. Test Specimen back panel; 5. Test Specimen side panel; 6. Gas burner

Figuur 6 Schematische weergave van de testmethode ISO-13785-1 (Mierlo, 2022)

3.5 ISO-13785-2 Large scale test (EU)

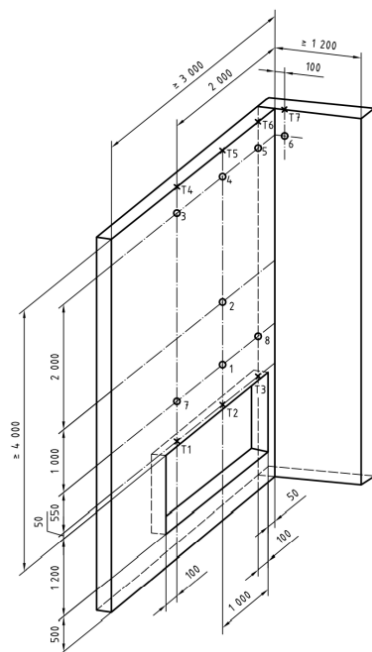
De ISO-13785-2 bevat een grote schaal brandtest waarbij de branduitbreiding van een gevel getest kan worden. Het doel van de test is een uitslaande brand nabootsen om de branduitbreiding van de gevel te bepalen.

(Mierlo, 2022)

Testspecificaties

- Warmtebron: 120 g/s propaan gasbrander (circa 5,5 MW) of een alternatief dat aan de kalibratie criteria voldoet (bijvoorbeeld 16 houtkribs van 25 kg).
- Testduur: 23 tot 27 minuten volgens een vermogenscurve, waarvan 15 minuten op vol vermogen (120 g/s propaan, volvermogen is ca. 5,5MW).
- Testopstelling: L-vormig, hoogte $\geq 5,7$ m ($\geq 4,0$ m boven brandkamer), breedte vleugels $\geq 3,0$ m en $\geq 1,2$ m. (zie figuur 7)
- Gevelbekleding wordt op onbrandbare plaat (bijv. 13 mm) gemonteerd.
- Brandkamer: heeft een hoogte van 1,2m en begint op 0,5m vanaf de onderzijde van de gevel. Brandkamer opening is 2 meter breed en begint vanaf 0,05m vanaf de hoeklijn in de brede vleugel.

(Mierlo, 2022)



Figuur 7 Schematische weergave van de testmethode ISO-13785-2 (Mierlo, 2022)

Beoordelingscriteria

De testmethode bevat geen beoordelingscriteria.

(Mierlo, 2022)



3.6 SP Fire 105:1994 (SE)

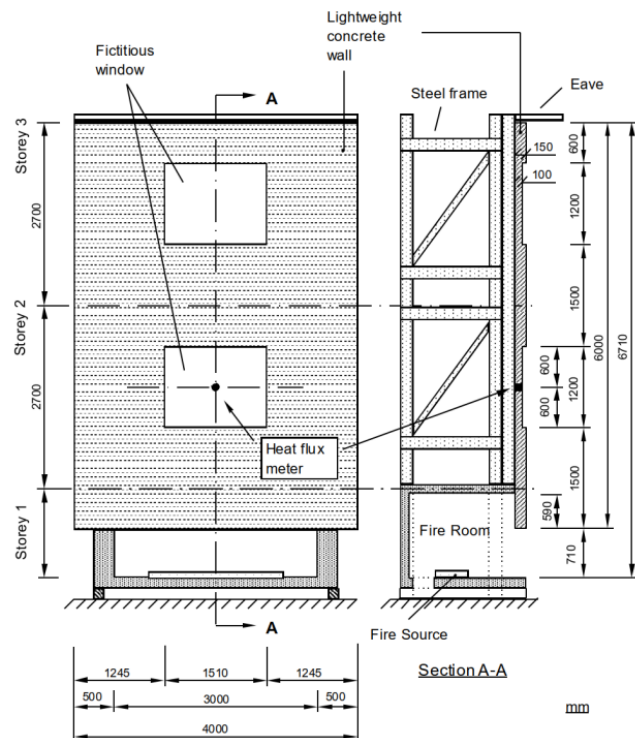
De SP Fire 105 is een norm die in Zweden wordt toegepast om het brandgedrag van materialen en constructies van gevels en gevelbekleding te testen. Hierbij wordt de gevel blootgesteld aan een brand die vanuit een gevelopening overslaat naar de gevel. Hierin kan het brandgedrag van de gevelbekleding en constructie getest worden en kan de branduitbreiding via de gevel in kaart worden gebracht. De beoordelingscriteria zijn niet meegenomen in de norm van de testmethode. Er zijn wel eisen aan de beoordelingscriteria van het gevelmateriaal, deze staan in de SP AR 1992 en zijn opgenomen in de Zweedse wetgeving.

(Mierlo, 2022)

Testspecificaties

- Warmtebron: 60 liter heptaan, gemiddeld vermogen 2 MW.
- Testduur: circa 15 minuten (het opbranden van 60 liter heptaan is maatgevend).
- Testopstelling: I-vormig, hoogte 6,7m (6m boven de brandkamer) en 4m breed (zie figuur 8)
- Uitkragende dakrand aan bovenzijde van de testopstelling van 0,5m.
- Hulpconstructie: licht betonnen gevelconstructie van 0,15m dik, op het achterliggende staalframe.
- Brandkamer: 1,3m hoog, 3m breed en 1,5m diep. Opening aan voorzijde test is 0,71m hoog en 3 m breed.
- Gevelopeningen: 1,2 m hoog en 1,51 m breed, hart op hart afstand gevelopeningen is 1,5m. De gevelopeningen zijn fictief, dit betekend dat de hulpconstructie dunner is op de locatie van de gevelopeningen (0,1m) en geen echte openingen in de gevel zijn.
- Verdiepingen: verdiepingshoogte 2,7m.

(Mierlo, 2022)



Figuur 8 Schematische weergave van de testmethode SP Fire 105:1994

Beoordelingscriteria

Wanneer er aan niveau 1 en 2 wordt voldaan kan een hogere brandklasse vergeven worden.

- Criteria-niveau 1: Er mogen geen vlammen en schade zijn aan het proefstuk hoger dan de onderzijde van de bovenste gevelopening. De temperatuur onder de dakrand mag niet langer dan 2 minuten hoger zijn dan 500 °C en niet langer dan 10 minuten hoger zijn dan 450 °C.
- Criteria-niveau 2: de warmtestraling op het midden van de gevelopening boven de brandruimte mag niet hoger zijn dan 80 kW/m².
- Bij beide niveaus mogen er geen grote delen van de gevel vallen.

(Mierlo, 2022)

3.7 ÖNORM B 3800-5:2013 (AT)

De ÖNORM B 3800-5 is bedoeld om de branduitbreiding langs de gevel naar een bovenliggende verdieping te kunnen toetsen. Hierbij wordt het volledige samengestelde gevelsysteem inclusief spouw getest. Deze testmethode wordt toegepast in Oostenrijk.
(Mierlo, 2022)

Testspecificaties

- Warmtebron: houtkrib 0,5m x 0,5m x 0,5m of gasbrander met een gelijk vermogen.
- Testduur: Minimaal 30 minuten (eindigt wanneer er visueel geen brandverschijnselen meer waarneembaar zijn en dit onderbouwt wordt door de temperatuurmetingen).
- Testopstelling: L-vormig, hoogte minimaal 6,0m, breedte 3,5m en 2m. (zie figuur 9).
- Dikte proefstuk maximaal 0,5m.
- De gevelbekleding wordt op een minerale achterwand met brandklasse A2 gemonteerd.
- Brandkamer vanaf onderzijde gevel 1m hoog, 1m breed, tegen de hoeklijn in de brede vleugel geplaatst.
- Test moet weersonafhankelijk worden uitgevoerd.

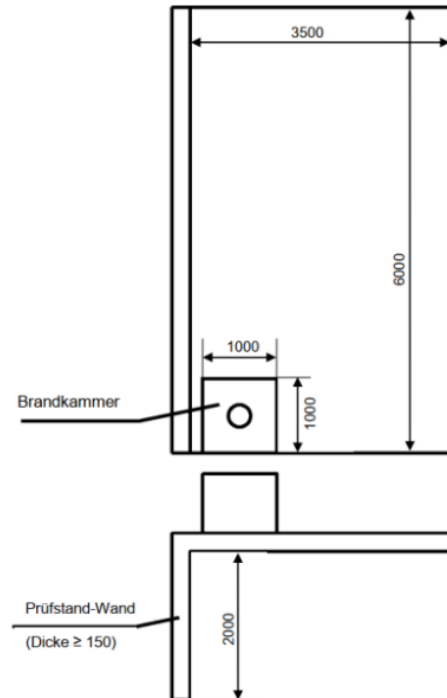
(Mierlo, 2022)

Beoordelingscriteria

De beoordelingscriteria in de norm hebben betrekking op de branduitbreiding, gevallen delen en het verschil in temperatuur tussen de voorkant en de achterkant van de gevel.

- De brand mag zich niet uitbreiden naar de tweede verdieping boven de brandkamer.
- Er mag geen visueel waarneembare branduitbreiding zijn.
- De temperaturen achter de gevelbekleding mogen niet hoger zijn dan vóór de gevelbekleding.
- Er mogen geen vallende brandende delen zijn die groter dan 0,4 m² of zwaarder dan 5 kg zijn.
- Bij een geventileerde spouw moet onafhankelijk van het testresultaat de vlamuitbreiding in de spouw zo worden beperkt dat er geen branduitbreiding is naar de tweede verdieping boven de brand (art. 6).

(Mierlo, 2022)



Figuur 9 Schematische weergave van de testmethode ÖNORM B 3800-5 (Mierlo, 2022)

3.8 Nieuwe Europese grootschalige test

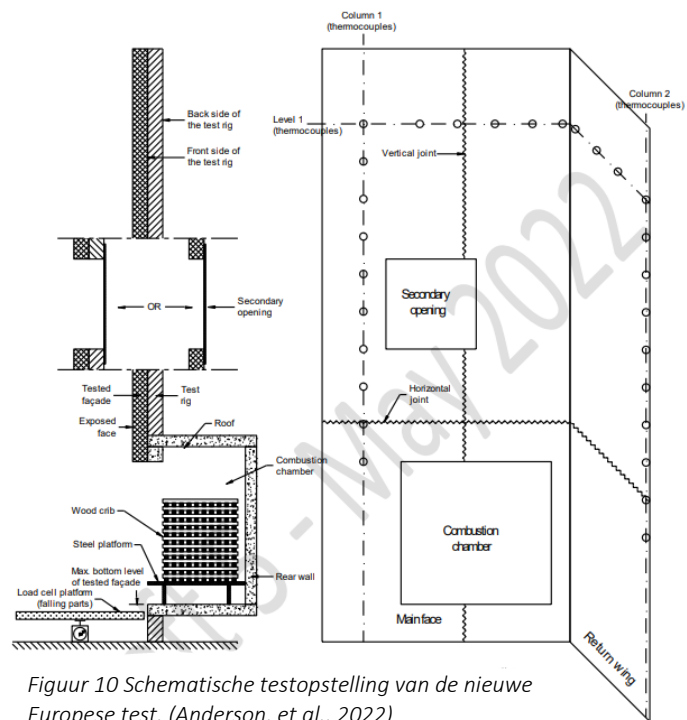
De Europese commissie heeft vastgesteld dat de huidige eisen en criteria aan de testmethodes en het beoordelen van de test verouderd zijn. Dit is de reden dat er in 2019 een tender is opgezet om onderzoek te doen naar testmethodes zodat er een nieuwe testmethode, inclusief beoordelingscriteria, ontwikkeld en opgenomen kan worden in de Europese regelgeving. RISE, een Zweeds onderzoeksbureau, heeft deze tender gewonnen en is de projectleider van dit onderzoek. BAM Germany, Efectis France, EMI Hungary en University of Liege Belgium zijn partners waar RISE tijdens het onderzoek mee samenwerkt.

Er zijn nog geen officiële specificaties van de testmethode, maar RISE heeft wel de voortgang van het ontwikkelingsproces van de testmethode gepubliceerd. De onderstaande specificaties die benoemd worden zijn niet definitief. Het zal nog jaren duren om de Europese testmethode in te voeren als norm. De benoemde specificaties komen uit de conceptversie van mei 2022.

(Anderson J. , 2020) (Anderson, et al., 2022)

Testspecificaties:

- Warmtebron: Houtkrib (350kg $\pm$ 20kg) van 1,1m hoog, 1,5m breed en 1,0m diep. Deze is opgebouwd uit lagen van vurenhout 47x47mm $\pm$ 3mm die kruislinks op elkaar genageld worden met een tussenruimte van 47mm lucht. Het hout wordt geconditioneerd zodat dit een vochtpercentage van 11% heeft, met een marge van $\pm$ 2%, voor aanvang van de test.
- Testduur: Minimaal 60 minuten, de test zal afgelopen zijn wanneer het proefstuk minder dan 50°C is (dit kan tot 15 uur duren).
- Testopstelling: L-vormig, hoogte 7,5m (boven de brandkamer 5,5m), breedte 3,5m (minimaal 3,2m met testmateriaal) breedte zijvleugel 1,5m. In figuur 10 staat de schematische weergave van de testmethode.
- (Hulp)constructie: Testopstelling wordt gemaakt van een stalenframe waar een lichtgewicht (cellen)beton op gemonteerd kan worden wanneer er alleen een deel van de gevelconstructie getest wordt.
- Brandkamer: De interne hoogte is 2,1m (hoogte van de opening is 1,9m), met een breedte van 2,4m en is 1,3m diep (allemaal met een marge van 0,05m). De brandkamer is gepositioneerd op 0,25m vanaf de afgewerkte zijvleugel.
- Gevelopening: Hoogte van 1,2m bij 1,2m breed. De opening zal op 1,5m boven de brandkamer geplaatst worden en 1,25m vanaf de zijvleugel. De gevelopening zal aan de achterzijde dicht gezet worden met een plaat met een brandklasse A1.
- Meetapparatuur: Er zullen thermokoppels in en tussen de gevel en de constructie geplaatst worden. Camera's met minimaal 1920x1080 pixels en tenminste 10Hz zullen worden gebruikt om de testen te filmen en fotograferen. Voor de testopstelling zal een weegplatform (van 3,5mx1,5m) geplaatst worden om vallende (brandende) delen te wegen.



- Wind en ventilatie: Er zal één anemometer, 2m vanaf beide vleugels geplaatst worden ter hoogte van de bovenzijde van de brandkamer. Gedurende 15 minuten zal er met een interval van één minuut de gemiddelde windsnelheid gemeten worden. Alle metingen moet gelijk zijn of lager zijn dan $2\text{m/s} \pm 0,1\text{m/s}$. Wanneer er binnen wordt getest moet er ook aan deze eisen voldaan worden. De ventilatie instellingen van de testruimte mogen niet veranderd worden tijdens de test.
- Testlocatie: De test mag zowel binnen als buiten uitgevoerd worden, mits er aan de conditioneringseisen wordt voldaan. Wanneer er buiten getest wordt kan er een windscherm geplaatst worden om aan de beoogde windsnelheidseisen te kunnen voldoen.
- Luchtvochtigheid: 15 Minuten voor test zal de luchtvochtigheid gemeten worden en zal 2 dagen en 2 nachten voor aanvang testen gemeten worden.
- Temperatuur: De temperatuur zal 5 minuten voor de test gemeten worden en moet binnen de 5°C en 35°C zijn. De thermometer zal op een afstand van 2m (met een marge van 0,2m) vanaf beide vleugels en vanaf de vloer gehouden worden, wanneer de temperatuur gemeten wordt. De thermometer mag tijdens het meten niet in direct zonlicht hangen.
- Naden: Er zal minimaal één verticale en één horizontale naad in de buitenste laag (vaak de gevelafwerking) van het proefstuk geplaatst worden. De horizontale naad zal tussen de brandkamer en gevelopening gepositioneerd worden en zal doorlopen tot in de zijvleugel. De verticale naad zal in het hart van de brandkamer komen en mag een maximale horizontale afwijking van 0,25m hebben.
- Conditioneren: Het testmateriaal zal geconditioneerd worden als het materiaal vocht aantrekt/ opneemt (hygroscopisch materiaal), dit zal in overleg met de leverancier gebeuren. (Anderson J. , 2020) (Anderson, et al., 2022)

Beoordelingscriteria

- De thermokoppels (horizontaal en verticaal) mogen geen temperatuurverhoging van meer dan 500°C meten voor langer dan 30s.
- Brandende gevallen deeltjes mogen niet langer van 30s branden, wanneer dit wel het geval is voldoet het materiaal niet aan de criteria. Tevens wordt de test gediskwalificeerd en kan er geen classificering aan het testobject gekoppeld worden.
- Vallende delen die kleiner dan 1 kg zijn voldoen aan de criteria.
- Vallende delen die groter dan 1 kg zijn maar kleiner dan 5 kg voldoen aan de criteria van level 1.
- Vallende delen die groter dan 5 kg zijn voldoen aan de criteria van level 2.
- Beoordeling van de test wordt gedaan aan de hand van de tijd, op het testrapport staan de tijden wanneer een materiaal niet meer voldoet aan de criteria.

Deze criteria kunnen nog uitgebreid worden met de onderstaande eis:

- Wanneer er in één thermokoppel een temperatuur boven de 50°C wordt gemeten, 6 uur na de start van de test zal het proefstuk niet voldoen aan de criteria.

(Anderson J. , 2020) (Anderson, et al., 2022)

Classificatie en geldigheidsgebied

De classificatie zal veranderen van brandklasse A1,A2, B, C, D, E en F naar een LS/MS en F1 en F2 klasse. LS staat voor 'Large fire spread', MS staat voor 'Medium fire spread'. De onderzochte nieuwe testmethode gaat over de prestatie bij 'large fire exposure', dit betekent dat dit gaat over een grote schaal test welke nog in ontwikkeling is. Op hetzelfde moment als de grote schaal test, wordt er een midden schaal test ontwikkeld waar de MS-klasse bij hoort. De LS-klasse kan verkregen worden wanneer er aan de eisen van de thermokoppels en brandende deeltjes van de grote schaal test voldaan wordt. Wanneer de midden schaal test wordt uitgevoerd, zal er aan de eisen van deze test voldaan moeten worden om de MS-klasse te verkrijgen. Als het proefstuk aan beide testen niet voldoet zal deze geen klasse krijgen.



Aan de LS- of MS-klasse kan een F1 of F2 klasse toegevoegd worden. De F klasse staat voor falling parts, hiermee wordt beoordeeld wat het gewicht is van alle gevallen deeltjes tijdens de test. Wanneer er meer dan 1 kg aan deeltjes valt maar minder dan 5kg zal deze een F1 klasse krijgen. Bij meer dan 5kg aan vallende deeltjes wordt er een F2 klasse toegekend en bij minder dan 1 kg zal er geen klasse aan toegekend worden. Geen F klasse is dus de meest positieve beoordeling die een testobject kan halen op het gebied van vallende deeltjes.

Er komen eisen voor het geldigheidsgebied, deze zijn momenteel nog niet volledig uitgewerkt.

De voorgestelde eisen voor het geldigheidsgebied die in de conceptversie staan zijn:

- Wanneer een product getest is en een brandklasse A2 krijgt mag dit vervangen worden door een product van brandklasse A1 zonder aanvullende testen uit te voeren.
- Isolatiemateriaal met een brandklasse E mogen vervangen worden door materialen met betere brandklasse zolang deze dezelfde dikte en isolatiewaarden hebben.
- De getest gevelconstructie mag hoger, lager en/of smaller toegepast worden in de praktijk.
- Een geteste gevelconstructie die zonder kozijn getest is, mag met elk soort kozijn gecombineerd worden in de praktijk.

(Anderson J. , 2020) (Anderson, et al., 2022)



4 Analyse risico's classificering en testmethoden

Om erachter te komen welke testmethodes de minste restrisico's hebben en het meest realistische beeld geven van een werkelijke branduitbreiding via de gevel, zullen de normen met elkaar vergeleken worden. De testmethodes zullen getoetst worden aan diverse aspecten die invloed hebben op de betrouwbaarheid, herhaalbaarheid en de overeenkomst met de werkelijkheid van de testmethode. Wanneer hier niet aan voldaan wordt brengt dit restrisico's met zich mee voor de veiligheid van gevels. Aan de hand van een vergelijkingsmethode zal blijken welke testmethode de meeste realistische eisen en criteria bevat voor het testen van de branduitbreiding via de gevel.

4.1 Multicriteria analyse

De testmethodes zullen door middel van een multicriteria analyse (MCA) getoetst worden aan verschillende aspecten. Uit deze analyse moet duidelijk worden welke test het meest realistische beeld geeft van de werkelijke branduitbreiding via de gevel.

Als eerste zullen alle aspecten benoemd worden en zal er een uitleg gegeven worden wat het aspect inhoudt en wat de bijkomende risico's zijn wanneer hier niet voldaan wordt. Elk aspect zou een zo ongunstig mogelijk situatie moeten creëren. Vanuit dit standpunt zijn de 2 of 3 criteria ontstaan, die beoordeeld zullen worden met een goed, voldoende of onvoldoende. Goed wordt beoordeeld met 2 punten, voldoende met 1 en onvoldoende met -2. Deze puntentelling is tot stand gekomen zodat een 'onvoldoende' even veel zal meewegen als een 'goed'. Doordat de voldoende enigszins positief is zal deze 1 punt krijgen zodat deze wel meetelt met de puntentelling.

Om ervoor te zorgen dat sommige aspecten zwaarder meewegen dan anderen, zal er ook een weging aan elke aspect toegevoegd worden. Een aspect met een groot effect zal een weging 3 krijgen terwijl een aspect dat minder grote gevolgen heeft een weging van 2 of 1 krijgt.

Nadat de criteria, wegingen en punten per aspect in een overzichtelijke tabel zijn gezet (zie [bijlagen A](#)) zullen de punten vermenigvuldigd worden met de weging. Door de punten per testmethode bij elkaar op te tellen zal duidelijk worden welke testmethode de beste prestatie levert.

(KlimaatadaptatieNederland, 2020)

4.2 Aspecten, criteria en wegingen

Tijdens het onderzoeken van testmethodes zijn een aantal aspecten naar voren gekomen die een positief of negatief effect hebben op het testresultaat. De testmethodes moeten een zo realistisch mogelijk beeld geven van een werkelijke brand via een gevel. De aspecten zijn voortgekomen uit de restrisico's die vanuit de voorbereiding van de test, de testopstelling zelf en de beoordeling van de resultaten naar voren zijn gekomen.

De testmethodes zullen aan de volgende aspecten getoetst worden:

- Testcriteria
- Hoogte
- Breedte
- Dikte proefstuk
- Vorm testopstelling
- Brandvermogen
- Warmtebron
- Brandkamer en gevelopeningen
- Testlocatie
- Herhaalbaarheid
- Conditionering
- Locatie naden
- Brandende deeltjes
- Testduur
- Geldigheidsgebied



Testcriteria

Om ervoor te zorgen dat de informatie die uit de test komt nuttig en bruikbaar is kunnen er beoordelingscriteria worden opgesteld. Deze kunnen in de norm van de test worden opgenomen of dit kan in een afzonderlijke norm omschreven worden. De testcriteria zullen een omschrijving bevatten over hoe de testresultaten geïnterpreteerd kunnen worden waarna een classificatie plaats vindt. Dit zorgt voor eenheid en duidelijkheid van de test waardoor ieder testlaboratorium, die met dezelfde testmethode werkt, dezelfde uitslagen zou moeten hebben.

Wanneer er geen testcriteria gespecificeerd zijn, kunnen de resultaten verkeerd geïnterpreteerd worden waarna een foutieve classificatie vergeven kan worden. Hierdoor kunnen producten een brandklasse verkrijgen, waar ze eigenlijk niet aan voldoen.

Criteria:

- Testcriteria die aansluit op testmethode = Goed
- Geen testcriteria gespecificeerd = Onvoldoende

Wanneer er geen testcriteria zijn kan dit effect hebben op de betrouwbaarheid van de test, dit is van groot belang waardoor dit aspect een weging 3 heeft gekregen.

(Mierlo, 2022)

Hoogte

Het meeste risico van gevelbranden zit in de middenbouw en hoogbouw, waarbij vooral de branduitbreiding naar andere brandcompartimenten via de gevel een aandachtspunt zijn. De hoogte van een testopstelling zou dus zo hoog moeten zijn dat de branduitbreiding over meerdere verdiepingen getest zou moeten kunnen worden. De minimale hoogte van een verblijfsruimte is 2,6m in Nederland, wanneer hier een vloerdikte bij komt zal de verdiepingshoogte uitkomen rond de 3m. Deze hoogte is aangehouden bij het opstellen van de criteria.

Het risico van branduitbreiding via de gevel naar een volgend brandcompartiment kan bij een hogere testopstelling beter inzichtelijk gemaakt worden dan bij een lage testopstelling. Om een realistische en ongunstige situatie te testen zal een hoge testopstelling meer risico's in beeld kunnen brengen. De hoogte van de testopstelling staat tevens in verhouding tot het vermogen. Als het vermogen hoog zal zijn om een realistische brand na te bootsen zal de testopstelling ook hoog moeten zijn.

Criteria voor de hoogte boven de brander:

- Hoger dan 6 m = Goed
- Tussen 3 en 6 m boven de brander= Voldoende
- Minder dan 3 m= Onvoldoende

Bij een hogere (grotere) test kan er meer gemeten worden dan bij een kleinschalige test. Hoe hoger een testopstelling is hoe realistischer deze zal zijn. Vanwege het belang van dit aspect van een testmethode is er een weging 3 aan dit aspect gegeven.

(Anderson, et al., 2022) (Mierlo, 2022)

Breedte

Een gevelbrand breidt zich voornamelijk verticaal uit, maar kan zich ook horizontaal naar een ander brandcompartiment gaan uitbreiden. Dit zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren door een ongunstige wind in een woontoren zoals bij de Grenfell Tower in Londen het geval was (team, 2019). Bij het testen van een gevel kan hier rekening mee gehouden worden door een brede test opstelling te maken. Hierdoor kan er onderzocht worden wat de risico's van de horizontale branduitbreiding zijn.

Criteria:

- Meer dan 3,5m = Goed
- Meer dan 2 meter en maximaal 3,5m breed = Voldoende
- Minder dan 2 meter = Onvoldoende

Branduitbreiding via een gevel zal voornamelijk verticaal gaan, maar de horizontale uitbreiding brengt ook risico's met zich mee voor de veiligheid waardoor dit een weging van 2 krijgt.

(Anderson J. , 2020) (Anderson, et al., 2022) (team, 2019)



Dikte proefstuk

In [hoofdstuk 3.3](#) is uitgelegd dat de brandklasse van materialen niet zomaar bij elkaar opgeteld kunnen worden om de brandklasse van een gevelopbouw te bepalen. Dit brengt een extra risico met zich mee wanneer dit wel gedaan moet worden omdat bijvoorbeeld de volledige gevelopbouw te dik is voor de testopstelling. Daarnaast worden isolatiematerialen steeds dikker en worden er extra functies toegevoegd in een gevel waardoor de gevelopbouw steeds dikker wordt om aan de eisen te voldoen. Om dit risico te verminderen is het aspect 'dikte proefstuk' meegenomen in de beoordeling van de testmethodes. Als een totale gevelopbouw inclusief spouw getest kan worden, zullen de risico's die de gevelopbouw met zich meebrengen al eerder naar voren komen waardoor de gevel voor de toepassing in de praktijk veiliger gemaakt kan worden.

Criteria:

- 0,5m of dikker = Goed
- Tussen 0,3m en 0,5m= Voldoende
- Minder dan 0,3m= Onvoldoende

Om fouten en risico's te verminderen zal dit aspect serieus genomen moeten worden, dit is de reden dat er een weging van 3 aan toegevoegd wordt.

(Spouwmuurisolatie-info, 2012) (brandveilig.com, 2018)

Vorm testopstelling

De testopstelling zou een zo ongunstig mogelijke situatie moeten nabootsen. Bij een L vormige testopstelling zal er het 'schoorsteeneffect' optreden, dit betekent dat er in de hoek trek ontstaat waardoor vlammen zich sneller verticaal zouden verspreiden. Dit effect is bij diverse branden in woongebouwen opgetreden en geeft dus een realistische weergave (zie figuur 11). Daarnaast kan een brand bij een binnenhoek makkelijker de andere gevel aansteken dan bij een buitenhoek. De lengte van deze zijvleugel kan aantonen hoever de brand zich nog horizontaal uitbreidt via de gevel.

Criteria:

- Zijvleugel meer dan 1 meter breed = Goed
- Zijvleugel minder dan 1 m breed = Voldoende
- Geen zijvleugel (vlakke opstelling) = Onvoldoende

Vanwege het verschil wat het schoorsteeneffect met zich meebrengt zal dit aspect een weging van 2 krijgen.

(writer, 2022)



Figuur 11 Een recente brand in Dubai waarbij de brand zich door het 'schoorsteen effect' snel kon verspreiden over de gevel (writer, 2022)

Brandvermogen

Het brandvermogen bij een brandtest zou een realistische weergave moeten geven van een uitslaande brand uit een gevelopening. In [hoofdstuk 3.2](#) is een aangegeven hoeveel vermogen er vrij zou kunnen komen bij een uitslaande vlam. Om deze brand zo realistische mogelijk na te bootsen zou het vermogen wat toegepast wordt in de test hier zo dicht mogelijk bij in de buurt moeten komen. Dit is de reden dat de criteria op basis van vermogen zijn verdeeld.

Criteria:

- Brandvermogen boven de 1MW = Goed
- Brandvermogen tussen 300kW en 1 MW = Voldoende
- Brandvermogen lager dan 300kW = Onvoldoende

Het brandvermogen zorgt ervoor dat een test wel of geen realistische weergave geeft van een uitslaande vlam. De weging van 3 is gegeven zodat het belang van het vermogen terugkomt in de testmethodes.

(Diks, Ontwikkeling brandvermogen gedurende een brand, 2022)



Warmtebron

De warmtebron die toegepast wordt moet, naast het hebben van een realistisch brandvermogen, betrouwbaar en constant zijn. Dit is van belang zodat het te testen materiaal niet beïnvloed wordt door verschillen in de warmtebron en daardoor ten alle tijden herhaalbaar en reproduceerbaar is. Hoofdzakelijk worden er 2 type warmtebronnen toegepast in de testmethodes. Type 1 is een gasbrander en type 2 is een houtkrib. Een gasbrander kan naast het leveren van een hoog brandvermogen ook afgesteld worden op hoeveel en hoe snel het gas uit de brander komt. Hier is veel in te sturen waardoor deze goed af te stellen is op de diverse eisen.

De houtkrib is een geordende stapel hout die vastgenageld is en die, met behulp van een brandbare vloeistof, vanaf onderaan in brand gestoken wordt. Hout is een natuurlijk product waar veel variabelen in kunnen zitten. Bij het verbranden van de houtkrib kan de lucht- hout ratio, het vochtpercentage en de afmetingen van het hout en de luchttoevoer effect hebben op het brandvermogen. Hier zitten veel variabelen in die duidelijk gespecificeerd moeten worden. In veel gevallen gebeurt dit niet genoeg waardoor er ruimte is voor vrije interpretatie van de eisen. Als laatste zal een gasbrander minder afval veroorzaken op de testlocatie dan een houtkrib. (Andersson, Wood crib test 6 RISE, 2022) Hierdoor zou een weegplateau voor het meten en wegen van de vallende deeltjes betrouwbaarder worden dan wanneer er een houtkrib toegepast wordt. De gasbrander is constant en betrouwbaar en daardoor ook reproduceerbaar, dit is de reden dat de gasbrander betrouwbaarder en constanter is dan een houtkrib.

Criteria:

- De test maakt gebruik van een gasbrander = Goed
- De test maakt gebruik van een gasbrander of houtkrib = Voldoende
- De test maakt gebruik van een houtkrib = Onvoldoende

Dit aspect zal een weging van 1 krijgen omdat het vermogen van de brander een veel grotere impact zal hebben op hoe realistische de test dan het soort warmtebron die er toegepast wordt. Daarnaast hebben de testcriteria het meeste effect op hoe betrouwbaar en constant de warmtebron is. (Mierlo, 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021) (Andersson, Wood crib test 6 RISE, 2022)

Brandkamer en gevelopeningen

Wanneer er een brand ontstaat in een brandcompartiment kan een gevelopening falen door de hitte en ontstaat er een uitslaande vlam. Deze vlam kan nagebootst worden door een brandkamer te integreren in de testopstelling. Dit is een ruimte onder in de testopstelling waar de warmtebron gepositioneerd kan worden. Doordat de brandkamer terug ligt ten opzichte van de gevel en het vuur naar boven wil zal er een uitslaande vlam naar de gevel inclusief het te testen materiaal ontstaan.

Naast de brandkamer kan er ook een gevelopening nagemaakt worden in de testopstelling zodat belangrijke details rondom een kozijn meegenomen zouden kunnen worden tijdens de test. Hierdoor kan er getest worden of het vuur zich uit kan breiden naar een bovenliggend brandcompartiment via een gevelopening. Daarnaast geeft een expert van het adviesbureau DGMR het volgende aan: "Openingen bij de kozijnen kunnen een belangrijke rol spelen bij het ontstaan van een brand in de spouw." (brandveilig.com, 2018) Wanneer een testmethode zowel een brandkamer als een gevelopening heeft, zal de test realistischer zijn dan wanneer deze dat niet heeft.

Criteria:

- De testopstelling bevat 2 of meer gevelopeningen = Goed
- De testopstelling bevat 1 gevelopening of 1 brandkamer = Voldoende
- De testopstelling bevat geen brandkamer en geen gevelopeningen = Onvoldoende

De weging die aan dit aspect gegeven wordt zal een 3 zijn omdat dit aspect de uitbreiding naar een volgend compartiment kan testen. Zonder deze specificaties zal de test minder op de werkelijkheid lijken.

(brandveilig.com, 2018)



Testlocatie

De testomgeving kan invloed hebben op de test. Bij de SBI-test wordt er in een geconditioneerde ruimte (binnen) getest. Volgens een aantal testmethodes mag er buiten getest worden. Wanneer dit gebeurt zouden er goede specificatie moeten zijn om de test zo weersonafhankelijk mogelijk te maken. Binnen kan de ruimte goed geconditioneerd en afgesloten worden. Door apparatuur op te hangen kan de luchtsnelheid voor en tijdens de test gemeten worden. Wanneer er buiten getest wordt is het vaak lastiger om eisen te stellen aan de testcondities. Vaak staat er in de norm geschreven dat er geen neerslag en geen mist mag zijn tijdens de test. Soms staat er ook bij dat de windsnelheid, 15 minuten voor de test, niet meer dan 5m/s mag zijn. Deze eisen zeggen niets over de condities tijdens de test zelf.

Criteria:

- De test wordt binnen uitgevoerd = Goed
- De test wordt buiten uitgevoerd met expliciete eisen = Voldoende
- De test wordt buiten uitgevoerd zonder expliciete eisen = Onvoldoende

De testlocatie zal een weging van 2 krijgen omdat volgens onderzoek (Sjöstrom & Anderson, 2021) de condities van de testlocatie een groot effect kunnen hebben op de ontwikkeling van een brand. (Sjöstrom & Anderson, 2021) (Mierlo, 2022)

Herhaalbaarheid

Om een test uit te voeren die onafhankelijk is van het bedrijf die de test uitvoert, is het de bedoeling dat de test goed herhaalbaar is. Hiermee wordt bedoeld dat de gestelde eisen voor iedereen duidelijk zijn, en er geen ruimte is voor eigen interpretatie, uit de test moeten harde en meetbare waardes komen. De herhaalbaarheid van de test geeft aan hoe goed de test op exact dezelfde manier uitgevoerd kan worden, onafhankelijk van het personeel die de test uitvoert en beoordeelt. Bij sommige testmethodes zijn er geen specifieke meetbare waardes waardoor de testresultaten lastig reproduceerbaar zijn.

Criteria:

- 2 meetbare criteria = Goed
- 1 meetbaar criteria = Voldoende
- Geen meetbare criteria of te weinig eisen hieraan = Onvoldoende

De herhaalbaarheid zal een weging 2 krijgen.
(Mierlo, 2022)

Conditionering

Voordat een product getest kan worden, zal deze geconditioneerd worden. Dit houdt in dat het te testen materiaal in een conditioneringsruimte, met een constante luchtvochtigheid en temperatuur, wordt gelegd totdat het materiaal het balansgewicht behaalt. Wanneer het gewicht van een materiaal niet meer verandert in de conditioneringsruimte is het balansgewicht behaald. Dit wordt met alle materialen gedaan zodat alle proefstukken onder dezelfde omstandigheden worden getest. De meeste conditioneringseisen bevatten geen expliciete eisen voor levende gevels, waardoor een leverancier de meest gunstige situatie kan laten testen voor het behalen van een brandklasse. De conditioneringswaardes zullen meegenomen worden in het testrapport en de classificering.

Criteria:

- Er zijn duidelijke en volledige eisen aan de conditionering = Goed
- Er zijn geen eisen aan de periode tussen het conditioneren en het testen = Voldoende
- Er zijn geen eisen aan de conditioneren of de eisen zijn niet bekend = Onvoldoende

Doordat er weinig openbare informatie te vinden is over de specifieke eisen van het conditioneren, kan er ook lastig getoetst worden op dit aspect. Dit is de reden dat dit aspect een weging 1 krijgt. (SemperGreen, 2022) (Efectis, 2020)



Locatie naden

Bij grote testen komen er regelmatig naden voor in de gevelafwerking of gevelconstructie. Deze naden kunnen vastgelegd worden in de norm, bijvoorbeeld op welke afstand deze komen ten opzichte van de brandkamer of zijvleugel. Hoe verder de naden van de brander zijn gepositioneerd hoe eerder deze zullen voldoen aan de gevraagde brandklasse. Dit is het geval omdat naden vaak een zwakke plek zijn in de gevel en wanneer deze verder van de warmtebron vandaan zijn, zal de temperatuur en het brandvermogen lager zijn dan dicht bij de bron. Wanneer er wel eisen worden gesteld in de norm maar de locatie ver weg is van de brandkamer, zal hierbij dus niet de meest ongunstige situatie getest worden.

Criteria:

- De locatie van de naad is gespecificeerd en ligt minder dan 1,5m van de brandkamer af = Goed
- De locatie van de naad is gespecificeerd en ligt meer dan 1,5m van de brandkamer af = Voldoende
- De locatie van de naad is niet gespecificeerd of is niet te testen = Onvoldoende

Naden zijn vaak afhankelijk van het product wat er getest wordt, hierdoor heeft dit aspect minder effect en krijgt dit een weging van 1.

(Anderson, et al., 2022)

Brandende deeltjes

Een proefstuk kan smelten, verbranden of op een ander manier bezwijken tijdens een test. Tijdens de test kunnen er kleine deeltjes van het materiaal vallen, die in sommige gevallen zelfstandig kunnen doorbranden. De brandende deeltjes hebben een aparte classificatie (de d- klasse) waar momenteel nog geen Europese eisen voor zijn. Deze eisen zullen er in de toekomst wel komen en om daarop voorbereid te zijn zullen de testmethodes getoetst worden aan de meetbaarheid van brandende deeltjes.

Criteria:

- De test kan de druppelvorming en vallende deeltjes accuraat meten = Goed
- De test kan de druppelvorming en vallende deeltjes meten maar is niet accuraat = Voldoende
- De test kan de druppelvorming en vallende deeltjes niet meten = Onvoldoende

De classificatie van brandende deeltjes bevat nog geen eisen waardoor dit aspect in de toekomst relevanter zal zijn dan nu, dit is de reden dat dit aspect een weging van 1 krijgt.

(Mierlo, 2022)

Testduur

Wanneer men een korte test uitvoert, heeft de brand minder tijd om te ontwikkelen tot een realistische brand dan bij een lange testduur. Bij een lange test zal de brand zich verder kunnen ontwikkelen waardoor er een hogere temperatuur zal ontstaan. Dit draagt bij aan de brandbaarheid van een materiaal doordat sommige materialen pas mee gaan branden of bezwijken bij hogere temperaturen. Wanneer er criteria op het gebied van de testduur niet duidelijk of haalbaar zijn zullen deze een lagere beoordeling krijgen.

Criteria

- Test duurt 60 minuten of langer = Goed
- Test duurt minimaal 30 minuten en maximaal 60 minuten = Voldoende
- Test duurt minder dan 30 minuten = Onvoldoende

De testduur zal een weging krijgen van 1.

(Anderson, et al., 2022) (DGMR Bouw B.V., 2021)



Geldigheidsgebied

Het geldigheidsgebied van een brandklasse geeft aan in welke toepassing het geteste product voldoet aan de brandklasse. Hierin wordt de getoetste detaillering en alle productinformatie (hieronder vallen ook de afmetingen van het product)toegelicht. Wanneer het product op een andere manier wordt toegepast of een afwijking heeft in de specificaties en daardoor buiten het geldigheidsgebied valt zal er opnieuw een test uitgevoerd worden. Zonder eisen aan het geldigheidsgebied zal een product alleen met de getest specificaties voldoen aan de brandklasse. Wanneer een product wordt toegepast die een kleine afwijking in specificaties heeft ten opzichte van het getest proefstuk, kan het product op een onveilige manier worden toegepast.

Criteria:

- Testmethode stelt duidelijke eisen aan het geldigheidsgebied = Goed
- Testmethode stelt eisen aan het geldigheidsgebied maar deze zijn niet duidelijk= Voldoende
- Testmethode stelt geen eisen aan het geldigheidsgebied = Onvoldoende

Om een brand zoals in de Grenfell Tower in London te voorkomen zal elke testmethode eisen moeten stellen aan het geldigheidsgebied in de norm van de testmethode of in een aparte norm. Dit is de reden dat dit aspect een weging 2 krijgt.

(team, 2019) (Mierlo, 2022)

4.3 Onvolledigheden specificaties en criteria

Een aantal specificaties en criteria van de diverse testmethodes zijn niet volledig of bevatten onduidelijkheden. Deze zorgen voor restrisico's doordat er ruimte is voor eigen interpretatie. Omdat deze onvolledigheden lastig te toetsen zijn in een analyse maar wel van belang zijn om de betrouwbaarheid van een testmethode inzichtelijk te maken, zullen de bijzonderheden en de overgebleven risico's benoemd worden. Alleen de onvolledigheden die buiten de bovenstaande aspecten vallen, die meegenomen worden in de multicriteria analyse, zullen hieronder benoemt en uitgelegd worden.

De restrisico's

Wanneer er ruimte is voor eigen interpretatie in de norm, kunnen er fouten gemaakt worden. De testopstelling kan anders opgebouwd worden dan de bedoeling is, het materiaal kan anders gemonteerd worden of er worden brandbare materialen toegepast in de testopstelling terwijl deze volledig onbrandbaar zou moeten zijn. Hierdoor kan het gebeuren dat niet de meest ongunstige situatie getest wordt, de resultaten onbruikbaar zijn of dat de resultaten verkeerd beoordeeld worden waardoor de vergeven brandklasse niet past bij het brandgedrag van het geteste product. Om ervoor te zorgen dat er geen materialen worden toegepast in de bouw die negatieve gevolgen kunnen hebben bij een brand, zouden deze onvolledigheden beter gespecificeerd en benoemt moeten worden in de norm.

Materiaal hulpconstructie/testopstelling

Om bepaalde materialen te testen kan er een hulpconstructie toegepast worden. Wanneer er een volledige gevelopbouw getest moet worden zal het constructiemateriaal vaak het hulpconstructiemateriaal zijn die in de norm beschreven staat.

In de Engelse norm is een metselwerk frame en een stalenframe gespecificeerd als hulpconstructie, hierdoor wordt de test gelimiteerd en kunnen andere constructiematerialen (zoals lichtgewichtbeton) niet toegepast worden. Dit is in Duitsland en Oostenrijk bijna hetzelfde maar hier mag alleen metselwerk toegepast worden. Het gebruik van 1 soort hulpconstructie wordt door Rudolf van Mierlo (Mierlo, 2022) benoemt als onduidelijk of onvolledig, dit komt waarschijnlijk omdat het de bedoeling is dat een gevel wordt getest op de manier hoe deze in de praktijk ook toegepast zal worden. In de ISO-13785-2 wordt er altijd getest met een hulpconstructie, hierbij kan er alleen gevelbekleding getoetst worden. Constructieonderdelen of een volledige gevelopbouw worden niet gespecificeerd in de norm. (Mierlo, 2022)



Materiaal testopstelling

In de Franse norm (LEPIR 2) worden materiaalsoorten of diktes van de testopstelling niet gespecificeerd. De materialen zouden onbrandbaar moeten zijn maar wat voor soort staat niet omschreven. De dikte van de toegepaste materialen zijn ook niet gedefinieerd doordat dit afhankelijk is van het materiaal soort. Door deze missende informatie wordt er te veel ruimte gelaten voor eigen invulling waardoor de test niet onafhankelijk en herhaalbaar is.

(Mierlo, 2022)

Verouderde testcriteria

In Engeland is in 2017 en 2020 de norm van de testmethode (de BS 8414-1/2) aangepast naar aanleiding van de brand in Grenfell Tower, te Londen. De beoordelingscriteria, die in BR135:2013 te vinden zijn, zijn niet herzien en daardoor verouderd. Doordat de 2 normen niet gelijktijdig geactualiseerd zijn, zijn er tegenstrijdigheden ontstaan waardoor de beoordeling van de testmethode minder betrouwbaar is dan eerst omdat er ruimte is voor eigen interpretatie. Over het algemeen wordt de nieuwste norm aangehouden als leidend, toch zou de testopstelling vollediger zijn wanneer beide normen op elkaar afgestemd zijn.

DIBt certificering

Nadat er een test is uitgevoerd volgens de DIN 4102-20 zal deze beoordeeld moeten worden om een product te kunnen classificeren. Het classificeren van producten wordt gedaan door DIBt, een autoriteit die de veiligheid van gebouwen waarborgt. Vanuit de norm is bekend op welke onderdelen getoetst moet worden tijdens een test, maar doordat de classificatie niet door het laboratorium gebeurt maar door een extern bedrijf is het onduidelijk hoe de classificering te werk gaat en waar aan voldoen moet worden. Doordat alles bij 1 bedrijf wordt geclassificeerd en de eisen niet openbaar zijn is het niet mogelijk om de toetsingscriteria te beoordelen op volledigheid en betrouwbaarheid.

Montage specificaties ontbreken

Een proefstuk zal gemonteerd worden in de testopstelling die opgebouwd is volgens de norm. In Frankrijk (LEPIR 2) en Zweden (SP Fire 105) zijn er geen richtlijnen over hoe een materiaal gemonteerd moet worden in de testopstelling. Doordat hier geen eisen aan zijn kan de leverancier van het product, het materiaal zo monteren dat dit een gunstigere situatie is waardoor een hogere brandklasse verkregen kan worden. Of kan een spouw dicht gezet worden terwijl dit een negatief effect zou hebben op de branduitbreiding tijdens de test. Wanneer er specificaties zijn over de montagedetails van het proefstuk zal bijvoorbeeld een spouw met bepaalde afmetingen of de detaillering rondom een kozijn, meegenomen moeten worden om de meest ongunstige situatie te creëren.

Pvc-kozijnen

De Franse testopstelling heeft 4 gevelopeningen waarvan 2 functioneren als brandkamer en 2 als gevelopening van een bovenliggend appartement. In de bovenste 2 gevelopening zijn pvc-kozijnen gemonteerd, dit wordt in elke test gedaan. Wanneer een gevelopbouw getest wordt die in de praktijk toegepast zal worden met houtenkozijnen, zal deze nog steeds met pvc-kozijnen getest worden. De detaillering rondom stalen, aluminium of houtenkozijnen zijn anders, maar doordat de opbouw zo veel mogelijk moet lijken op de praktische toepassing zal er geen goede aansluiting zijn op de pvc-kozijnen bij het testen. Hierdoor is de kans groter dat een materiaal faalt rondom de detaillering van een kozijn. Na de test mag het materiaal wel toegepast worden met elk type kozijn zonder een andere test te moeten doen om een brandklasse te behalen.

Doordat het materiaal van de kozijnen gespecificeerd zijn, komt de test niet overeen met de werkelijkheid. En zal het materiaal zich anders kunnen gedragen dan wanneer de detaillering rondom het kozijn goed aansluit.



Gordijnen achter gevelopeningen

Achter de gevelopeningen in de testopstelling volgens LEPIR II, worden er gordijnen opgehangen die tijdens de test niet mogen gaan branden. Het materiaal en de brandbaarheid hiervan zijn niet gespecificeerd in de norm. Er hangen wel criteria aan de gordijnen waardoor deze specificatie wel van belang is. Wanneer er brandbare gordijnen worden opgehangen zullen deze sneller vlamvatten dan gordijnen die nauwelijks branden of alleen smelten/vervormen. De betrouwbaarheid en herhaalbaarheid van de test zou verbeterd kunnen worden door deze specificatie toe te voegen in de norm.

(Mierlo, 2022)

Brandkamer afmetingen onduidelijk

In de ISO-13785-2 zijn de hoogte en breedte van de brandkamer gespecificeerd in de norm. Ook de inhoud van de brandkamer is benoemd, deze moet tussen de 20m³ en 100m³ zijn, echter heeft deze inhoud zo'n grote marge dat de diepte van de brandkamer hier niet uit op te halen is. In de brandkamer zou genoeg ruimte moeten zijn om een realistische brand na te bootsen, wanneer de diepte niet gespecificeerd is, is er geen zekerheid of dit gebeurt. Het is mogelijk dat de inhoud zo ruim benoemd zijn omdat er met een gasbrander of met houtkribs getest kan worden. De norm kan specifieker gemaakt worden door eisen aan de brandkamer te koppelen, die per type warmtebron kan verschillen. Hierdoor passen de afmetingen van de brandkamer bij de gasbrander of houtkrib die als warmtebron kan worden toegepast.

Doordat de huidige eisen niet specifiek zijn vastgelegd zal deze test minder realistisch en betrouwbaar zijn.

(Mierlo, 2022)

Locatie gevelopening

In de nieuwe Europese testmethode, die nog in ontwikkeling is, is er gekozen om de gevelopening niet recht boven de brandkamer te plaatsen, maar er schuin naast. In de werkelijkheid worden gevelopeningen vaak om architectonische redenen recht boven elkaar geplaatst. Wanneer er brand in een compartiment ontstaat, de gevelopeningen bezwijken en de gevelopening recht boven de bezwijken gevelopening ligt, zou de brand er eerder voor kunnen zorgen dat dit bovenliggende raam ook bezwijkt. Dit zou een ongunstigere en dus onveiligere situatie zijn dan wanneer de gevel schuin boven de warmtebron gepositioneerd zou worden. De reden dat er bij de testmethode gekozen is om de gevelopening uit het midden van de brandkamer te plaatsen, is onduidelijk.

Nadat de conceptversie van mei is uitgebracht, zijn er wel video's verschenen waarbij de gevelopening in het midden van de brandkamer, en uit het midden van de brandkamer getest wordt. Hieruit blijkt dat er mogelijk nog een verandering kan komen in de specificaties van de gevelopening.

(Andersson, Large scale test 3 symmetric opening, 2022) (Andersson, Large scale test 2 asymmetric opening, 2022) (Anderson J. , 2020) (Anderson, et al., 2022)



4.4 Resultaten van de multicriteria analyse

Specificaties van de testmethodes

In [bijlagen B](#) is het overzicht van alle testmethodes te zien met alle specificaties per aspect die er bekend zijn in de norm. De testmethodes die een beoordeling 'goed' hebben gekregen bij een aspect zijn groen gekleurd, de beoordeling 'voldoende' is geel gekleurd en onvoldoende is roze/rood. Dit is om inzichtelijk te maken welke waardes er wel en niet voldoen en welke aspecten verbeterd zouden moeten worden binnen de norm van de testmethode.

Resultaten van de analyse

Om de definitieve uitslag van de analyse duidelijk te maken is er een tabel (zie [bijlagen C](#)) gemaakt waar alle testmethodes en aspecten in zijn gezet met alle bijbehorende wegingen en punten. Tabel 2 geeft een overzicht van de resultaten per testmethode die uit de analyse komen. In deze analyse zijn 62 punten het hoogst haalbare resultaat, en is -62 het laagst haalbare resultaat. Het acceptabele resultaat is 15 zodat er voldaan wordt als alle aspecten voldoende zijn.

Tabel 2 Resultaten Multicriteria analyse

Testmethode	Resultaat
NEN-EN 13823: 2020 (SBI-test)	-5
BS 8414-1:2020 en -2:2020	21
DIN4102-20:2017	24
LEPIR-2	7
ISO 13785-1:2002	-38
ISO 13785-2:2002	-11
SP Fire 105:1994	28
ÖNORM B 3800-5:2013	-4
Nieuwe Europese grootschalige test	45

Toelichting op de analyse

Wanneer er naar de resultaten wordt gekeken is het opvallend dat de ISO-13785-1 en ISO-13785-2 testen het laagste resultaat behalen. Dit komt voornamelijk doordat er geen testcriteria zijn opgesteld bij deze normen, waardoor ook de herhaalbaarheid van de test laag is. Daarnaast heeft de ISO-13785-1 kleine afmetingen en een laagvermogen, net als de SBI-test, wat ervoor zorgt dat de test niet heel realistisch is.

De NEN-EN 13823 (SBI-test) en de ÖNORM B 3800 behalen bijna evenveel punten, maar scoren deze punten op verschillende aspecten. Het conditioneren van het proefstuk en de beoordeling van de testresultaten wordt bij de SBI-test goed op gescoord terwijl de ÖNORM hier alleen minpunten mee verdient. Bij de ÖNORM zijn er een aantal specificaties niet bekend, waardoor deze mogelijk een lager resultaat behaalt dan wanneer deze wel bekend zijn en voldoen.

De Zweedse testmethode (de SP Fire 105) komt als beste huidige testmethode uit de analyse, ondanks dat deze test geen L-vormig opstelling heeft, maar 15 minuten test en geen specificaties heeft omtrent de locatie van de naden.

De nieuwe Europese grootschalige test behaalt met 45 punten het hoogste resultaat. Dit is zeer positief, want dit betekent dat de nieuwe test ook echt een verbetering zal zijn op de huidige testmethodes in Europa. De specificaties van deze testmethode zijn nog in ontwikkeling, waardoor er nog niet met zekerheid gezegd kan worden dat de test de meest realistische weergave geeft. De test beoordeeld de resultaten alleen op temperatuur, de criteria rondom de brandende deeltjes zijn niet ver genoeg gespecificeerd en de maximale dikte voor de testopstelling van 0,3m is niet genoeg om een volledige (groen) gevelopbouw te testen. Dit zijn allemaal aandachtspunten van de nieuwe testmethode die nog verbeterd kunnen worden.



4.5 Conclusie testmethoden

De diverse testmethodes zijn getoetst aan verschillende aspecten die elk risico's met zich meebrengen wanneer hier niet aan voldaan wordt. De afmetingen, het brandvermogen, het beoordelen van de resultaten en de andere aspecten, brengen allemaal restrisico's met zich mee. Wanneer deze aspecten niet op een realistische manier geïntegreerd zijn in de testmethodes, kan het proefstuk in de werkelijkheid zich anders gaan gedragen dan vooraf getest is. Het materiaal of de combinatie van materialen die een gevelopbouw vormen kunnen daardoor een brandklasse krijgen waar deze, bij een werkelijke brand, niet aan zullen voldoen.

Uit de analyse kan geconcludeerd worden dat de SBI test die in Nederland toegepast wordt, niet de slechtste testmethode is in Europa, maar dat deze genoeg verbeterpunten bevat. De getoetste ISO-normen zijn het minst realistisch doordat er geen testcriteria is toegevoegd aan de norm. De SP Fire 105 komt als beste huidige testmethode uit de analyse en daardoor zou dit de meest realistische weergave van branduitbreiding via de gevel moeten geven. De nieuwe Europese testmethode die nog in ontwikkeling is, is volgens de analyse nog minder risicovol dan de SP Fire 105. Doordat deze testmethode nog niet toegepast wordt en mogelijk nog gewijzigd wordt, kan dit niet met zekerheid gezegd worden.

Bij elke testmethode zijn er verbeterpunten te vinden en brengen daardoor ook diverse restrisico's met zich mee.

5 Conclusie

De vraag die met dit onderzoek beantwoordt zal worden luidt als volgt:

“Wat zijn de restrisico's van de classificering en testmethoden voor het brandgedrag van (groene) gevels?”

Testmethodes zouden een zo realistisch en ongunstig mogelijk situatie moeten nabootsen van branduitbreiding via de gevel. Wanneer de norm geen duidelijke specificaties bevat, geen realistische afmetingen en vermogen heeft of de beoordelingscriteria niet volledig zijn, zal de uitkomst van een test geen goed beeld geven van een werkelijke branduitbreiding. Hierdoor zal een gevelafwerking of een hele gevelopbouw een brandklasse kunnen krijgen die niet overeenkomt met het brandgedrag. Wanneer een product toegepast wordt met een foutieve brandklasse, er brand ontstaat en deze zich uitbreidt via de gevel, zal dit nare gevolgen kunnen hebben. Om dit te voorkomen zijn er een aantal specificaties en criteria die de betrouwbaarheid, herhaalbaarheid en de overeenkomst met de werkelijkheid kunnen beïnvloeden om een testmethode en norm veiliger te maken.

De restrisico's die de testmethoden met zich meebrengen zijn ontstaan vanuit de voorbereiding van de test, de testopstelling zelf en de beoordeling van de testresultaten. Om duidelijk te maken wat de oorzaken zijn en welke gevolgen deze met zich meebrengen zullen deze in hieronder benoemt en uitgelegd worden.

Voordat er een test plaats vindt zal deze voorbereid moeten worden. Het proefstuk kan geconditioneerd worden zodat dit haar balansgewicht behaalt, hierdoor zal elk materiaal onder dezelfde omstandigheden getest worden. Wanneer dit niet gebeurt kan een materiaal bijvoorbeeld extra vochtig gemaakt worden waardoor het langer duurt voordat een materiaal gaat branden. Er zijn geen expliciete eisen opgenomen voor het conditioneren van groene gevelsystemen, waardoor deze onder de ideale gezonde omstandigheden getest kunnen worden. Hierdoor wordt er niet de meest ongunstige situatie getest en zal deze eerder voldoen aan de eisen.

Diverse geveltesten mogen vanuit de norm buiten uitgevoerd worden, sommige methodes specificeren de luchtsnelheid, temperatuur, luchtvochtigheid en neerslag niet of minimaal waardoor de test niet weersafhankelijk wordt uitgevoerd. Deze omstandigheden hebben effect op de ontwikkeling van de brand waardoor de temperatuur niet hoog genoeg kan worden om een materiaal te laten branden, terwijl dit wel het geval zou zijn wanneer er weersafhankelijk getest zou worden.

De testopstelling zou bepaalde (fysieke) specificaties moeten hebben, waardoor het proefstuk aan een realistische brand blootgesteld zal worden. Wanneer de brander een te laag vermogen heeft, de testopstelling te kleine afmetingen bevat en niet L-vormig is, zal het brandgedrag tijdens een werkelijke brand anders kunnen zijn dan de geteste situatie. Deze specificaties vormen samen de meest ongunstige situatie. Hierbij zou het schoorsteeneffect moeten optreden, het materiaal zou hoge temperaturen moeten doorstaan en de branduitbreiding naar een ander brandcompartiment zou meetbaar moeten zijn. Dit zijn allemaal situaties die in de werkelijkheid kunnen plaatsvinden en risico's vormen voor de brandveiligheid van een gebouw en de mensen die zich hierin bevinden.

Tijdens een test kunnen er, met behulp van diverse apparatuur, metingen uitgevoerd worden. Aan deze metingen kunnen criteria verbonden worden om de resultaten te beoordelen en het product te classificeren. Sommige testmethodes hebben weinig tot geen meetapparatuur waardoor de resultaten beoordeeld moeten worden op basis van waarneming. Wanneer er geen richtlijnen zijn opgesteld voor het beoordelen, kunnen de bevindingen naar eigen mening opgevat worden, waardoor de testresultaten niet onafhankelijk zijn. Het geldigheidsgebied geeft aan in welke maten en toepassingen het geteste materiaal aan de vergeven brandklasse voldoet. Als hier geen specifieke eisen voor zijn opgesteld, kan er beweerd worden dat een materiaal wordt toegepast op een onveilige manier.



6 Discussie

Multicriteria analyse

Bij het uitvoeren van een multicriteria analyse worden er criteria en wegingen aan elk aspect toegevoegd. De criteria en wegingen worden onderbouwt met een bron en met het risico wat het aspect met zich meebrengt wanneer hier niet aan wordt voldaan. Toch kan de uitkomst gestuurd worden naar de gewenste uitkomst door een hogere weging te geven aan het aspect. Hierdoor is deze analyse niet volledige onafhankelijk en niet 100% op feiten gebaseerd.

Bronnen gebruik

De informatie van de benoemde testmethodes (behalve de nieuwe testmethode) komt grotendeels uit één document van een onafhankelijk adviesbureau (Mierlo, 2022) die onderzoek heeft gedaan naar de diverse testmethodes in Europa. Hierdoor zijn er weinig andere bronnen onderzocht en gebruikt om de benoemde informatie te verifiëren. Elke testmethode staat omschreven in de norm van het land waarin deze wordt toegepast. Deze normen zijn niet vrij toegankelijk waardoor er weinig officiële documentatie beschikbaar was om als bron te kunnen gebruiken. De betrouwbaarheid van de gegevens over de testmethodes is daarom discutabel.

Nieuwe Europese testmethode

Uit een rapport van RISE (Anderson, et al., 2022) is informatie gehaald voor het onderzoeken van de nieuwe testmethode. De norm voor deze testmethode is nog in ontwikkeling en daarom niet definitief. Vanuit een conceptversie, is informatie gehaald om een beeld te krijgen van deze testmethode. Wanneer de nieuwe testmethode is opgenomen in de norm en toegepast wordt in Europa zal pas echt bekend worden of deze testmethode inderdaad beter is dan de huidige testmethodes.



7 Aanbeveling

Tijdelijke testmethode

Momenteel wordt er onderzoek gedaan naar een nieuwe Europese geveltest, dit zal nog zo'n 10 à 15 jaar duren voordat deze opgenomen is in de norm. Volgens experts (Efectis, 2020) (Guillaume, Mierlo, & Bijvank, 2022) zou er in de tussentijd in Nederland volgens de ISO 13785-1 getest kunnen worden. De testopstelling heeft grotere afmetingen en bevat een brander met een hoger vermogen. De meningen hierover verschillen, de ene expert (Herpen, Voortgangsbespreking 7, 2022) geeft aan dat een tussenweg niet veel extra veiligheid geeft en veel geld kost in verhouding tot de extra mogelijkheden en specificaties van de test. De andere expert geeft aan dat deze tussenweg ervoor zorgt dat de komende 10 à 15 jaar er veiligere gebouwen ontworpen kunnen worden en de testgegevens accurater zijn dan de huidige testmethodes. Uit de vergelijkingsanalyse die in [hoofdstuk 5.4](#) gedaan is, blijkt dat deze test minder goed presteert dan de SBI-test, ondanks het verhoogde vermogen en de grotere afmetingen. Er is meer onderzoek nodig om uit te sluiten of er een tijdelijke testmethode toegepast moet worden in de jaren dat de Europese geveltest nog in ontwikkeling is. Als hieruit blijkt dat een tijdelijke testmethode voordelig is, zal er onderzocht moeten worden of de ISO-13785-1 hiervoor geschikt is en hoe deze aangepast en gespecificeerd zal worden zodat deze betrouwbaarder is dan de SBI-test methode.

(Guillaume, Mierlo, & Bijvank, 2022) (Efectis, 2020) (Mierlo, 2022)



8 Literatuur

8.1 Figurenlijst

Figuur 1 SBI-testopstelling (Smith, 2018).....	4
Figuur 2 Diagram ontwikkeling brandvermogen gedurende een brand, gemaakt in Ozone (Diks, Ontwikkeling brandvermogen gedurende een brand, 2022).....	7
Figuur 3 Schematische weergave van de testmethode BS8414-1/2 (Mierlo, 2022).....	9
Figuur 4 Schematische weergave van de testmethode DIN4102-10 (Mierlo, 2022).....	10
Figuur 5 Schematische weergave van de testmethode de Lepir II (Mierlo, 2022).....	11
Figuur 6 Schematische weergave van de testmethode ISO-13785-1 (Mierlo, 2022).....	12
Figuur 7 Schematische weergave van de testmethode ISO-13785-2 (Mierlo, 2022).....	12
Figuur 8 Schematische weergave van de testmethode SP Fire 105:1994.....	13
Figuur 9 Schematische weergave van de testmethode ÖNORM B 3800-5 (Mierlo, 2022).....	14
Figuur 10 Schematische testopstelling van de nieuwe Europese test. (Anderson, et al., 2022).....	15
Figuur 11 Een recente brand in Dubai waarbij de brand zich door het 'schoorsteen effect' snel kon verspreiden over de gevel (writer, 2022).....	20

8.2 Tabellenlijst

Tabel 1 Testmethodes en normen.....	9
Tabel 2 Resultaten Multicriteria analyse.....	27

8.3 Bibliografie

- Anderson, J. (2020, 3 12). *Finalisation of the european approach to asses the fire performance of facades*. Opgehaald van Ri.se: <https://www.ri.se/en/what-we-do/projects/finalisation-of-the-european-approach-to-assess-the-fire-performance-of-facades>
- Anderson, J., Boström, L., Chiva, R., Dumont, F., Hofmann, A., & Lalu, O. (2022, 5). *ASSESSMENT OF FIRE PERFORMANCE OF FACADES USING LARGE FIRE EXPOSURE*. Opgehaald van Ri.se: <https://www.ri.se/sites/default/files/2022-11/Assessment%20method%20Large%20exposure%20draft%206%2020221118.pdf>
- Andersson, J. (2022, 8 19). *Large scal test 3 symmetric opening*. Opgehaald van Ri.se - Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=pt42ahUo5m4&t=925s>
- Andersson, J. (2022, 8 19). *Large scale test 2 assymetric opening*. Opgehaald van Ri.se - youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=pIVgOPMAZMY>
- Andersson, J. (2022, 9 21). *Wood crib test 6 RISE*. Opgehaald van ri.se - youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=z3VDTsr2lg>
- brandveilig.com. (2018, 6 26). *Elke gevel vooraf op brandveiligheid testen in laboratorium*. Opgehaald van brandveilig.com: <https://www.brandveilig.com/nieuws/elke-gevel-vooraf-op-brandveiligheid-testen-in-laboratorium-54930>
- Dechering, D. (2022, September). Uitleg SBI. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- den Boer, D., Burcksen, R., Hartgerink, R., Van Herpen, R., Janse, E., Kersten, B., . . . Oberijé, N. (2019). *Brandveiligheid van gebouwen | Integrale brandveiligheid voor het realiseren van veiligheidsdoelen*. Opgehaald van saxion.nl: http://www.fellowfse.nl/courses-fse-1/copy_of_lesboek-2018brandveiligheid-van-gebouwen2019
- DGMR Bouw B.V. (2021). *Risico's van gevels met brandklasse B*. Den Haag: DGMR.
- Diks, M. (2022). Ontwikkeling brandvermogen gedurende een brand. *Ozone*.
- Diks, M. (2022). Ontwikkeling temperatuur gedurende een brand. *Ozone*.
- Diks, M. (2022). Ontwikkeling verbrandingssnelheid. *Ozone*.
- Diks, M. (2022). *Stappenplan bepalingmethode*.
- Efectis. (2020, juni 2). *Brandveilige gevels*. Opgehaald van Efectis: <https://efectis.com/nl/brandveilige-gevels/>
- Groot, F. d. (2022, Juni 1). *Hoe bepaal ik brandveiligheid gevel?* Opgehaald van Bouw Totaal: <https://www.bouwtotaal.nl/2020/06/hoe-bepaal-ik-brandveiligheid-gevel/>



- Guillaume, E., Mierlo, R. v., & Bijvank, J. (2022, 11 10). *NEN BBN brandveiligheid gevels*. Opgehaald van Brandveilig bouwen Nederland: <https://www.youtube.com/watch?v=CZMZgmMOuc4>
- Herpen, R. v. (2022, September). Uitleg belang van de achterliggende constructie voor de brandveiligheid. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Herpen, R. v. (2022, Oktober). Uitleg Ozone. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Herpen, R. v. (2022, september 5). Voortgangsbepreking 2. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- Herpen, R. v. (2022, november 16). Voortgangsbepreking 7. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- KlimaatadaptatieNederland. (2020). *Multicriteria analyse*. Opgehaald van KlimaatadaptatieNederland: <https://klimaatadaptatienederland.nl/kennisdossiers/vitale-kwetsbare-functies/bescherming/risicos/methodes-risico-afwegen-beslissingen-nemen/multicriteria-analyse/>
- Leenders, H. (2022, November 7). Een brandveilige gevel – meer dan een SBI-test (HL). *WIOP*. Mook: Peutz.
- Li, Y. (2022, 7 15). *an exploration of equivalent scenarios for building facade fire standard tests*. Opgehaald van sciencedirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710222004120>
- Mierlo, R. v. (2022). *DGMR rapport - Analyse geveltestmethoden*. Den Haag: DGMR.
- NEN6069*. (2019, juli). Opgehaald van Bouwendnederland: https://www.bouwendnederland.nl/media/10116/414-nen-6069_versie-3_juli-2019.pdf
- Ozone 3. (2022). *Ozone 3*. ArcelorMittal | De Belgische Hoogovens.
- richtlijn brandveiligheid*. (2011, 11). Opgehaald van brandveiligmetstaal: https://www.brandveiligmetstaal.nl/pag/269/richtlijn_brandveiligheid_stalen_parkeergarages.html
- SemperGreen. (2022). Groene gevel beschadigd door brandstichting. *Groene gevel beschadigd door brandstichting*. SemperGreen, Zoetermeer.
- Sjöström, J., & Anderson, J. (2021). *Large scale tests*. Opgehaald van ri.se: <https://www.ri.se/sites/default/files/2021-10/Large%20scale%20tests.pdf>
- Smith, J. (2018). *Single burning item (SBI) test apparatus*. Opgehaald van Concept equipment: <https://www.concept-e.co.uk/products/single-burning-item-test-apparatus/>
- Spouwmuurisolatie-info. (2012). *Minimale dikte (spouw)muur*. Opgehaald van Spouwmuurisolatie-info: <https://www.spouwmuurisolatie-info.nl/spouwmuur-minimale-dikte/>
- team, V. J. (2019, 9 29). *Grenfell tower: what happend*. Opgehaald van BBC: <https://www.bbc.com/news/uk-40301289>
- Verbrugge, F. (sd). student bouwkunde. *Compartimenten en WBDBO waardes*. HAN, Molenhoek.
- writer, S. (2022, 11 7). *Ermaar tower catches fire in downtown Dubai*. Opgehaald van ArabianBusiness.com: <https://www.arabianbusiness.com/culture-society/emaar-tower-catches-fire-in-downtown-dubai>



9 Bijlagen

Bijlagen A: Criteria en weging per aspect

Bijlagen B: Specificaties van testmethodes per aspect

Bijlagen C: Resultaat vergelijkingsanalyse



Bijlagen 1: criteria, weging per aspect

Aspect	Goed	Voldoende	Onvoldoende	Weging
Testcriteria	Bevat testcriteria die aansluit op de testmethode	-	Geen testcriteria gespecificeerd	3
Hoogte	Hoger dan 6m	Tussen 3 en 6 meter boven de brander	Minder dan 3 meter	3
Breedte	Meer dan 3,5m	Meer dan 2 meter en maximaal 3,5m breed	Minder dan 2 meter	2
Materiaal dikte	0,5m of dikker	Tussen 0,3m en 0,5m	Minder dan 0,3m	3
Vorm testopstelling	Zijvleugel meer dan 1 meter breed	Zijvleugel minder dan 1 m breed	Geen zijvleugel (vlakke opstelling)	2
Brandvermogen	Brandvermogen boven de 1MW	Brandvermogen tussen 300kW en 1 MW	Brandvermogen lager dan 300kW	3
Warmtebron	De test maakt gebruik van een gasbrander	De test maakt gebruik van een gasbrander of houtkrib	De test maakt gebruik van een houtkrib	1
Brandkamer en gevelopening(en)	De testopstelling bevat 2 of meer gevelopeningen	De testopstelling bevat 1 gevelopening of 1 brandkamer	De testopstelling bevat geen brandkamer en geen gevelopeningen	3
Testlocatie	De test wordt binnen uitgevoerd	De test wordt buiten uitgevoerd met expliciete eisen	De test wordt buiten uitgevoerd zonder expliciete eisen	2
Herhaalbaarheid	2 meetbare criteria	1 meetbaar criteria	Geen meetbare criteria of te weinig eisen hieraan	3
Conditionering	Er zijn duidelijke en volledige eisen aan de conditionering	Er zijn geen eisen aan de periode tussen het conditioneren en het testen	Er zijn geen eisen aan de conditioneren of de eisen zijn niet bekend	1
Locatie naden	De locatie van de naad is gespecificeerd en ligt minder dan 1,5m van de brandkamer af	De locatie van de naad is gespecificeerd en ligt meer dan 1,5m van de brandkamer af	De locatie van de naad is niet gespecificeerd of is niet te testen	1
Brandende delen	De test kan de druppelvorming en vallende deeltjes accuraat meten	De test kan de druppelvorming en vallende deeltjes meten maar is niet accuraat	De test kan de druppelvorming en vallende deeltjes niet meten	1
Testduur	Test duurt 60 minuten of langer	Test duurt minimaal 30 minuten en maximaal 60 minuten	Test duurt minder dan 30 minuten	1
Geldigheidsgebied	Testmethode stelt duidelijke eisen aan het geldigheidsgebied	Testmethode stelt eisen aan het geldigheidsgebied maar deze zijn niet duidelijk	Testmethode stelt geen eisen aan het geldigheidsgebied	2

Bijlagen 2: Testmethodes specificaties

Testmethode	Testcriteria	Hoogte totaal in m	Hoogte boven brander in m	Breedte in m	Dikte proefstuk	Vormtestopstelling	Brandvermogen	Brander	Brandkamer en gevelopeningen	Testlocatie	Herhaalbaarheid	Conditionering	Locatie naden	Brandende deeltjes meetbaar	Einde test/ tsetduur	Eisen aan het geldigheidsgebied
NEN-EN 13823: 2020 (SBI-test)	NEN-EN 13501-1:2019	1,5	1,5	1	0,25m	0,5	30kW	Gasbrander	0	binnen	Warmteafgifte, rookproductie en valverspreiding	Goed	Nee	Niet heel accuraat	Na 20min	Ja
BS 8414-1:2020 en -2:2020	BR 135:2013	9,7	7,7	2,6	Niet gespecificeerd	1,5	3MW	400kg houtkrib	1	buiten	Temperatuur	Onbekend	Ja op 2,5m en 5m hoogte	Nee	60min	Ja
DIN4102-20:2017	DIN 4102-20:2010* / DIBT-Zulassungen	5,5	4,5	2,5	0,5m	1,5	320kW	30kg houtkrib of 320kW gasbrander	1	buiten	Temperatuur en waarneming	Onbekend	Nee	Nee	Minimaal 60 minuten, nadat het proefstuk onder de 50 graden celsius komt (kan tot 15 uur duren)	Ja, maar onbekende criteria
LEPIR-2	LEPIR-2	5	5	4,3	Eindeloos	-	Waarschijnlijk hoger dan 1 MW	600kg houtkrib	4	buiten	Waarneming	Onbekend	Nee	Nee	60min	Nee
ISO 13785-1:2002	-	2,8	2,4	1,2	Niet gespecificeerd	0,6	100kW	Lijnvormige gasbrander	0	binnen	-	Voldoende	Nee	Nee	30min	Nee
ISO 13785-2:2002	-	5,7	4	3	Niet gespecificeerd	1,2	5,5MW	120g/s Propaangasbrander of 16 houtkribs van 25kg	1	buiten	-	Voldoende	Nee	Nee	Na 23 tot 27min	Nee
SP Fire 105:1994	SP AR 1992:64	6,7	6	4	0,5m	-	2MW	60liter heptaan	3	buiten	Temperatuur en stralingsflux	Voldoende	Nee	Niet heel accuraat	Ca. 15min tot de gasfles leeg is	Nee
ÖNORM B 3800-5:2013	OIB Richtlijn 2:2011	6	5	3	Niet gespecificeerd	1,5	Onbekend	Houtkrib van 0,5x0,5x0,5m	1	binnen/ weersonafhankelijk	Waarneming	Onbekend	Nee	Niet heel accuraat	Na 30min	Nee
Nieuwe Europese wet	In ontwikkeling	7,5	5,5	3,5	0,3m	1,5	≥1 MW	Houtkrib 350kg	2	binnen/ buiten	Temperatuur	Goed	Ja zeer duidelijk	Niet heel accuraat	60min tot max 15 uur	Ja (welke nog niet duidelijk)

Bijlagen 3: Resultaten MCA

			NEN-EN 13823: 2020 (SBI-test)			BS 8414-1:2020 en -2:2020			DIN4102-20:2017			LEPIR-2			ISO 13785-1:2002			ISO 13785-2:2002			SP Fire 105:1994			ÖNORM B 3800-5:2013			Nieuwe Europese wet
Testmethode	Weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging	Score	*weging
Testcriteria	3	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	-2	-6	-2	-6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
Hoogte	3	-2	-6	2	6	1	3	1	3	1	3	-2	-6	1	3	2	6	1	3	2	6	1	3	2	6	1	3
Breedte	2	-2	-4	1	2	1	2	2	4	2	4	-2	-4	1	2	2	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Dikte proefstuk	3	-2	-6	-2	-6	2	6	2	6	2	6	-2	-6	-2	-6	2	6	-2	-6	1	3	1	3	1	3	1	3
Vorm testopstelling	2	1	2	2	4	2	4	-2	-4	1	2	1	2	1	2	-2	-4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Brandvermogen	3	-2	-6	2	6	1	3	2	6	2	6	-2	-6	2	6	2	6	-2	-6	2	6	-2	-6	2	6	2	6
Warmtebron	1	2	2	-2	-2	1	1	-2	-2	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Brandkamer en gevelopeningen	3	-2	-6	1	3	1	3	2	6	2	6	-2	-6	1	3	2	6	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Testlocatie	2	2	4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	2	4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Herhaalbaarheid	3	2	6	1	3	1	3	-2	-6	-2	-6	-2	-6	-2	-6	2	6	-2	-6	1	3	1	3	1	3	1	3
Conditionering	1	2	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	1	1	1	1	1	1	1	1	-2	-2	2	2	2	2	2	2
Locatie naden	1	-2	-2	1	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Brandende deeltjes	1	1	1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Testduur	1	-2	-2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	-2	-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Geldigheidsgebied	2	2	4	2	4	1	2	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4	-2	-4
Resultaten			-5		21		24		7		-38		-11		-11		28		-4		-4		-4		-4		45



PRAKTIJKONDERZOEK OP DE HAN

Rapportage van het praktijkonderzoek

31 maart 2023

Bijlage 9

F. Verbrugge en M. Diks

634178

617365

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Werkplan experimenteel vooronderzoek- beplanting.....	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Omschrijving	4
2.3	Vorbereidingen	5
2.4	De uitvoering	6
3	Verzamelde data.....	8
4	Data-analyse	9
4.1	Kalanchoë	9
4.2	Zilverblad	9
4.3	Herfstaster	10
5	Conclusie.....	11
6	Discussie	12
7	Hypothese voor het SBI-onderzoek	13
8	Literatuur	14
8.1	Figurenlijst	14
8.2	Bibliografie.....	14



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Er komen steeds meer groene gevels die veel voordelen hebben voor de omgevingen, zo gaan ze onder andere hittestress tegen en dragen ze bij aan een gezondere leefomgeving. Deze voordelen gaan alleen op als ze goed onderhouden worden en dus gezond zijn. Als dit niet het geval is, zal er een 'dode' gevel kunnen ontstaan. Naast het feit dat dit geen fraai gezicht geeft, zou het mogelijk ook een negatief effect kunnen hebben op de brandveiligheid door de lagere vochtpercentages in de planten en de grond. Om het onderzoek naar de brandveiligheid van groene gevels, wat vooral gebaseerd is op literatuur, te versterken zullen er meerdere praktijkonderzoeken uitgevoerd worden. Twee van deze praktijkonderzoeken worden in dit document toegelicht. Voor deze onderzoeken zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

“Wat is het effect van het vochtgehalte in combinatie met de plantensoort op het brandgedrag van de planten?”

De reden dat zowel het vochtgehalte van de planten, enkele plantensoorten en het effect van de brandvertrager in het gevelsysteem worden onderzocht, is dat alle drie de onderdelen een belangrijk aspect zijn van een groene gevel. Zo wordt een groene gevel vaak voorzien van verschillende planten soorten en is het vochtgehalte van de planten afhankelijk van het onderhoud.

1.2 Doel

Doel vooronderzoeken planten

Bij dit vooronderzoek zullen er diverse plantensoorten met verschillende vochtpercentages getest worden. Hierdoor kan het effect van vocht op het brandgedrag onderzocht worden en kan er een beeld gevormd worden van wat de beplanting zal gaan doen tijdens de SBI-test. Het experiment zal dan ook als doel hebben om een onderbouwde hypothese te vormen voor de SBI-tests.

1.3 Leeswijzer

Dit document start in hoofdstuk 2 met een plan van aanpak voor het praktijkonderzoek naar het effect van de verschillende plantensoorten. De onderzoeksresultaten zullen in hoofdstuk 3 aanbod komen welke in hoofdstuk 4 wordt gevolgd door een data-analyse. In hoofdstuk 5 zal er middels een conclusie antwoord gegeven worden op de onderzoeksvraag, in hoofdstuk 6 zal er gediscussieerd worden over de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten. In hoofdstuk 7 wordt er een hypothese opgesteld voor het praktijkonderzoek welke de SBI-testen betreft. Tot slot volgt in hoofdstuk 8 de gebruikte literatuur. De begrippenlijst is te vinden in bijlage 1.



2 Werkplan experimenteel vooronderzoek- beplanting

2.1 Inleiding

Experiment

Voordat de SBI-testen uitgevoerd gaan worden, zullen er kleinschalige experimenten gedaan worden op de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN) om vooronderzoek te doen naar het brandgedrag van planten. Hier zullen, onder begeleiding van een docent, kleine brandtesten gedaan worden met verschillende planten- en grondsoorten. Deze onderzoeken zijn ter voorbereiding en indicatie van de afstudeerders om het brandgedrag te onderzoeken. Vanuit dit vooronderzoek zal een uitgebreide hypothese opgesteld worden, om de SBI-tests goed te kunnen evalueren.

Doel

Voordat de SBI-testen uitgevoerd worden, zal de brandbaarheid en het brandgedrag van planten getest worden. Dit zal gedaan worden door 30 seconden een vlam bij het materiaal te houden en te observeren wat er met het materiaal gebeurt. Bij dit experimentele vooronderzoek zullen de planten en grondsoorten die getest gaan worden diverse vochtgehaltes bevatten. Hierdoor kan het effect, van het verschil in vochtpercentage, op het brandgedrag onderzocht worden en kan er een beeld gevormd worden wat de beplanting zal gaan doen tijdens de SBI-testen. Het experiment zal dan ook als doel hebben om een onderbouwde hypothese te vormen voor de SBI-testen.

Hypothese

De onderzoeksvraag die er beantwoord zal worden luidt als volgt:

“Wat is het effect van het vochtgehalte in combinatie met de plantensoort op het brandgedrag van de planten?”

De verwachting is dat de planten allemaal bruin worden door het vuur, maar dat er wel een verschil is tussen de zeer vochtige planten en de uitgedroogde planten. De uitgedroogde planten zullen verder afgebrand zijn en sneller branden. Bij de vochtige planten en de plantensoort met dikkere bladen zal meer rook ontstaan dan bij de planten die uitgedroogd zijn. De dunnere bladeren bij bepaalde plantsoorten zullen sneller verbranden doordat er minder massa zit in het blad. Er wordt verwacht dat alle planten die getest worden zelfdovend zijn.

2.2 Omschrijving

Om een goede hypothese te kunnen formuleren voor de SBI test, is achtergrondinformatie nodig. Door een test uit te voeren is het mogelijk om een goed onderbouwde hypothese te schrijven voor de SBI-test. De test zal uitgevoerd worden op de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN) onder begeleiding van een docent. Peutz kan deze test ook faciliteren, maar wegens de verhuizing van het Laboratorium voor Brandveiligheid is dit niet mogelijk binnen de gewenste tijd. Dit is de reden dat de HAN haar ruimte en faciliteiten beschikbaar stelt voor de experimenten.

Vanuit veiligheidsoverwegingen van de hogeschool is het niet mogelijk om dit experiment binnen uit te voeren. Dit heeft als nadeel dat de test niet geconditioneerd kan worden, hierdoor zal de test beïnvloed worden door de weersomstandigheden zoals wind, temperatuur en luchtvochtigheid. Daarentegen zullen de groene gevels, die getest gaan worden in het Laboratorium voor Brandveiligheid van Peutz, op de buitengevel van een gebouw geplaatst worden onder soortgelijke weersomstandigheden. Hierdoor zullen deze weersomstandigheden tijdens het experiment een realistische weergave zijn van de uiteindelijke toepassing van de groene gevel. Dit experiment is een kleinschalige test waardoor de test vaker kan worden uitgevoerd onder diverse omstandigheden.



Het plan is om meerdere brandtesten uit te voeren met verschillende plantensoorten en verschillen in het vochtgehalte. De plantensoorten die getest gaan worden (inclusief beredenering waarom hiervoor gekozen is) zijn: Zilverblad (relatief droge plant), Kalanchoë (vochtvasthoudende plant) en Herfstaster (gemiddelde vochtvasthoudende plant). Van elke plantensoort zullen er drie planten getest worden, één plant zal in de oven gedroogd worden, twee plant zullen geconditioneerd worden. Voor aanvang van de test zullen alle planten buiten gepositioneerd worden, waarna er gedurende 30 seconden een propaanbrander op de plant gericht worden. Hierdoor kan er gekeken worden naar het brandgedrag in verhouding tot het vochtgehalte van de plant.

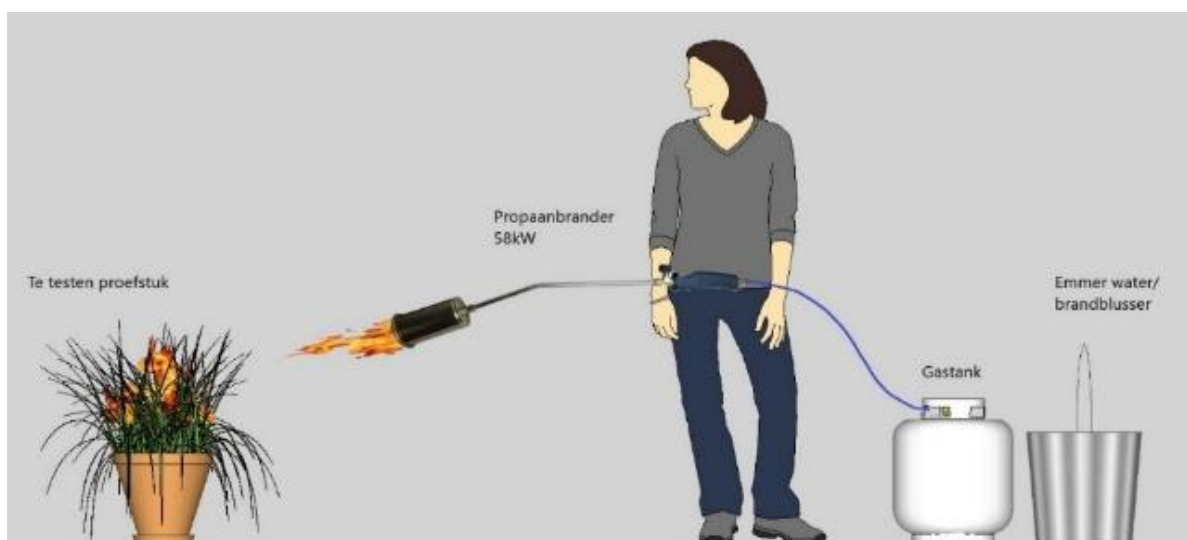
2.3 Voorbereidingen

Benodigheden

- 3 Stuks Kalanchoë (waarvan 1 gedroogd)
- 3 Stuks Herfstaster (waarvan 1 gedroogd)
- 3 Stuks Zilverblad (waarvan 1 gedroogd)
- Propaanbrander met gasfles
- (Brand)veiligheidskleding, schoenen, veiligheidsbril en mondkmaskers
- Camera en statief
- Warmtecamera
- Stopwatch
- Weegschaal
- Oven
- Emmer
- Blusmiddelen (een emmer met water en een branddeken)
- Stenen voor een kleine testopstelling

Voorbereiding

Voor het proefonderzoek gaan er meerdere planten getest worden. Drie planten zullen gedroogd worden in de oven en zes andere planten zullen op kamertemperatuur gehouden worden met een gemiddelde vochtigheidsgraad van 50%. De 2 conditioneringen van de proefstukken zijn bepaald aan de hand van wat er bij de SBI-testen getest gaat worden zodat gelijke omstandigheden gecreëerd worden. De testopstelling zoals in figuur 1 is weergegeven zal nagebouwd worden bij aanvang test.



Figuur 1 Testopstelling HAN (Verbrugge, 2022)

Werkwijze voorbereiding

1. Nummer alle planten, weeg ze en noteer het gewicht in een tabel.
2. Zes stuks planten laten conditioneren op locatie.
3. Drie stuks planten op 65°C in de oven drogen (ongeveer 12 uur).
4. Alle planten zullen na stap 3 t/m 5 opnieuw gewogen worden om het verschil in gewicht te meten, dit verschil is het verschil in vochtgehalte dat zich in de plant en het substraat bevindt.
5. Noteer het gewicht van alle planten in de tabel.
6. Verzamel de benodigdheden voor het experiment.
7. Weeg een lege emmer, hier zal straks het proefstuk en kleine gevallen delen in gewogen worden.
8. Pak de stenen en maak een hoekopstelling.
9. Markeer de locatie waar de persoon met de brander gaat staan zodat de locatie bij elke test hetzelfde is.
10. Zet het statief met de camera zo neer dat het proefstuk en een deel van de omgeving zichtbaar is.
11. Pak de warmtecamera en test of deze naar behoren werkt.
12. Neem alle veiligheidsmaatregelen (zie kop 'veiligheid').
13. Pak de brander en test of de brander naar behoren werkt.
14. Controleer of de testopstelling klopt met de schematische testopstelling.

2.4 De uitvoering

Werkwijze uitvoering

1. Controleer of alle voorbereidingen getroffen zijn.
2. Breng de eerste plant naar de testlocatie.
3. Zorg ervoor dat de brander altijd even ver 'open' staat zodat er altijd even veel vermogen uit komt.
4. Persoon 1 houdt de brander voor de plant en zorgt ervoor dat dit een vaste afstand is.
5. Persoon 2 maakt foto's met de warmte camera en telefoon en zet de timer.
6. Start de camera opname.
7. Pak een telefoon en zet een timer aan op 30 seconden.
8. Tel af van 3 naar 0, persoon 1 zet de brander aan en persoon 2 drukt op hetzelfde moment op de startknop van de timer.
9. Persoon 2 maakt foto's met telefoon en warmtecamera tijdens de test.
10. Persoon 1 zet de brander uit na 30 seconden.
11. Observeer goed wat er gebeurt met de beplanting, hou bij hoelang het duurt voordat het vuur gedoofd is.
12. Maak foto's van het proefobject nadat deze uitgebrand is.
13. Stop de camera opname als het beeld niet meer verandert.
14. Controleer met de warmtecamera of het proefstuk op te pakken is.
15. Zet het proefstuk in een lege emmer en weeg het proefstuk.
16. Noteer alle bevindingen in de tabel van hoofdstuk 4.
17. Vergelijk de resultaten met de testresultaten van de andere proefstukken.

Herhaal stap 2 tot en met 16 met alle testobjecten.



Veiligheid

- Alle mensen die betrokken en aanwezig zijn bij het experiment zullen brandveilige kleding, een veiligheidsbril en veiligheidsschoenen dragen.
- Ten alle tijden zal er een emmer water en een brandblusser binnen hand bereik zijn.
- Er zal een bevoegde docent aanwezig zijn tijdens het experiment.
- Brander en oven kunnen gebruikt worden volgens de gegeven instructies.
- Bij extreme rookvorming zullen er mondklappers gebruikt worden die door de HAN beschikbaar gesteld worden.

3 Verzamelde data

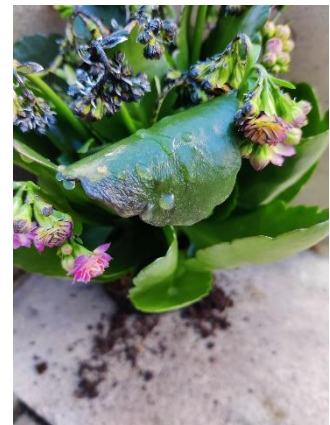
Type	Nummer	Startgewicht [kg]	Droog gewicht [kg]	Gewichtsafname [%]	Gewicht voor de test [kg]	Gewichtsverlies tijdens de opslag [%]	Gewicht na het verbranden [kg]	Verbrande biomassa [%]	Brandduur [s]	Gewicht na het verbranden met booster [kg]	Verbrande biomassa na booster [%]	Brandduur na booster [s]
Kalanchoë	1.1	0,337	0,176	48%	0,155	12%	0,133	14%	1	-	-	
Kalanchoë	1.2	-	-	-	0,335	-	0,315	6%	0	0,231	27%	0
Kalanchoë	1.3	-	-	-	0,321	-	0,298	7%	0	0,189	37%	3
Zilverblad	2.1	0,292	0,105	64%	0,108	-3%	0,063	42%	14			
Zilverblad	2.2	-	-	-	0,285	-	0,274	4%	3	0,139	49%	5
Zilverblad	2.3	-	-	-	0,445	-	0,392	12%	0	0,220	44%	0
Herfst Aster	3.1	0,308	0,153	50%	0,138	10%	0,117	15%	4	-	-	
Herfst Aster	3.2	-	-	-	0,704	-	0,663	6%	5	-	-	
Herfst Aster	3.3	-	-	-	0,479	-	0,441	8%	0	-	-	
Herfst Aster	3.4	-	-	-	0,451	-			0	0,355	21%	1

4 Data-analyse

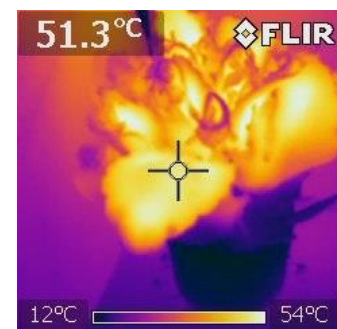
4.1 Kalanchoë

Testobjecten 1.2 en 1.3 zijn beide in gezonden toestand getest dit betekent dat er relatief veel vocht in de bladeren zat en de planten volop in bloei waren. Dit was ook terug te zien in het brandgedrag, zo bleek dat de plant niet in staat was zelfstandig te branden tijdens en na de eerste blootstelling aan de brander. Gedurende deze tijd verwelkte de bloemen en begonnen de bladeren die zich het dichtst bij de brander bevonden te verkleuren. Nadat de brander was uitgeschakeld bleek ook dat de bladeren gingen “zweten” (figuur 4) hieruit bleek dat de bladeren dusdanig veel vocht bevatten dat eerst het vocht uit de bladeren moet verdampen/ zweten totdat ze in staat zijn te branden. Nadat de planten opnieuw werden blootgesteld aan de brander, ditmaal met de booster, bleek alleen testobject 1.3 in staat te zijn om zelfstandig te branden zei het voor slechts 3 seconden. Doordat de bladeren waaruit het vocht verdampt was zijn gaan hangen zag men ook dat de onderste bladeren beschermd werden tegen het vuur dat van bovenaf kwam. Tevens viel op dat de gehele planten en grond verhit werden en de warmte bleven vasthouden. Gedurende enkele minuten bleven de testobjecten een temperatuur van circa 50°C houden (figuur 5).

Testobject 1.1 was een gedroogde plant, welke zich gedroeg naar verwachting. Zo begon de plant al vrij snel mee te branden tijdens de blootstelling aan de brander nadat de brander was uitgeschakeld brandde het testobject slechts 1 seconden door. Het vermoeden is dat het vuur doofde door het gebrek aan brandstof aangezien een groot deel van de plant al was verbrand gedurende de blootstelling aan de brander. De onderdelen die het langste de temperatuur vast hielden waren de grond en de steeltjes van de plant, vermoedelijk omdat deze nog vocht bevatten.



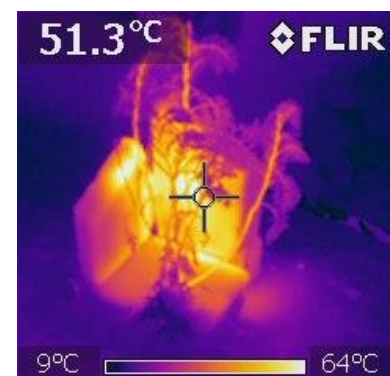
Figuur 2 Kalanchoë gaat zweten.



Figuur 3 Bladeren van de Kalanchoë zijn volledig opgewarmd.

4.2 Zilverblad

Testobjecten 2.2 en 2.3 zijn getest in gezonde toestand. Beide zijn in verhouding met de andere testobjecten relatief groot. In eerste instantie is testobject 2.3 getest met de brander op dezelfde hoogte als bij de andere testobjecten, dit hield in dat de brander op slechts een derde van de hoogte van de plant kwam. Dit bleek nauwelijks tot geen effect te hebben op de plant waarna de locatie van de brander is veranderd zodat deze bijna boven de plant werd gehouden (dit is vergelijkbaar met de locatie van de brander bij de andere testobjecten). Nadat de testobjecten waren blootgesteld aan de brander bleek slechts testobject 2.2 na te branden, dit was slechts een kleine vlam die na 3 seconden weer gedoofd was. Omdat de “normale” brander nauwelijks effect had op de planten (slechts enkele bladeren zijn weggebrand) zijn de testobjecten 2.2 en 2.3 nog eens getest maar dan met de brander ingesteld op de booster. Hierbij zijn wel meer bladeren weggebrand maar nog steeds niet allemaal. Nadat de testobjecten waren blootgesteld aan de booster was testobject 2.3 nog altijd niet in staat om zelfstandig te branden, testobject 2.2 brandde slechts voor 5 seconden. Volgens de warmte camera bleven de dikke stelen van de plant lang warm ondanks dat deze geen zichtbare schade hadden (figuur 6). Tevens vond er nauwelijks rookvorming plaats. De verbrande bladeren vielen wel van de plant af maar deze zouden waarschijnlijk geen gevaar vormen aangezien deze bijna meteen afkoelde en in as veranderden.



Figuur 4 Stelen van het Zilverblad blijven lang warm.



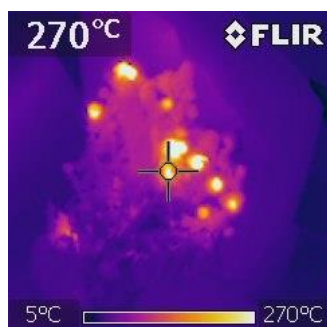
Testobject 2.1 is voor het experiment gedroogd. Gedurende de blootstelling aan de brander, brandde de plant behoorlijk mee (figuur 7). Na het uitschakelen van de brander bleef het testobject nog zo'n 14 seconden zelfstandig branden. Ook was er meer rook vorming en is de top van de plant (de bladeren en de dunnere stengels) volledig weg gebrand. De dikkere stelen die zich dicht bij de kluit bevinden leken onaangetast maar bleven volgens de warmte camera wel het langste warm, het vermoeden is dat hier nog vocht in zat.



Figuur 5 Het gedroogde Zilverblad brand mee.

4.3 Herfstaster

Van de Herfstaster waren er 4 testobjecten (3.1 t/m 3.4). Testobject 3.4 is als eerste getest om de testopstelling te controleren, aangezien bij dit testobject een andere testopstelling is toegepast worden de resultaten van dit testobject als niet valide beschouwt.

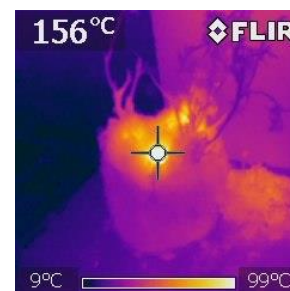


Figuur 6 Warmtebeeld van de Herfst Aster

Testobjecten 3.2 en 3.3 zijn getest in gezonde maar wel uitgebloeide toestand, de bladeren en de bloemen waren wel aanwezig maar de bloemen waren ten tijde van het experiment al wel uitgebloeid. Beide testobjecten zijn gedurende de blootstelling aan de brander niet zelfstandig gaan branden, ook na het uitschakelen van de brander waren er geen vlammen zichtbaar. Wel bleef testobject 3.2 gedurende 5 seconden extreem na gloeien en roken waardoor nog enkele onderdelen van de plant zijn verschroeid. Beide testobjecten vormden veel rook en lieten middels de warmte camera zien dat vooral de uitgebloeide bloemen lang warm bleven en doorgloeide, terwijl de rest van de plant al aan het afkoelen was (zie figuur 8).

Testobject 3.1 is voor het experiment gedroogd, ook bij deze plant waren de bloemen al uitgebloeid. Gedurende de blootstelling aan de brander bleek testobject 3.1 mee te branden, na het uitschakelen van de brander doofde het vuur na 4 seconden. Ondanks de afwezigheid van de vlammen bleek de plant nog zeker 8 seconden roodgloeiend waardoor het testobject nog verder werd aangetast. Het vermoeden is dat de vlammen binnen 4 seconden doofden door het gebrek aan brandstof.

Opvallend bij dit testobject is dat het substraat ruim 8 minuten warm blijft terwijl de rest van de plant al aan het afkoelen is (aldus de warmte camera, figuur 9). Op sommige momenten was zelfs te zien dat het substraat zelf aan het gloeien was, hierdoor is het vermoeden ontstaan dat het substraat zelfstandig zou kunnen gaan branden wanneer deze langer blootgesteld was geweest aan de brander.



Figuur 7 Warmtebeeld droog substraat Herfstaster

5 Conclusie

De eerste onderzoeksvraag die beantwoord zal worden luidt als volgt:

“Wat is het effect van het vochtgehalte in combinatie met de plantensoort op het brandgedrag van de planten?”

De gestelde hypothese:

De verwachting is dat de planten allemaal bruin worden door het vuur, maar dat er wel een verschil is tussen de zeer vochtige planten en de uitgedroogde planten. De uitgedroogde planten zullen verder afgebrand zijn en sneller branden. Bij de vochtige planten en de plantensoort met dikkere bladen zal meer rook ontstaan dan bij de planten die uitgedroogd zijn. De dunnere bladeren bij bepaalde plantsoorten zullen sneller verbranden doordat er minder massa zit in het blad.

Er wordt verwacht dat alle planten die getest worden zelfdovend zijn.

Het onderzoeksresultaat:

In zekere zin is klopt de gestelde hypothese. De gedroogde planten branden sneller en beter dan de niet gedroogde planten. Wanneer de planten gedroogd zijn blijkt er eigenlijk geen verschil in het brandgedrag te zitten tussen de plantensoorten. Bij de gezonde planten bleek dat de planten geen van allen echt ging branden en als ze wel zelfstandig konden branden was het vuur in enkele seconden gedoofd. Hieruit is op te maken dat hoe hoger het vochtpercentage is hoe minder goed een plant brandt. Ook bleek dat planten met dikke en vochtige bladeren zoals in testopstelling 1.2 en 1.3 eerst het vocht uit de bladeren moest verdampen/ zweten voordat de plant ook maar een beetje kon verbranden. Opvallend was dat met name de dode bloemen van een plant bleven nagloeien en langer warm bleven dan de overige delen van een plant. Dit zou kunnen betekenen dat niet zozeer de planten een risico vormen voor de brandveiligheid van een gevel maar eerder de uitgebloeide bloemen. Om hier zeker van te zijn zal er meer onderzoek gedaan moeten worden naar het brandgedrag van verschillende plantensoorten met zowel bloeiende als uitgebloeide bloemen.

6 Discussie

Er zijn enkele punten in dit onderzoek die verbeterd zouden kunnen worden om de betrouwbaarheid van de testgegevens te vergroten. De huidige testopstelling was buiten waardoor de testomstandigheden niet geconditioneerd waren, dit heeft enkele keren invloed gehad op het verloop van het experiment (extra zuurstof toevoer door de wind en het voortijdig afbreken van de test in verband met neerslag).

De opbouw van de hoekopstelling bestond uit 3 grote stenen blokken (kalkzandsteenblokken en betontegels) deze ondergrond was niet egaal en niet groot genoeg waardoor er materiaal verloren is gegaan tijdens de test wat dan ook niet meegewogen is. Hetzelfde geldt voor het substraat verlies gedurende het transport. Door deze factoren, die meespelen in de gewichtsafname, is de bepaling van de vochtafnamen en de hoeveelheid brandbare biomassa niet betrouwbaar.

Doordat de brander handmatig is aangestuurd, zowel met instellen van het vermogen als het bepalen van de locatie van de brander, zullen er verschillen zijn in de testopstelling waardoor niet alle testobjecten op exact dezelfde manier zijn getest. Tevens was het door beperkte middelen niet mogelijk om het brandvermogen van de brander te bepalen, dit is een erg onzekere factor in het onderzoek waardoor het niet mogelijk is om harde gegevens aan dit onderzoek te koppelen.

Wanneer men onderzoek gaat doen naar planten zijn er altijd nog de variabelen vanuit de plant zelf. Men kan wel dezelfde plantensoort onderzoeken maar veelal zullen de planten onderling van elkaar afwijken qua opbouw, cellenstructuur, vochtgehalte etc. dit komt omdat het een levend organisme betreft. Dit zal altijd een onzekere factor zijn in het onderzoek naar de brandveiligheid van groene gevels.

Tijdens het praktijkonderzoek is er gebruik gemaakt van een warmtecamera om zo aan te tonen welke onderdelen het langste warm bleven en een gevaar kunnen vormen voor de brandveiligheid. Het nadeel van deze warmte camera was dat deze een meetbereik had tot 270°C, tijdens het onderzoek werd deze temperatuur regelmatig bereikt waardoor de gemeten waardes mogelijk nog veel hoger lagen dan dat er gemeten kon worden.



7 Hypothese voor het SBI-onderzoek

Op 8 december zal er een SBI-test worden gedaan om het brandgedrag van groene gevels verder te onderzoeken. De resultaten vanuit het hierboven genoemde onderzoek dienen als voorbereiding op de SBI-test. Op basis van de gevonden testresultaten is er een hypothese opgesteld voor de volgende onderzoeksvraag:

“Wat is het effect van (gedroogde) beplanting en voedingsbodem op het brandgedrag van groene gevels?”

Naar aanleiding van het praktijkonderzoek dat op 18 november op de HAN is uitgevoerd is de verwachting dat de beplanting en het substraat een positief effect zullen hebben op het brandgedrag van de te testen prototype groene gevelsystemen. De verwachting is ook dat de gedroogde beplanting zal bijdragen in de eerste brandontwikkeling maar al snel zal doven door gebrek aan brandstof. Het gevelsysteem met gezonde beplanting zal minder ver verbranden en zal brandvertragend werken ten opzichte van het gevelsysteem met gedroogde beplanting. Het prototype groene gevelsysteem waarmee getest gaat worden is gemaakt van kunststof zonder brandvertrager wat een lage smelttemperatuur heeft en brandbaar is. Hierdoor is de verwachting dat beplanting uit de modules zal vallen. De laatste test, waarbij enkel de lege modules getest worden, zullen de modules zelfstandig branden waarbij het mogelijk zou kunnen zijn dat er eerder geblust moeten worden uit veiligheidsoverwegingen.

8 Literatuur

8.1 Figurenlijst

Figuur 1 Testopstelling HAN (Verbrugge, 2022)	5
Figuur 2 Kalanchoë gaat zweten.	9
Figuur 3 Bladeren van de Kalanchoë zijn volledig opgewarmd.	9
Figuur 4 Stelen van het Zilverblad blijven lang warm.	9
Figuur 5 Het gedroogde Zilverblad brand mee.	10
Figuur 6 Warmtebeeld van de Herfst Aster	10
Figuur 7 Warmtebeeld droog substraat Herfstaster.....	10

8.2 Bibliografie

- Benefits of green walls.* (2019, 09). Opgehaald van sempergreenwall:
<https://sempergreenwall.com/benefits/>
- Clijsen, L. (2022, 10). Docent materiaalkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. (M. Diks, & F. Verbrugge, Interviewers)
- Dechering, D. (2022, 10 18). Brandveiligheidsengineer bij Peutz. (M. Diks, & F. Verbrugge, Interviewers)
- Hendriks, K. (2017). *Groene daken en gevels voor klimaatbestendigheid*. Opgehaald van Wageningen university & research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Groene-daken-voor-klimaatbestendigheid-.htm>
- Herpen, R. v. (2022, Oktober). Brandveiligheidsengineer. (M. Diks, & F. Verbrugge, Interviewers)
- Rikken, J. (2022, 10 20). Docent materiaalkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- SemperGreen. (2022). Groene gevel beschadigd door brandstichting. *Groene gevel beschadigd door brandstichting*. SemperGreen, Zoetermeer.
- Verbrugge, F. (2022). *SBI testopstelling*.





SBI-TESTEN

Rapportage van het praktijkonderzoek

31 maart 2023

Bijlage 10

F. Verbrugge en M. Diks

634178

617365

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel.....	3
1.3	Hypothese.....	3
1.4	Leeswijzer	3
2	Betrokken partijen	4
2.1	HAN.....	4
2.2	Peutz	4
2.3	Leverancier	4
3	Plan van aanpak	5
3.1	Testomschrijving.....	5
3.2	De voorbereiding	7
3.3	De uitvoering	8
4	Verzamelde data	9
4.1	Voorbereiding op de SBI test	9
4.2	Resultaten uit de SBI.....	10
5	Data-analyse	11
5.1	Beplante modules	11
5.2	Modules met substraat.....	12
5.3	Modules met droge planten	13
6	Conclusie.....	14
7	Discussie	15
8	Literatuurlijst	16
8.1	Figurenlijst	16
8.2	Tabellenlijst.....	16
8.3	Bibliografie.....	16
9	Bijlagen	17



1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Planten zijn levende organismen die continue veranderen en erg afhankelijk zijn van de omgeving waarin ze zich bevinden. Krijgen planten te weinig water of voedingsstoffen? Dan zullen ze op den duur gaan uitdrogen en/of doodgaan. Als de planten goed onderhouden worden, zullen ze daarentegen vol vocht en leven zitten. De vraag die in dit praktijkonderzoek centraal staat is:

“Wat is het effect van (gedroogde) beplanting en het substraat op het brandgedrag van groene gevels?”

1.2 Doel

De SBI-testen worden uitgevoerd in het Laboratorium van Brandveiligheid met als doel om het effect van het vochtgehalte op de brandbaarheid van planten te testen in een groene gevel. De eerste 2 testen zullen de prototype gevelsystemen met gezonde/ gehydrateerde planten zijn. Test drie zal het groene gevelsysteem zijn met planten die gedroogd zijn in de oven, deze bevatten een lager vochtpercentage. Tijdens de laatste test zal het gevelsysteem zonder beplanting getest worden. Door het verschil in vochtpercentages bij de eerste drie testen, kan er kan er geconcludeerd worden wat het effect is van vocht op het brandgedrag van groene gevels. Door het doen van de laatste test kan er geconcludeerd worden of beplanting en het substraat een positief of negatief effect heeft op het brandgedrag van het gevelsysteem.

Daarnaast zal het doel van de leverancier meegenomen worden die prototype gevelelementen beschikbaar stellen voor de SBI-test. Voor hen is het doel om een indicatief testrapport te krijgen waarna geconstateerd kan worden of het prototype gevelsysteem, bij een volledige uitgevoerde SBI-test, zal voldoen aan brandklasse B.

Om beide doelen te behalen zullen 2 van de 4 testopstellingen met gezonde beplanting uitgevoerd worden als een standaard SBI-test voor groene gevels, één test zal met gedroogde beplanting uitgevoerd worden. De laatste SBI-test zal de nulmeting zijn waarbij alleen de modules zonder beplanting getest worden. Zo hebben beide partijen baat bij de testen en het resultaat hiervan.

1.3 Hypothese

Naar aanleiding van het praktijkonderzoek dat op 18 november op de HAN is uitgevoerd is de verwachting dat de beplanting en het substraat een positief effect zullen hebben op het brandgedrag van de te testen groene gevelsystemen. De verwachting is ook dat de gedroogde beplanting zal bijdragen in de eerste brandontwikkeling maar al snel zal doven door gebrek aan brandstof. Het gevelsysteem met gezonde beplanting zal minder ver verbranden en zal brandvertragend werken ten opzichte van het gevelsysteem met gedroogde beplanting. Uit het vooronderzoek is gebleken dat het kunststofsysteem smelt en brandbaar is bij hoge temperaturen, hierdoor zal de beplanting uit de modules vallen. De laatste test, waarbij enkel de lege modules getest worden, zullen de modules zelfstandig branden waarbij het mogelijk zou kunnen zijn dat er eerder geblust moeten worden uit veiligheidsoverwegingen.

1.4 Leeswijzer

Dit document start in hoofdstuk 2 met een overzicht van de betrokken partijen, in hoofdstuk 3 zal het plan van aanpak voor het praktijkonderzoek te vinden zijn. In hoofdstuk 4 vindt men de onderzoeksresultaten en in hoofdstuk 5 zal de data-analyse volgen. In hoofdstuk 6 zal er middels een conclusie antwoord gegeven worden op de onderzoeksvraag gevolgd door een discussie over de betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten in hoofdstuk 7. De gebruikte literatuur is in hoofdstuk 8 te vinden en tot slot staan de bijlagen in hoofdstuk 9.



2 Betrokken partijen

2.1 HAN

Tijdens de afstudeerstage van Fiona Verbrugge en Maaïke Diks zal er onderzoek gedaan worden naar het brand uitbreidingsrisico van groene gevels.

De resultaten zullen gedeeld worden met de HAN ter beoordeling voor de afstudeerscriptie. Hier zal ook een externe beoordelaar bij betrokken zijn die dezelfde resultaten te zien krijgt.

Het onderzoek kan openbaar gemaakt worden als de scriptie beoordeeld wordt met een 7 of hoger en wanneer alle partijen hier toestemming voor geven. Als niet alle partijen toestemming geven kan er in overleg worden gekozen voor het anonimiseren van de gegevens.

2.2 Peutz

Peutz stelt de SBI-testopstelling ter beschikking voor Fiona en Maaïke, om op 1 dag 4 testen uit te voeren in het Laboratorium van Brandveiligheid, ter onderbouwing en versterking van het onderzoek. Binnen het bedrijf zullen de onderzoeksresultaten beschikbaar zijn.

Wat is de bijdrage van Peutz voor dit onderzoek:

- Kennis beschikbaar stellen.
- SBI-testopstelling ter beschikking stellen om 4 tests uit te voeren.

Wat heeft Peutz hieraan:

- Onderzoeksresultaten worden beschikbaar gesteld voor alle medewerkers binnen Peutz. Binnen Peutz mogen deze onderzoeksresultaten gebruikt worden. Deze kennis kan gebruikt worden in vervolg onderzoeken binnen het bureau, het voornaamste doel is kennisdeling. Iedereen heeft een geheimhoudingsverklaring ondertekend, deze kennis blijft dus binnen het bureau.

2.3 Leverancier

De leverancier krijgt de onderzoeksresultaten te zien ter indicatie of hun product mogelijk aan brandklasse B zou kunnen voldoen. Hieraan zal geen officieel certificaat verbonden worden.

Wat is de bijdrage van de leverancier aan dit onderzoek:

- Kennis beschikbaar stellen.
- Prototype groene gevelelementen ter beschikking stellen voor de testen.

Wat heeft de leverancier hieraan:

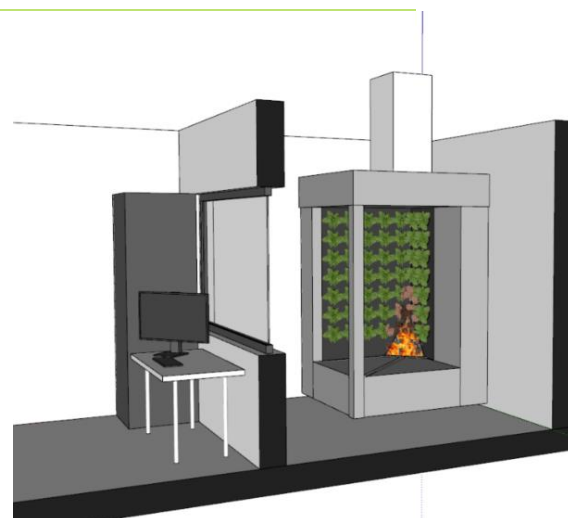
- Onderzoeksresultaten worden beschikbaar gesteld.
- Vanuit deze resultaten kan een indicatie gegeven worden of het prototype gevelsysteem zonder brandvertrager zou kunnen voldoen aan brandklasse B.



3 Plan van aanpak

3.1 Testomschrijving

Een brandclassificatie kan verkregen worden voor een materiaal door een Single Burning Item (SBI) test uit te voeren, hiermee wordt een beginnende prullenbakbrand nagebootst. De SBI-tests worden uitgevoerd volgens de NEN-EN 13823. Met deze testopstelling kan een materiaal of een samengestelde opbouw van een wand of gevel getest worden. In figuur 1 is een perspectieftekening weergegeven van de testopstelling. Alle vier de testen zullen in dezelfde opstelling uitgevoerd worden. De eerste twee testen zullen uitgevoerd worden met een gevelsysteem waar gezonde en goed gehydrateerde planten in leven. Deze wordt vervolgd door een test met hetzelfde systeem met gedroogde planten die een slecht onderhouden gevel nabootsen. De laatste test zal een test zijn waarin de lege modules getest worden, hier zitten geen planten of substraat in.



Figuur 1 Perspectief van testopstelling, ontworpen door Fiona Verbrugge (Verbrugge, 2022)

3.2 De tests:

Test 1 en 2 zijn groen gevelsystemen met geconditioneerde beplanting, normaal vochtpercentage.

Test 3 is een groen gevelsysteem met beplanting die (uit)gedroogd is, laag vochtpercentage.

Test 4 is een groen gevelsysteem zonder beplanting.

Voordat er een proef gedaan kan worden, moet het te testen materiaal geconditioneerd worden.

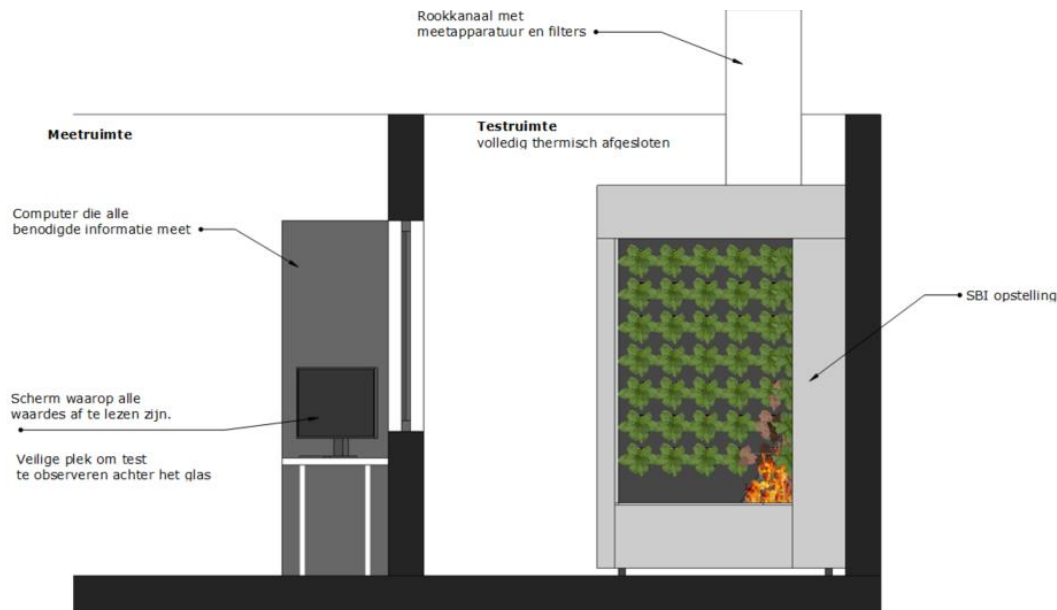
Het conditioneren van een materiaal betekent dat het proefstuk het evenwichtsvocht gehalte bereikt.

Dit betekent dat het proefstuk een constante massa krijgt en er geen fluctuatie meer plaats vinden in het vochtpercentage en gewicht. Dit kan worden gedaan in een conditioneringsruimte die de beoogde temperatuur en luchtvochtigheid heeft, vaak is dit 20°C en heeft de ruimte een luchtvochtigheid van 50%. De proefstukken van test 1 en 2 zullen bij de leverancier gehouden worden om ze daar te conditioneren. Het proefstuk van test 3 zal in een oven gedroogd worden om een testopstelling te creëren met een laag vochtgehalte. Test 4 bevat geen conditioneringseisen doordat het een kunststof materiaal is wat nauwelijks vocht opneemt.

De SBI-test heeft een L-vormige opstelling met een hoekbrander van 30,7kW op een verrijdbare trolley. Deze opstelling is verrijdbaar gemaakt zodat het in en uit de testruimte gereden kan worden voor het op- en afbouwen van de testopstelling. De hoek bestaat uit een brede vleugel van 1 meter breed en een zijvleugel van 0,5m breed onder een hoek van 90°, beide elementen zijn 1,5m hoog. Na het bevestigen van het montagesysteem en het gevelsysteem, zal de trolley de testruimte in gereden worden en recht onder het afzuigkanaal worden gepositioneerd.

In figuur 2 op de volgende pagina is de schematische weergave van de testopstelling te zien inclusief de belangrijkste benamingen.





Figuur 2 SBI-testopstelling, ontworpen door Fiona Verbrugge (Verbrugge, 2022)

In de afzuiging zitten sensoren waarmee bepaalde waarden gemeten kunnen worden. De volgende onderdelen kunnen gemeten worden:

- Warmteafgifte (wordt bepaald op basis van zuurstof gebruik)
- Rookproductie (wordt bepaald op basis van de demping van het licht door de verbrandingsgassen)
- Vlamverspreiding
- Het ontstaan van (vallende) brandende druppels of deeltjes

Voor aanvang van de test is het belangrijk om de volgende waardes te controleren:

- De lichtdoorlaatbaarheid moet op 1,000 staan.
- Het temperatuurverschil tussen de drie thermokoppels mag maximaal 3°C zijn.
- De zuurstofwaarde (O_2) moet 20,95 zijn.



3.3 De voorbereiding

Benodigdheden

- SBI-testopstelling
- 1 Testobject (9 modules) zonder beplanting (400x400mm)
- 3 Testobject (27 modules) met beplanting (Bergenia) (400x400mm)
- 6x montage beugels voor het gevelsysteem
- Conditioneringsruimte
- Oven
- Weegschaal
- 8 Promatect platen van 12 mm dik
- 100 verzinkte platkopschroeven 4,0 x 30 mm met bijpassende ringen
- Houtboor 3,0 mm
- Zaag voor het opmaat zagen van de promatect platen
- Rolmaat
- Camera en statief
- Stopwatch

Werkwijze voorbereiding

1. Test 3 en 4: 9 Lege modules en 9 beplante modules zo snel mogelijk ophalen zodat de planten gedroogd kunnen worden.
2. Test 3: Nummer alle modules en weeg ze en noteer het gewicht in de tabel.
3. Test 3: Het materiaal zal minimaal 10 uur in een oven van 65°C geplaatst worden, hierdoor zal zo goed als al het vocht uit de planten en het substraat verdampen en blijft het droge substraat en beplanting over.
4. Test 3 Weeg de planten opnieuw en noteer het gewicht.
5. Test 3: Bereken de gewichtsafname van de gedroogde modules.
6. Test 3: Controleer of het percentage van de gewichtsafname van alle modules gelijk is.
7. Test 1 en 2: Beplanting zo laat mogelijk ophalen bij de leverancier zodat het materiaal in de kas van de leverancier geconditioneerd kan worden.
8. Test 1, 2 en 4: Nummer alle modules
9. Test 1, 2 en 4: Weeg alle modules en noteer het gewicht in de tabel (tabel is te vinden in bijlagen 3).
10. Zorg ervoor dat 2 dagen voor de test alle benodigdheden op locatie zijn.
11. Zaag de promatect platen op maat.
12. Bevestig het montage systeem van op de promatect platen.
13. Klem de promatect platen met het montagesysteem in de testopstelling van de SBI.
14. Controleer dat er geen naden of kieren zijn in de test opstelling. Als de modules kleiner zijn dan de volledige testopstelling, zullen de open delen dichtgezet worden met promatect platen.



3.4 De uitvoering

Werkwijze uitvoering

1. Neem veiligheidsmaatregelen en zorg dat er een deskundige vanuit het bedrijf aanwezig is. Hij/zij is verantwoordelijk voor het uitvoeren van de test en het waarborgen van de veiligheid.
2. Zorg ervoor dat alle benodigdheden aanwezig zijn.
3. Zet de modules op volgorde van nummering in de testopstelling van onder naar boven.
4. Maak foto's van het proefstuk.
5. Rij de trolley van de SBI-testopstelling de testruimte in.
6. Zorg dat de testruimte goed afgesloten wordt.
7. Controleer of alle waarden van de computer overeenkomen met de gevraagde startwaarden.
8. Zet een camera neer en start de video opname.
9. Voer de SBI test uit.
10. Blus het proefstuk niet (tenzij dit vanuit veiligheidsoverwegingen vereist is), zet een stopwatch om te zien hoelang het duurt voordat het materiaal zichzelf dooft nadat de brander uit is gegaan. Indien dit langer duurt dan 5 minuten mag er gestart worden met blussen.
11. Haal de trolley uit de testruimte.
12. Maak foto's van de opstelling na de test.
13. Weeg het gewicht van de modules.
14. Noteer de gegevens in [tabel 1 in hoofdstuk 4](#).
15. Maak de testopstelling schoon.
16. Herhaal stap 3 tot en met 15.

Na afloop van de test zullen de resultaten verwerkt worden in een verslag en zal er een conclusie geschreven worden over de test. De resultaten zullen ook worden besproken met de leverancier.



4 Verzamelde data

4.1 Voorbereiding op de SBI test

Tabel 1 Overzicht gewichtsaftnamen voor de SBI-testen

Type	Nummer	Startgewicht ¹ [kg]	Droog gewicht [kg]	Gewichtsaftname [%]	Gewicht voor de test [kg]	Gewichtsverlies tijdens de opslag [%]	Totale gewichtsverlies voor de test [%]	Opmerkingen
Module met beplanting	A1	-	-	-	4,82	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A2	-	-	-	4,90	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A3	-	-	-	4,54	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A4	-	-	-	5,76	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A5	-	-	-	4,36	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A6	-	-	-	4,56	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A7	-	-	-	5,82	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A8	-	-	-	5,48	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met beplanting	A9	-	-	-	5,24	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B1	-	-	-	4,24	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B2	-	-	-	4,56	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B3	-	-	-	3,86	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B4	-	-	-	4,36	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B5	-	-	-	4,80	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B6	-	-	-	4,46	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B7	-	-	-	4,20	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B8	-	-	-	4,78	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met substraat	B9	-	-	-	4,36	-	-	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C1	4,04	3,68	9%	3,40	8%	16%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C2	3,02	2,71	10%	2,58	5%	14%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C3	3,30	3,01	9%	2,86	5%	13%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C4	3,21	2,92	9%	2,74	6%	15%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C5	3,49	3,10	11%	2,94	5%	16%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C6	4,39	4,12	6%	3,93	5%	11%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C7	3,13	2,88	8%	2,73	5%	13%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C8	3,49	3,07	12%	2,93	4%	16%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is
Module met gedroogde beplanting	C9	2,89	2,50	13%	2,42	3%	16%	Opstelling is dusdanig vervormd dat deze niet meer te wegen is

¹ Een lege module weegt 0,88kg.



4.2 Resultaten uit de SBI

Tabel 2 Overzicht resultaten van de SBI-testen

Type	Nummer	Gewicht voor de test [kg]	Testduur [s]	Testduur [min]	Warmteafgifte (THR600s) [MJ]	Rookproductie (SMOGRA) [m²s²]	Rookklasse s1/s2/s3	Vlamverspreiding (FIGRA) [W/s]	Brandklasse	Druppelklasse d0/d1/d2
Module met beplanting	A1	4,82	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A2	4,90	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A3	4,54	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A4	5,76	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A5	4,36	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A6	4,56	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A7	5,82	199	3,3	Te korte test duur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A8	5,48	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met beplanting	A9	5,24	199	3,3	Te korte testduur	157	S2	1895	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B1	4,24	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B2	4,56	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B3	3,86	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B4	4,36	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B5	4,80	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B6	4,46	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B7	4,20	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B8	4,78	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met substraat	B9	4,36	236	3,9	Te korte testduur	39,6	S2	2697	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C1	3,40	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C2	2,58	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C3	2,86	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C4	2,74	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C5	2,94	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C6	3,93	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C7	2,73	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C8	2,93	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2
Module met gedroogde beplanting	C9	2,42	69	1,2	Te korte testduur	696	S3	6151	Te hoge waardes voor een klassering	D2

Classification limits			
Fire:	A2/B	C	D
Figra0.2:	<=120		
Figra0.4:		<=250	<=750
THR600:	<=7,5	<=15	
LFS:	<edge	<edge	
Smoke:	s1	s2	s3
Smogra:	<=30	<=180	not s1/s2
TSP600:	<=50	<=200	not s1/s2
Drop./Part.:	d0	d1	d2
flaming droplets/ particles	none	<=10 s	not d0/d1

Figuur 3 Waardes behorende bij de classificatie (Peutz, 2022).



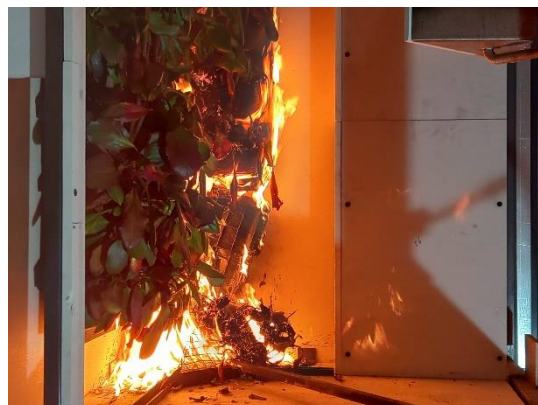
5 Data-analyse

De analyse van het brandgedrag heeft vooral betrekking op de invloed die de beplanting en het substraat hebben. Het brandgedrag tijdens de SBI-testen wordt echter ook beïnvloed door het gevelsysteem. Tijdens deze testen is er een prototype groene gevelsysteem gebruikt, uit het vooronderzoek (bijlage 9) is gebleken dat de modules van dit gevelsysteem uiterst brandbaar zijn. De brandbaarheid van de modules hebben veel invloed op de testresultaten en de interpretatie van de resultaten, hier zal tijdens de analyse rekening mee worden gehouden. De meetgegevens van de testen zijn in [hoofdstuk 4](#) en [bijlagen A t/m I](#) te vinden.

5.1 Beplante modules

De eerste SBI-test die is uitgevoerd is de test met de beplante modules welke goed gehydrateerd waren (figuur 4). Opvallend bij deze test was de snelheid waarmee het vuur zich verticaal verspreidden. Het vuur verspreidde zich met een redelijk hoog tempo naar boven waarbij er relatief veel rook ontstond. De rook werd hierbij waarschijnlijk veroorzaakt door de vochtige planten en het smeltende plastic van de modules. Ondanks de rookontwikkeling bleef de SMOGRA-waarde binnen de norm voor een s2 classificatie.

De twee rijen met modules die zich het dichtste bij de brander bevonden raakten ernstig beschadigd door het vuur. De modules smolten weg waardoor de beplanting met substraat en al uit de module viel. In sommige gevallen begaf de gehele module het en kwam deze los van de montagebeugels waarna deze vielen. De modules die bevestigd waren op de korte vleugel zijn allemaal dusdanig bezweken dat deze van de montagebeugels zijn gevallen. Een mogelijke oorzaak voor het bezwijken van het ophangstelsel is de luchtsponw die zich tussen de modules en de Promatect platen bevond.



Figuur 4 SBI-test met beplanten modules.

De linker rij met modules (op de lange vleugel) bleef bijna onaangetast door de brander. Slechts de naden in het midden waren aan elkaar vast gesmolten. Dit gesmolten materiaal zou ook afkomstig kunnen zijn van de modules in de rechter rij in de lange vleugel.

De test is vroegtijdig afgebroken (na 3,3 minuten) doordat de gevallen modules, meer dan 50 % van de brander bedekten (figuur 5). Na overleg met collega's is er besloten om de tweede test niet hetzelfde uit te voeren als de eerste test omdat de resultaten hetzelfde zouden zijn en dit geen toegevoegde waarde zou hebben.

De beplanting in de modules, die in de tweede test gebruikt zouden worden, zijn afgeknipt. Hierdoor kunnen de modules zonder blad maar inclusief vochtige substraat met wortels, getest worden.



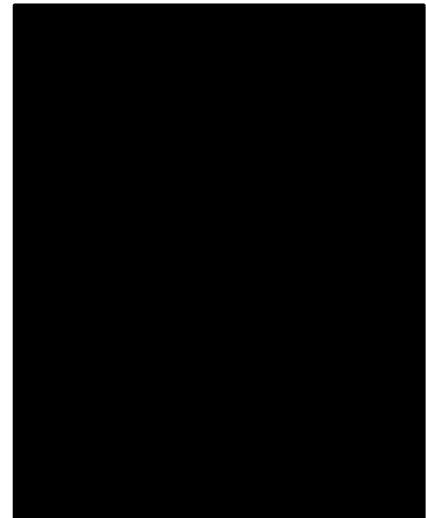
Figuur 5 De modules langs de korte vleugel zijn van het montagesysteem losgekomen en gevallen.



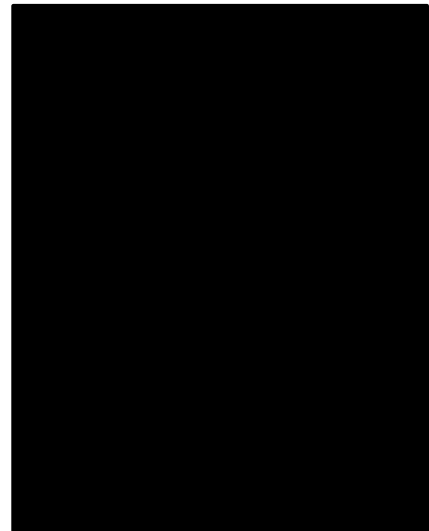
5.2 Modules met substraat

De 2^e SBI-test is uitgevoerd met modules die voorzien zijn van vochtig substraat met plantenresten. Tijdens de test was er een duidelijk verschil te zien met de eerste test. Zo ontstond er veel minder rook (de SMOGRA-waarde lag net te hoog voor een s1 score). Daarnaast ontstond er een duidelijk schoorsteeneffect ter plaatse van de hoek aansluiting (zie figuur 6). Dit zorgde mede voor een veel hogere FIGRA-waarde. Het hoge brandvermogen zorgde voor een snelle vlamverspreiding langs de elementen. Hierdoor zijn de twee rijen met modules die zich het dichtste bij de brander bevinden bijna helemaal van de montagebeugels losgekomen, slechts een element is aan de beugels blijven hangen. De rij met modules op de lange vleugel die het verste van de brander af stonden, zijn op enkele plekken gesmolten maar relatief intact gebleven.

Nadat de brander vervroegd (na 3,6 minuten) was uitgeschakeld doordat de modules meer dan de helft van de brander bedekten, bleef het vuur nog lang en hevig door branden waardoor het vuur lastig te blussen was. Het blussen van het brandende plastic was niet alleen lastig door het vele brandende plastic maar ook door de manier waarop deze was gevallen (zie figuur 7). De modules vormde als het waren een bescherming rond de kern van het vuur waardoor het bluswater lastig bij de bron van de brand kon komen.



Figuur 6 SBI-test met modules gevuld met substraat.



Figuur 7 Gevallen modules zijn uit elkaar getrokken om de brand te kunnen blussen.

5.3 Modules met droge planten

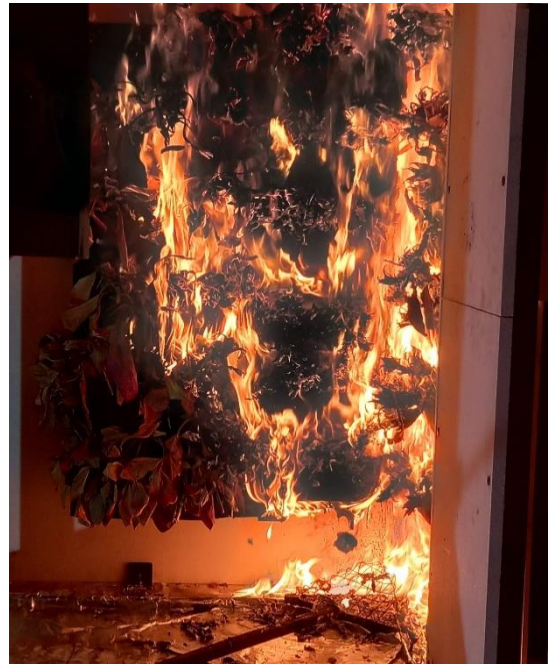
De derde SBI-test die uitgevoerd is, was met gedroogde planten. De modules hebben een gemiddelde massa afname van 14% gehad tijdens het drogen, dit gewichtsverlies komt vooral door de vochtafname.

Nadat de brander was aangezet en naar testopstelling was omgeschakeld, begon de vlam in korte tijd te groeien. De droge bladeren vatten al gauw vlam waarna de vlammen zich op een hoog tempo zowel verticaal als horizontaal verspreidde (zie figuur 8). In de tussentijd begonnen ook de modules te smelten. Hierbij ontstonden vallende brandende deeltjes, deze waren vergelijkbaar met de andere testen. De planten in deze test droegen veel meer bij aan de brandontwikkeling, dit was niet alleen terug te zien in de FIGRA-waarde, maar ook in de wolken hete lucht die ontstonden.

In deze wolken hete lucht waren verbrande plantenresten terug te zien. Iets wat bij de andere twee testen niet waar te nemen was.

De FIGRA-waarde werd in korte tijd zo hoog (over de 6000W/s) dat de test na 69 seconden al afgebroken moest worden, om de apparatuur te beschermen. Doordat de test al zo kort na het starten moest worden afgebroken zijn de modules veel minder ver beschadigd dan in de twee voorgaande SBI-testen. Het blussen van de brand ging ook vele malen sneller dan bij de tweede SBI-test. Dit komt mogelijk door het feit dat een groot deel van de modules voldoende intact zijn gebleven om niet te vallen waardoor er geen grote stapel brandend kunststof ontstond (zie figuur 9). Direct na de eerste aanraking met het bluswater ontstond er een enorme hoeveelheid rook waardoor de SMOGRA-waarde steeg naar $696 \text{ m}^2\text{s}^2$, dit resulteert in de laagste rookklasse s3.

Na deze test is er besloten om de laatste geplande test, zonder beplanting en substraat, te laten vervallen. Het was duidelijk dat het prototype gevelsysteem zeer brandbaar was. Voor de leverancier zouden er genoeg gegevens zijn uit de testen om duidelijk te maken dat het prototype in de huidige staat niet voldoet aan een brandklasse B. Voor het afstudeeronderzoek was er geen toegevoegde waarde om de laatste test met lege modules nog wel uit te voeren.



Figuur 8 SBI-test met gedroogde planten.



Figuur 9 Door de korte duur van de brandtest zijn een deel van de modules voldoende intact gebleven om niet te vallen.



6 Conclusie

In dit praktijkonderzoek stond de volgende vraag centraal:

“Wat is het effect van (gedroogde) beplanting en het substraat op het brandgedrag van groene gevels?”

De verwachting was dat de gezonde beplanting een positief effect zou hebben op het brandgedrag aangezien het kunststof van de modules brandbaar bleek te zijn. De verwachting hierbij was ook dat de beplanting op den duur uit de modules zou vallen. Dit deel van de hypothese bleek te kloppen aangezien de FIGRA-waarde van de modules met gezonde planten veel lager lag dan de FIGRA-waardes van de andere testopstellingen. De toepassing van planten zorgde wel voor meer rookvorming, de modules met alleen substraat vormde immers veel minder rook. De voorspelling over het brandgedrag en de brandontwikkeling omtrent de gedroogde beplanting klopte deels. De beplanting bleek sterk bij te dragen aan de brandontwikkeling en zorgde voornamelijk voor een duidelijke horizontale verspreiding van de vlammen. De testduur was echter dusdanig kort dat het niet mogelijk was om waar te nemen hoelang de droge planten voor extra vuurlast zouden zorgen. De hypothese bevat ook een verwachting over het brandgedrag van de lege modules, uit veiligheidsoverwegingen is deze test echter komen te vervallen. In de voorbereiding op de SBI-testen is er uitgegaan van volledige testen met een testduur van 20 minuten. In verband met het hoge brandvermogen en de vallende delen was het echter noodzakelijk om de testen eerder af te breken en te blussen om zo de apparatuur te beschermen.

Uit het onderzoek is het volgende antwoord op de onderzoeksvraag gebleken. Gehydrateerde planten met een vochtige bodem zorgen voor een positief effect en een verminderd risico op branduitbreiding doordat er een lagere FIGRA-waarde wordt behaald. Het vocht in de planten zorgt echter wel voor veel rookvorming. Het substraat (met plantenresten) heeft een negatief effect op het brandgedrag aangezien er een sterker schoorsteeneffect in de hoekaansluiting kan ontstaan welke niet meer wordt afgeremd door planten. Tevens ligt het brandvermogen veel hoger waardoor het ophangstelsel van de modules het sneller begaf en van de montage beugels loskwam dan het stelsel met vochtige planten. Droge beplanting zorgt voor een snelle horizontale verspreiding van het vuur waardoor er in korte tijd een groter oppervlak wordt bedreigd door de brand. Tevens ligt het brandvermogen veel hoger waardoor andere materialen sneller aangestoken kunnen worden door het vuur wat zorgt voor een snellere brandontwikkeling.



7 Discussie

Gewichtsafnamen niet meetbaar

Voor aanvang van de test zijn alle elementen gewogen zodat na de test het gewichtsverlies bepaald kon worden. Echter bleek na de test dat de elementen dusdanig beschadigd waren (de beplanting en het substraat waren uit diverse modules gevallen) dat deze niet meer individueel gewogen konden worden. Dit heeft als resultaat dat er geen waardes gekoppeld konden worden aan de verdere gewichtsafnamen door het aandeel brandbare massa.

Voortijdig afbreken van de test was noodzakelijk

Door het extreme brandgedrag met veel grote vallende onderdelen en de hoge FIGRA-waarden was het noodzakelijk om alle SBI-testen eerder te stoppen. Doordat de test voortijdig afgebroken moest worden was het niet mogelijk om alle meetwaardes vanuit de SBI-test te meten. Zo ontbreken de THR600-waarden voor alle testen waardoor het gehele testrapport een foutmelding weergeeft, tevens heeft de korte testduur ervoor gezorgd dat men niet weet hoe de brand zich na deze tijd zou ontwikkelen. Vermoedelijk zou de brand langzaam doven aangezien de diagrammen al voorbij de (eerste) piekwaarden waren maar dit is niet met 100% zekerheid te zeggen.

Eén test is komen te vervallen

De diverse testopstellingen vertoonden dusdanige extreme waardes voor het brandgedrag dat er omwille van de apparatuur is gekozen om de test met de lege modules te laten vervallen. Uit het vooronderzoek was immers al gebleken dat het brandgedrag van de lege modules nog heviger was dan het brandgedrag van de beplante modules. Doordat de test met de lege modules is komen te vervallen was het niet mogelijk om een nulmeting te doen voor dit onderzoek.

Alle testen zijn maar één keer uitgevoerd

In verband met de beschikbare tijd in het laboratorium van brandveiligheid zijn alle testen maar één keer uitgevoerd. Om de validiteit van de testresultaten te garanderen is het nodig om iedere test meerdere keren uit te voeren in een gelijke testopstelling. Dit in combinatie met de zeer korte testduur maakt dat de gegevens van de SBI-test niet betrouwbaar genoeg zijn om voor het maken van een goede risicobepaling.



8 Literatuurlijst

8.1 Figurenlijst

Figuur 1 Perspectief van testopstelling, ontworpen door Fiona Verbrugge (Verbrugge, 2022)	5
Figuur 2 SBI-testopstelling, ontworpen door Fiona Verbrugge (Verbrugge, 2022).....	6
Figuur 3 Waardes behorende bij de classificatie (Peutz, 2022).	10
Figuur 4 SBI-test met beplanten modules.....	11
Figuur 5 De modules langs de korte vleugel zijn van het montagesysteem losgekomen en gevallen. ...	11
Figuur 6 SBI-test met modules gevuld met substraat.	12
Figuur 7 Gevallen modules zijn uit elkaar getrokken om de brand te kunnen blussen.....	12
Figuur 8 SBI-test met gedroogde planten.	13
Figuur 9 Door de korte duur van de brandtest zijn een deel van de modules voldoende intact gebleven om niet te vallen.	13

8.2 Tabellenlijst

Tabel 1 Overzicht gewichtsafnamen voor de SBI-testen	9
Tabel 2 Overzicht resultaten van de SBI-testen	10

8.3 Bibliografie

- Benefits of green walls.* (2019, 09). Opgehaald van sempergreenwall:
<https://sempergreenwall.com/benefits/>
- Clijsen, L. (2022, 10). Docent materiaalkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. (M. Diks, & F. Verbrugge, Interviewers)
- Dechering, D. (2022, 10 18). Brandveiligheidsengineer bij Peutz. (M. Diks, & F. Verbrugge, Interviewers)
- Hendriks, K. (2017). *Groene daken en gevels voor klimaatbestendigheid*. Opgehaald van Wageningen university & research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Groene-daken-voor-klimaatbestendigheid-.htm>
- Herpen, R. v. (2022, Oktober). Brandveiligheidsengineer. (M. Diks, & F. Verbrugge, Interviewers)
- Rikken, J. (2022, 10 20). Docent materiaalkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen. (F. Verbrugge, & M. Diks, Interviewers)
- SemperGreen. (2022). Groene gevel beschadigd door brandstichting. *Groene gevel beschadigd door brandstichting*. SemperGreen, Zoetermeer.
- Verbrugge, F. (2022). *SBI testopstelling*.



9 Bijlagen

- Bijlage A: SBI-test 1 | Testrapport PEUTZ
- Bijlage B: SBI-test 1 | Testrapport Taurus
- Bijlage C: SBI-test 1 | Meetgegevens
- Bijlage D: SBI-test 2 | Testrapport PEUTZ
- Bijlage E: SBI-test 2 | Testrapport Taurus
- Bijlage F: SBI-test 2 | Meetgegevens
- Bijlage G: SBI-test 3 | Testrapport PEUTZ
- Bijlage H: SBI-test 3 | Testrapport Taurus
- Bijlage I : SBI-test 3 | Meetgegevens





Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Test results

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
 Print date: 8-12-2022 11:17:26
 Test date: 08-12-2022
 Technician: DDe

Measured data read from file(s):
 20221208#01.txt
 20221208.spr

Description of product and mounting

Identification sample: XXXXXXXXXX zonder brandvertrager
 Test specimen no.: #01
 Substrate: CaSi
 Mounting: Direct op substraat
 Seams/joints: horizontaal en verticaal 40x40

Description of specimen tested

XXXXXXXXXX zonder brandvertrager

Recorded events during the test

Surface flash: N
 Falling of parts of the specimen: Y
 Smoke not entering the hood: N
 Mutual fixing of backing boards fails: N
 Conditions justify early termination: Y
 Distortion or collapse of the specimen: N
 Any other additional events: none

Visual observations during the test

Lateral flame spread till edge of specimen: N
 Flaming droplets/particles <= 10 s: N
 Flaming droplets/particles > 10 s: Y

ATTENTION:
 No conditioning of specimen

Results

Figra 02: 1895,76 W/s at: 414 s
 Figra 04: 1895,76 W/s at: 414 s
 THR600: ----
 Smogra: 149,88 m2/s2 at: 333 s
 TSP600: ----

The test specimen complies with classes

Fire behaviour: ? --- ?
 Smoke production: ? --- ?
 Falling droplets: ---

Classification in accordance with EN 13501-1 requires:
 Class A2: 3 SBI-tests and EN ISO 1716 or EN ISO 1182
 Class B/C/D: 3 SBI-tests and EN ISO 11925-2

Classification limits

Fire:	A2/B	C	D
Figra0.2:	<=120		
Figra0.4:		<=250	<=750
THR600:	<=7,5	<=15	
LFS:	<edge	<edge	
Smoke:	s1	s2	s3
Smogra:	<=30	<=180	not s1/s2
TSP600:	<=50	<=200	not s1/s2
Drop./Part.:	d0	d1	d2
flaming droplets/particles	none	<=10 s	not d0/d1

PRELIMINARY CLASSIFICATION - NOT INTENDED FOR PUBLICATION

Laboratory for Fire Safety EN 13823 - SBI - Heat release

program version v4.00 29-11-22 JM

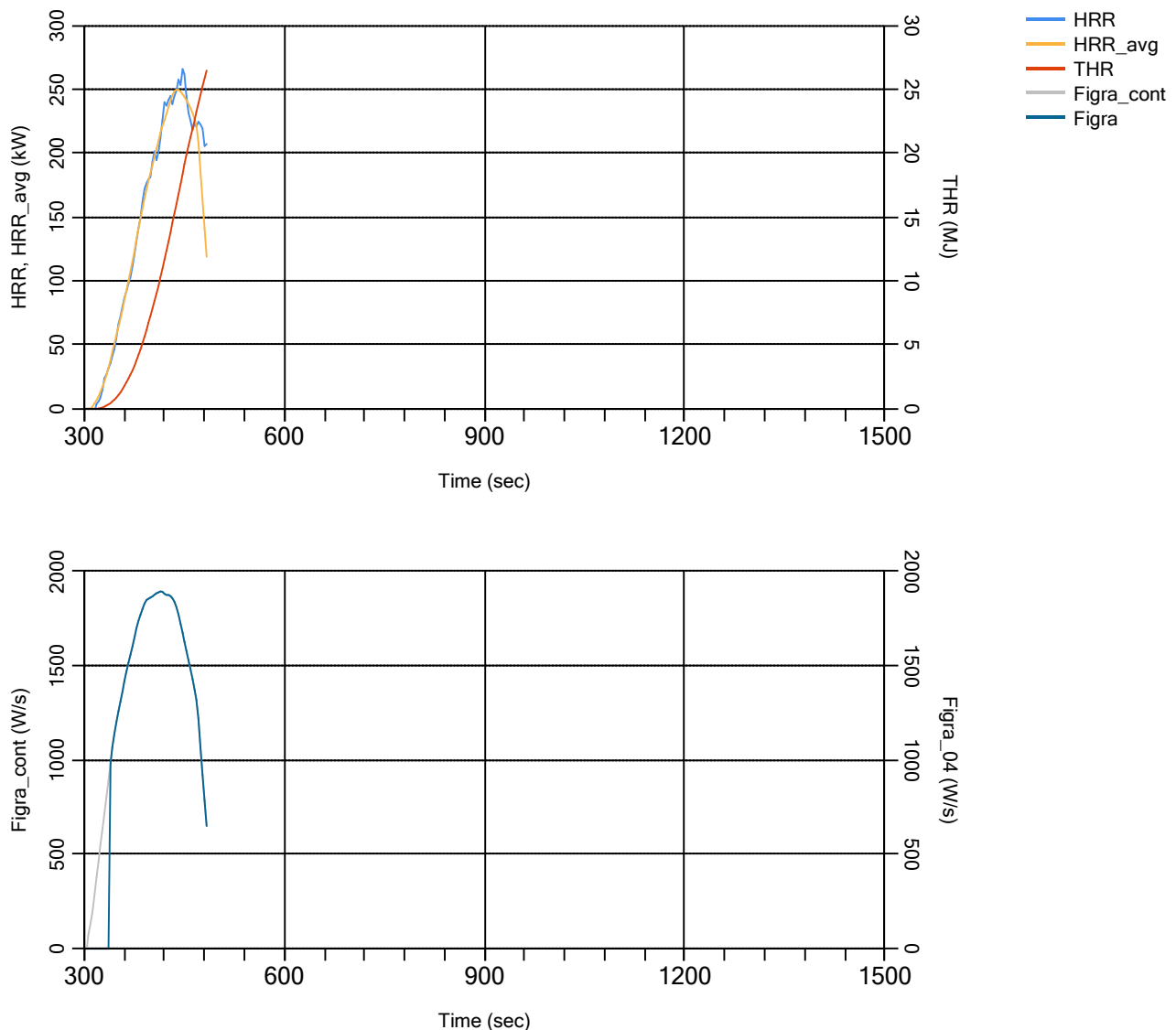
Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 11:17:27
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#01.txt
20221208.spr

Heat release and Figra



Laboratory for Fire Safety EN 13823 - SBI - Smoke production

program version v4.00 29-11-22 JM

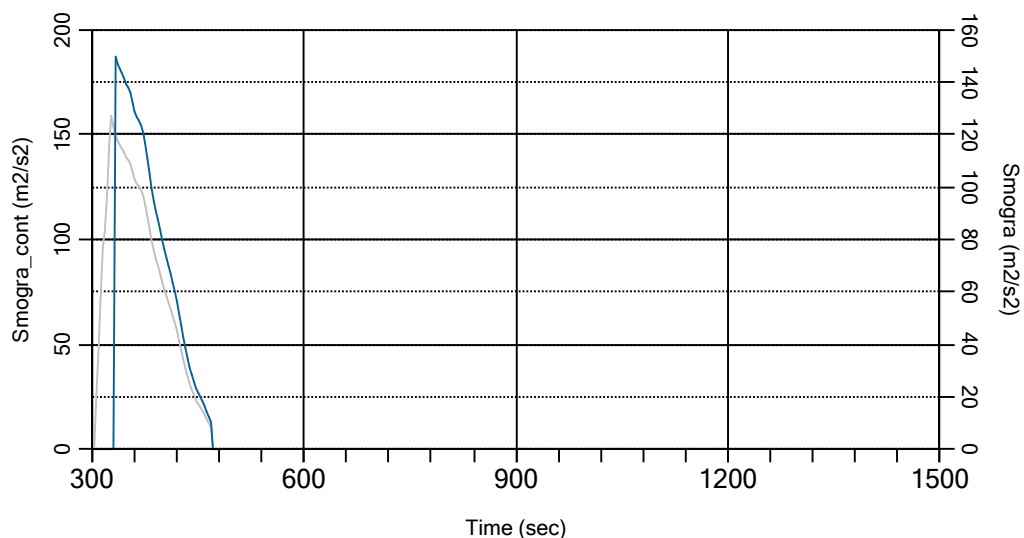
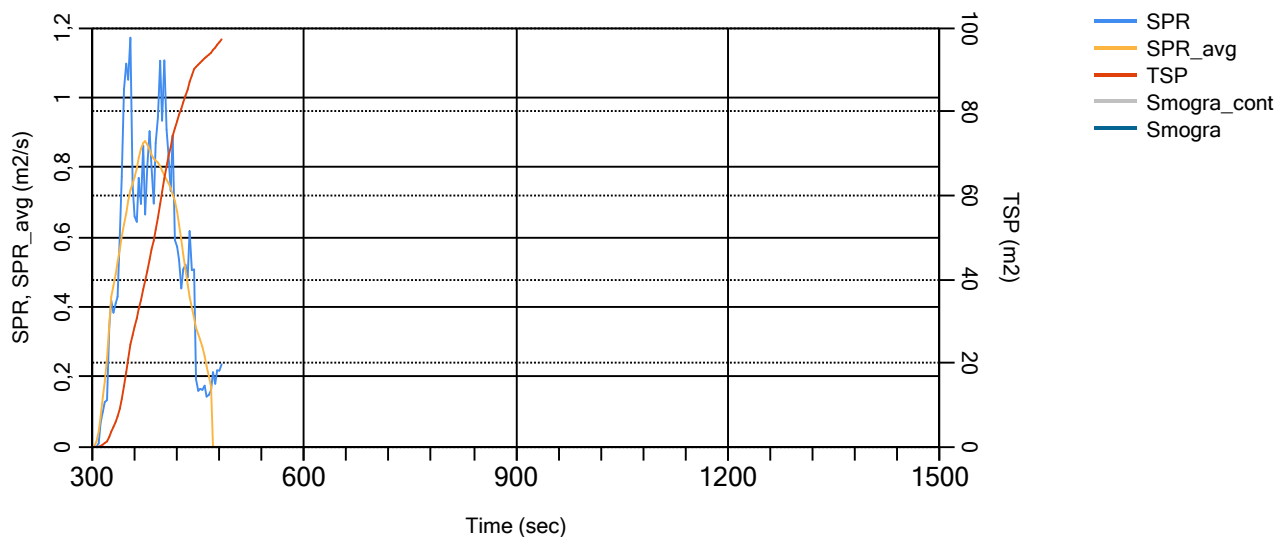
Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 11:17:27
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#01.txt
20221208.spr

Smoke production and Smogra



Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Calculations

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
 Print date: 8-12-2022 11:17:27
 Test date: 08-12-2022
 Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#01.txt
 20221208.spr

Pre-test conditions

Ambient temperature: 17,0 °C
 Ambient pressure: 100485 Pa
 Ambient relative humidity: 51,1 %

Calculations in accordance with EN 13823

Figra 02:	1895,757 W/s	at time:	414 s	
Figra 04:	1895,757 W/s	at time:	414 s	
THR600:	26,490 MJ			
THRend:	26,490 MJ	exposure:	198 s	
Smogra:	149,876 m2/s2	at time:	333 s	
TSP600:	97,336 m2			
TSPeind:	97,336 m2	exposure:	198 s	
Flow profile factor Kt:	0,890 -			
Flow probe factor Kp:	1,240 -			
Base line levels:	xO2(30-90)	20,953	%	
	xCO2(30-90)	0,061	%	
	Tms(30-90)	291,006	K	
	xaO2	20,734	%	
	I(30-90)	1,000	-	
Burner base line levels:	T(210-270)	314,376	K	
	xO2(210-270)	20,659	%	
	xCO2(210-270)	0,23933	%	
Check analysers:	CO2/dO2 (bl)	0,606	-	
Burner switch response time:	Tup	303	s	
	Tdown	315 s	s	
	bsr_time	12	s	
Heat release burner:	32,358	kW, sd.	0,870	kW
Smoke production burner:	0,0547	m2/s, sd.	0,0041	m2/s
Synchronisation:	dT > 2.5 K	303	s.r. shift	3
	dxO2 > 0.05 %	303	s.r. shift	15
	dxCO2 > 0.02 %	303	s.r. shift	9
End of test conditions:	Exposure time	498	s	
	drift light	0,0048	-	
	drift O2	-0,0054	%	
	drift CO2	0,0072	%	
Thermocouples:	T0(30-90)	290,119	K	dev. from T0
	T1(30-90)	291,012	K	0,893 K
	T2(30-90)	291,027	K	0,908 K
	T3(30-90)	290,979	K	0,860 K
Averaged Tms based on thermocouples:	T1, T2, T3			

Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Verification of conditions

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 11:17:28
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#01.txt
20221208.spr

Warnings and deviations from EN 13823

Number of warnings and deviations from EN 13823: 2
The exposure time is too short (req.: > 1245 s). [A.4]
The normalised volume flow in the exhaust duct is outside the limits (req.: $0,5 \leq V_{298} \leq 0,65$ m³/s). [8.2.1]

The following conditions are met:

The ambient temperature is within the limits ($10\text{ 'C} \leq T_{\text{omg}} \leq 30\text{ 'C}$).
The difference between the ambient temperature and the temperature in the measurement section is within the limits ($dT < 4\text{ 'C}$).
The time delay t_0-T is within the limits ($t < 15\text{ s}$).
The time delay $t_{O_2}-T$ is within the limits ($t \leq 6\text{ s}$).
The time delay $t_{CO_2}-T$ is within the limits ($t \leq 6\text{ s}$).
Drift O_2 -analyser is within the limits ($dO_2 \leq 0,02\%$).
Drift CO_2 -analyser is within the limits ($dCO_2 \leq 0,02\%$).
Drift light measuring system is within the limits ($dL \leq 0,02$).
The gas flow is within the limits ($m_{\text{Gas}} = 647 \pm 10\text{ mg/s}$).
The heat release of the burner is within the limits ($HRR = 30,7 \pm 2\text{ kW}$).
The standard deviation of the heat release from the burner is within the limits ($SD < 1\text{ kW}$).
The smoke production from the burner is within the limits ($SPR = 0 \pm 0,2\text{ m}^2/\text{s}$).
The standard deviation of the smoke production from the burner is within the limits ($SD < 0,01\text{ m}^2/\text{s}$).
Averaged temperature T_{ms} based upon three (correct) thermocouples. [A.3.1]

SBI Test according DIN / EN 13823 - Test report

20221208#01

This test was carried out according to EN 13823

Deviation from test method

In accordance with EN 13165 and EN 15715

Name and address of laboratory

Peutz Laboratory for Fire Safety
Klopsteen 4a
5443 PW Haps
The Netherlands

Name and address of client

Peutz Laboratory for Fire Safety
Klopsteen 4a
5443 PW Haps
The Netherlands

Name and address of manufacturer/client

Known at the customer

Date of specimen come in**Identification of the product**

Y2639_20221201#03

Description of taking sample

ILT-542255-A

General information of tested product

zonder brandvertrager

Description of substrate

CaSi

Conditioning

EN 13238

Date of test

01-12-22

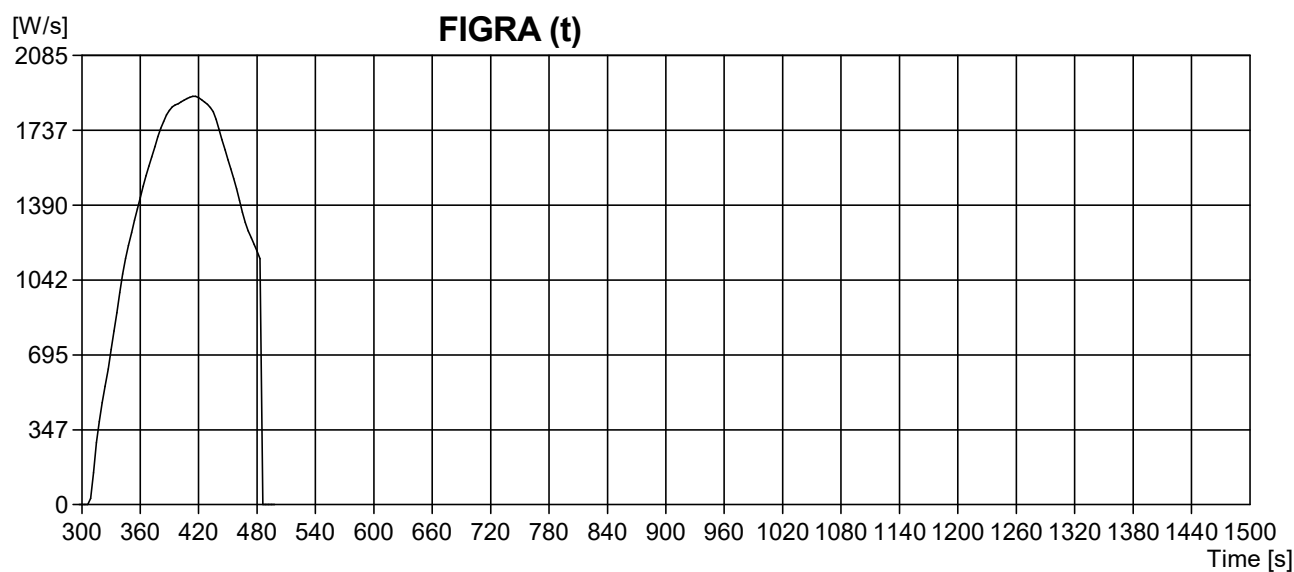
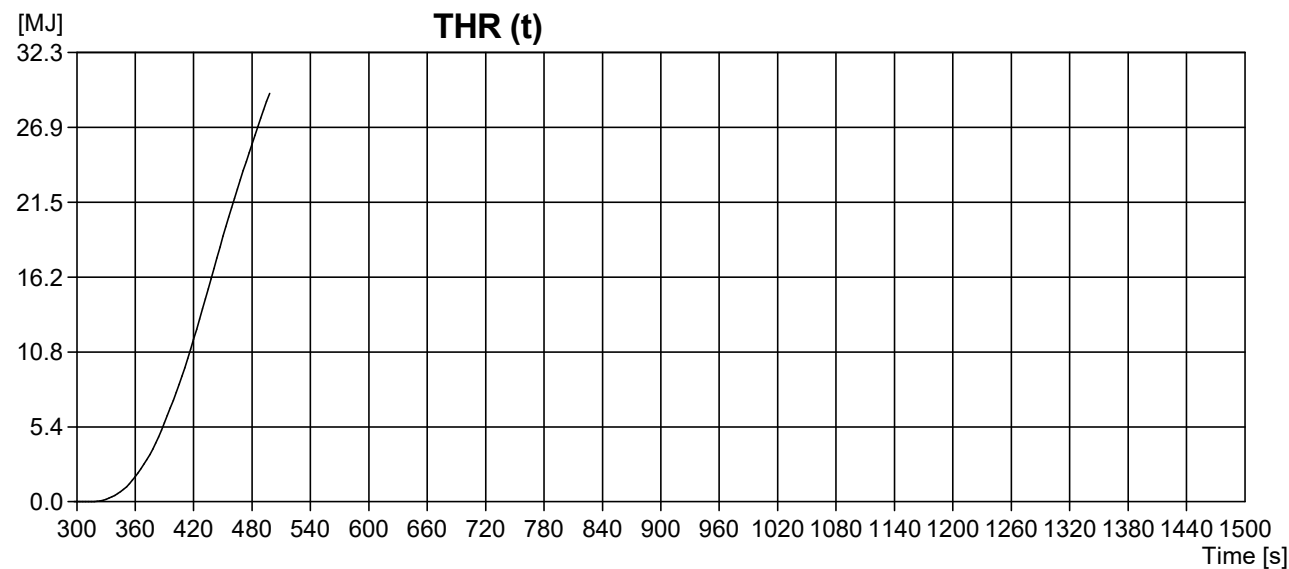
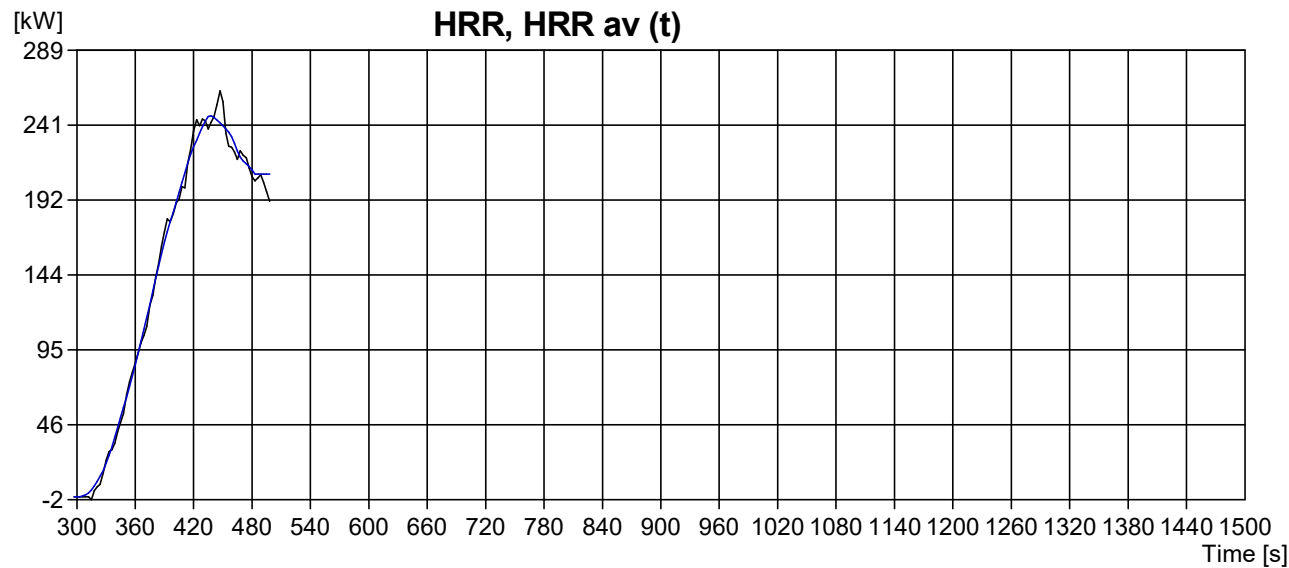
Observations while test

The test results refer to burning characteristics of the product under test conditions, They are not the only criteria for assesing of the potential burning risc in the practical application.

SBI Test according DIN / EN 13823 - Protocol

20221208#01

Test	
Used standard	EN 13823
Test date	2022.12.08
Full testtime / fulfilled (y/n)	yes
Product	
Name of product	██████████ zonder brandvertrager
Specimen number	#01
Substrate	CaSi
Fixing	Direct op substraat
Joints	horizontaal en verticaal 40x40
Conditioning	
(constant Mass/fixed time)	
Time intervall	
Mass 1 (g)	
Mass 2 (g)	
Laboratory	
Name of Laboratory	PEUTZ bv
Tester	DDe
Filename	20221208#01
Report-number	
Informations about test apparatus	
Flow profile factor kt(-)	0.89
Flow probe constant kp (-)	1.24
Measuring tube diameter	0.315
O2 delay time (calibration)	12
CO2 delay time (calibration)	6
Ambient conditions before test	
Air pressure (Pa)	100485
Air humidity (%)	51.1
visual recordings	
LFSedge (y/n)	N
FDPf=<10s (y/n)	N
FDPF>10s (y/n)	Y
Conditions after test	
Light transmission (%)	0.995
xO2 (%)	20.958
xCO2 (%)	0.054
Recorded events	
Surface flash (y/n)	N
Falling of flaming droplets (y/n)	Y
Smoke not entering the hood (J/N)	N
Fixing of plates false (y/n)	N
Conditions for early stop of test (y/n)	Y
Tendency to deforming (y/n)	N
Other additional events	none
Early stop of test	
Time of closing gas supply (s)	499s
Heavy HRR (y/n)	N
To high temperature (y/n)	N
Burner heavily disturbed (y/n)	Y
Failure of test apparatus (y/n)	N



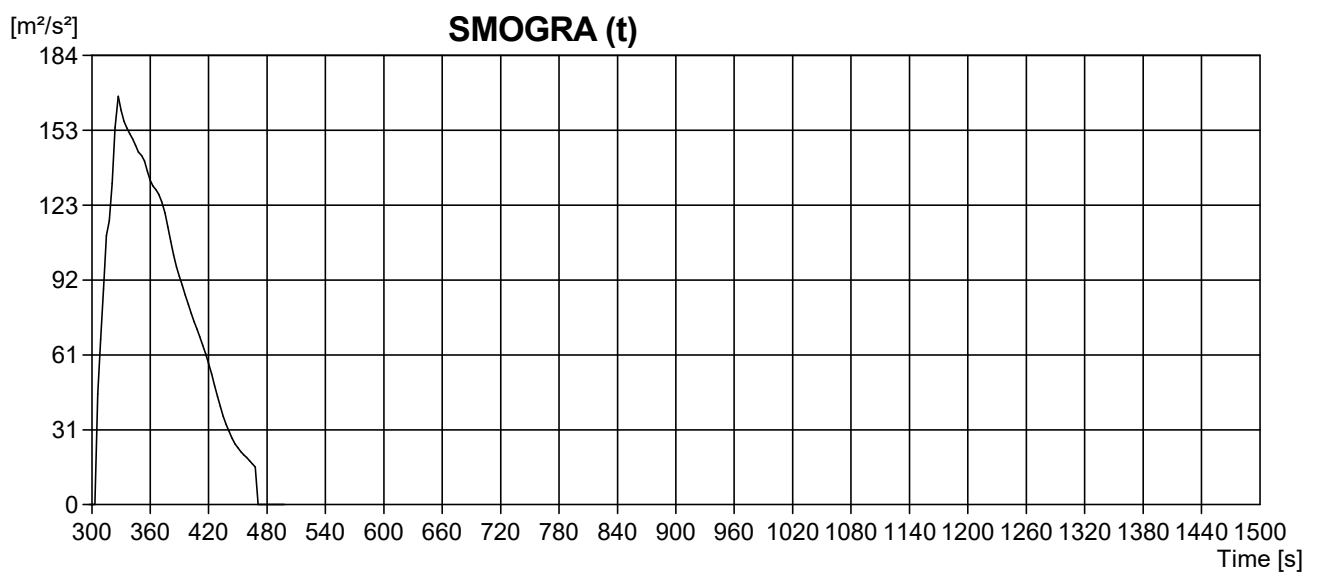
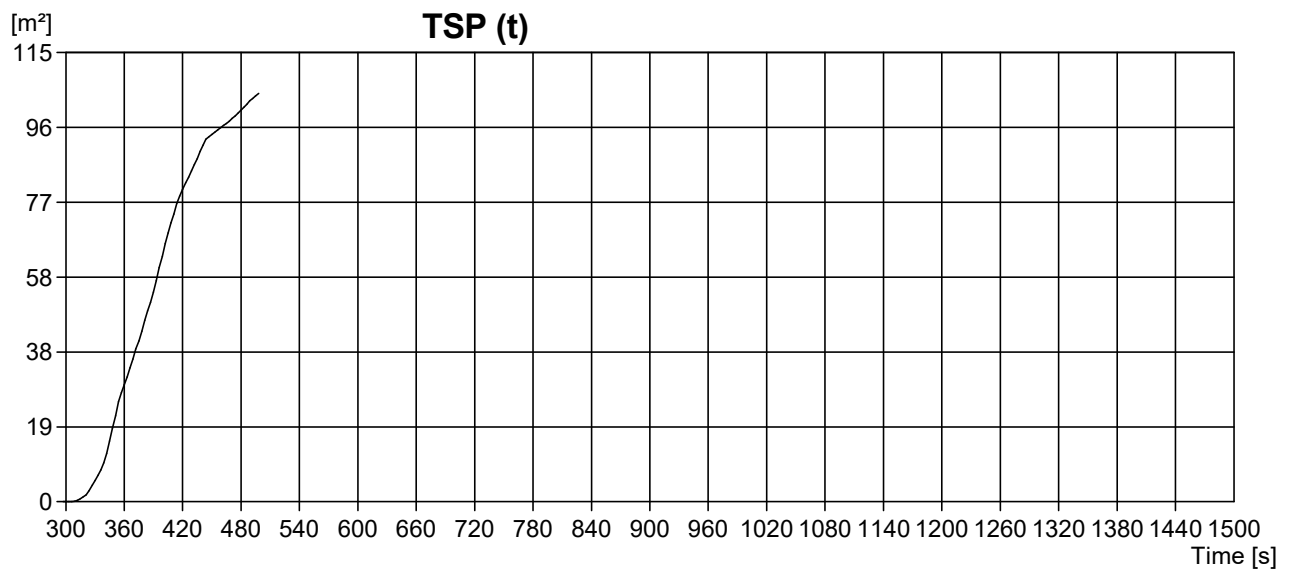
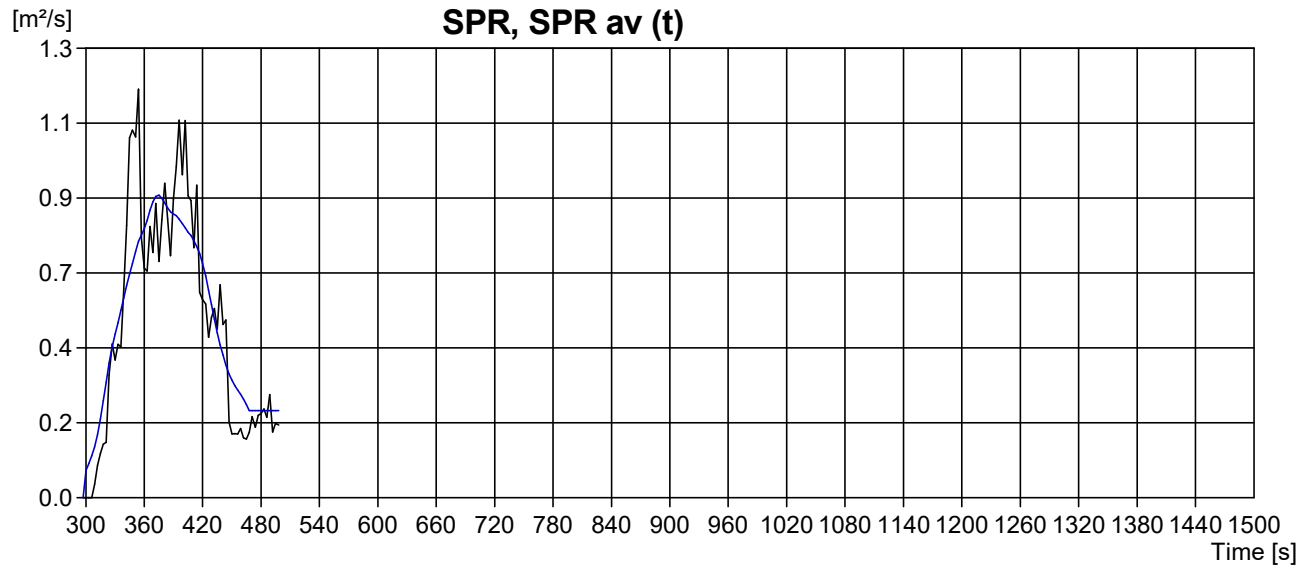
FIGRA_02 [W/s] = 1895

FIGRA_04 [W/s] = 1895

THR 600s [MJ] = 0

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic SPR/TSP/SMOGRA

20221208#01



SMOGRA $[m^2/s^2]$ = 157

TSP 600s $[m^2]$ = 0

SBI Test according DIN / EN 13823 - Results and check

20221208#01

Software

Version Logger2015

Build

Parameter / calibration data

Ambient pressure = 100485 Pa

Ambient humidity = 51.1 %

kt = 0.886

kp = 1.240

Exhaust diameter = 0.315 m

Delay time O2 = 12 s

Delay time CO2 = 6 s

Start conditions

8.2.2 Ambient temperature at start ok

8.2.2 Exhaust temperature at start ok

Concentration of O2 at start = 20.96 %

Calculation of test

A.2.1.a Move O2 12 s

A.2.1.a Move CO2 6 s

A.3.2 Calculate mean value Tms from 3 temperatures

A.2.1.b t0_T = 303

A.2.1.c t0_O2 = 303

A.2.1.d t0_CO2 = 303

A.2.1.e Synchronize O2 with 3 s

A.2.1.e Synchronize CO2 with 3 s

A.2.2 Move Tduct, dp, Light 3 s

C.2.1 Response time burner switch 12 s ($9 \leq t \leq 12$)

A.3.1 Used thermocouples (3) ok

A.3.2 Drift O2 = 0.005 % ($< 0.02\%$)

A.3.2 Drift CO2 = -0.006 % ($< 0.02\%$)

A.3.3 Base line Light = 1.000

A.3.3 Drift Light = -0.005 (< 0.02)

A.4 Flame expose time = 195 s (> 1245)

A.4 Propan mass flow ok

A.5.1 Calculation of heat release

A.5.1.1.a Exhaust volume flow to low

A.5.1.1.b Oxygen consumption factor

A.5.1.1.b x_O2 = 20.953 %

A.5.1.1.b x_CO2 = 0.06119 %

A.5.1.1.c Tms = 291.0 K

A.5.1.1.c xa_O2 = 20.734 %

A.5.1.1.d HRR total

A.6.1 Calculation of smoke production rate SPR

A.6.1.1 Calculate SPR total

A.5.1.2 HRR Burner_avg = 32.18 kW (30.7 +/- 2.0)

A.5.1.2 HRR Burner_std = 0.87 kW (< 1)

A.5.1.3 Calculate HRR of sample

A.5.1.4 Calculate HRR 30 s

A.5.2 Calculate THR(t) and THR_600s

A.5.2 Time for THR 600s to short

A.5.3 Calculation of FIGRA 02 and 04

A.5.3 FIGRA_02 = 1895.111 W/s

A.5.3 FIGRA_04 = 1895.111 W/s

A.6.1.2 SPR burner_avg = 0.0253 m²/s (< 0.1)

A.6.1.2 SPR burner_std = 0.0039 m²/s (< 0.01)

A.6.1.3 Calculate SPR of sample

A.6.1.3 Calculate SPR 60s

A.6.2 Calculate of TSP(t) and TSP_600s

A.6.2 Time for TSP 600s to short

A.6.3 Calculation of SMOGRA

A.6.3 SMOGRA = 156.900 m²/s²

Save file as,

C:\SBI\2022\R1609\20221208#01.bin

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic oxygen / temperature

20221208#01



Bijlage C : SBI-test 1 | Meetgegevens

20221208#03

Peutz Laboratorium voor Brandveiligheid

Resultaten SBI-test - programmaversie v4.00 29-11-22 JM
Test uitgevoerd op 08-12-2022
Meetgegevens uit bestand: 20221208#03.txt

v4.00 29-11-22 JM
08-12-2022
20221208#03.txt

DDe

[illegible]

[illegible]



Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Test results

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
 Print date: 8-12-2022 15:20:14
 Test date: 08-12-2022
 Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#02.txt
 20221208.spr

Description of product and mounting

Identification sample: XXXXXXXXXX zonder brandvertrager
 Test specimen no.: #02
 Substrate: CaSi
 Mounting: Direct op substraat
 Seams/joints: horizontaal en verticaal 40x40

Description of specimen tested

XXXXXXXXXX zonder brandvertrager

Recorded events during the test

Surface flash: N
 Falling of parts of the specimen: Y
 Smoke not entering the hood: N
 Mutual fixing of backing boards fails: N
 Conditions justify early termination: Y
 Distortion or collapse of the specimen: N
 Any other additional events: none

Visual observations during the test

Lateral flame spread till edge of specimen: N
 Flaming droplets/particles <= 10 s: N
 Flaming droplets/particles > 10 s: Y

ATTENTION:
 No conditioning of specimen

Results

Figra 02: 2758,64 W/s at: 363 s
 Figra 04: 2758,64 W/s at: 363 s
 THR600: ----
 Smogra: 35,79 m2/s2 at: 360 s
 TSP600: ----

The test specimen complies with classes

Fire behaviour: ? --- ?
 Smoke production: ? --- ?
 Falling droplets: ---

*Classification in accordance with EN 13501-1 requires:
 Class A2: 3 SBI-tests and EN ISO 1716 or EN ISO 1182
 Class B/C/D: 3 SBI-tests and EN ISO 11925-2*

Classification limits

Fire:	A2/B	C	D
Figra0.2:	<=120		
Figra0.4:		<=250	<=750
THR600:	<=7,5	<=15	
LFS:	<edge	<edge	
Smoke:	s1	s2	s3
Smogra:	<=30	<=180	not s1/s2
TSP600:	<=50	<=200	not s1/s2
Drop./Part.:	d0	d1	d2
flaming droplets/particles	none	<=10 s	not d0/d1

PRELIMINARY CLASSIFICATION - NOT INTENDED FOR PUBLICATION

Laboratory for Fire Safety EN 13823 - SBI - Heat release

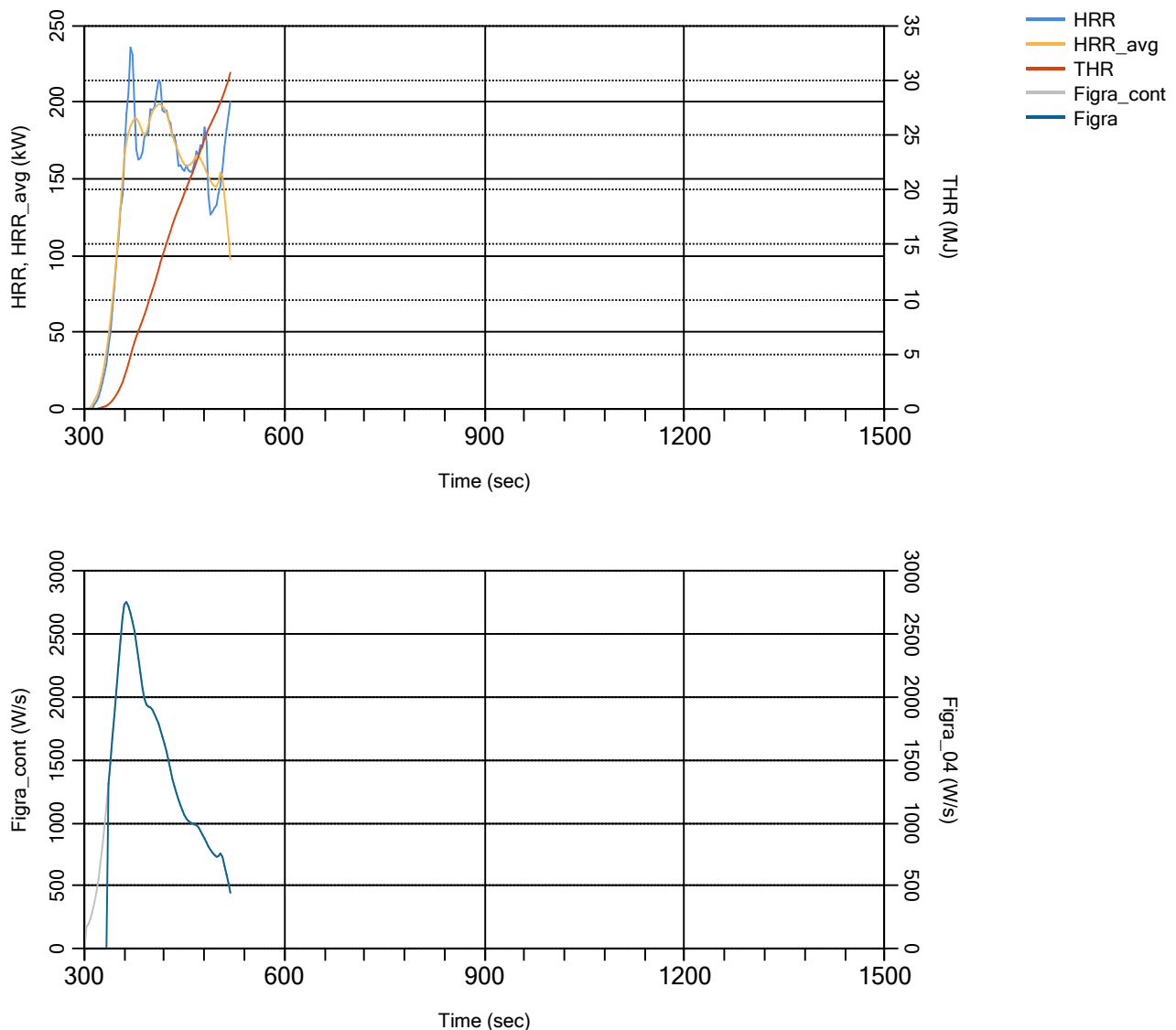
program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 15:20:14
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):
20221208#02.txt
20221208.spr

Heat release and Figra



Laboratory for Fire Safety EN 13823 - SBI - Smoke production

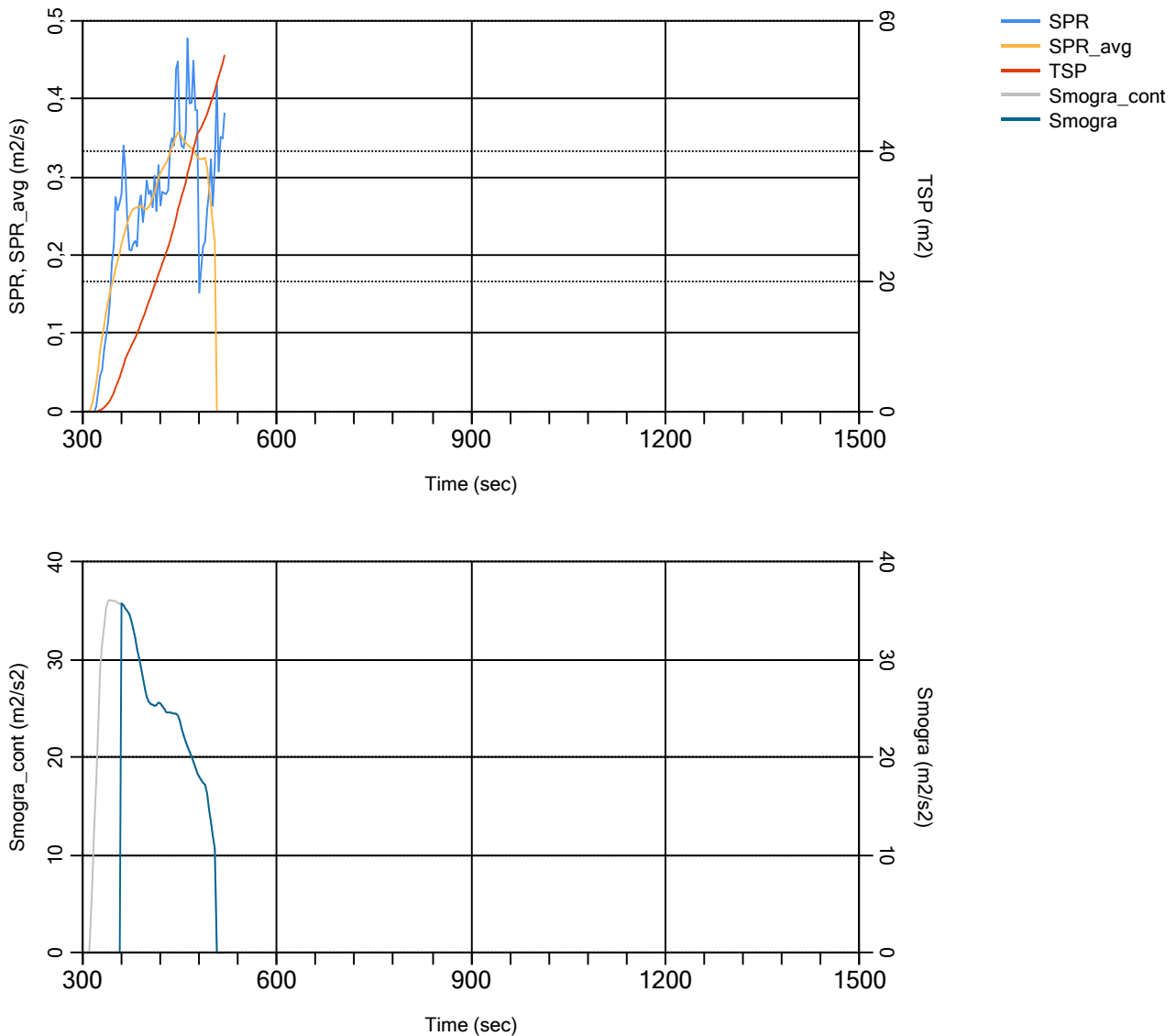
program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 15:20:14
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):
20221208#02.txt
20221208.spr

Smoke production and Smogra



Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Calculations

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
 Print date: 8-12-2022 15:20:15
 Test date: 08-12-2022
 Technician: DDe

Measured data read from file(s):
 20221208#02.txt
 20221208.spr

Pre-test conditions

Ambient temperature: 15,8 °C
 Ambient pressure: 100417 Pa
 Ambient relative humidity: 55,3 %

Calculations in accordance with EN 13823

Figra 02:	2758,637 W/s	at time:	363 s	
Figra 04:	2758,637 W/s	at time:	363 s	
THR600:	30,703 MJ			
THRend:	30,703 MJ	exposure:	234 s	
Smogra:	35,788 m ² /s ²	at time:	360 s	
TSP600:	54,745 m ²			
TSPeind:	54,745 m ²	exposure:	234 s	
Flow profile factor Kt:	0,890 -			
Flow probe factor Kp:	1,240 -			
Base line levels:	xO ₂ (30-90)	20,947	%	
	xCO ₂ (30-90)	0,054	%	
	Tms(30-90)	289,146	K	
	xaO ₂	20,737	%	
	I(30-90)	1,000	-	
Burner base line levels:	T(210-270)	312,782	K	
	xO ₂ (210-270)	20,648	%	
	xCO ₂ (210-270)	0,23386	%	
Check analysers:	CO ₂ /dO ₂ (bl)	0,602	-	
Burner switch response time:	Tup	303	s	
	Tdown	312 s	s	
	bsr_time	9	s	
Heat release burner:	32,432	kW, sd.	0,586	kW
Smoke production burner:	0,0547	m ² /s, sd.	0,0041	m ² /s
Synchronisation:	dT > 2.5 K	303	s.r. shift	3
	dxO ₂ > 0.05 %	303	s.r. shift	15
	dxCO ₂ > 0.02 %	303	s.r. shift	9
End of test conditions:	Exposure time	534	s	
	drift light	-0,0004	-	
	drift O ₂	0,0006	%	
	drift CO ₂	0,0000	%	
Thermocouples:	T0(30-90)	288,972	K	dev. from T0
	T1(30-90)	289,164	K	0,191 K
	T2(30-90)	289,167	K	0,194 K
	T3(30-90)	289,107	K	0,134 K
Averaged Tms based on thermocouples:	T1, T2, T3			

Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Verification of conditions

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 15:20:15
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#02.txt
20221208.spr

Warnings and deviations from EN 13823

Number of warnings and deviations from EN 13823: 2
The exposure time is too short (req.: > 1245 s). [A.4]
The normalised volume flow in the exhaust duct is outside the limits (req.: $0,5 \leq V_{298} \leq 0,65$ m³/s). [8.2.1]

The following conditions are met:

The ambient temperature is within the limits ($10\text{ 'C} \leq T_{\text{omg}} \leq 30\text{ 'C}$).
The difference between the ambient temperature and the temperature in the measurement section is within the limits ($dT < 4\text{ 'C}$).
The time delay t_0-T is within the limits ($t < 15\text{ s}$).
The time delay $t_{O_2}-T$ is within the limits ($t \leq 6\text{ s}$).
The time delay $t_{CO_2}-T$ is within the limits ($t \leq 6\text{ s}$).
Drift O_2 -analyser is within the limits ($dO_2 \leq 0,02\%$).
Drift CO_2 -analyser is within the limits ($dCO_2 \leq 0,02\%$).
Drift light measuring system is within the limits ($dL \leq 0,02$).
The gas flow is within the limits ($m_{\text{Gas}} = 647 \pm 10\text{ mg/s}$).
The heat release of the burner is within the limits ($HRR = 30,7 \pm 2\text{ kW}$).
The standard deviation of the heat release from the burner is within the limits ($SD < 1\text{ kW}$).
The smoke production from the burner is within the limits ($SPR = 0 \pm 0,2\text{ m}^2/\text{s}$).
The standard deviation of the smoke production from the burner is within the limits ($SD < 0,01\text{ m}^2/\text{s}$).
Averaged temperature T_{ms} based upon three (correct) thermocouples. [A.3.1]

SBI Test according DIN / EN 13823 - Test report

20221208#02

This test was carried out according to EN 13823

Deviation from test method

In accordance with EN 13165 and EN 15715

Name and address of laboratory

Peutz Laboratory for Fire Safety
Klopsteen 4a
5443 PW Haps
The Netherlands

Name and address of client

Peutz Laboratory for Fire Safety
Klopsteen 4a
5443 PW Haps
The Netherlands

Name and address of manufacturer/client

Date of specimen come in

Identification of the product

Y2639_20221208#02

Description of taking sample

General information of tested product

 zonder brandvertrager

Description of substrate

CaSi

Conditioning

EN 13238

Date of test

08-12-22

Observations while test

The test results refer to burning characteristics of the product under test conditions, They are not the only criteria for assesing of the potential burning risc in the practical application.

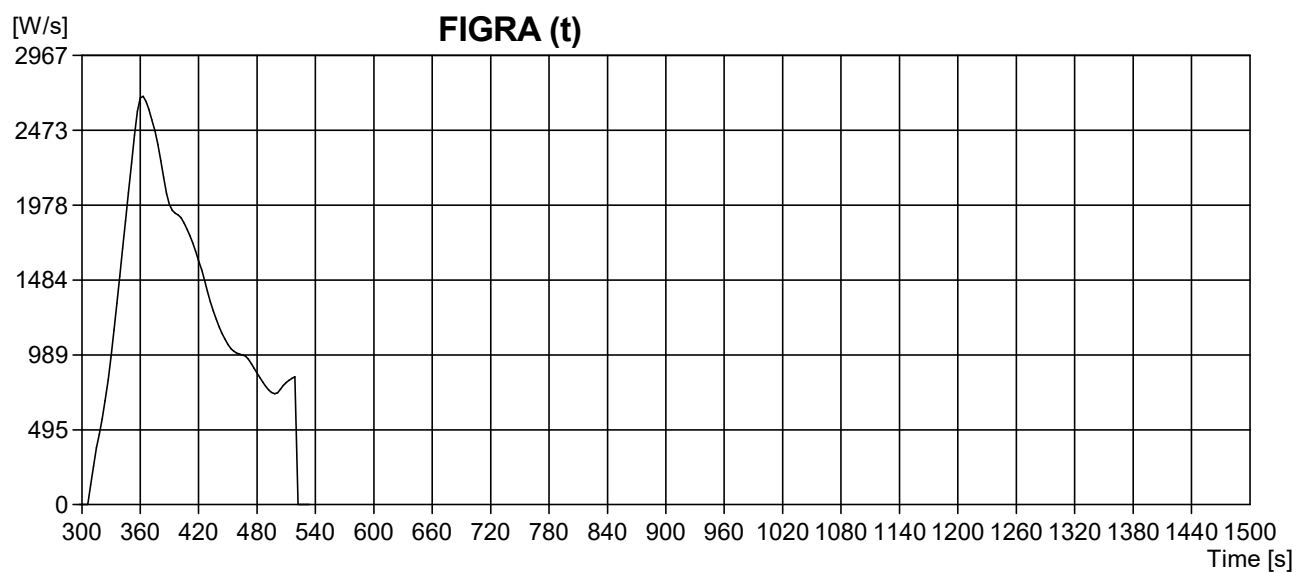
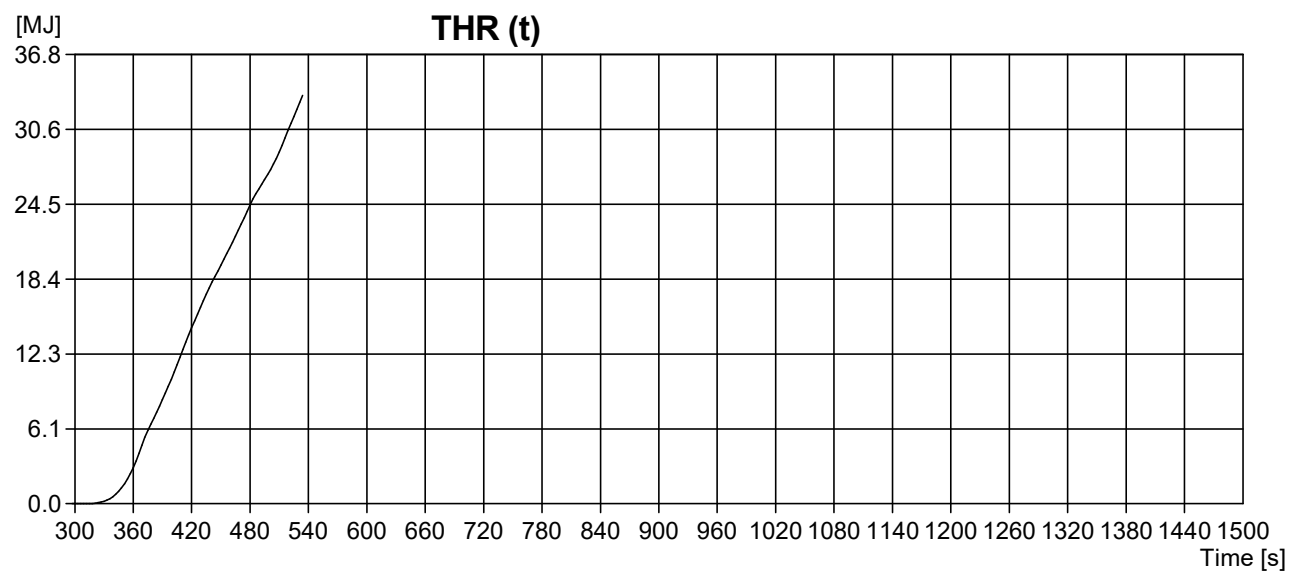
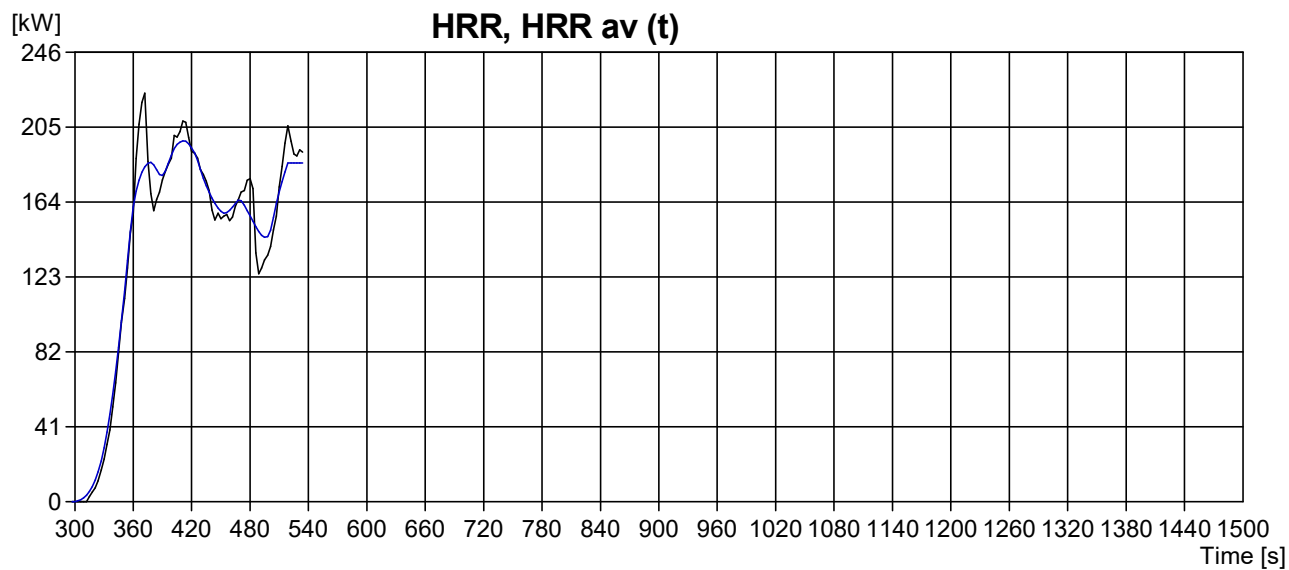
SBI Test according DIN / EN 13823 - Protocol

20221208#02

Test	
Used standard	EN 13823
Test date	2022.12.08
Full testtime / fulfilled (y/n)	yes
Product	
Name of product	██████████ zonder brandvertrager
Specimen number	#02
Substrate	CaSi
Fixing	Direct op substraat
Joints	horizontaal en verticaal 40x40
Conditioning	
(constant Mass/fixed time)	
Time intervall	
Mass 1 (g)	
Mass 2 (g)	
Laboratory	
Name of Laboratory	PEUTZ bv
Tester	DDe
Filename	20221208#02
Report-number	
Informations about test apparatus	
Flow profile factor kt(-)	0.89
Flow probe constant kp (-)	1.24
Measuring tube diameter	0.315
O2 delay time (calibration)	12
CO2 delay time (calibration)	6
Ambient conditions before test	
Air pressure (Pa)	100417
Air humidity (%)	55.3
visual recordings	
LFSedge (y/n)	N
FDPf=<10s (y/n)	N
FDPF>10s (y/n)	Y
Conditions after test	
Light transmission (%)	1.000
xO2 (%)	20.946
xCO2 (%)	0.054
Recorded events	
Surface flash (y/n)	N
Falling of flaming droplets (y/n)	Y
Smoke not entering the hood (J/N)	N
Fixing of plates false (y/n)	N
Conditions for early stop of test (y/n)	Y
Tendency to deforming (y/n)	N
Other additional events	none
Early stop of test	
Time of closing gas supply (s)	536s
Heavy HRR (y/n)	N
To high temperature (y/n)	N
Burner heavily disturbed (y/n)	Y
Failure of test apparatus (y/n)	N

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic HRR/THR/FIGRA

20221208#02



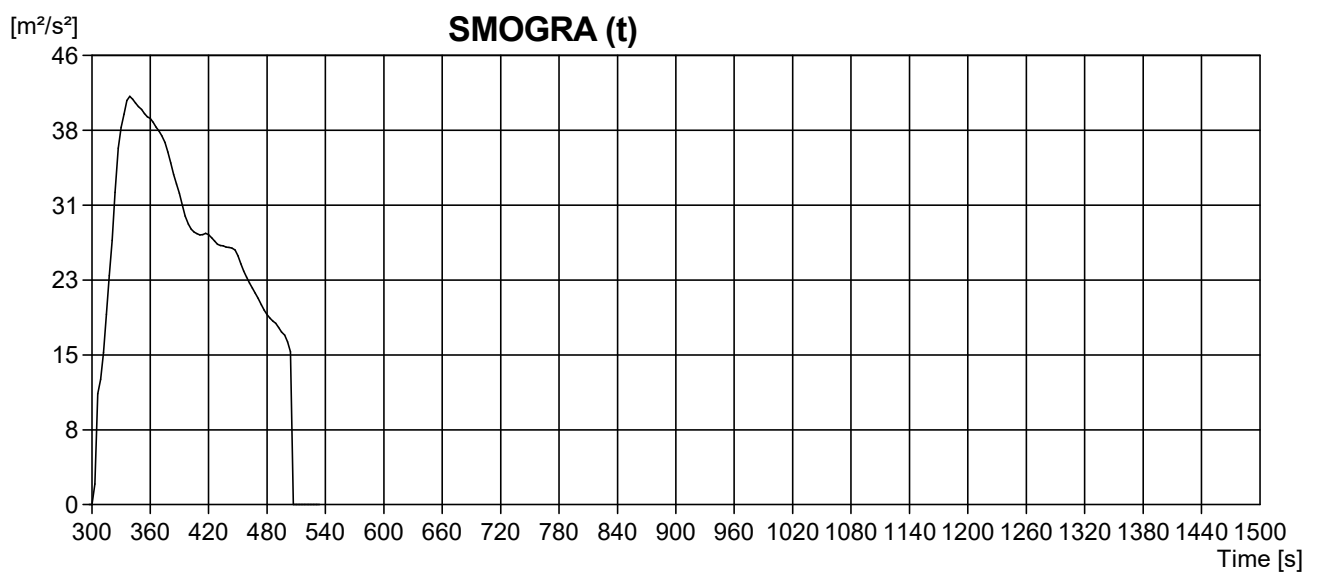
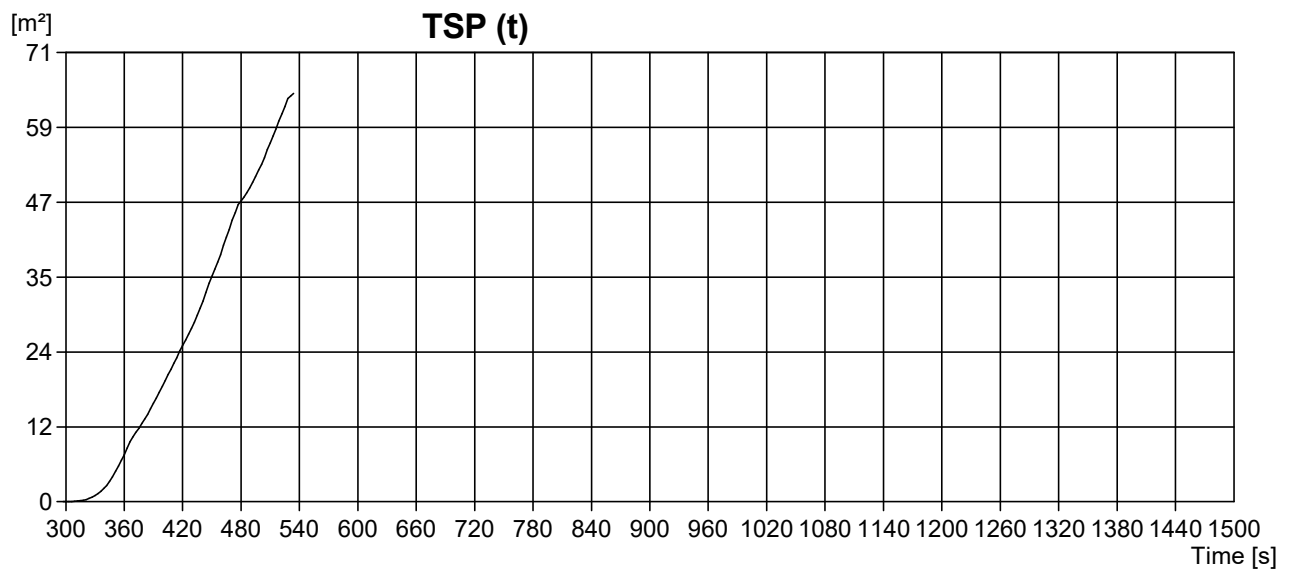
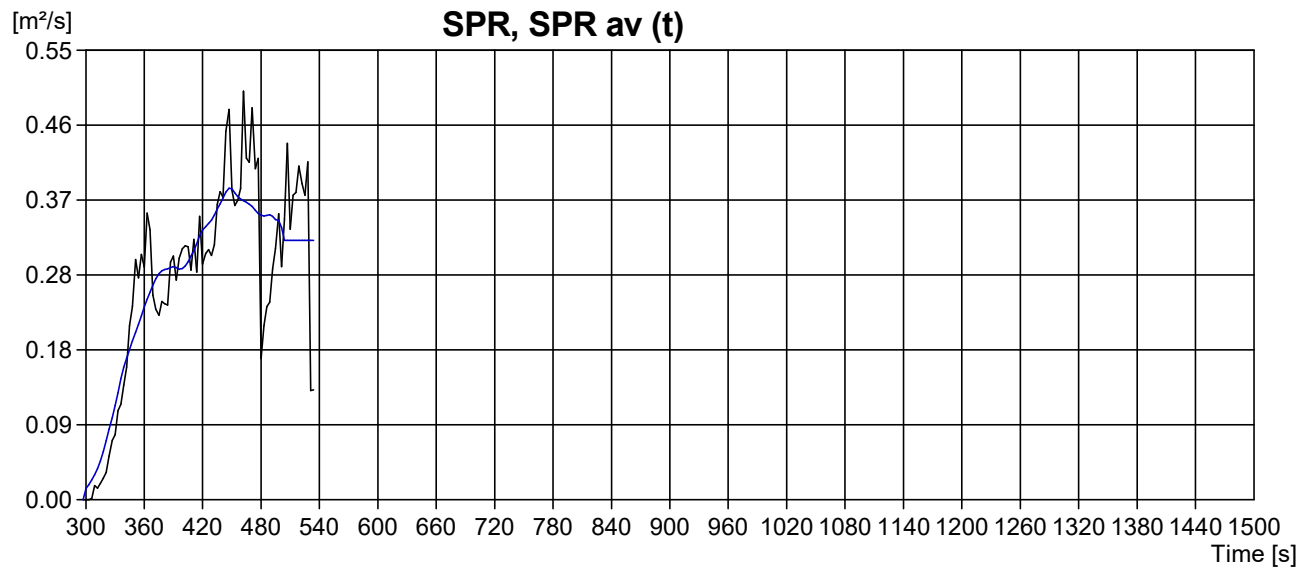
FIGRA_02 [W/s] = 2697

FIGRA_04 [W/s] = 2697

THR 600s [MJ] = 0

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic SPR/TSP/SMOGRA

20221208#02



SMOGRA [m²/s²] = 39.6

TSP 600s [m²] = 0

SBI Test according DIN / EN 13823 - Results and check

20221208#02

Software

Version Logger2015

Build

Parameter / calibration data

Ambient pressure = 100417 Pa

Ambient humidity = 55.3 %

kt = 0.886

kp = 1.240

Exhaust diameter = 0.315 m

Delay time O2 = 12 s

Delay time CO2 = 6 s

Start conditions

8.2.2 Ambient temperature at start ok

8.2.2 Exhaust temperature at start ok

Concentration of O2 at start = 20.95 %

Calculation of test

A.2.1.a Move O2 12 s

A.2.1.a Move CO2 6 s

A.3.2 Calculate mean value Tms from 3 temperatures

A.2.1.b t0_T = 303

A.2.1.c t0_O2 = 303

A.2.1.d t0_CO2 = 303

A.2.1.e Synchronize O2 with 3 s

A.2.1.e Synchronize CO2 with 3 s

A.2.2 Move Tduct, dp, Light 3 s

C.2.1 Response time burner switch 9 s ($9 \leq t \leq 12$)

A.3.1 Used thermocouples (3) ok

A.3.2 Drift O2 = -0.000 % ($< 0.02\%$)

A.3.2 Drift CO2 = -0.000 % ($< 0.02\%$)

A.3.3 Base line Light = 1.000

A.3.3 Drift Light = 0.000 (< 0.02)

A.4 Flame expose time = 231 s (> 1245)

A.4 Propan mass flow ok

A.5.1 Calculation of heat release

A.5.1.1.a Exhaust volume flow to low

A.5.1.1.b Oxygen consumption factor

A.5.1.1.b x_O2 = 20.947 %

A.5.1.1.b x_CO2 = 0.05400 %

A.5.1.1.c Tms = 289.1 K

A.5.1.1.c xa_O2 = 20.737 %

A.5.1.1.d HRR total

A.6.1 Calculation of smoke production rate SPR

A.6.1.1 Calculate SPR total

A.5.1.2 HRR Burner_avg = 32.30 kW (30.7 +/- 2.0)

A.5.1.2 HRR Burner_std = 0.53 kW (< 1)

A.5.1.3 Calculate HRR of sample

A.5.1.4 Calculate HRR 30 s

A.5.2 Calculate THR(t) and THR_600s

A.5.2 Time for THR 600s to short

A.5.3 Calculation of FIGRA 02 and 04

A.5.3 FIGRA_02 = 2697.323 W/s

A.5.3 FIGRA_04 = 2697.323 W/s

A.6.1.2 SPR burner_avg = 0.0275 m²/s (< 0.1)

A.6.1.2 SPR burner_std = 0.0052 m²/s (< 0.01)

A.6.1.3 Calculate SPR of sample

A.6.1.3 Calculate SPR 60s

A.6.2 Calculate of TSP(t) and TSP_600s

A.6.2 Time for TSP 600s to short

A.6.3 Calculation of SMOGRA

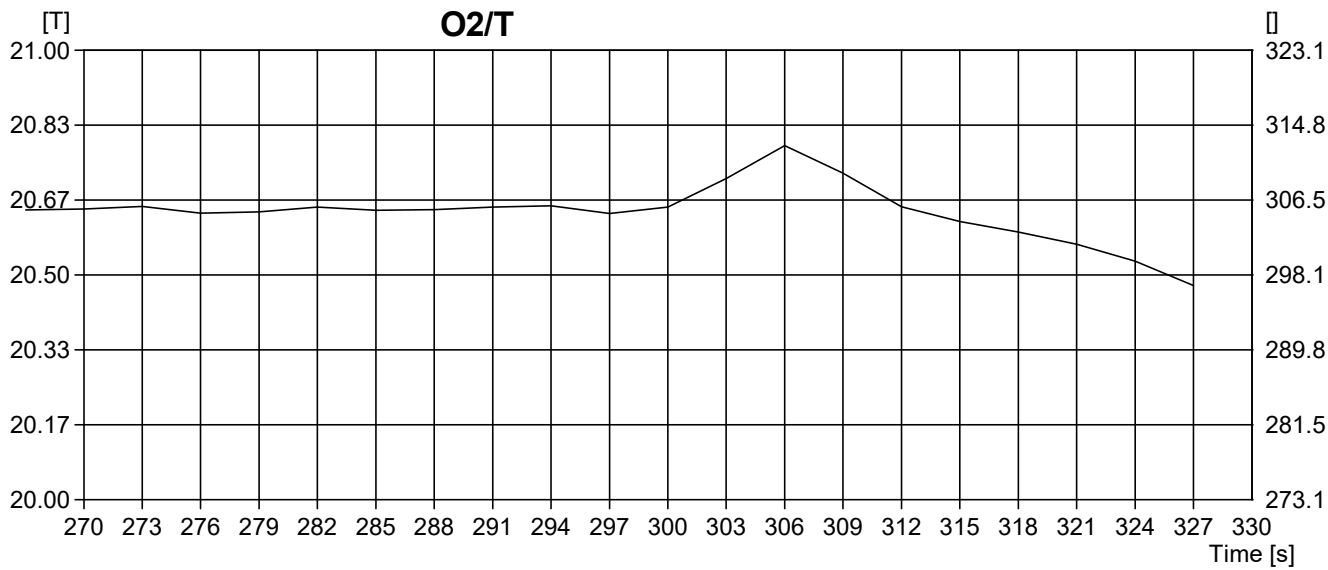
A.6.3 SMOGRA = 39.647 m²/s²

Save file as,

C:\SBI\2022\R1609\20221208#02.bin

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic oxygen / temperature

20221208#02



Bijlage F: SBI-test 2 Meetgegevens

2022120802

Peutz Laboratorium voor Brandveiligheid
Resultaten SBI-test - programmaversie
Test uitgevoerd op
Meetgegevens uit bestand:

v4.00 29-11-22 JM
08-12-2022
2022120802.txt

door

DDe

Meettijd s	HRR kW	HRRr kW	THR MJ	SPR m2/s	SPRR m2/s	TSP m2	Figra_cont W/s	Figra_drempel 0.2 W/s	Figra_drempel 0.4 W/s	Smogra_cont m2/s2	Smogra_drempel m2/s2
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
303	0	0	0	0	0	0	0.176 42303200683	0	0	0	0
306	0	0	0	0	0	0	0.102 75889801075	0	0	0	0
309	0	0	0	0	0	0	0.235 853100457127	0	0	0	0
312	0	0	0	0	0	0	0.295 756216590743	0	0	0	0
315	2.85250051877497	5.5313874482981	0.0089575015653249	-0.00653479557113402	0.0114643347292872	0.0089575015653249	0.368 759163219321	0	0	0	0
318	1.88038003094916	5.3154882191921	0.022398644317961	-0.00046271753245187	0.0231958943550685	0.022398644317961	0.451 75712284402	0	0	0	0
321	1.66506340175799	11.627940828161	0.04619334850072	0.0069814065803754	0.03969620071110895	0.0209421525929126	553 711432515053	0	0	0	0
324	1.657663822349	16.7077972119595	0.0811668396667768	0.0274359779906495	0.0563831862327725	0.0274359779906495	674.082173820649	0	0	0	0
327	16.870265572604	21.9071800005193	0.131777638278558	0.0458829075852356	0.0704515865186717	0.24009067325568	811 37730389903	0	0	0	0
330	22.759914467576	28.975990008938	0.2001803611831	0.0531374627620159	0.0948974352121206	0.40046354539616	965 866630029454	965 866630029454	0	0	0
333	22.72360458309	30.251608412083	0.287787318756324	0.079724589232853	0.110381099234828	0.63963641309471	1134.67624497359	1134.67624497359	0	0	0
336	40.7059819521065	47.2167959994596	0.40988086212543	0.0957139656704595	0.12666637301294	0.92677853632085	1311 57766665166	1311 57766665166	0	0	0
339	30.50026254829	58.322950692001	0.56078924890302	0.13693817479589	0.152452398894624	1.26785999075962	1495 43834892005	1495 43834892005	0	0	0
342	24.204295920907	70.394708084005	0.753642035942054	0.139132306570849	0.15180247190406	1.68534901001216	1676.06447781906	1676.06447781906	0	0	0
345	79.944414575073	83.5519827776094	0.993475339667278	0.189383128544781	0.162306581667179	2.25348999610651	1856 7102839132	1856 7102839132	0	0	0
348	97.1548105309801	98.7295934837356	1.28493977128455	0.213962906745245	0.173015944373569	2.89538771634224	2056.86748924449	2056.86748924449	0	0	0
351	110.84022108785	115.125931456883	1.6174604676109	0.274668475091906	0.183698164282491	3.71939614617196	2257 43904817417	2257 43904817417	0	0	0
354	130.588418954517	132.662291024503	2.009225945200175	0.258611618006488	0.193595915747468	4.49387962403542	2456 70109713192	2456 70109713192	0	0	0
357	139.39169121687	150.27986217162	2.42740101684221	0.268042329504416	0.203668310993328	5.2980066125509	2636 4734421486	2636 4734421486	0	0	0
360	163.400059956507	164.410059955224	2.91760119671714	0.278653306046315	0.214730020498963	7.1396503368985	2740 16766509207	2740 16766509207	0	0	0
363	192.156301658607	173.7941078985	4.9407010188756	0.340693094525882	0.227498987893355	9.1560481426719	2758 63626284865	2758 63626284865	0	0	0
366	205.76653022275	170.97385795817	6.130749994109	0.310730284188672	0.223700018102809	8.0802966633024	2726 8724660329	2726 8724660329	0	0	0
369	235.892088127722	184.212190012411	8.1810405050775	0.24356584354532	0.241600506364704	8.8189281974674	2669 74188423784	2669 74188423784	0	0	0
372	331.206134308212	187.26496826954	5.5122145800218	0.207573638296993	0.2494863256928	9.6044911235808	2600 9025873577	2600 9025873577	0	0	0
375	195.82403778813	188.38921479967	6.0959557133862	0.20058575192737	0.255478988044776	10.059816773953	2525 18953066236	2525 18953066236	0	0	0
378	188.95142634158	189.43468935691	6.6046449994109	0.214939560238403	0.259018627081393	10.7046324186518	2428 64895814986	2428 64895814986	0	0	0
381	162.6207270817	187.50038928661	7.0943520680338	0.208089894880049	0.26089894880049	11.306015096119	2314 81962081686	2314 81962081686	0	0	0
384	163.47458985818	182.22489914475	7.58906760475933	0.21162508165351	0.26155812664547	11.994666753108	2193 12487993423	2193 12487993423	0	0	0
387	157.46382638656	188.94962326165	8.0874585328753	0.264808950003141	0.262718594534565	12.7893884001174	2073 39037156511	2073 39037156511	0	0	0
390	177.812678727892	179.629713209853	8.6209469994109	0.27673050681131	0.265448386110988	13.619577887513	1984 77527788732	1984 77527788732	0	0	0
393	178.653165607524	180.55820587979	9.15686860568185	0.24297227246674	0.26169947264306	14.3480106485003	1941 45462997821	1941 45462997821	0	0	0
396	180.9670602736	185.00033212953	9.6986071838705	0.26866018322246	0.259440718922988	15.149107304671	1927 11284502701	1927 11284502701	0	0	0
399	195.516957633449	195.05233221318	10.285158067704	0.29616485305589	0.26713894503899	16.0370823867878	1919 72052740586	1919 72052740586	0	0	0
402	184.65071306274	193.885793247474	10.869110198702	0.278613484435834	0.262327648738244	16.85441882603	1900 84111026936	1900 84111026936	0	0	0
405	187.095676924638	196.074171546618	11.46039727266531	0.283183984581697	0.267556763192886	17.7229479634304	1867 11540520589	1867 11540520589	0	0	0
408	206.156512506414	197.646750000028	12.0789818180405	0.261710513786005	0.274289527860385	18.5081263377855	1830 05328703729	1830 05328703729	0	0	0
411	214.34094396962	198.8955310841	12.7200043135951	0.30733525318382	0.280718369732954	19.4345518546798	1791 5731629188	1791 5731629188	0	0	0
414	212.84905721142	198.78944583073	13.360537307386	0.256906897030902	0.29846321966563	20.185441882603	1743 85521572871	1743 85521572871	0	0	0
417	194.85423588707	197.491343489115	13.9451005015246	0.315744788071811	0.299730729112435	21.132675524758	1687 96020076167	1687 96020076167	0	0	0
420	193.64748381682	195.72489521759	14.5260621528071	0.264142370935926	0.30626244821263	21.951053652836	1631 03746268133	1631 03746268133	0	0	0
423	194.79120942889	195.04632175769	15.110435781737	0.281246110520902	0.310638913203952	22.788843946871	1599 4979085991	1599 4979085991	0	0	0
426	188.72104195009	188.5013831031	15.765993943208	0.279825119372843	0.314841170924086	23.688319054894	1496 04272304103	1496 04272304103	0	0	0
429	186.17809194432	183.011474400038	16.2351355219041	0.278806147738512	0.31816381884958	24.447374982049	1418 74010855843	1418 74010855843	0	0	0
432	177.82593396137	178.399794127461	16.7868133400925	0.28347342685481	0.324708418650263	25.295157177868	1351 5159187471	1351 5159187471	0	0	0
435	178.583491217661	174.543638211242	17.304838317454	0.33932062530329	0.32346718546798	26.310778131362	1292 91560156476	1292 91560156476	0	0	0
438	171.187181676203	170.82046667609	17.81790915877	0.338623280440357	0.32736728464234	27.863728464234	1237 82932367833	1237 82932367833	0	0	0
441	158.41662080705	167.362108027072	18.2931590214485	0.345650328441292	0.3287554549748	28.38752549748	1186 96531787745	1186 96531787745	0	0	0
444	159.0647554493	162.2566427131	18.704471631196	0.34871165289849	0.352956577320135	29.073390408695	1139 74004463481	1139 74004463481	0	0	0
447	155.25584523824	161.4254699548	19.282214216711	0.44841986132868	0.367587897933561	31.04852028951	1098 1324874476	1098 1324874476	0	0	0
450	155.123964501319	159.441298217426	19.7045843102551	0.354838573120408	0.35651936188679	32.118977174643	1062 94198811617	1062 94198811617	0	0	0
453	158.85203829735	156.41674092755	20.1811404243443	0.340376459782027	0.351311699717064	33.1293729796704	1035 40353547092	1035 40353547092	0	0	0
456	155.4938387039	156.61402620439	20.6476214309555	0.337561089613653	0.34718945403515	34.16562565333	1016 7657620706	1016 7657620706	0	0	0
459	154.61546662805	158.1682062764	21.11146756091	0.3883374117669	0.34394508309561	35.4560					

[illegible]



Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Test results

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
 Print date: 8-12-2022 15:21:57
 Test date: 08-12-2022
 Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#03.txt
 20221208.spr

Description of product and mounting

Identification sample: XXXXXXXXXX zonder brandvertrager
 Test specimen no.: #03
 Substrate: CaSi
 Mounting: Direct op substraat
 Seams/joints: horizontaal en verticaal 40x40

Description of specimen tested

XXXXXXXXXX zonder brandvertrager

Recorded events during the test

Surface flash: N
 Falling of parts of the specimen: Y
 Smoke not entering the hood: N
 Mutual fixing of backing boards fails: N
 Conditions justify early termination: Y
 Distortion or collapse of the specimen: N
 Any other additional events: none

Visual observations during the test

Lateral flame spread till edge of specimen: N
 Flaming droplets/particles <= 10 s: N
 Flaming droplets/particles > 10 s: Y

ATTENTION:
 No conditioning of specimen

Results

Figra 02: 6195,18 W/s at: 333 s
 Figra 04: 6195,18 W/s at: 333 s
 THR600: ----
 Smogra: 690,20 m2/s2 at: 315 s
 TSP600: ----

The test specimen complies with classes

Fire behaviour: ? --- ?
 Smoke production: ? --- ?
 Falling droplets: ---

Classification limits

Fire:	A2/B	C	D
Figra0.2:	<=120		
Figra0.4:		<=250	<=750
THR600:	<=7,5	<=15	
LFS:	<edge	<edge	
Smoke:	s1	s2	s3
Smogra:	<=30	<=180	not s1/s2
TSP600:	<=50	<=200	not s1/s2
Drop./Part.:	d0	d1	d2
flaming droplets/particles	none	<=10 s	not d0/d1

Classification in accordance with EN 13501-1 requires:
 Class A2: 3 SBI-tests and EN ISO 1716 or EN ISO 1182
 Class B/C/D: 3 SBI-tests and EN ISO 11925-2

PRELIMINARY CLASSIFICATION - NOT INTENDED FOR PUBLICATION

Laboratory for Fire Safety EN 13823 - SBI - Heat release

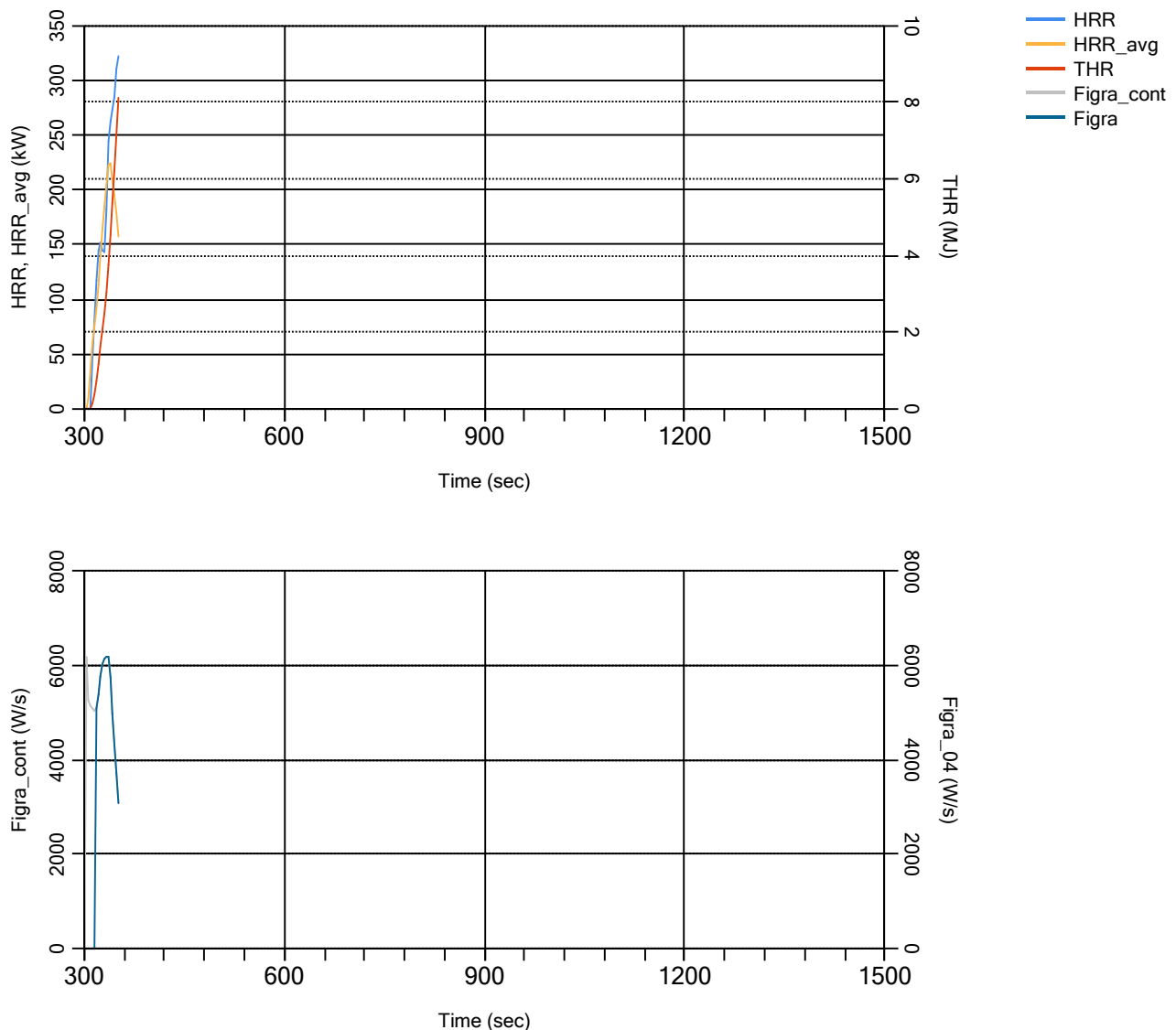
program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 15:21:57
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):
20221208#03.txt
20221208.spr

Heat release and Figra



Laboratory for Fire Safety EN 13823 - SBI - Smoke production

program version v4.00 29-11-22 JM

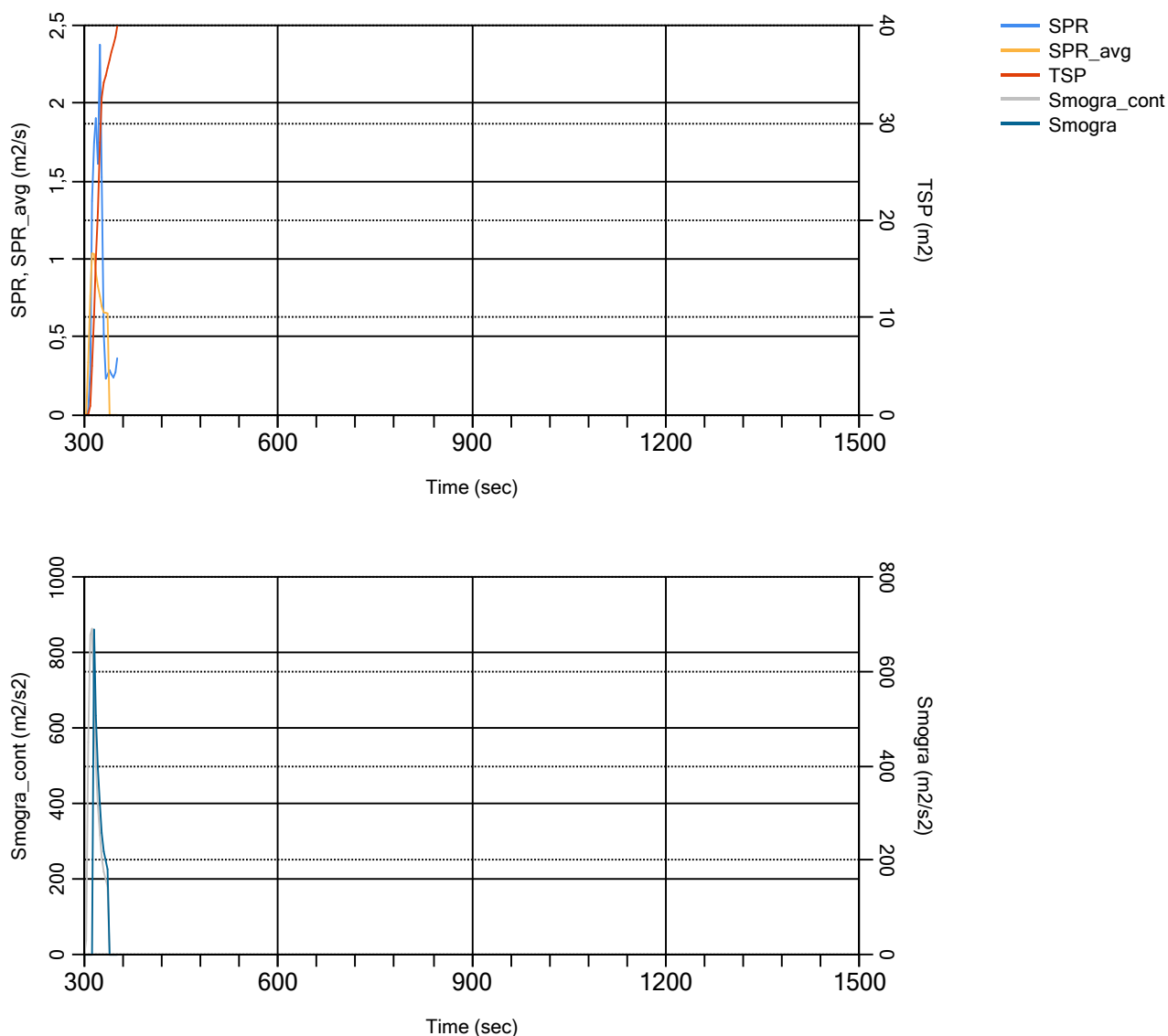
Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 15:21:58
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#03.txt
20221208.spr

Smoke production and Smogra



Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Calculations

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
 Print date: 8-12-2022 15:21:58
 Test date: 08-12-2022
 Technician: DDe

Measured data read from file(s):

20221208#03.txt
 20221208.spr

Pre-test conditions

Ambient temperature: 15,8 °C
 Ambient pressure: 100379 Pa
 Ambient relative humidity: 56,0 %

Calculations in accordance with EN 13823

Figra 02:	6195,183 W/s	at time:	333 s	
Figra 04:	6195,183 W/s	at time:	333 s	
THR600:	8,122 MJ			
THRend:	8,122 MJ	exposure:	66 s	
Smogra:	690,205 m2/s2	at time:	315 s	
TSP600:	39,935 m2			
TSPeind:	39,935 m2	exposure:	66 s	
Flow profile factor Kt:	0,890 -			
Flow probe factor Kp:	1,240 -			
Base line levels:	xO2(30-90)	20,937	%	
	xCO2(30-90)	0,055	%	
	Tms(30-90)	290,378	K	
	xaO2	20,707	%	
	I(30-90)	1,001	-	
Burner base line levels:	T(210-270)	313,703	K	
	xO2(210-270)	20,639	%	
	xCO2(210-270)	0,23329	%	
Check analysers:	CO2/dO2 (bl)	0,599	-	
Burner switch response time:	Tup	303	s	
	Tdown	309 s	s	
	bsr_time	6	s	
Heat release burner:	32,762	kW, sd.	0,765	kW
Smoke production burner:	0,0547	m2/s, sd.	0,0041	m2/s
Synchronisation:	dT > 2.5 K	303	s.r. shift	3
	dxO2 > 0.05 %	303	s.r. shift	15
	dxCO2 > 0.02 %	303	s.r. shift	9
End of test conditions:	Exposure time	366	s	
	drift light	0,0018	-	
	drift O2	-0,0108	%	
	drift CO2	0,0018	%	
Thermocouples:	T0(30-90)	288,950	K	dev. from T0
	T1(30-90)	290,390	K	1,440 K
	T2(30-90)	290,392	K	1,441 K
	T3(30-90)	290,352	K	1,401 K
Averaged Tms based on thermocouples:	T1, T2, T3			

Laboratory for Fire Safety

EN 13823 - SBI - Verification of conditions

program version v4.00 29-11-22 JM

Project data

Project no:
Print date: 8-12-2022 15:21:58
Test date: 08-12-2022
Technician: DDe

Measured data read from file(s):
20221208#03.txt
20221208.spr

Warnings and deviations from EN 13823

Number of warnings and deviations from EN 13823: 3
The exposure time is too short (req.: > 1245 s). [A.4]
The normalised volume flow in the exhaust duct is outside the limits
(req.: $0,5 \leq V_{298} \leq 0,65$ m³/s). [8.2.1]
The heat release from the burner is outside the limits (req.: $HRR = 30,7$
 ± 2 kW). [A.5.1.2]

The following conditions are met:

The ambient temperature is within the limits ($10\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{omg}} \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$).
The difference between the ambient temperature and the temperature in
the measurement section is within the limits ($dT < 4\text{ }^{\circ}\text{C}$).
The time delay t_{0-T} is within the limits ($t < 15$ s).
The time delay t_{02-T} is within the limits ($t \leq 6$ s).
The time delay t_{CO2-T} is within the limits ($t \leq 6$ s).
Drift O₂-analyser is within the limits ($dO_2 \leq 0,02\%$).
Drift CO₂-analyser is within the limits ($dCO_2 \leq 0,02\%$).
Drift light measuring system is within the limits ($dL \leq 0,02$).
The gas flow is within the limits ($m_{\text{Gas}} = 647 \pm 10$ mg/s).
The standard deviation of the heat release from the burner is within
the limits ($SD < 1$ kW).
The smoke production from the burner is within the limits ($SPR = 0 \pm$
 $0,2$ m²/s).
The standard deviation of the smoke production from the burner is within
the limits ($SD < 0,01$ m²/s).
Averaged temperature T_{ms} based upon three (correct) thermocouples. [A.3.1]

SBI Test according DIN / EN 13823 - Test report

20221208#03

This test was carried out according to EN 13823

Deviation from test method

In accordance with EN 13165 and EN 15715

Name and address of laboratory

Peutz Laboratory for Fire Safety
Klopsteen 4a
5443 PW Haps
The Netherlands

Name and address of client

Peutz Laboratory for Fire Safety
Klopsteen 4a
5443 PW Haps
The Netherlands

Name and address of manufacturer/client

Date of specimen come in

Identification of the product

Y2639_20221208#03

Description of taking sample

General information of tested product

 zonder brandvertrager

Description of substrate

CaSi

Conditioning

EN 13238

Date of test

08-12-22

Observations while test

The test results refer to burning characteristics of the product under test conditions, They are not the only criteria for assesing of the potential burning risc in the practical application.

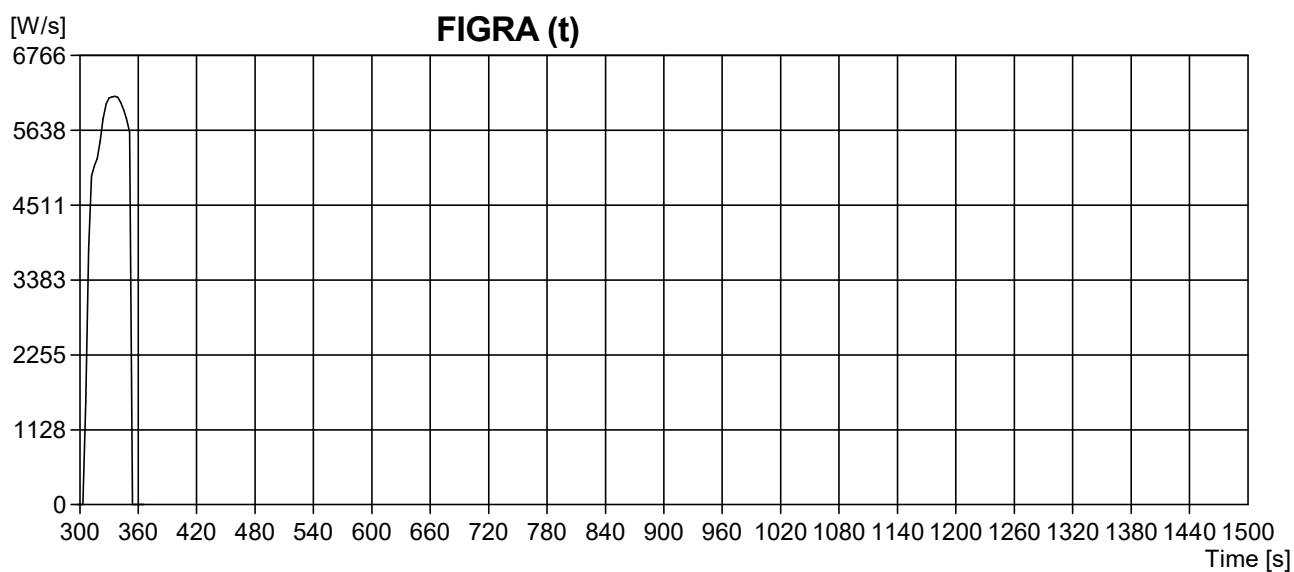
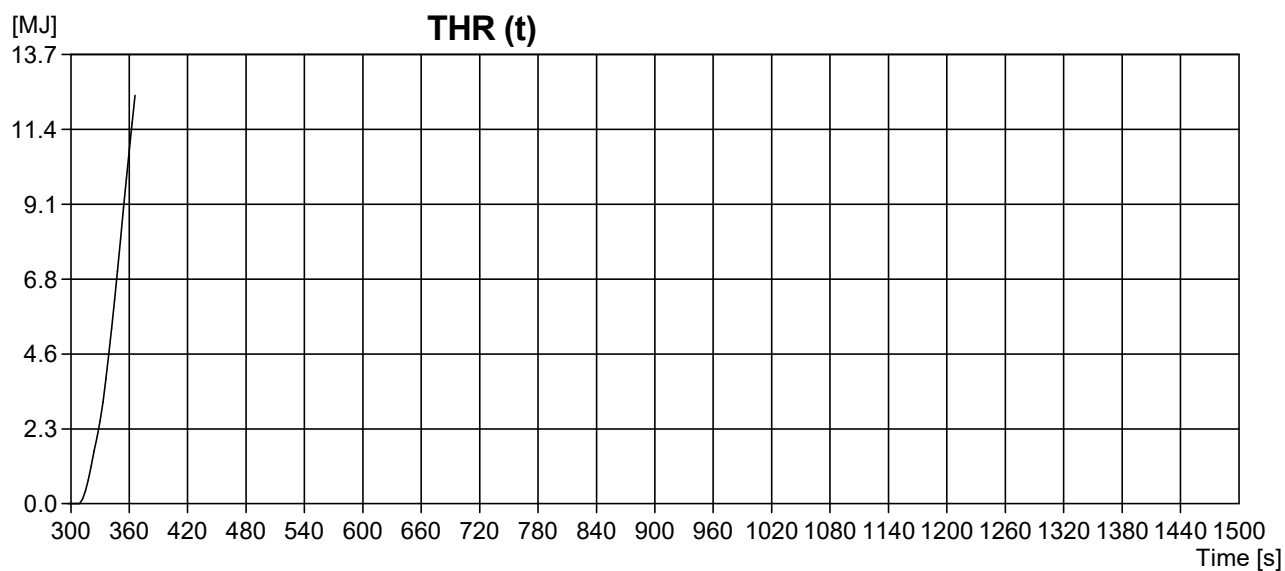
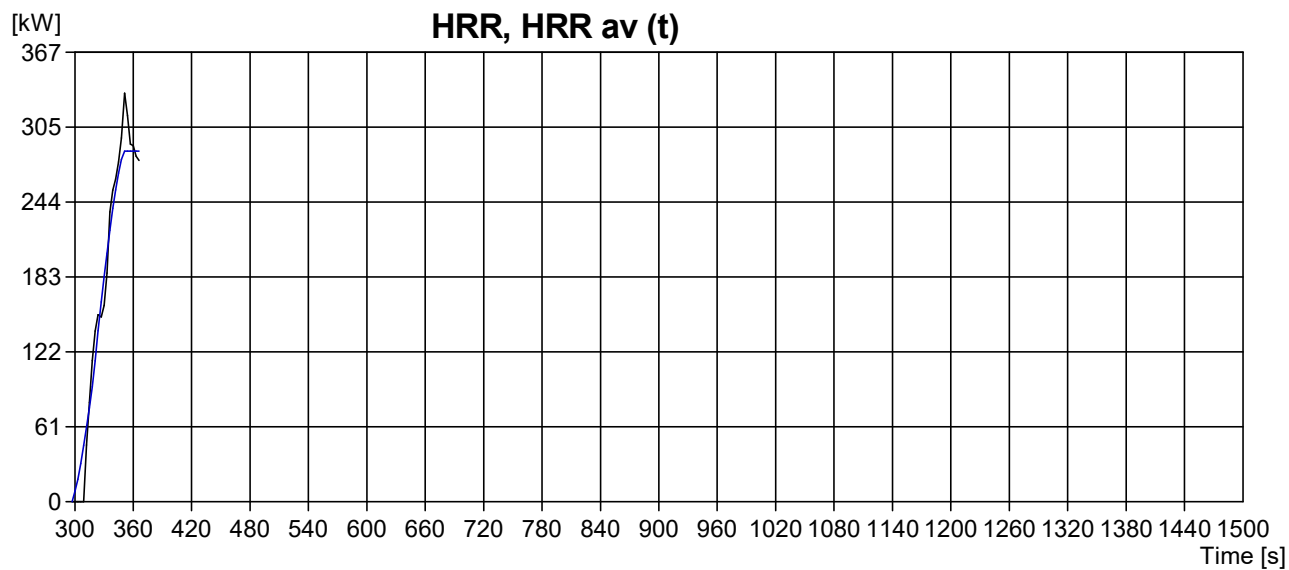
SBI Test according DIN / EN 13823 - Protocol

20221208#03

Test	
Used standard	EN 13823
Test date	2022.12.08
Full testtime / fulfilled (y/n)	yes
Product	
Name of product	██████████ zonder brandvertrager
Specimen number	#03
Substrate	CaSi
Fixing	Direct op substraat
Joints	horizontaal en verticaal 40x40
Conditioning	
(constant Mass/fixed time)	
Time intervall	
Mass 1 (g)	
Mass 2 (g)	
Laboratory	
Name of Laboratory	PEUTZ bv
Tester	DDe
Filename	20221208#03
Report-number	
Informations about test apparatus	
Flow profile factor kt(-)	0.89
Flow probe constant kp (-)	1.24
Measuring tube diameter	0.315
O2 delay time (calibration)	12
CO2 delay time (calibration)	6
Ambient conditions before test	
Air pressure (Pa)	100379
Air humidity (%)	56.0
visual recordings	
LFSedge (y/n)	N
FDPf=<10s (y/n)	N
FDPF>10s (y/n)	Y
Conditions after test	
Light transmission (%)	0.999
xO2 (%)	20.948
xCO2 (%)	0.053
Recorded events	
Surface flash (y/n)	N
Falling of flaming droplets (y/n)	Y
Smoke not entering the hood (J/N)	N
Fixing of plates false (y/n)	N
Conditions for early stop of test (y/n)	Y
Tendency to deforming (y/n)	N
Other additional events	none
Early stop of test	
Time of closing gas supply (s)	369s
Heavy HRR (y/n)	Y
To high temperature (y/n)	N
Burner heavily disturbed (y/n)	N
Failure of test apparatus (y/n)	N

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic HRR/THR/FIGRA

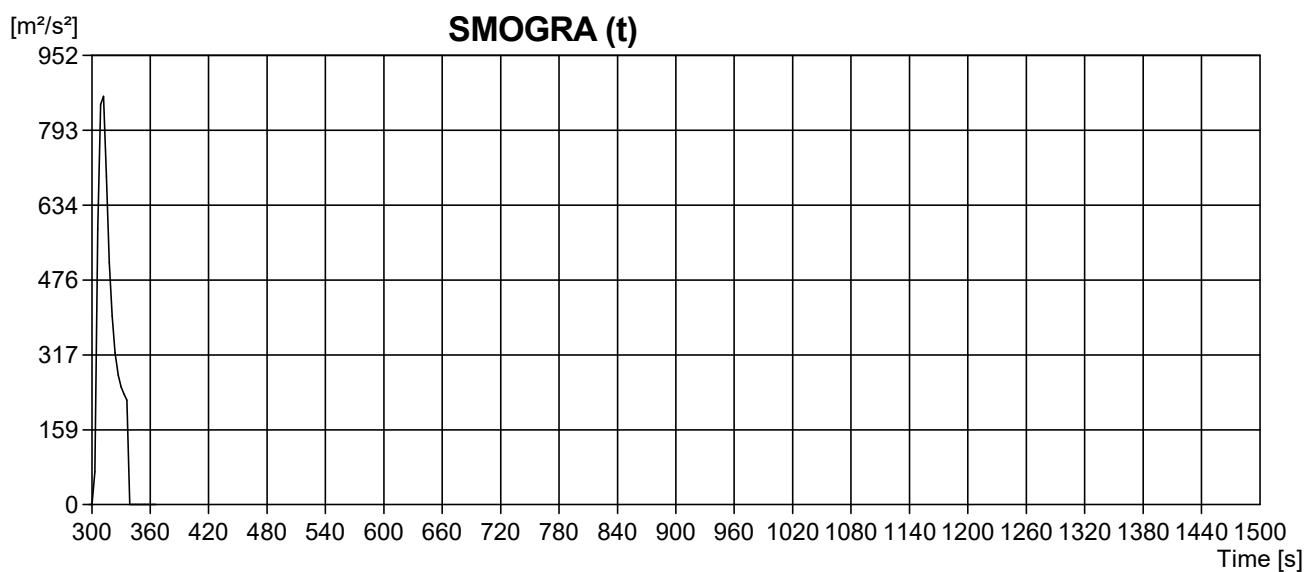
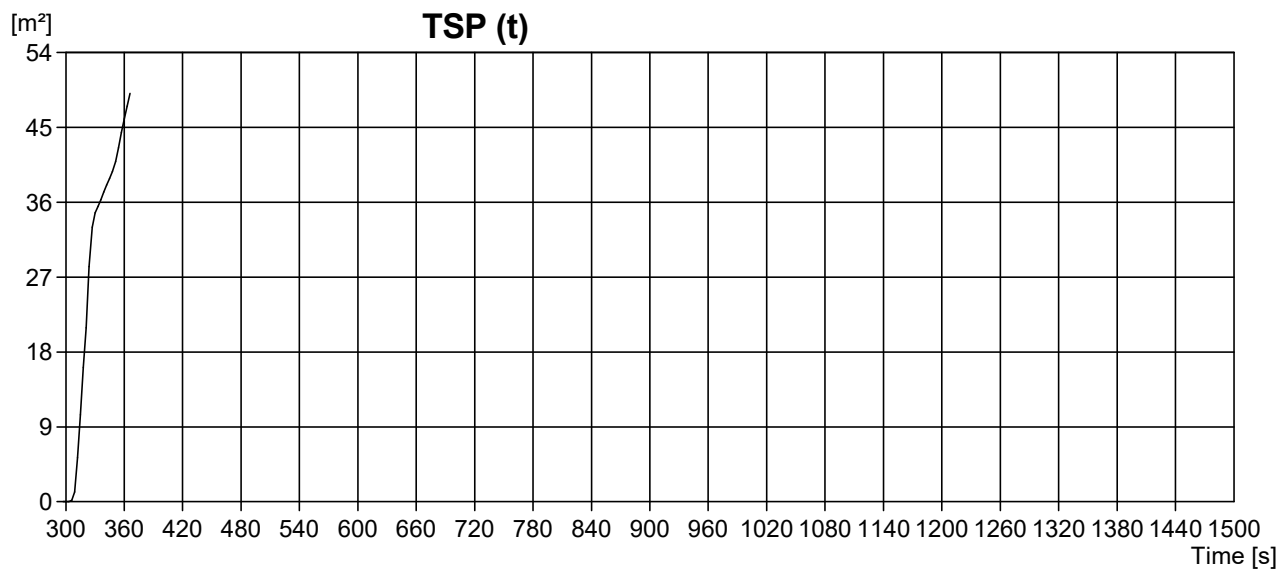
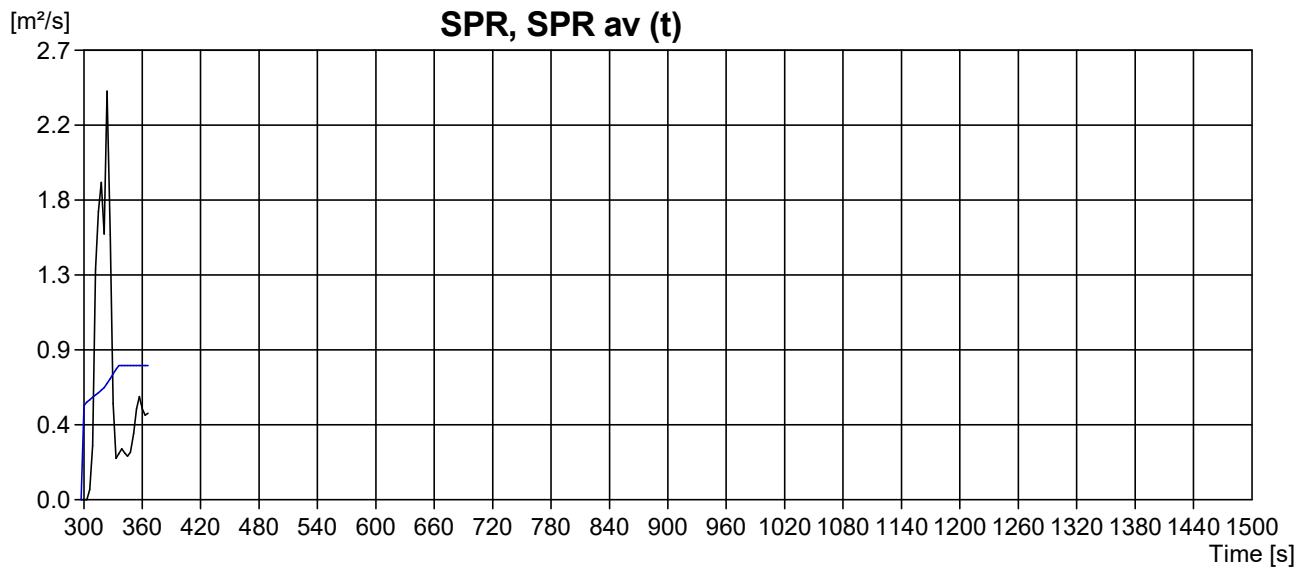
20221208#03



FIGRA_02 [W/s] = 6151

FIGRA_04 [W/s] = 6151

THR 600s [MJ] = 0



SMOGRA $[\text{m}^2/\text{s}^2] = 696$

TSP 600s $[\text{m}^2] = 0$

SBI Test according DIN / EN 13823 - Results and check

20221208#03

Software

Version Logger2015

Build

Parameter / calibration data

Ambient pressure = 100379 Pa

Ambient humidity = 56.0 %

kt = 0.886

kp = 1.240

Exhaust diameter = 0.315 m

Delay time O2 = 12 s

Delay time CO2 = 6 s

Start conditions

8.2.2 Ambient temperature at start ok

8.2.2 Exhaust temperature at start ok

Concentration of O2 at start = 20.94 %

Calculation of test

A.2.1.a Move O2 12 s

A.2.1.a Move CO2 6 s

A.3.2 Calculate mean value Tms from 3 temperatures

A.2.1.b t0_T = 303

A.2.1.c t0_O2 = 303

A.2.1.d t0_CO2 = 303

A.2.1.e Synchronize O2 with 3 s

A.2.1.e Synchronize CO2 with 3 s

A.2.2 Move Tduct, dp, Light 3 s

C.2.1 Response time burner switch 6 s (9 <= t <= 12)

A.3.1 Used thermocouples (3) ok

A.3.2 Drift O2 = 0.011 % (<0.02%)

A.3.2 Drift CO2 = -0.002 % (<0.02%)

A.3.3 Base line Light = 1.001

A.3.3 Drift Light = -0.002 (<0.02)

A.4 Flame expose time = 63 s (>1245)

A.4 Propan mass flow ok

A.5.1 Calculation of heat release

A.5.1.1.a Exhaust volume flow to low

A.5.1.1.b Oxygen consumption factor

A.5.1.1.b x_O2 = 20.937 %

A.5.1.1.b x_CO2 = 0.05476 %

A.5.1.1.c Tms = 290.4 K

A.5.1.1.c xa_O2 = 20.707 %

A.5.1.1.d HRR total

A.6.1 Calculation of smoke production rate SPR

A.6.1.1 Calculate SPR total

A.5.1.2 HRR Burner_avg = 32.63 kW (30.7 +/- 2.0)

A.5.1.2 HRR Burner_std = 0.71 kW (<1)

A.5.1.3 Calculate HRR of sample

A.5.1.4 Calculate HRR 30 s

A.5.2 Calculate THR(t) and THR_600s

A.5.2 Time for THR 600s to short

A.5.3 Calculation of FIGRA 02 and 04

A.5.3 FIGRA_02 = 6150.984 W/s

A.5.3 FIGRA_04 = 6150.984 W/s

A.6.1.2 SPR burner_avg = 0.0257 m²/s (< 0.1)

A.6.1.2 SPR burner_std = 0.0040 m²/s (< 0.01)

A.6.1.3 Calculate SPR of sample

A.6.1.3 Calculate SPR 60s

A.6.2 Calculate of TSP(t) and TSP_600s

A.6.2 Time for TSP 600s to short

A.6.3 Calculation of SMOGRA

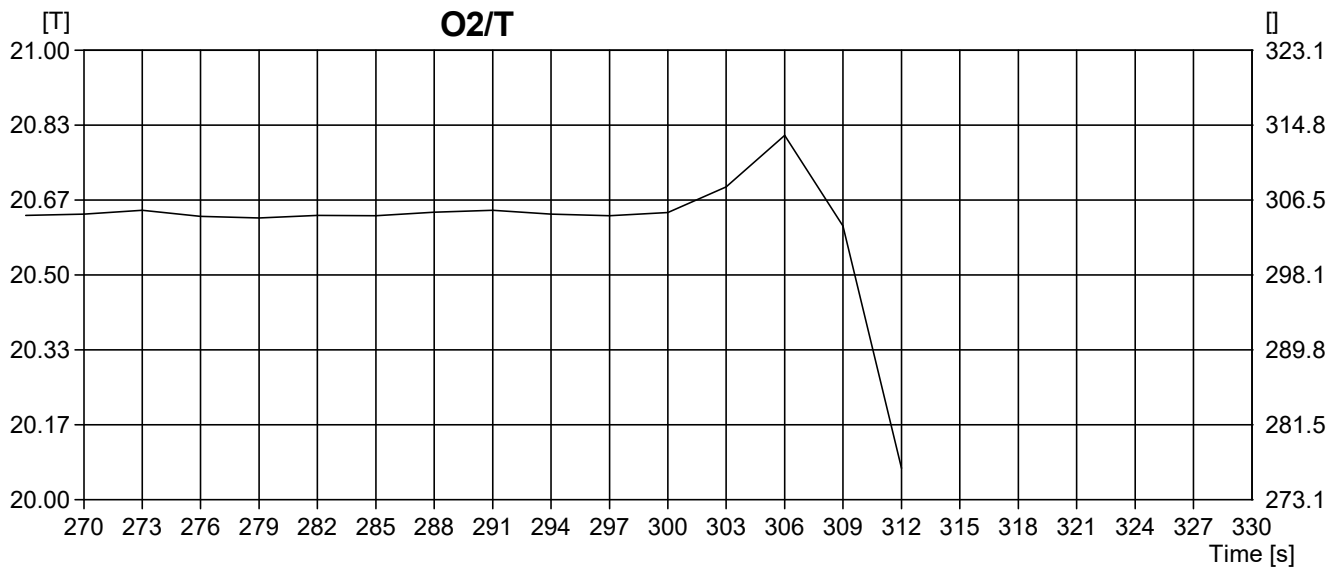
A.6.3 SMOGRA = 696.129 m²/s²

Save file as,

C:\SBI\2022\R1609\20221208#03.bin

SBI Test according DIN / EN 13823 - Graphic oxygen / temperature

20221208#03



Meetgegevens

v4.00 29-11-22 JM
08-12-2022 door DDe
20221208#03.txt

Pagina :

[illegible]