

Het Watersysteem van Dukenburg en Lindenholt

Analyse van waterkwaliteit en -kwantiteit problematiek in de
stadsdelen Dukenburg en Lindenholt



Maurice de Wit

HZ University of Applied Science

Nijmegen, 6 juni 2016

Versie: 2

Het Watersysteem van Dukenburg en Lindenholt

Analyse van waterkwaliteit en -kwantiteit problematiek in de
stadsdelen Dukenburg en Lindenholt

Rapport

Bachelor thesis ter afronding van de opleiding Aquatische Ecotechnologie

Dit document moet geciteerd worden als: Wit, M.M.P. de (2016). *Het Watersysteem van Dukenburg en Lindenholt*. Bachelor thesis Gemeente Nijmegen. HZ University of Applied Science of Vissingen, Nijmegen.

Auteur: Maurice de Wit
Studentennummer: 00064748
Contact: wit0016@hz.nl

Organisatie: Gemeente Nijmegen
Afdeling: Ruimtelijke Ontwikkeling (RO)
Begeleider: Ton Verhoeven
Contact: t.verhoeven@nijmegen.nl
Plaats: Nijmegen

Kennisinstelling: University of Applied Sciences Vissingen, Delta Academie
Opleiding: Aquatische Ecotechnologie
Eerste examiner: Jenny van der Welle
Tweede examiner: Bram Verkruysse
Externe deskundige: Henk Massink

Omslag foto: Gemeente Dalfsen (2007)

Nijmegen, 6 juni 2016

© Gemeente Nijmegen: Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Samenvatting – Summary

Nederlandstalige samenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd om de functionaliteit van de watersystemen Dukenburg en Lindenholt te analyseren en te toetsen in de afrondingsfase van het Waterplan Nijmegen 2001. Met als doel om de hydraulische, fysisch- chemische en ecologische status van beide watersystemen te optimaliseren.

Dukenburg en Lindenholt zijn twee stadsdelen in Nijmegen met elk een individueel watersysteem. Beide watersystemen wordt gevoed door het regenwaterriool, lokale- en regionale kwel. Kwel is verreweg de grootste voedingsbron. Dit komt door de continue toestroom van lokale kwel, gegenereerd door een hoger waterpeil op het Maas-Waalkanaal ten opzichte van het stedelijk waterpeil. De permanente kwelstroom zorgt voor een continue basisafvoer van circa 0,4 en 0,6 l/s/ha, respectievelijk in Dukenburg en Lindenholt. De basisafvoer zorgt ervoor dat het maximale afvoerdebiet (1,5 l/s/ha) sneller wordt overschreden. Daarentegen voldoet de drooglegging ruim aan de norm. Het blokkeren van de kwelstroom middels een kwelscherm is onwenselijk omdat de basisafvoer het systeem ververst in droge tijden. Het stedelijk watersysteem heeft voldoende bergingscapaciteit die bij (hevige) neerslag benut kan worden om het afvoerdebiet te reduceren.

Het watersysteem van vooral Dukenburg bevat verdronken (ondergedompelde) en/of te kleine duikers. Deze duikers voldoen niet aan de gestelde normen. De duikers belemmeren de hydraulische doorstroom en ontwaken eutrofiëringsprocessen maar dit leidt niet direct tot inundatie. De hoogst geprioriteerde maatregelen zijn: 1). Verdronken duikers voorzien van een vrije doorstroom. 2). Te kleine duikers vergroten naar een minimale binnen diameter van 800mm.

De oostelijk gesitueerd wateren hebben een sterker eutrofisch karakter dan de westelijke wateren. Dit komt doordat de oostelijke wateren een hogere kwelintensiteit hebben. Het kwelwater komt veelal van het Maas-Waalkanaal en heeft een relatief slechte waterkwaliteit. Daarnaast blijkt uit metingen dat ieder waterlichaam één of meerdere kwaliteitsparameter(s) heeft die niet voldoet aan de MTR-norm. Naast (lokale) kwel wordt de waterkwaliteit beïnvloed door de verhard oppervlakte en recreatieve activiteiten. Het is wenselijk om deze directe nutriënten- en metalenbelasting vanuit het stedelijk gebied terug te dringen. De meest efficiënte maatregelen zijn: 1). Wegen met een hoge verkeersintensiteit aankoppelen op het vuilwaterriool. 2). Daarnaast kunnen zandvangen aangelegd worden. Een zandvang centraliseert de (verontreinigde) deeltjes die inspoelen via de regenwateruitlaten en functioneren tevens als overwinteringshabitat voor koudbloedige. 3). Aanvullend kan het recreatiebeleid worden verduurzaamd.

De biodiversiteit van vissen en amfibieën is hoog voor een stedelijk watersystemen. Het visbestand vertoont daarentegen ook afwijkingen. De afwijkingen hebben een duidelijk verband met de ijzerconcentratie en de aanwezigheid van aalscholvers. Het creëren van schuilhabitaten is een efficiënte maatregel om het jachtsucces van de aalscholver te reduceren.

Ten slotte, sociaal- geografische ontwikkelingen (vergrijzing en krimp) bieden de kans om de huidige rioolstelsels, die in mindere staat verkeren, te transformeren tot duurzaam gescheiden rioolstelsels. De transformatie vereist een stedenbouwkundige visie. Zolang de stedenbouwkundige visie uitblijft is het renoveren van slechte rioolstrengen het uitgangspunt.

English summary

This study was conducted to analyse the functionality of the water system Dukenburg and Lindenholt in the final phase of the policy plan 'Waterplan Nijmegen 2001'. With the aims to optimize the hydraulic, physic-chemical and the ecological state of both water system.

Dukenburg and Lindenholt are two districts in the city of Nijmegen. Both districts have an individual water system. The water systems receive their water supply from the rainwater sewer, local- and regional seepage. The seepage is by far the largest supply source. Because there is a continuous flow of local seepage. The flow is generated by the difference in water level between the Meuse-Waal channel and the urban water system. The Meuse- Waal channel has a much higher water level (7,95 + meter NAP) compared to the urban water level (6,20 + meter NAP). The permanent seepage flow creates a continuously base discharge of approximately 0,4 and 0,6 l/s/ha, respectively Dukenburg and Lindenholt. The maximum discharge of 1,5 l/s/ha will be exceeded faster during heavy rainfall because of the base discharge. In contrast, the reclamation meets all standards. Blocking the local seepage by using a seepage barrier is undesirable because the seepage refreshes the system in dry time.

Especially, the water system of Dukenburg contains submerged- and too small culverts. Those culverts obstruct the hydraulic flow, but this did not lead to floods directly. However those culverts stimulate eutrophication processes. The highest priority measures are: 1). The submerged culverts need a water free space to function properly. 2). The small culverts needs a minimum diameter of 1000mm.

The water bodies situated in the east part of both districts have a clearly stronger eutrophic character than the water bodies situated in the west. This is because the east situated waterbodies are more affected by the water quality in the Meuse- Waal channel. Water quality measurements showed that one or more parameters of all the waterbodies exceed the Maximum Allowable Concentration. Besides (local) seepage, the connected paved area and recreational activities affect the water quality. It is desirable to reduce the direct nutrient and heavy metal load coming from the urban area. The most effective measures are: 1). Roads with a high traffic intensity can be connected to the wastewater sewer. 2). Applying of sand traps. Sand traps can centralized (contaminated) particles coming from the rainwater sewer and also function as a wintering habitat for cold-blooded organism. 3). Also the recreation policy can be made more sustainable.

The fish and amphibians biodiversity is high for a urban water systems. However the fish population shows abnormalities. The abnormalities have a clear correlation with the iron concentration and the presence of the cormorant. The creating of shelter habitats is an effective measure to reduce predation to get a more balanced fish population.

Finally, the social geographical developments in both districts offer the opportunity to transform the existing sewer system, which is in poor condition into a sustainable separate sewer system. The transformation requires an urban development vision. As long the urban development vision is absence renovation techniques will be used to keep the system operable and to avoid capital destruction.

Voorwoord

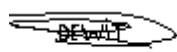
Voor u ligt mijn afstudeerscriptie. De scriptie is geschreven ter afronding van de bachelor Aquatische Ecotechnologie op de HZ University of Applied Science in Vlissingen. Tijdens het vijf maanden durende onderzoek heb ik mijn opgedane kennis in de praktijk kunnen brengen in het kader van het Waterstructuurplan Dukenburg en Lindenholt. Het waterstructuurplan geeft een gestructureerde invulling aan de watervisie, wat een onderdeel is van het Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP) 2017-2022.

Het betreft een toegepast onderzoek naar de functionaliteit van twee onafhankelijke watersystemen. De gemeente Nijmegen heeft een sterke behoefte om het watersysteem te optimaliseren omdat de demografische ontwikkelingen en de veranderende woonbehoeftes de kans daartoe bieden. De multidisciplinaire betrokkenheid vanuit de Gemeente Nijmegen en het Waterschap Rivierenland gaf me energie, ik wist waar ik het voor deed. Dit was ten slotte niet alleen om beide overheids-instellingen maar ook om de bewoners van Dukenburg en Lindenholt een watersysteem te bieden waarin zowel de mens als de natuur beter tot ontplooiing komt. Het maatschappelijk tintje gaf me een extra trigger. De complexiteit van het onderzoek gaf me veel uitdagingen en de mogelijkheid om binnen het onderzoek te groeien.

De begeleiding door mijn mentor Ton Verhoeven heb ik als zeer goed ervaren. Hij liet me zelfstandig werken en dat vind ik prettig. Als ik vragen had stond Ton altijd voor mij klaar en was nooit te beroerd om tijd voor mij vrij te maken. Van de omgevingsgerichte aanpak van Ton en vooral zijn kennis over bestuurlijke sensitiviteit met als doel op beleidsniveau stappen te zetten, heb ik erg veel geleerd. Daarnaast kon ik Ton's creativiteit waarderen. Hij heeft me geleerd om af en toe een stapje terug te zetten als een probleem op de loer ligt om tunnelvisie te voorkomen. Mijn tweede begeleider Jenny van der Welle heeft nauwlettend het onderzoek en de voortgang gemonitord. Waar nodig sprong Jenny bij en met vragen kon ik altijd bij haar terecht. Jenny was een goede terugval basis en gaf duidelijk advies. Dit vond ik prettig omdat ik de basis dan ook weer snel kon verlaten om door te gaan.

Voor de rest wil ik mijn vader, Johan bedanken voor al het werk wat hij heeft verzet om mij te ontlasten. Ook mijn moeder, Annemiek gooide af en toe zwembadjes. Ik ging weliswaar naar Vlissingen maar wilde niet graag kopje ondergaan in de Westerschelde. Dankzij de inspanningen van beide ouders heb ik het hoofd bovenwater kunnen houden in het eerste jaar. Dit is voor mij de belangrijkste stimulans geweest. Daarnaast wil ik hen bedanken voor de financiële steun gedurende mijn gehele studieperiode.

Maurice de Wit



Nijmegen, 6 juni 2016

Inhoudsopgave

Samenvatting – Summary	
Voorwoord	
1. Introductie	1
1.1 Onderzoeksvragen.....	2
2. Theoretisch kader	3
3. Methode	6
3.1 Watersysteemanalyse	6
3.1.1 Waterkwantiteit	6
3.1.2 Waterkwaliteit.....	7
3.1.3 Ecologie en beleving.....	8
3.2 Streefbeelden	8
3.3 Optimalisatie mogelijkheden en Multicriteria analyse	8
4. Watersysteemanalyse	9
4.1 Algemeen.....	9
4.2 Geohydrologie	9
4.3 Waterhuishouding en peilbeheer.....	10
4.4 Waterkwantiteit	12
4.4.1 Waterbalans	12
4.4.2 De hydraulische inrichting.....	14
4.4.3 Peilopzet Maas-Waalkanaal	15
4.4.4 Toetsing kwantiteitscriteria.....	16
4.5 Waterkwaliteit.....	17
4.5.1 Fysisch	17
4.5.2 Nutriënten	20
4.5.3 Metalen	22
4.6 Ecologie	24
4.6.1 Visstand en amfibieën	24
4.6.2 Migratiebelemmering en overwinteringshabitatten	25
4.7 Beleving en gebruiksfunctie	25
4.8 Streefbeelden	27
4.8.1 Toetsing Ambitieniveau.....	28
4.9 Discussie watersysteemanalyse	29

5. Visie watersysteem en waterketen	32
6. Optimalisatie mogelijkheden	33
6.1 Knelpunten en maatregelen.....	33
6.1 Vervolgplan kansrijke maatregel.....	42
7. Conclusie	44
Literatuurlijst	46
Bijlage 1. Wettelijk kader en beleidskader	51
Bijlage 2. Watersysteem van Dukenburg en Lindenholt met kunstwerken.....	53
Bijlage 3. Onderhoudsplichtigen	54
Bijlage 4.a Geologische bouw van Nijmegen	56
Bijlage 4.b Geologische bouw van Nijmegen	57
Bijlage 5. Regenwateruitlaten	58
Bijlage 6. Kwelintensiteit zomer- en winter	59
Bijlage 7. Primaire, secundaire en tertiaire doorstroming.....	61
Bijlage 8. Kroosgevoelige vijvers	62
Bijlage 9. De hydraulische functionaliteit van duikers	63
Bijlage 10. Analyse peilopzet.....	68
Bijlage 11. Wateroverlast in Dukenburg en Lindenholt	72
Bijlage 12. Analyse piekbelasting fosfaat in natte periode	74
Bijlage 13. Koperconcentratie	76
Bijlage 14. Viswatertypes 2004	77
Bijlage 15. Visbestand, kwelintensiteit en ijzer- fosfaat verhouding	78
Bijlage 16. Resultaten amfibieën inventarisatie.....	79
Bijlage 17. Migratie belemmerende duikers	80
Bijlage 18. Samenvatting van belevingswaarde	81
Bijlage 19. Voerderplekken watervogels.....	82
Bijlage 20. Toegekende ambitieniveau	83
Bijlage 21: Uitgebreide versie knelpunten, maatregel en advies.....	84
Bijlage 22. Multicriteria analyse	95

1. Introductie

Het voorliggend onderzoek is opgesteld in het kader van het Waterstructuurplan voor de stadsdelen Dukenburg en Lindenholt, gesitueerd in de gemeente Nijmegen. Het Waterstructuurplan is een beleidsdocument ter onderbouwing van het Gemeentelijk Rioleringsplan.

Nijmegen heeft een veelzijdige geschiedenis met water, de stad heeft zowel het water omarmt als de rug toegekeerd. De manier waarop Nijmegen met water omgaat is de afgelopen jaren sterk veranderd. De aanleiding was een hoogwatergolf in 1993 en 1995. Als gevolg hierop is de verbinding tussen water- en groenstructuren versterkt, water is zichtbaar geworden in de stad en de natuur is beter tot ontplooiing gekomen.

In 1998 werd de intentieverklaring getekend met een integrale ambitie om een duurzame waterketen te realiseren met als doel om een robuust, veerkrachtig, aantrekkelijk watersysteem te creëren tegen de laagst maatschappelijk kosten. De intentie is verwezenlijkt in het Waterplan Nijmegen 2001. Het Waterplan is een beleidsplan van waterschap Rivierenland en de gemeente Nijmegen. De integrale opgave wordt eind 2016 met een tevreden blik afgerond. De afgelopen jaren hebben in het teken gestaan van het afkoppelen van regenwater, projecten en onderzoek naar waterkwaliteit en –kwantiteit problemen. Dit onderzoek is hier een voorbeeld van. Daarnaast is in het kader van het Waterplan achterstallig onderhoud weggewerkt en zijn vele oevers heringericht, tot grote tevredenheid van burgers.

Medio 2016 wordt het nieuwe Gemeentelijk Rioleringsplan (GRP) 2017-2023 ter vaststelling aan de gemeenteraad aangeboden. Het GRP bevat naast de evaluatie van de vorige periode, de invulling aan watertaken en een planmatige- en financiële uitwerking ook een watervisie. De watervisie is een abstracte beschrijving voor de langere termijn aanpak van beide watersystemen en in relatie tot de waterketen. Ter onderbouwing van de watervisie en de invulling hiervan is een Waterstructuurplan nodig voor de waterrijke gebieden ten zuiden van de Waal.

In dit rapport wordt geanalyseerd hoe het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt functioneert in de afrondingsfase van het Waterplan. De functionaliteit wordt getoetst middels wettelijk of beleidsmatig vastgestelde parameters. De hedendaagse knelpunten worden bemerkt, geïnterpreteerd, bediscussieerd en voorzien van mitigerende maatregelen. De maatregelen worden getoetst op eerder genoemde doelen van de intentieverklaring. Ondanks de afronding van het waterplan blijven de doelen van kracht. Want systeemoptimalisatie, waaronder verstaan wordt het duurzamer, robuuster, veerkrachtiger en aantrekkelijker maken van watersystemen, bevindt zich in een virtuele cirkel. Het doorlopen van de cirkel is een continue proces door dat het gevoed wordt door nieuwe kennis, innoverende technieken, klimaatveranderingen en veranderende wet- en regelgeving.

Deze rapportage zal de volledige cirkel bewandelen. Het doel is om meer kennis te vergaren over de functionaliteit van beide watersystemen en om deskundigen advies te geven over de hydraulische, fysisch- chemische en ecologische optimalisatie mogelijkheden. Om dit doel te bereiken wordt allereerst vanuit het trechtermodel een literatuuronderzoek uitgevoerd naar het effect van urbanisatie op watersystemen. De onderzoeksmethodiek is beschreven in hoofdstuk drie.

De onderzoeksresultaten met de bijhorende interpretaties en discussies worden getoond in hoofdstuk vier de 'watersysteemanalyses'. In hoofdstuk vijf wordt de visie op het watersysteem en de waterketen beschreven. Daarna worden de knelpunten beschreven en voorzien van mitigerende maatregelen in hoofdstuk 6. Ten slot wordt in hoofdstuk 7 afgesloten met de conclusie.

1.1 Onderzoeksvragen

De hoofd- en deelvragen zijn geformuleerd om de stadsdelen Dukenburg en Lindenholt te voorzien van een nieuw Waterstructuurplan. Waarbij de huidige status en de gewenste ontwikkelingen van beide watersystemen centraal staan. De onderzoeksvragen hebben een sturende functie om de doelstellingen te behaald.

Hoofdvraag

Op welke manier kan de hydraulische, fysisch-chemische en ecologische status van het watersysteem Dukenburg en Lindenholt geoptimaliseerd worden?

Deelvragen

1. Hoe functioneert het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt?
2. In hoeverre functioneert het watersysteem (on)toereikend op de water kwantitatieve, water kwalitatieve en ecologische parameters?
3. Wat is de visie van de gemeente op het watersysteem Dukenburg en Lindenholt voor 2050?
4. Welke mitigerende maatregelen kunnen getroffen worden om de gedetecteerde knelpunten te reduceren?
5. Welke score krijgen de maatregelen ten aanzien van de doelen omschreven in de intentieverklaring en Waterplan Nijmegen 2001?
6. Welke maatregel wordt het hoogst geprioriteerd in het lange- en korte termijnplan voor beide stadsdelen?

2. Theoretisch kader

De wereld verstedelijkt snel (Grimm et al., 2008). Urbanisatie is een snel groeiende en vaak acute vorm van verandering in landgebruik (Paul & Meyer, 2001), om een gestructureerde distributie van materiaal, voeding, water en afvalstoffen te realiseren (Grimm et al., 2008). In ontwikkelde landen leeft 73% van de humane populatie in steden (Vermonden, 2010). In Nederland is dit circa 66% (Vermonden & Leuven, 2015). Door aantrekkelijke economische en sociale omstandigheden zal het percentage mogelijk toenemen tot 92% in 2050. Wereldwijd zal dit leiden tot een toename in mega steden (Grimm et al., 2008). Steden zijn microkosmos¹ die slechts 2% van het aardoppervlakte in beslag nemen (Grimm et al., 2008). Maar ondanks dit relatief lage percentage heeft het wereldwijd impact op de biogeochemische cyclus². Bijvoorbeeld verandering in biodiversiteit, fragmentatie en introductie van exotische soorten (Folke et al., 1997; Grimm et al., 2000). De humane gemeenschap domineert in het stedelijk ecosysteem. Kennis voornamelijk over de ecologische kwaliteit van stedelijke (water)systemen is schaars (Vermonden et al., 2010). Het begrijpen van patronen en processen die ontstaan tijdens de vorming van verstedelijking zijn sleutelfactoren om de stedelijke ecologie te bestuderen (Gaston, 2010).

Stedelijke ontwikkeling heeft zich wereldwijde geconcentreerd rondom rivieren en deltagebieden (Grimm et al., 2008). Watersystemen zijn de levensaders voor deze steden (Roodenberg, 2009). Een ader die vitale diensten levert aan de maatschappij (Postel & Carpenter, 1997). Het brengt water om te consumeren en voor irrigatie, vruchtbare gronden, biodiversiteit en biedt recreatie mogelijkheden. Het dient als verdedigingsbarrières en transport routes voor de aan- en afvoer van goederen (Postel & Carpenter, 1997; Roodenberg, 2009). Dit alles resulteert in werkgelegenheid, welvaart en welzijn. Ondanks de afhankelijkheid van gezonde watersystemen heeft urbanisatie vaak een negatief effect op de biochemische en hydromorfologische parameters (Paul & Meyer, 2001). Uit onderzoek blijkt dat landbouw een sterkere invloed heeft, zelfs bij een evenredige bedekking (Paul & Meyer, 2001). Daarentegen wordt 78% van de broeikasgassen opgewekt in stedelijk gebied (Grimm et al., 2000), wat menselijke gezondheidsrisico te weeg brengt (Bernstein et al., 2004; Kampa & Castanas, 2008). Het dominante kenmerk van urbanisatie is de toename van verharde oppervlakte (daken en wegen). Dit resulteert in een slecht doorlaatbare toplaag, verminderde infiltratiesnelheid, versnelde distributie van hemelwater, piek- afvoerdebieten en een verhoogd risico op overstromingen en dichtbevolkt gebied (Paul & Meyer, 2001).

Steden worden sterk geassocieerd met eutrofiëring, verontreiniging van zware metalen en pesticiden (Paul & Meyer, 2001; Gaston, 2010). Een toeneming in urbanisatie vermindert de diversiteit. De totale algen biomassa neemt toe door de verandering van vele factoren. Bijvoorbeeld: temperatuur, lichtinval en nutriënten. Hetzelfde homogeniserend effect wordt waargenomen bij andere flora en fauna soorten. Intolerantere soorten worden verdrukt door tolerantere soorten, dit zijn vaak exoten (Paul & Meyer, 2001; Walsh, 2005). Vermonden et al. (2009a) onderzochten de aquatische invertebraat diversiteit in 36 laaggelegen Nederlandse stedelijke watersystemen en vergeleek dit met de invertebraat diversiteit in landelijke watersystemen. Hieruit bleek dat een stedelijk watersysteem een vergelijkbare invertebraat diversiteit kan hebben. Collier et al. (2009) bewees dat sommige stedelijke beken in Hamilton, Nieuw Zeeland, beschikken over belangrijke habitatstructuren voor gevoelige inheemse vissoorten en gevoelige invertebraat gemeenschappen.

Urbanisatie zorgt dus aan de ene hand voor een homogenere leefomgeving en aan de andere hand creëert het nieuwe habitats (Vermonden, 2010). De (re)kolonisatie van inheemse gevoelige taxa soorten is echt niet optimaal waardoor exoten of tolerantere soorten een grotere kans hebben op kolonisatie.

De afgelopen decennia (o.a. zeventiger jaren) was het Nederlandse waterbeheer voornamelijk gefocust op het controleren en beheersen van waterstromen (Tauw, 2001; Arnold et al., 2011). Watersystemen in steden zijn veelal artificieel, gekanaliseerd en bevatten vaak harde oeverbeschouwing, bijv. houten planken (Paul & Meyer, 2001). Dit resulterend in veel regulerende kunstwerken (Paul & Meyer, 2001) en een homogeenstromingsprofiel. In het ernstigste geval, werd de waterloop ommanteld met beton en verdween in de grond. De watersystemen waren hoofdzakelijk ontworpen om de volksgezondheid en volksveiligheid te waarborgen (Harremoës, 1998).

Bezorgdheid en het besef dat water een kwetsbaar en over geëxploiteerd middel is, inclusief de groei van meer intensieve landbouw en expansieve urbanisatie in het perspectief van klimaatverandering heeft geleid tot een radicale verandering in kwalitatief en kwantitatief waterbeheer (Nolf et al., 2012). De kans op extreme neerslaggebeurtenissen in het noordwestelijke deel van Europa ten gevolge van klimaatveranderingen neemt significant toe (Bessembinder, 2015). Veel watersystemen die destijds ontworpen zijn om de volksgezondheid en volksveiligheid te waarborgen zullen adaptaties moeten doorgaan om klimaatbestendiger te worden. Om zodoende deze functie te blijven vervullen. Dit biedt tevens de kans om stedelijke en artificiële waterlichamen te rehabiliteren (Vermonden, 2010).

Het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is gesloten tussen het Rijk, samenwerkingsverband Interprovinciaal overleg de Vereniging van Nederlandse Gemeentes en de Unie van Waterschappen met als doel dat in 2015 de watersystemen op orde zijn voor de situatie in 2050. Deze wateropgave is een extra inspanning bovenop het reguliere beheer (Kragt et al, 2006; Rioler, O.W., 2009). De wateropgave (onderdeel van NBW en onderverdeelt in waterplannen) heeft o.a. geresulteerd in milieuvriendelijke- procesgerichte oplossingen. Bijvoorbeeld: afkoppelen van hemelwater (Lundin & Morrison, 2002), wat de verstoring van verstedelijking vermindert op de hydrologie (Nolf et al., 2012).

Nieuwe oplossingen kunnen leiden tot nieuwe milieuproblemen (Slijkerman & Bos, 2015). Slijkerman & Bos. (2015) onderzochten het effect van een grootschalig afkoppelproject in Wieringermeer. Hieruit bleek dat de zink, e-colibacteriën en fosfaat concentratie aanzienlijk verhoogt in vijvers die afstromend hemelwater ontvingen t.o.v. de referentievijver, maar niet zodanig dat het direct ecologische gevolgen had. Vermonden et al. (2009b) vonden geen significant correlatie tussen de grootte van het verhard oppervlakte en concentratie zware metalen (zink, koper en lood) in het oppervlaktewater. Hieruit blijkt dat de bouweigenschappen en het type verhard oppervlakte een grote rol spelen in de toevoer van zware metalen dan het aantal vierkante meters verhard oppervlakte.

Het Waterplan 2001 was een mijlpaal in het anders omgaan met water in Nijmegen. Water moest weer zichtbaar worden, belevingswaarde en ecologische waarde krijgen (Tauw, 2001). Gedeeltes van de (oude) binnen stad werden ontkoppeld van hemelwater. Nieuwe woonwijken waaronder Dukenburg en Lindenhof zijn voorzien van gescheiden rioolstelsel. Dit alles om de (rioolwater) overstorten terug te dringen. De belasting op rioolwaterzuiveringsinstallatie verminderd. Hierdoor is de kwaliteit van het effluent verbeterd (Tauw, 2001). Stadswateren zijn heringericht en gebaggerd om de waterkwaliteit en de ecologische structuren te verbeteren (Tauw, 2001). Dit was in lijn met de Europese Kaderichtlijn Water (KRW) en NBW. Desondanks blijven er nog knelpunten (ecologische en hydrologische) over in het watersysteem die opgenomen moeten worden als onderdeel van het Waterstructuurplan.

Bijlage 1 toont het wettelijk kader en een zeer beknopt samenvatting van de nationale- en regionale beleidskader.

3. Methode

De eerder omschreven hoofdvraag zal beantwoord worden middels de onderstaande methodologie.

3.1 Watersysteemanalyse

De algemene informatie over het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt zijn verworven middels literatuuronderzoek waarbij relevante documenten uit het gemeentelijke archief zijn geraadpleegd. Daarnaast is gebruikt gemaakt van het rioleringsbeheerprogramma Kikker.

3.1.1 Waterkwantiteit

De klimaatkenmerken (neerslag, verdamping en het regenwateroverschot) zijn verkregen middels data van het Weerstation Mark. De metingen zijn uitgevoerd met de Vantage Pro 2 Plus apparatuur en verwerkt met Meteohub software (Wijnen, 2015). De overige klimaatkenmerken zijn verworven bij het Koninklijke Nederlands Meteorologische Instituut (KNMI, 2016). De data van weerstation Deelen (275) en Volkel (375) zijn opgevraagd waarbij het gemiddelde als uitgangspunt is gekozen.

Waterbalans

Op basis van de klimaatkenmerken en de oppervlaktes (verhard en water) is berekend hoeveel hemelwater jaarlijks in het stedelijk oppervlaktewatersysteem komt. Voor de bepaling van de hoeveelheid afstromend regenwater afkomstig van daken en wegen is een afstroomcoëfficiënt van respectievelijk 0,90 en 0,85 gebruikt (Riolering, O.W., 2009). De totale kwelintensiteit is geïdentificeerd op basis van de afvoerdebieten in een neerslagvrije winter- en zomer periode na 2013. De neerslagvrije periode was respectievelijk 16 en 17 dagen. De afvoerdebieten zijn opgevraagd bij Waterschap Rivierland. De oevervegetatieverdamping is berekend op basis van de gemiddelde gewasverdamping van Mikkink in de periode 2009-2014 (KNMI, 2016) en het actuele aantal vierkante meter oever. De verdamping direct uit het oppervlaktewater is bepaald door de gemiddelde verdampingscoëfficiënt in de periode 2009-2014. Het jaarlijks afvoerdebiet (uit post) is de onbekende variabele in de waterbalans. Het theoretisch berekend afvoerdebiet moet gelijkwaardig zijn aan het gemeten afvoerdebiet. Indien er verschillen worden geconstateerd zal er een validatie plaatsvinden.

Hydraulische inrichting, Peilopzet Maas-Waalkanaal en Toetsing

De functionaliteit van de hydraulische inrichting is getoetst op basis van stromingsrichting, afwateringslocatie, maximaal afvoerdebiet, specificaties van de duikers en veldbezoeken. De criteria voor de beoordeling van de hydraulische functionaliteit bij duikers zijn:

- Minimale diameter van 800 (Waterschap Rivierenland 2015).
- Twintig procent van de diameter moet een vrijedoorstroom hebben (Waterschap Rivierenland 2015). Voor de classificatie is de volgende vuistregel gebruikt: Duikers die geen vrije doorstroom hebben worden geclassificeerd als verdronken. Duikers met een vrije doorstroom van 0 tot +0,15 zijn gevoelig voor verdrinking. Duikers met een vrijedoorstroom van +5 tot +15 zijn matig gevoelig. Duikers met een vrijedoorstroom kleiner dan 200mm voldoen niet aan de richtlijn van (Waterschap Rivierenland (2015).
- Duikers langer dan 100 meter worden geclassificeerd als te lang.
- Opstuwing bij duikers moet kleiner zijn dan 0,5 meter bij een T=1 neerslaggebeurtenis (Fokkema & Vermulst 2007).

Het effect van de peilopzet in het Maas-Waalkanaal op de grondwaterstanden, waterpeilen afvoerdebieten in Dukenburg en Lindenholt zijn gekwantificeerd door onderlinge trends (tijd en omvang) te vergelijken. De stroomsnelheid, opstuwung, afvoerdebiet en de drooglegging zijn reeds getoetst door modelstudies. De toetsing wordt gehandhaafd en waar mogelijk geactualiseerd.

3.1.2 Waterkwaliteit

Geen eenduidige methodologie is gebruikt voor de vaststelling van de waterkwaliteit. Dit vanwege de variatie in beschikbare data, monitoringslocaties en de bemonsteringdatum. Tabel 1 toont per parameter de gebruikte data bron. Beide watersystemen zijn door de Kaderrichtlijn Water richtlijn (KRW) geclassificeerd als overige wateren. Het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) wordt daarom gebruikt als toetsing norm (Haas et al., 2012; Ruigrok et al., 2015). Voor meer informatie zie bijlage 1.

Data

In 2007 zijn alle wateren in Dukenburg en Lindenholt tweemaal bemonsterd op fysisch- chemische parameters. De data van Hermus & Weperen (2007) zijn verworven in twee uiterst verschillende periodes, namelijk een droge (17- 18 april 2007) en een natte (7- 8 mei 2007) periode. De toetsingswaarde is opgebouwd uit het gemiddelde. De watermonster zijn gefilterd en tot aan de analyse gestationeerd in een koelkast (4°C). De watermonsters zijn geanalyseerd met behulp van de Inductively coupled plasma mass spectrometry (Hermus & Weperen, 2007). De gemeente Nijmegen en het Waterschap Rivierland meten in het fysisch- chemisch monitoringsprogramma de waterkwaliteit van waterlichaam 40, 33 , 59 (in Dukenburg) en 67 (in Lindenholt). De data zijn gebruikt om fluctuaties, ontwikkeling (trends) in waterkwaliteit te detecteren.

Tabel 1: De gebruikte data per parameter. Het symbol (-) betekent niet gebruikt en (x) betekent gebruikt.

Parameter	Gebruikte data	
	Hermus & Werperen, 2007	Monitoringsprogramma
waterhelderheid, zuurstof, temperatuur, totaal stikstof, totaal fosfor en nikkel	-	x
Fosfaat, koper, zink en ijzer	x	x
zuurgraad	x	-

Fysische parameter

De MTR-norm voor waterhelderheid en zuurstof zijn respectievelijk 0,4 meter en 5,0 mg/l. De zuurgraad hanteert een MTR norm tussen 6,5 en 9,0. De MTR-norm voor watertemperatuur is 25 °C (Guchte et al., 2000). Quinn (2000) concludeerde dat de kritische watertemperatuur voor o.a. invertebraten 22°C bedraagt. Zowel de MTR-norm als de kritische waarde zijn getoetst.

Nutriënten

De totaal fosfor (P) concentratie bestaat uit het orthofosfaat (PO_4^{3-}) en organisch gebonden fosfaat. De MTR-norm en de landelijke streefwaarde voor totaal P zijn respectievelijk 0,15 mg/l en 0,05 mg/l. (Guchte et al., 2000). De bepaling van het totale stikstof (N) bestaat uit de som van Kjeldahl stikstof (organische gebonden stikstof en ammonium) en nitraat en nitriet (Wevers et al., 2012). De MTR-norm en de landelijke streefwaarde voor totaal P zijn respectievelijk 2,2 mg/l en 1,0 mg/l. De MTR en de streefwaarde voor totaal P en totaal N heeft enkel betrekking op de gemiddelde zomerwaarde april – sept (Guchte et al., 2000).

Zware metalen

De MTR norm voor opgelost koper is 1,5 µg/l. Na standaardisatie voor het compartiment water (Cu opgelost + Cu gebonden aan zwevende stof) is de MTR norm 3,8 µg/l (Guchte et al., 2000). De maximale concentratie voor opgelost zink (Zn) in het oppervlaktewater is 9,4 µg/l (Guchte et al., 2000). Nederland heeft geen MTR-norm voor het ijzergehalte in het oppervlaktewater. Uit gedetailleerd onderzoek van het ministerie van de provincie Brits- Columbia Canada blijkt dat 350 µg/l ijzer het maximaal toelaatbaar risico is voor zoetwater organismen (Phippen et al., 2008).

3.1.3 Ecologie en beleving

Stichting RAVON en Grontmij hebben de visstand geïnventariseerd in 2004. Daarnaast heeft RAVON ook een amfibieën onderzoek uitgevoerd. Indien afwijkingen zijn geconstateerd tussen de ecologische onderzoeken en recente veldbezoeken of nieuwe (interne) kennis is het resultaat geactualiseerd. De gestelde hypothesen zijn verder onderzocht en waar mogelijk voorzien van een conclusie. Een indicatieve foto-analyse is uitgevoerd om recreatieve functie te herleiden. Daarnaast is geïnventariseerd hoe toegankelijk de stadswateren zijn voor recreatieve doeleinden en welk effect recreanten hebben op de het watersysteem.

3.2 Streefbeelden

In 2000 hebben alle wateren een ambitieniveau toegekend gekregen. Het ambitieniveau is geactualiseerd op het huidige beleidskaders. Voor de toetsing of de waterlichamen voldoen aan de onderliggende eisen is de data van Hermus & Weperen (2007) en het monitoringsprogramma gebruikt. De lange termijn visie is gebaseerd op de bevindingen van de watersysteemanalyse en de gewenste beleidsvoeringen vanuit het perspectief van ruimtelijke ontwikkeling.

3.3 Optimalisatie mogelijkheden en Multicriteria analyse

Op basis van de watersysteemanalyse en het streefbeeld zijn de gedetecteerde knelpunten voorzien van mitigerende maatregelen. Iedere maatregel heeft een score toegekend gekregen middels een Multicriteria analyse. De doelen van de intentieverklaring en het Waterplan Nijmegen 2001 zijn als criteria genomen (zie tabel 2). Het effect van de maatregel wordt getoetst op iedere criterium, afhankelijk van het effect wordt een score toegekend. De mogelijke scores zijn: 1 (positief effect) 0 matig of -1 (negatief effect). Daarnaast hebben de criteria een individuele wegingsfactor toegekend gekregen. De wegingsfactor wordt samen met de definitie, wanneer de maatregel voldoet aan de criteria, getoond in tabel 2. De eindscores (score van alle criteria samen) zijn classificatie in: (-10 tot 0) onvoldoende, (0 tot 2) zeer matig, (2 tot 5) voldoende, (5 tot 7) ruim voldoende, (7 tot 8) goed en (8 tot 10) zeer goed.

Tabel 2: De criteria met bijhorende definities waaraan de maatregel aan moet voldoen.

Criteria	Definiëring	Factor
Robuust	Watersysteem is beter bestand tegen extreme gebeurtenissen	2,0
Duurzaam	Watersysteem komt dichtbij een natuurlijke situatie. Dit is een robuust, veerkracht en aantrekkelijk systeem	2,5
Veerkrachtig	Watersysteem heeft een hogere biodiversiteit, sterke onderlinge verbondenheid en daardoor een sneller herstellend vermogen	2,0
Aantrekkelijk	Het watersysteem krijgt een hogere belevingswaarde voor omwonenden.	1,5
Kosten	De maatregel is uitvoerbaar tegen maatschappelijk verantwoordbare kosten	1,0

4. Watersysteemanalyse

Dit hoofdstuk omvat een kwantitatieve en kwalitatieve watersysteemanalyse.

4.1 Algemeen

De stadsdelen Dukenburg en Lindenholt zijn gesitueerd in het zuidwestelijke deel van Nijmegen. Het Maas-Waalkanaal scheidt beide met de rest van Nijmegen. De stadsdelen zijn gevestigd op het overgangsgebied tussen de stuwwal en het rivierengebied (Maas en Waal). Van origine zijn het waterrijke landbouwpolders. De bijbehorende karakteristieken zijn hedendaags nog zichtbaar.

De eerste zogeheten bloemkoolwijken werden aangelegd in de jaren 60 en 70, respectievelijk in Dukenburg en Lindenholt. Tijdens de bouw zijn waterlopen verlegd en gedempt met matig doordringbare leem- en kleigronden. De waterlopen en groenstroken zijn voornamelijk gerealiseerd op veenachtige gronden, de woongebieden liggen voornamelijk op zand/klei gronden. Tabel 3 toont de belangrijkste kengetallen. Bijlage 2 toont beide watersystemen.

Tabel 3: Wateroppervlakte, verhard- en onverhard oppervlakte in Dukenburg en Lindenholt.

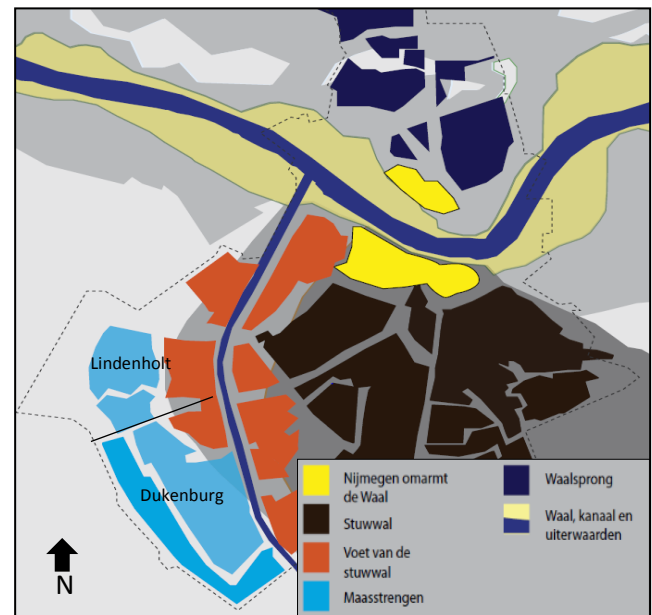
Kengetallen (2015)	Dukenburg	Lindenholt
<i>Inwoners</i>	<i>22.859</i>	<i>16.121</i>
<i>Afstromingsgebieden (bruto ha)</i>	<i>368</i>	<i>218</i>
<i>Afstromingsgebieden verhard (netto ha)</i>	<i>201</i>	<i>121</i>
• <i>Dak oppervlakte</i>	<i>69</i>	<i>52</i>
• <i>Overige verharde oppervlakte</i>	<i>94</i>	<i>59</i>
• <i>Hoofdwegen</i>	<i>11</i>	<i>10</i>
<i>Onverhard (netto ha)</i>	<i>145</i>	<i>76</i>
<i>Oppervlaktewater (netto in ha)</i>	<i>22</i>	<i>21</i>
<i>Type rioleringsstelsel</i>	<i>gescheiden</i>	<i>gescheiden</i>

In 2006 is het grootste gedeelte van het (reguliere) onderhoud voor de watersystemen ten zuiden van de Waal overgedragen aan waterschap Rivierenland. In de overeenkomst Overdracht Stedelijk Water zijn concrete afspraken gemaakt over het beheer en onderhoud van de verschillende type waterlichamen en elementen. Bijlage 3 toont een beknopte samenvatting hiervan.

4.2 Geohydrologie

Nijmegen- Zuidwest bevat duidelijke ondergrondse fragmenten van het overgangsgebied tussen de stuwwal en de rivieren (figuur 1). Het noordoostelijk en zuidoostelijk deel van respectievelijk Dukenburg en Lindenholt wordt gedomineerd door de zanderige uitspoelwaaier van de stuwwal. Vanuit het zuidwesten heeft de fluviatiele dynamiek maasmeanders laten ontspringen en dichtslibben met klei- en veensubstanties, zie bijlage 4.a (Verhoeven et al., 2009). De deklaag in beide stadsdelen bestaat uit matige tot fijne zanderige leem- en kleigronden van de Betuwe formatie. De deklaag in het uiterst westelijkdeel bevat meer leem. Door het bouwrijp maken van de ondergrond kan de deklaag plaatselijk veranderd zijn, evenals voor het dempen van waterlopen (Peerdeman & Eugelink, 1998). Door de stuwwal en fluviatiele processen heeft het gebied een natuurlijk verval naar het westen. Het maaiveld glooit tussen de 7,5 en 9,0 meter + NAP met enkele uitschieters.

De infiltratie van hemelwater wordt plaatselijk verstoord door waterscheidende klei- en leemlagen (Aalbers & Vermulst, 2009). De waterscheidende lagen zijn door de afwisselende grondslag plaatsgebonden en variëren in diepte van 0 - 2,5 meter beneden het maaiveld. Soms zitten geïsoleerde zandlagen tussen een waterscheidende laag. Het eerste watervoerend pakket bestaat uit Pleistocene zanden (grofzand – tot grind) uit de formatie van Kreftenheye. De laag heeft een dikte van 0 tot 30 meter en start op circa 2 tot 4 meter. De waterdoorlatende laag heeft een doorlaatvermogen van 700 en 3300 m²/dag. Dit is relatief hoog. Bijlage 4.a toont een bovenaanzicht van de geologie in Dukenburg en Lindenholt. De veelzijdigheid in de verticale bodemsamenstelling is weergegeven in een viertal bodemprofielen, zie bijlage 4.b.



Figuur 1: De geologische structuur van Dukenburg en Lindenholt (Verhoeven et al., 2009).

4.3 Waterhuishouding en peilbeheer

De waterpartijen in Dukenburg en Lindenholt bestaan uit vijvers en watergangen die door middel van duikers met elkaar in verbinding staan. De waterpartijen zijn verdeeld in vier individuele watersystemen. Namelijk: Dukenburg, Brabantse poort, Lindenholt en park Stadsdijk. Dit onderzoek richt zich op Dukenburg en Lindenholt.

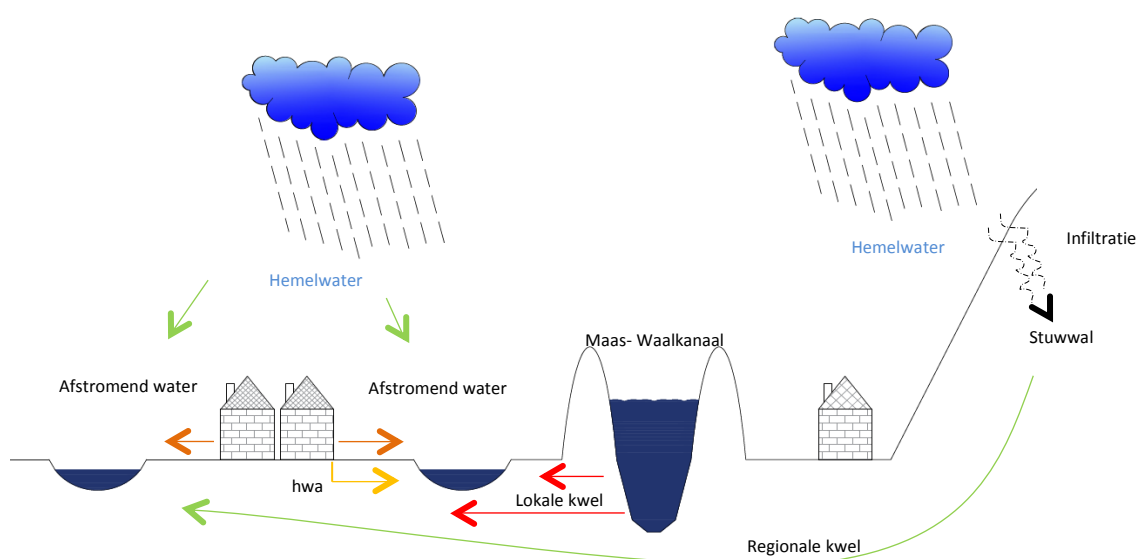
De watersystemen van Dukenburg en Lindenholt zijn ingericht om drie waterfuncties uit te voeren: 1. waterbergingsfunctie, 2. watertransportfunctie en 3. drainerende functie voor de ontwatering van tussengelegen woonwijken. Daarnaast heeft het watersysteem een belevingswaarde. Het watersysteem wordt ingezet als middel om de ruimtelijke ontwikkeling en ruimtelijke structuren van beide stadsdelen krachtiger naar voren te dragen.

Beide watersystemen worden gevoed door neerslag, lokale- en regionale kwel. De lokale kwel is afkomstig van het Maas-Waalkanaal. Door de korte bodemretentietijd kent de lokale kwel dezelfde eutrofische karakteristieken als het kanaalwater. De regionale kwel is afkomstig van de stuwwal, gefilterd en voedselarm (figuur 2).

Alle stadswijken in Dukenburg en Lindenholt hebben een gescheiden rioolstelsel. Het hemelwater wordt via het regenwaterriool (hwa) verzameld en getransporteerd naar de regenwateruitlaten, die gestationeerd zijn in de oevers (figuur 2). Alle waterlichamen bevatten één of meerdere regenwateruitlaten (zie bijlage 5). Het instromend regenwater wordt via het oppervlaktewatersysteem afgevoerd naar het landelijk gebied. Het huishoudelijk en industrieel afvalwater wordt via het vuilwaterrioolstelsel afgevoerd naar het rioolgemaal. De leiding van Dukenburg heeft een inriekpunt op de persleiding van het rioolgemaal Lindenholt die aangesloten is op het rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) (Schilling, 2013). De watersystemen van Dukenburg en Lindenholt hebben een retentietijd van respectievelijk 9 en 18 dagen (Fokkema & Vermulst, 2007). De stromingsrichting van de stadswateren is weergegeven in bijlage 2.

Tussen de stadsdelen loopt de primaire (A) watergang van waterschap Rivierland. De watergang “Nieuwe Wetering” dient als afwateringstelsel voor het watersysteem Lindenholt ter hoogte van Takenhofplein. De afwatering wordt door middel van de stuw “Takenhofplein” gestuurd. Dukenburg heeft de afwateringstuw ter hoogte van Tolhuis, waar het wateroverschot via stuw Teersdijk in de Tochtsloot komt, die vervolgens uitmondt in de Nieuwe Wetering. De Nieuwe Wetering voert het water af naar de Bijsterhuizense polder, richting de Maas.

Het watersysteem van Stadsdijk heeft een afwateringsloot die uitmondt in waterlichaam 25 (zie bijlage 2). De wateren in Stadsdijk worden gevoed door kwel en directe instroom van hemelwater. De regionale kwelstroom is naar verwachting hier het meest intensief, in vergelijking met het watersysteem Dukenburg en Lindenholt. Het watersysteem van park Stadsdijk heeft geen regenwateruitlaten en heeft dus alleen een natuurfunctie.



Figuur 2: De vereenvoudigde hydrologische cyclus van beide stadsdelen. De afstand van de watergang tot het kanaal bepaalt de kwelintensiteit en de hoeveelheid lokale en regionale kwel de waterlichamen afvangen. De kleur indiceert de waterkwaliteit van zeer goed tot matig/slecht: groen – geel – oranje – rood.

De ligging van de kunstwerken in Dukenburg en Lindenholt zijn weergegeven in bijlage 2. Lindenholt is rijk aan kleine bruggen en telt 29 duikers. De lengte van de duikers varieert van 10 tot 194 meter. Dukenburg heeft daarentegen minder bruggen, maar meer duikers (49 stuk). De lengte van de duikers varieert van 19 tot 344 meter. Dukenburg en Lindenholt bevatten respectievelijk één en drie stuwen. Tabel 4 geeft een overzicht van de kunstwerken weer. Bij beide systemen dient één stuw voor de afwatering en voor de waarborging van het streefpeil 6,2 meter + NAP. De overige twee stuwen in Lindenholt hebben de functie om het streefpeil 6,5 meter + NAP nabij het kanaal te waarborgen. Periodiek wordt buiten het stedelijk watersysteem Maas-Waalkanaal water ingelaten en via de Nieuwe Wetering getransporteerd naar de achterliggende polders. Daarnaast is er één waterinlaat ten noorden van Lindenholt en één ten zuiden van Dukenburg die om de stadsdelen heen lopen.

Tabel 4: Kunstwerken en bijhorende afmetingen in het stedelijk watersysteem van Dukenburg en Lindenholt.

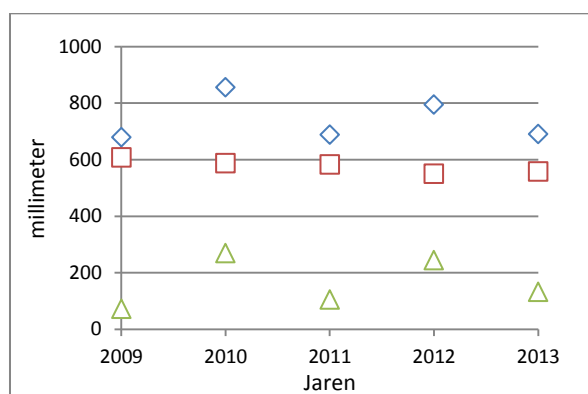
Kunstwerken		Dukenburg	Lindholt
Duikers $\varnothing$ (mm)	300	1	-
	600	16	-
	800	15	-
	1000	2	-
	1250	15	-
Duiker $\ell \times b$ (mm)	1000 $\times$ 1250	-	25
	1000 $\times$ 2000	-	1
	2000 $\times$ 2500	-	3
Stuwen		2	3
Bruggen		8	19
Regenwateruitlaten		150	41
Waterinlaten		1	2

4.4 Waterkwantiteit

Het is van belang om inzicht te krijgen in de kwantitatieve eigenschappen van het watersysteem. De oorsprong van het inkomend water bepaalt in grote mate de mogelijke gebruiksfuncties en de ecologische- en chemische status. Daarnaast is het een uitdaging om de juiste hoeveelheden water, op het juiste moment en op de juiste plek te krijgen (Helpdeskwater, n.d.).

4.4.1 Waterbalans

In de periode 2009 tot 2014 kent Nijmegen een gemiddelde neerslag van 741 mm/jaar. De verdamping uit dezelfde periode bedraagt 576 mm/jaar. Onmiskenbaar het regenwateroverschot van 165 mm/jaar (Wijnen, 2015). De gemiddelde temperatuur is 11,2 °C. Figuur 3 geeft de fluctuatie van de bovenstaande klimaatkenmerken weer. De gemiddelde windsnelheid bedraagt 3,7 m/s⁻¹, het gemiddeld aantal zonuren is 3,5 uur en de gemiddelde luchtvochtigheid is 80,1% (KNMI, 2016).



Figuur 3: De jaarlijks gemiddelde neerslag (blauw), verdamping (rood) en regenwateroverschot (groen). In de periode 2009 tot 2014 (Wijnen, 2015). Noemenswaardig is dat een relatief droog jaar (2009 – 2011 – 2013) opgevolgd wordt door een relatief nat jaar (2010 – 2012).

De jaarlijkse neerslag wat direct of via het regenwaterriool in het oppervlaktewatersysteem komt wordt getoond in tabel 8 en 9. De bijdrage van het inkomend hemelwater t.o.v. de totaalbalans is 17,9% en 16,4%, respectievelijk voor Dukenburg en Lindenholt.

Het gebied kent een continue basisafvoer door de permanente kweldruk, als gevolg van een hogere waterstand in het Maas-Waalkanaal van circa 7,95 meter +NAP. De gemiddelde kwelintensiteit in Dukenburg en Lindenholt is respectievelijk 4,5 mm/dag en 7,3 mm/dag t.o.v. de totale bruto oppervlakte (tabel 5). Dit komt nagenoeg overeen met de berekende en gemoduleerde kwelintensiteit van Fokkema & Vermulst (2007), zie tabel 6.

Tabel 5: Totale kwelintensiteit per dag t.o.v. bruto oppervlakte en wateroppervlakte. Inclusief bijdrage interceptiedrain.

In post	Jaar	Peil Mook	Kwel (mm/dag) t.o.v. bruto oppervlakte	Kwel (mm/dag) t.o.v. wateroppervlakte	Kwel (m ³ /jaar/)
Dukenburg	2014	7,90 - 7,95	4,5	74,0	6.020.500
Lindenholt	2014	7,90 - 7,95	7,3	76,0	6.040.200

Tabel 6: De berekende kwelintensiteit op basis van de afvoerdebieten en de gemoduleerde kwelintensiteit beide van Fokkema & Vermulst (2007).

Stadsdeel	Berekende kwelintensiteit (mm/dag) t.o.v. bruto oppervlakte	Gemoduleerde kwelintensiteit (mm/dag) t.o.v. bruto oppervlakte
Lindenholt	6	7
Dukenburg	4,5	5

De kwelintensiteit wordt beïnvloed door de peilverschillen tussen het stedelijk watersysteem (tegendruk) en het Maas-Waalkanaal. Hoe groter de peilverschillen hoe groter het potentiaalverschil en hoe sterker de wegzijging en de kwel toestroom. De lokale en regionale kwelintensiteit varieert sterk in het gebied. De lokale kwelintensiteit kent een geleidelijke afname naarmate de afstand tot het kanaal toeneemt (Peerdeman & Eugelink, 1998). Dit is in tegenstelling tot de regionale kwel. Uit het grondwatermodel van Vught & Witjes (2005) blijkt dat de stedelijke watergangen de lokale kwel tot circa 700 meter verwijderd van het kanaal afvangen. Fokkema & Vermulst (2007) bevestigen dat 75% van de lokale kwel opgevangen wordt in de eerste watergangen direct langs het kanaal. De overige 25% wordt opgevangen door de achterliggende wateren. Naarmate de kwelintensiteit afneemt krijgen gebieds-eigenprocessen logischerwijs meer invloed (Fokkema & Vermulst, 2007). De oligotrofe regionale kwel is sterk plaatsgebonden en resulteert door de menging met lokale kwel niet tot uitzonderlijke voedselarme biotopen (Peerdeman & Eugelink, 1998). Vught & Witjes (2005) hebben voor de zomer- en wintermaanden een gemoduleerde kwelintensiteitskaart ontwikkeld voor Dukenburg en Lindenholt. Deze is weergegeven in bijlage 6.

De jaarlijkse verdamping uit het watersysteem in Dukenburg en Lindenholt is respectievelijk 147.500 m³ en 126.100 m³ (tabel 7). De bijdrage van verdamping t.o.v. totale uitpost is 2,0% in Dukenburg en 1,7% in Lindenholt. Dit relatief kleine verschil wordt veroorzaakt doordat Dukenburg meer vierkante meters oever en water bezit.

Het berekend gemiddeld afvoerdebiet van Dukenburg en Lindenholt is respectievelijk 0,23 m³/sec en 0,22 m³/sec. Het berekend debiet is gebaseerd op de bovenstaande in- en uitposten. Uit de meetgegevens van stuw Teersdijk (Dukenburg) en stuw Takenhofplein (Lindenholt) blijkt dat het gemiddelde afvoerdebiet in 2014 respectievelijk 0,23 en 0,22 m³/sec bedroeg. Verdere validatie is daarom niet nodig. Tabel 8 en 9 tonen de totale jaarbalans voor Dukenburg en Lindenholt.

Tabel 7: De verdamping van oevervegetatie en de verdamping direct uit het wateroppervlakte.

Uit post	Dukenburg			
	Oppervlakte (m ²)	Coëfficiënt (mm/dag)	Verdamping (m ³ /jaar)	Totaal (m ³ /jaar)
Verdamping oevervegetatie	41.200	1,64	24.600	147.500
Verdamping direct uit water	220.000	1,53	122.900	
	Lindenholt			
Verdamping oevervegetatie	14.700	1,64	8.800	126.100
Verdamping direct uit water	210.000	1,53	117.300	

Tabel 8: Jaarbalans van Dukenburg.

Dukenburg					
Inposten			Uitposten		
Posten	m ³ /jaar	Percentage	Posten	m ³ /jaar	Percentage
Kwel	6.020.500	82,1	Afvoerdebiet	7.159.500	98,0
Neerslag via			Verdamping		
-Direct	163.000	2,2	-Oevervegetatie	24.600	0,3
-Daken	462.200	6,7	-Direct uit water	122.900	1,7
-Overige	661.300	9,0			
Totaal	7.307.000	100	Totaal	7307.000	100

Tabel 9: Jaarbalans van Lindenholt.

Lindenholt					
Inposten			Uitposten		
Posten	m ³ /jaar	Percentage	Posten	m ³ /jaar	Percentage
Kwel	6.040.200	83,6	Afvoerdebiet	7.080.200	98,3
Neerslag via			Verdamping		
-Direct	155.600	2,2	-Oevervegetatie	8.800	0,1
-Daken	349.200	5,1	-Direct uit water	117.300	1,6
-Overige	661.300	9,1			
Totaal	7.206.300	100	Totaal	7.206.300	1000

4.4.2 De hydraulische inrichting

Uit de waterkwantiteitsanalyse blijkt dat de hoeveelheid kwel verreweg de grootste voedingsbron is voor beide watersystemen. De primaire doorstroom in Lindenholt stroomt van het noordoosten naar het zuiden. Dit komt omdat de oostelijk gelegen wateren circa 75% van de lokale kwelstroom ontvangen (Fokkema & Vermulst, 2007). De wateren gelegen in de primaire doorstroming hebben een kortere retentietijd en een snellere verversing. De westelijke gesitueerde wateren hebben een secundaire of tertiaire doorstroming en worden gevoeliger geacht voor waterkwaliteitsproblemen. Waterlichaam 82 en 83 lijken hier het meest gevoelig voor. Bijlage 7 toont per waterlichaam de doorstromingsclassificatie.

Dukenburg bevat in tegenstelling tot Lindenholt meerdere primaire doorstromingen. Dit vanwege de noordwestelijke afwatering in combinatie met het gebruik van kleine en grote duikers. Zodoende wordt de primaire doorstroom gewaarborgd (zie bijlage 7 doorstroomclassificatie). Voor sommige waterlichamen is de waarborging van de primaire hoofdstroom in deze hoedanigheid onwenselijk. De wateren buiten de primaire doorstroom hebben een langere retentietijd. Eutrofiëringsprocessen ontwikkelen zich hierdoor sneller. Het gevolg hiervan is dat sommige wateren bijna jaarlijks geteisterd worden met een kroosdek. Bijlage 8 toont de kroosgevoelige wateren.

Daarnaast kampt voornamelijk de hydraulische inrichting van Dukenburg met te kleine duikers en/of duikers die geen vrijedoorstroom hebben omdat de duikers met boven binnenkantbuis beneden het waterpeil liggen (verdronken). Bijlage 9 figuur 31 toont de ligging van deze duikers en tabel 13 toont de bijhorende specificaties. De verdronken duikers verkleinen het stromingsprofiel. De hoofdstroming is geconcentreerd dichtbij de bodem. Bij de oppervlakte zal het water nagenoeg stilstaan. Dit stimuleert kroosontwikkeling en stagneert de afvoer van drijfvuil. Slibvorming vindt daarentegen minder snel plaats nabij duikers. De verdronken en kleine duikers ($\varnothing$ 600- 800 mm) hebben een grotere opstuwingskracht en verstoppingskans. Resultierend in een toenemende verhanglijn, een afnemende drooglegging en bergingscapaciteit. Daarnaast passeren vissen de verdronken duikers niet graag (Sportvisserij Nederland, 2015a). Zie ook paragraaf 4.6.2.

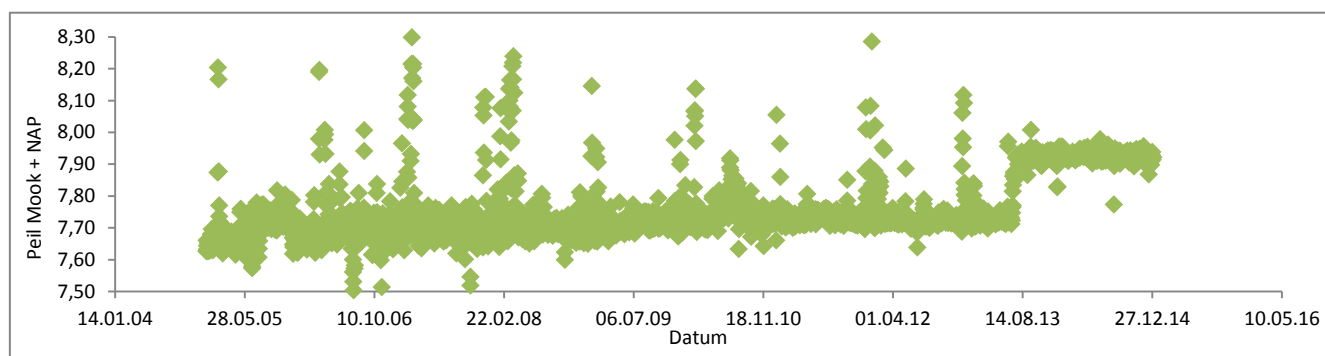
De meeste duikers in Dukenburg zijn circa 50 jaar oud. In 2010 hebben de gemeente Nijmegen en het waterschap Rivierland de overeenkomst Overdracht Stedelijk Water ondertekend. Het waterschap is verantwoordelijk voor het reguliere onderhoud van de duikers. Verwijdering van drijfvuil ter waarborging van het doorstroomprofiel wordt wekelijks gedaan. Tijdens veldbezoeken is geconstateerd dat enkele duikers nagenoeg verstopt waren met plantaardig materiaal. De gemeente is eigenaar en verantwoordelijk voor de kwaliteit/status van de duikers. Nog niet alle duikers zijn geïnspecteerd op scheurvorming en wortelgroei. Daarnaast is tijdens een veldbezoek geconstateerd dat recent uitgevoerde beplantingsplannen niet zijn afgestemd met beleidsmedewerkers water. De aanplant is aangebracht boven een te lange duiker. Dit is zeer onwenselijk.

4.4.3 Peilopzet Maas-Waalkanaal

In het kader van het Tracé- besluit Maaswerken 2012, is ten behoeve van hoogwaterveiligheid de waterbodem verlaagd. Dit kan leiden tot natuurverdroging. Ter voorkoming van natuurverdroging en het bevaarbaar houden van de Maasrivier is het kanaalpeil met 30 centimeter verhoogd (figuur 4). Het peil fluctueert nu tussen de 7,90 en 8,00 meter + NAP ter hoogte van Mook, stuwvak Grave en dus geldend voor het kanaal. Figuur 4 geeft de waterstandfluctuaties ter hoogte van Mook weer. In de zomermaanden van 2013 is een duidelijke peilverhoging zichtbaar.

De grondwaterstand in de wijk Lankforst en Meijhorst stijgen licht na de peilopzet. Bij de overige wijken daalt de grondwaterstand na de peilopzet in 2013 aanzienlijk. Het is niet duidelijk waarom. In 2009 zijn maatregelen genomen ten behoeve van mogelijke negatieve effecten als gevolg van de peilverhoging. Een interceptiedrain is gerealiseerd ter hoogte van Lankhorst en Malvert, parallel langs het kanaal. De interceptiedrain heeft een afwatering op waterlichaam 40 en 36. Uit een evaluatieonderzoek naar de functionaliteit van de drain kon de functionering niet objectief gekwantificeerd worden (Krajenbrink & Bouma, 2014).

Door de peilverhoging is het potentiaalverschil toegenomen (verschillen tussen waterpeilen van het stedelijk watersysteem en Maas-Waalkanaal). Dit resulteert in hogere oppervlaktewaterpeilen en genereert hogere basis afvoerdebieten, althans in Dukenburg. Met als gevolg dat het maximaal afvoerdebiet (1,5 l/s/ha) in tijden van (hevige) neerslag eerder wordt overschreden. Bijlage 10 toont de analyse van de peilopzet. In Lindenholt is geen vergelijkbaar verband gevonden. Dit duidt erop dat Lindenholt in mindere mate beïnvloed wordt door het waterpeil in Maas-Waalkanaal.



Figuur 4: Waterstandfluctuatie in stuwvak Grave ter hoogte van Mook.

4.4.4 Toetsing kwantiteitscriteria

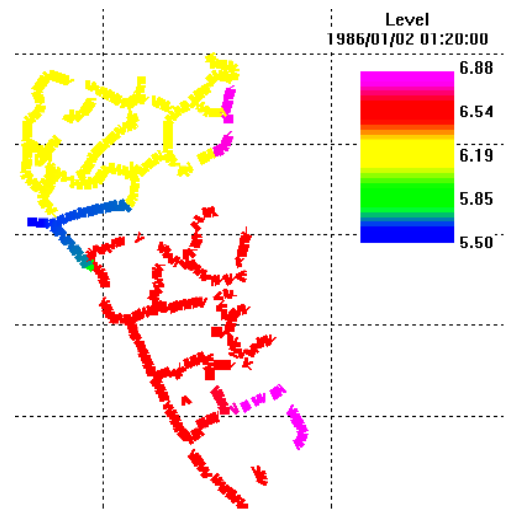
Het maximale afvoerdebiet is 1,5 l/s/ha voor alle neerslaggebeurtenissen. Het maximale afvoerdebiet van Dukenburg en Lindenholt is respectievelijk 0,60 m³/sec en 0,38 m³/sec, uitgaand van het bruto oppervlak (400 ha Dukenburg en 250 ha Lindenholt) in het Duflow-model van Fokkema & Vermulst (2007). Uit de gemeten afvoerdebieten blijkt dat het gemiddelde afvoerdebiet in 2014 respectievelijk 0,24 m³/sec en 0,21 m³/sec bedraagt. Beide debieten voldoen aan de norm. De modelanalyse van Fokkema & Vermulst (2007) geeft weer dat het afvoerdebiet bij een T=1 neerslaggebeurtenis in Lindenholt onder de norm blijft. Dukenburg overschrijdt de norm nauwelijks. Bij intensere neerslaggebeurtenissen wordt de norm in beide watersystemen (ruim) overschreden (zie tabel 10).

Uit de modelanalyse van Fokkema & Vermulst (2007) bleek dat de opstuwing bij duiker CL.d0159 en CL.d0036 t/m CL.d0039 groter is dan 0,5 meter bij een T=1 neerslaggebeurtenis. De opstuwing wordt veroorzaakt doordat de duikers een te kleine hydraulische doorsnede heeft en/of verdrongen zijn. De duikers CL.d0036 t/m CL.d0039 tussen Malvert en Weezenhof zijn reeds vergroot. De opstuwingsnorm bij duiker CL.d0159 wordt alleen overschreden als het wordt berekend met slibvorming (Fokkema & Vermulst, 2007).

Tabel 10: Gemoduleerde afvoerdebieten bij verschillende neerslaggebeurtenissen (Fokkema & Vermulst, 2007).

Neerslaggebeurtenis	Dukenburg		Lindenholt	
	m ³ /sec	l/s/ha	m ³ /sec	l/s/ha
Basis afvoer (circa)	0,15	0,40	0,14	0,60
Gemiddeld in 2014	0,24	0,6	0,21	0,84
T=1	0,63	1,58	0,36	1,42
T=2 + met T=10 kwel	0,71	1,78	0,41	1,62
T=10 +10%	0,83	2,08	0,48	1,89
Westlandbui (100 mm in 24uur)	1,23	3,08	0,75	2,96

Beide systemen zijn door Fokkema & Vermulst (2007) getoetst op een droogleggingsnorm van minimaal 0,70 meter t.o.v. straatniveau voor de neerslaggebeurtenis T=10 (winter) met T=10 kwelsituatie. Bij de westlandbui (T=100) wordt een droogleggingsnorm van minimaal 10 cm t.o.v. straatniveau gehanteerd (Hoogheemschap van Rijland, 2011; Waterschap Rivierenland, 2015). De minimale maaiveldhoogte ligt op 7,60 meter + NAP. Het maximaal gemoduleerd waterpeil ligt in het oostelijk deel van Dukenburg en Lindenholt op circa 6,88 meter + NAP, bij de westlandbui (figuur 5). Er wordt dus ruim voldaan aan de droogleggingsnormen en er treedt geen inundatie op. Bijlage 11 geeft een gedetailleerde omschrijving van wateroverlastproblematieken in Dukenburg en Lindenholt. Dit is niet direct gerelateerd aan de functionering van het oppervlaktewatersysteem.



Figuur 5: De gemoduleerde maximale waterstanden in Dukenburg en Lindenholt bij de westlandbui (100 mm in 24 uur). De paarse gebieden hebben de hoogste waterstand (Fokkema & Vermulst, 2007).

4.5 Waterkwaliteit

De waterkwaliteit is van belang voor iedereen. De gemeente Nijmegen maar zeker ook het waterschap Rivierenland hechten veel waarde aan het realiseren en behouden van een gezond watersysteem. In deze paragraaf wordt de fysisch- chemische waterkwaliteit van Dukenburg en Lindenholt beschreven.

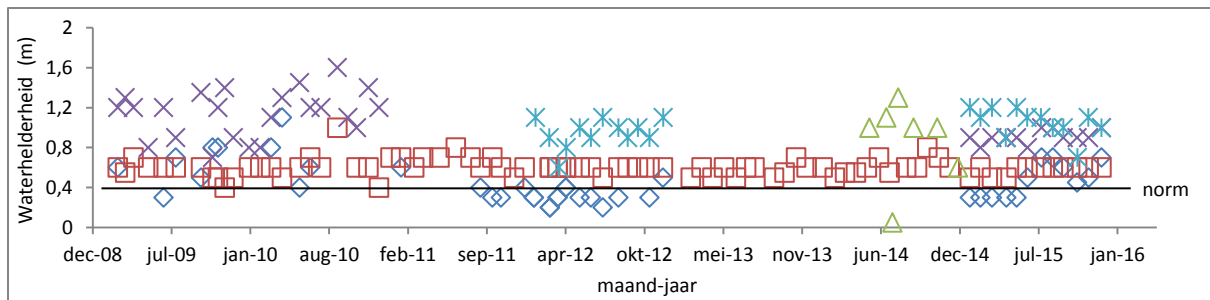
4.5.1 Fysisch

De waterdiepte varieert van 0,5 tot 3,0 meter. De grote wateren hebben een maximale waterdiepte van twee tot drie meter. De overige hebben gemiddeld een waterdiepte van 1,0 meter.

Waterhelderheid

De waterhelderheid is in het algemeen relatief hoog. De meeste ondiepe wateren ($\leq 1,0$ m) hebben een doorkijk tot aan de bodem. De waterhelderheid varieert in elk waterlichaam en per seizoen. Veel vijvers zijn in de zomermaanden gevoelig voor kroosontwikkeling (bijlage 8). Kroos verandert het lichtklimaat vaak radicaal bij kleine, eutrofe en (stilstaande) wateren (Meassen & Kruijning, 2014). Sommige duikers in Dukenburg zijn verdronken waardoor de bovenste waterlaag nagenoeg stilstaat. Dit stimuleert kroosontwikkeling en stagneert de afvoer van drijvend materiaal, zoals kroos. Bij deze wateren kan de waterhelderheid vrijwel nul meter bedragen. Bij grote wateren zorgt de grotere populatie van bodem woelende vissen voor resuspensie waardoor het doorzicht vermindert. Daarnaast heeft de vorm en de grote van het waterlichaam, eutrofiëringsprocessen en het aantal regenwateruitlaten (inspoelen van straatvuil) invloed op de waterhelderheid in Dukenburg en Lindenholt.

Het monitoringsprogramma heeft de waterhelderheid van waterlichaam 40, 33, 59 (Dukenburg), 67 (Lindenholt) en van het Maas-Waalkanaal in kaart gebracht (figuur 6). Waterlichaam 40 overschrijdt de norm van 2011 tot midden zomer 2015 structureel. De overige waterlichamen voldoen.



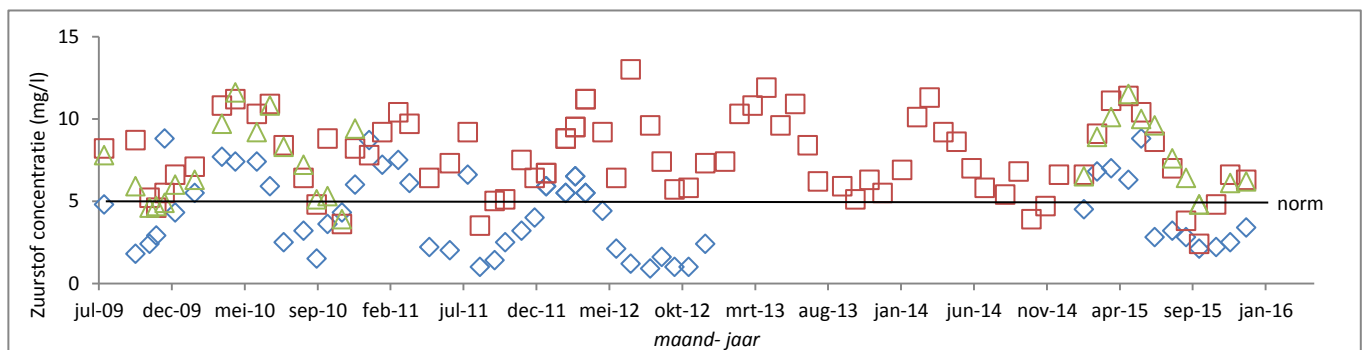
Figuur 6: De waterhelderheid van waterlichaam 40 (donker blauw), 33 (rood), 59 (paars), 67 (ster vorm, licht blauw) en het Maas-Waalkanaal (groen). Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

Zuurgraad

De zuurgraad van alle wateren voldoet aan de MTR-norm (pH 6,5-9,0). Dukenburg en Lindenholt hebben een gemiddelde pH-waarde van respectievelijk 7,41 en 7,65. De pH-waarde heeft een geringe maar permanente fluctuatie. De fluctuatie is seizoensafhankelijk. De pH-waarde in het oppervlaktewater van Dukenburg en Lindenholt hebben een negatieve correlatie met de kwelintensiteit en de gemoduleerd verhard oppervlakte (Hermus & Weperen 2007).

Zuurstof

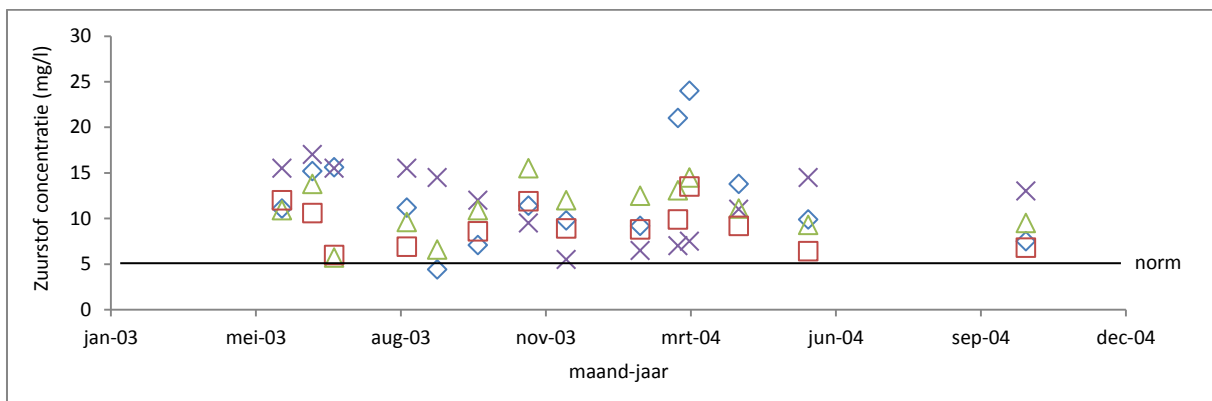
De zuurstofconcentratie fluctueert sterk gedurende de seizoenen. De fluctuatie is een natuurlijk verschijnsel wat beïnvloed kan worden door temperatuur, doorstroom, biologische activiteiten, zoutgehalten, stratificatie en luchtdruk wisselingen. Daarnaast kunnen antropogene activiteiten deze factoren verstoren. Figuur 7 toont de zuurstofhuishouding van waterlichaam 40, 33 en 59 in Dukenburg. De zuurstofconcentratie in waterlichaam 40 ligt in de zomer tot aan het eind van de herfst structureel onder de norm (5,0 mg/l). Waterlichaam 33 en 59 hebben een gezondere zuurstofhuishouding.



Figuur 7: De zuurstofhuishouding van waterlichaam 40 (blauw), 33 (rood) en 59 (groen). Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

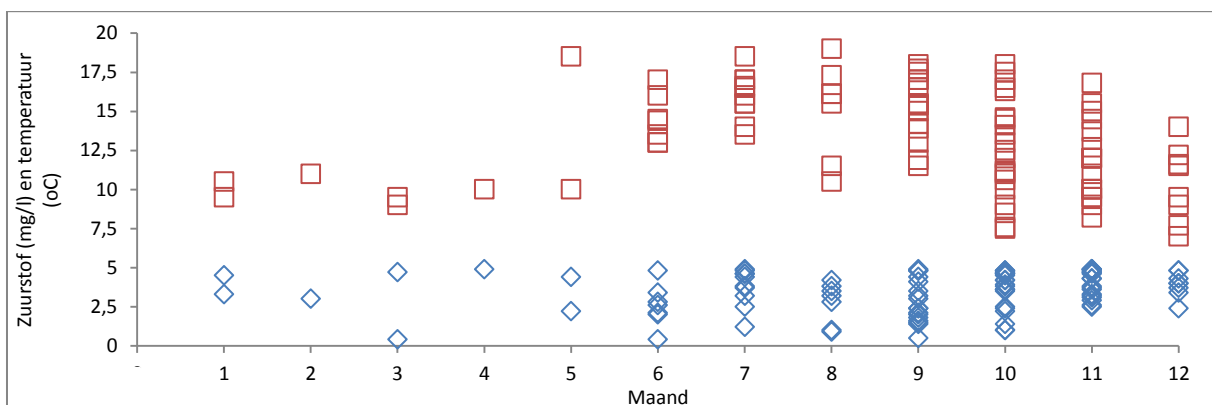
In de wintermaanden is er een duidelijk verband tussen de kwelintensiteit en de zuurstofhuishouding. In de winter kan het water door de koudere temperatuur meer zuurstof opnemen daarnaast is het biologische zuurstofgebruik lager. Dit resulteert normaal tot een zuurstofgehalte van 15 mg/l of hoger (Ketelaar, 2014). De zuurstofconcentratie van waterlichaam 40 stijgt in de wintermaanden niet boven de 9 mg/l en van waterlichaam 33 en 59 niet boven de 14 mg/l. Dit duidt erop dat zuurstofarmere kwel de zuurstofconcentratie structureel verlaagt en dat de verlaging afhankelijk is van de kwelintensiteit. De interceptiedrain heeft hier mogelijk ook invloed op vanwege de afwatering van de lokale kwel op waterlichaam 40.

De wateren in Lindenholt hebben een gezondere zuurstofhuishouding dan de wateren in Dukenburg. In 2003 en 2004 zijn er zuurstofmetingen uitgevoerd in de waterlichamen 67, 69, 75a en 81. De gemiddelde maandelijkse zuurstofconcentratie van deze wateren voldoet aan de MTR-norm (fig.8).



Figuur 8: De zuurstofhuishouding voor waterlichaam 67 (blauw), 69 (paars), 75a (groen) en 81 (rood) in Lindenholt. Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

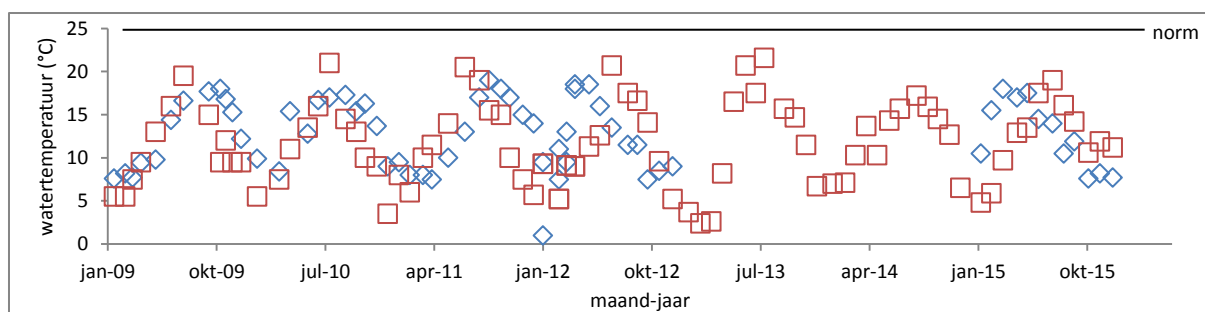
Data vanaf 2003 tot 2015 van waterlichaam 13, 33, 40, 47 en 59 in Dukenburg en 67 in Lindenholt geven weer dat de zuurstofconcentratie het vaakst onder de norm zit in de periode juni tot en met december (figuur 9).



Figuur 9: De zuurstofconcentratie van alle metingen die niet voldoen aan de MTR-norm (blauw) met bijhorende temperaturen (rood) in de periode 2003-2015. De zuurstof schaarste treed het vaakst op in periode juni t/m december. Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

Watertemperatuur

De watertemperatuur fluctueert door seizoensinvloeden (zie figuur 10). De maat van fluctuatie is afhankelijk van het invallend licht en de retentietijd. Kortom, beschaduwde waterlopen ontvangen minder licht en warmen minder snel op. Stilstaande of zwakstromen wateren zullen door de langere retentietijd eerder en sneller opwarmen. Daarnaast houden steden langer warmte vast waardoor het water minder snel afkoelt in de nacht. Alle wateren in Dukenburg en Lindenholt voldoen aan de gestelde MTR-norm (25°C). Ook de kritische waarde (22°C) worden in de periode 2003-2016 maar zelden overschreden (10 figuur).



Figuur 10: Watertemperatuur van waterlichaam 40 (blauw) en 33 (rood) in de periode 2009 tot 2016. Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

4.5.2 Nutriënten

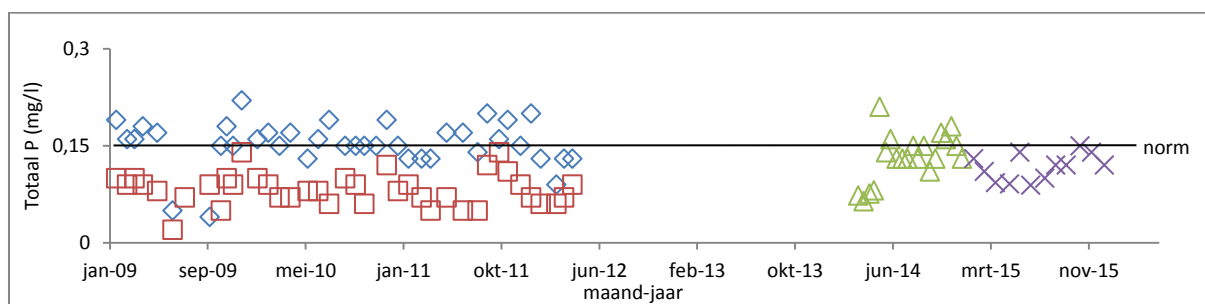
Fosfor

De meeste wateren gesitueerd in het oosten van Dukenburg voldoen niet aan de MTR-norm (zie 11 tabel). Bij deze wateren overschrijdt enkel de (ortho) fosfaatconcentratie al de MTR-norm voor de totale fosfaatconcentraties. Voor de overige wateren kan niet worden vastgesteld of ze voldoet aan de MTR-norm, omdat de concentratie organisch gebonden fosfaat niet gemeten is door Hermus & Weperen (2007). Figuur 11 toont de totaal fosforconcentratie uit het monitoringsprogramma.

Tabel 11: De waterlichamen die op basis de (ortho) fosfaatconcentratie niet voldoen aan de MTR-norm. Dit is dus exclusiefs organisch gebonden fosfaat. Ruwe data zijn afkomstig van Hermus & Weperen (2007).

Watersysteem	Voldoet niet aan de MTR-norm
Dukenburg	13, 17, 18, 27, 29, 32, 36, 38, 39, 40, 52, 53 a-b, 54, 55, 56 en 57
Lindholt	67b

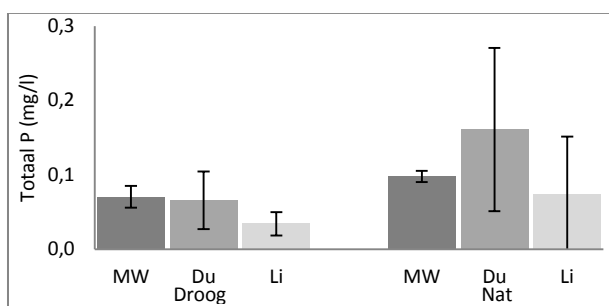
De fosfaatconcentratie wordt beïnvloed door de verhard oppervlakte, recreatie maar voornamelijk door lokale en regionale kwelstromingen. De wateren aan de oostzijde van beide stadsdelen hebben gemiddeld een hogere fosfaatconcentratie dan de wateren in de westelijke delen. Dit heeft twee redenen. Ten eerste, de fosfaatconcentratie in het oppervlaktewater heeft een positief verband met de kwelintensiteit (Vermonden et al., 2009b). Ten tweede, de wateren met een lage kwelintensiteit zijn meer gelegen in het westen. Deze wateren ontvangen relatief veel regionale kwel en weinig fosfaatrijke lokale kwel. Daarnaast heeft de regionale kwel een hoger ijzergehalte (zie § 4.5.3 metalen). Wanneer de anaerobe ijzerrijke kwel richting de oppervlakte stroomt, komen de ijzerionen in contact met zuurstof, waarna een oxidatie volgt. Het geoxideerde ijzer bindt met het fosfaat en slaat op de bodem neer als vaste stof.



Figuur 11: De totale fosforconcentratie van waterlichaam 40 (blauw), 33 (rood), 59 (paars) en het Maas-Waalkanaal (groen). De fosforconcentratie neemt af van oost (kanaal) naar west. Data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

In een droge periode heeft het watersysteem van Dukenburg in vergelijking met het Maas-Waalkanaal een nagenoeg gelijke fosfaatconcentratie. Lindenholt kent een lagere fosfaatconcentratie (figuur 12). Dit kan aanduiden dat Dukenburg veel meer lokale kwel ontvangt dan Lindenholt. Dit blijkt niet zo te zijn omdat de parameter koper ook een positief verband heeft met de kwelintensiteit maar geen soortgelijke patroonverhouding heeft. Mogelijk ontvangt Dukenburg meer rioleringswater door foutieve rioolaansluitingen of lekkende rioolstrengen. Anderzijds lijkt de grotere watervogel populatie in Dukenburg hier ook aan bij te dragen (Jasper & Graaf, 2000; Spikmans, 2006). Vermoedelijk is de hogere fosfaatconcentratie het gevolg van beide factoren.

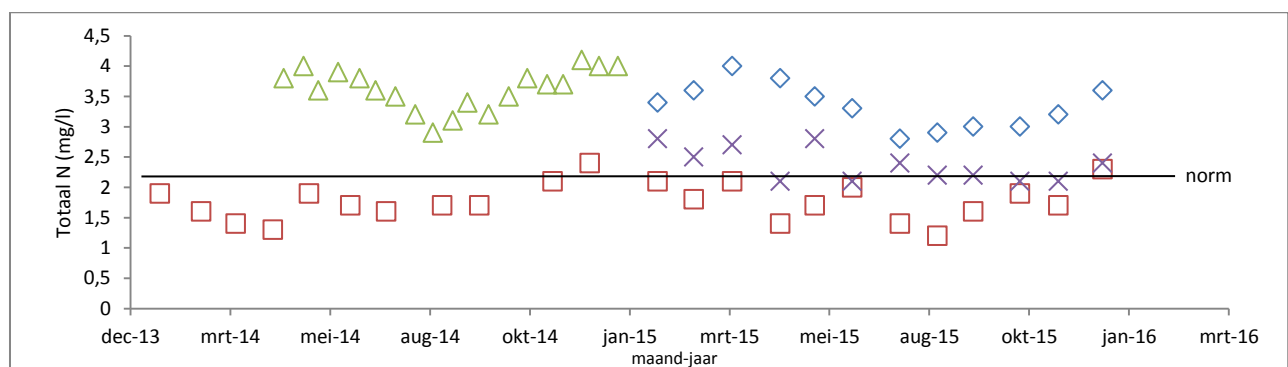
In de natte periode stijgt de fosfaatconcentratie vanwege het afstromend hemelwater. Vanuit de verharde oppervlakte worden nutriënten opgenomen zoals: ontlasting, urine en mee-stromende organisch materiaal. De fosfaatconcentratie in Dukenburg stijgt aanzienlijk en komt ruim boven de concentratie van het Maas-Waalkanaal (figuur 12). Het proces wat verantwoordelijk is voor de fosfaatstijging is opgenomen in bijlage 12.



Figuur 12: De totale fosfaatconcentratie van het oppervlaktewater Maas-Waalkanaal, Dukenburg en Lindenholt in een droge periode en natte periode. Ruwe data zijn afkomstig van Hermus & Werperen (2007).

Stikstof

De totale stikstofconcentratie heeft een sterk verband met de kwelintensiteit. Waterlichaam 40 is gelegen in het oostelijke deel en ontvangt veel lokale kwel. De stikstofconcentratie in waterlichaam 40 wordt dan ook sterk beïnvloed door de concentratie in het kanaal. Waterlichaam 40 evenals het Maas-Waalkanaal voldoen niet aan de MTR-norm. Waterlichaam 33 en 59 voldoen wel. Water 33 gesitueerd in het westelijke deel van Dukenburg heeft de laagste kwelintensiteit en ook de laagste stikstofconcentratie. Waterlichaam 59 gelegen tussen waterlichaam 40 en 33 bevestigt dit verschijnsel (zie figuur 13).

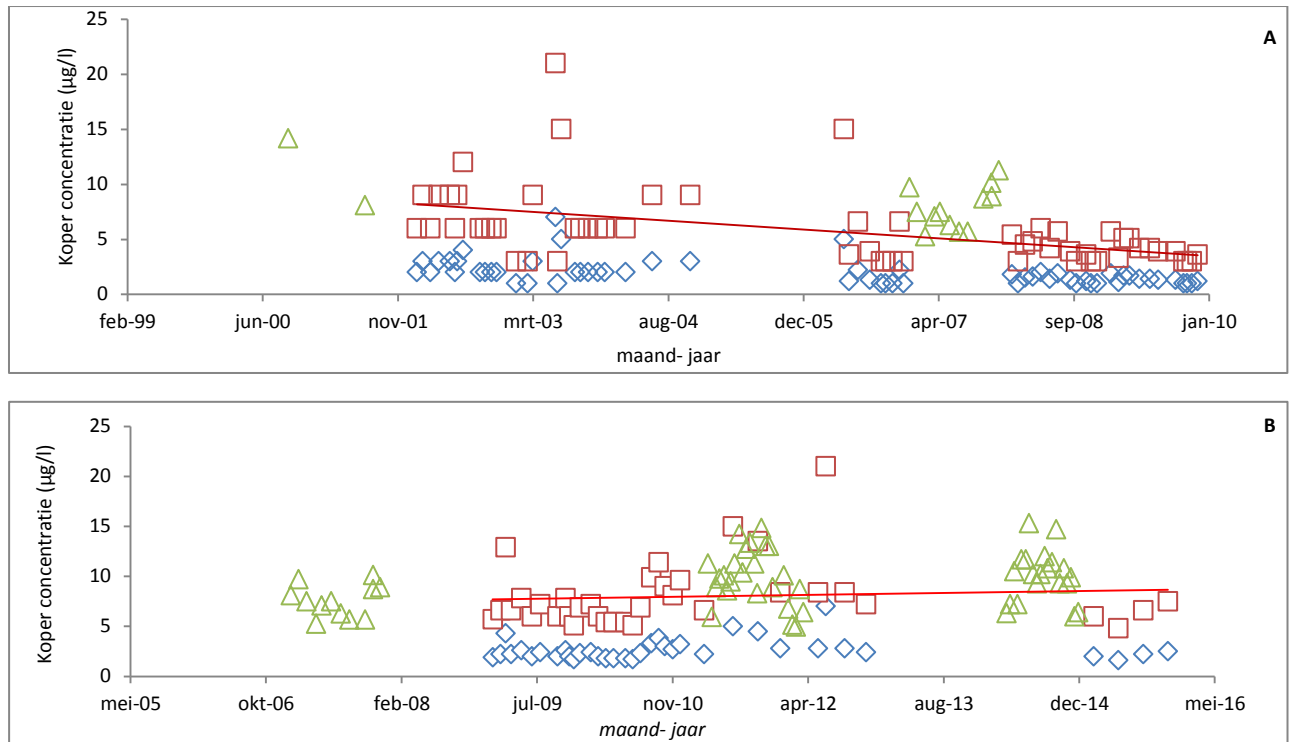


Figuur 13: De totale stikstofconcentratie van waterlichaam 40 (blauw), 33 (rood), 59 (paars) en het Maas-Waalkanaal (groen). Ruwe data afkomstig van het monitoringsprogramma.

4.5.3 Metalen

Koper

Waterlichaam 20 en 30 voldoen aan de $Cu_{opgelost}$ norm ($1,5 \mu\text{g/l}$). De overige waterlichamen voldoen niet. Bijlage 14 geeft een indicatie van de koperconcentratie per waterlichaam. De getoetste data zijn afkomstig van Hermus & Werperen (2007). Uit recentere data van het monitoringsprogramma is vastgesteld dat de Cu_{totaal} concentratie in waterlichaam 33 voldoet en waterlichaam 40 niet voldoet aan de MTR-norm ($3,8 \mu\text{g/l}$). Zie figuur 14 a en b.

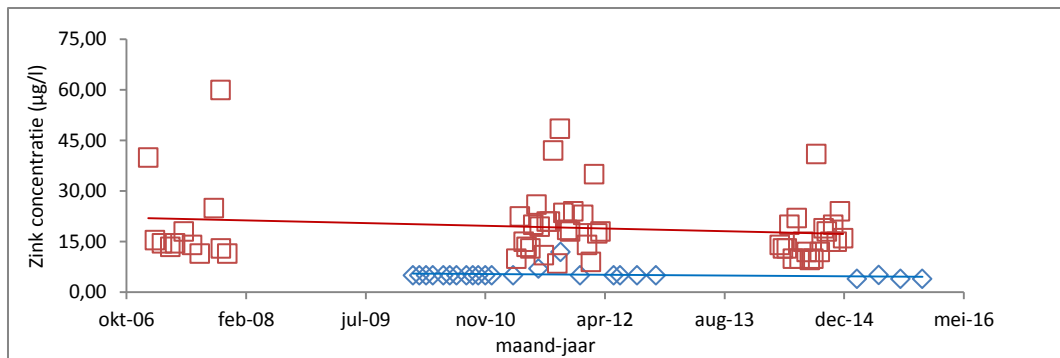


Figuur 14: De concentratie $Cu_{opgelost}$ (blauw) en Cu_{totaal} (rood) van waterlichaam 40 en 33, respectievelijk figuur A en B. De Cu_{totaal} concentratie van het Maas-Waalkanaal (groen). Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

Vermonden et al. (2009b) bevestigden dat de kwelintensiteit een positief verband heeft met de koperconcentratie in het oppervlaktewatersysteem van beide stadsdelen. De wateren gesitueerd aan de oostzijde van Dukenburg en Lindenholt overschrijden de MTR-norm van $Cu_{opgelost}$ minimaal twee keer. De koperconcentratie wordt in deze wateren sterk beïnvloed door koperconcentratie van Maas-Waalkanaal. Ook de data van het monitoringsprogramma tonen dat de koperconcentratie stroomafwaarts lager is (bijlage 13). Dit bevestigen de bevindingen van Vermonden et al. (2009b).

Zink

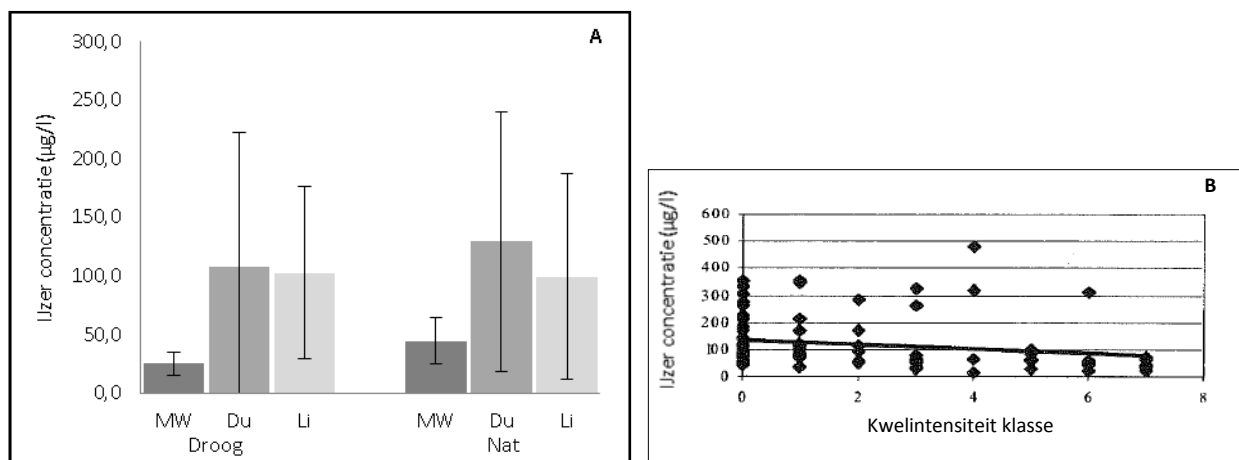
Waterlichaam 81a en 67a in Lindenholt voldoen aan de MTR-norm ($9,4 \mu\text{g/l}$). De meeste wateren gesitueerd aan de oostzijde van Dukenburg overschrijden de norm minimaal drie keer. De ruwe data zijn afkomstig van Hermus & Werperen (2007). Het monitoringsprogramma heeft recentere metingen uitgevoerd in waterlichaam 40. De zinkconcentraties liggen bijna allemaal onder de detectiegrens van $5 \mu\text{g/l}$. In 2011 overschrijdt slechts één meting de zink norm. Geen structurele overschrijdingen zijn dus waargenomen (figuur 15). De meeste kwel is afkomstig van het Maas-Waalkanaal, welke een afnemende trend vertoont voor de zinkconcentratie (figuur 15). De verwachting is dat de meeste wateren in 2017 voldoen aan de gestelde zinknormen. Echter nu kan alleen bevestigd worden dat waterlichaam 40 momenteel aan de norm voldoet.



Figuur 15: De zinkconcentratie van waterlichaam 40 (blauw) en het Maas-Waalkanaal (rood), met bijhorende regressielijn. Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

IJzer

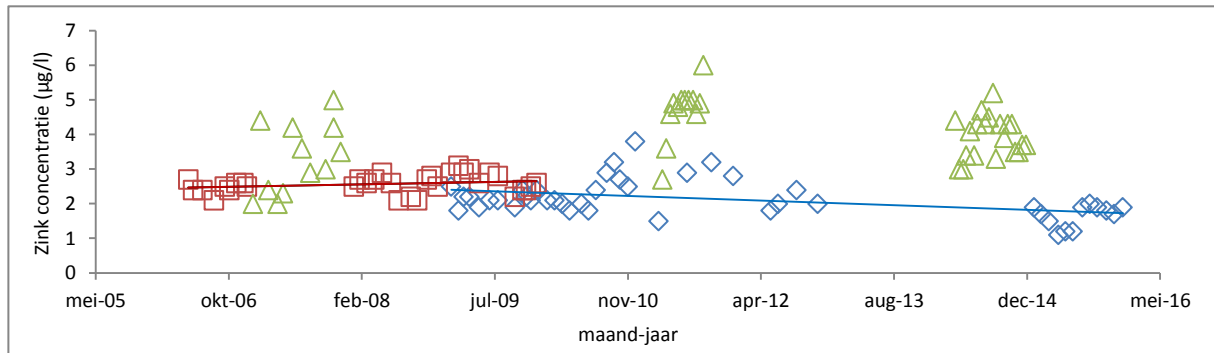
De ijzerconcentratie in waterlichaam 16 en 19 in Dukenburg en water 83a in Lindenholt voldoen niet aan de richtlijn van het ministerie van Brits- Columbia (zie hoofdstuk 3 'methode' voor de richtlijn). De ijzerconcentratie varieert en fluctueert sterk in het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt (figuur 16a). De ijzerconcentratie is het gehele jaar negatief gecorreleerd met de kwelintensiteit (Vermonden et al., 2009). De concentratie neemt af met een toenemende kwelintensiteit (figuur 16b). Dit geeft de mogelijke aanwezigheid van regionale kwel weer. Regionale kwel heeft door de langere bodemretentietijd meer ijzerionen kunnen opnemen. Recentere data van het monitoringsprogramma bevestigen dit fenomeen opnieuw. Waterlichaam 40 (hoge kwelintensiteit) heeft een lagere ijzerconcentraties dan water 33 (lage kwelintensiteit).



Figuur 16: A. De gemiddelde ijzerconcentratie van het Maas- Waalkanaal, Dukenburg en Lindenholt in een droge- en natte periode. Ruwe data zijn afkomstig van Hermus & Werperen (2007). B. De ijzerconcentratie heeft bij alle metingen een negatieve correlatie met de kwelintensiteit klasse (Hermus & Werperen, 2007).

Nikkel

In Dukenburg en Lindenholt zijn in 2003 en 2004 de nikkelconcentratie gemeten. De gemiddelde nikkelconcentratie fluctueert tussen de 2,0 en 2,5 µg/l en voldoet aan de MTR-norm (5,1 µg/l) en aan de landelijke streefwaarde (3,3 µg/l). In het kader van het monitoringsprogramma is de nikkelconcentratie in waterlichaam 33 en 40 onderzocht. Beide wateren voldoen. Figuur 17 toont de gemeten nikkelconcentratie.



Figuur 17: De nikkelconcentratie van het waterlichaam 40 (blauw) en 33 (rood) met bijhorende regressielijn. Groen is de nikkelconcentratie van het Maas- Waalkanaal. Ruwe data zijn afkomstig van het monitoringsprogramma.

4.6 Ecologie

De continue wisselwerking tussen de mens en de natuurlijke omgeving bepaalt de biodiversiteit in stedelijk gebied. In deze paragraaf wordt de ecologische status onderzocht van beide aquatische systemen.

4.6.1 Visstand en amfibieën

In 2004 is een visserijkundig onderzoek uitgevoerd door stichting RAVON (Prudon, 2004) en Grontmij (Riemersma, 2004 a en b). Beide onderzoeken concluderen dat de meeste wateren sterk overeenkomen met het blankvoorn/ snoek viswatertype van de Organisatie ter verbetering van de Binnenvisserij (OVb). Enkele wateren zijn geclassificeerd als het viswatertype blankvoorn/brasem (zie bijlage 14). De biodiversiteit is relatief hoog in beide watersystemen. Er zijn 29 vissoorten aangetroffen (Spikmans, 2006), waaronder kleine modderkruiper (water 72a, twee stuks). In waterlichaam 13, 15 en 20 zijn geen vissen aangetroffen, deze wateren zijn enkel met steeknetten bemonsterd. Riemersma (2004 b) constateerde dat het visbestand duidelijke afwijking vertoont. De visbiomassa wordt gedomineerd door grote brasem (>45cm). De abundantie van snoeken, kleine brasems en voornamelijk de ruisvoorn is zeer laag. Riemersma (2004b) veronderstelde dat de geconstateerde afwijking toenam bij een toenemende kwelintensiteit en het vermoeden bestond dat de zoöplankton populatie gelimiteerd werd door de ijzer- fosfaat verhoudingen. In bijlage 15 wordt dit geanalyseerd met actuele data die toentertijd ontbrak.

Daarnaast veronderstelde Riemersma (2004b) dat de ijzerconcentratie directe invloed kan hebben op de mortaliteit van vissen. Opgeloste ijzerionen kunnen op de kieuwboog worden geoxideerd door zogeheten ijzerbacteriën. Het geoxideerd ijzer wordt opgenomen door de kieuwen. Dit kan leiden tot een verslechterende respiratie, met verstikking als gevolg (Hoorweg, 2014). Uit de monitoringsdata blijkt dat er in waterlichaam 16 slecht vier vissoorten en 27 aantallen zijn aangetroffen. Water 16 heeft een ontoereikende ijzerconcentratie. De overige wateren met een lage visstand hebben ook een relatief hoge ijzerconcentratie, maar voldoen aan de norm. Er lijkt dus een verband te zijn tussen de ijzerconcentratie en de lage visstand, maar dit leidt niet tot (zichtbare) sterfte.

Tijdens veldbezoeken zijn bij de grote waterlichamen groepen aalscholvers (>3) alsook individuele aalscholvers (*Phalacrocorax carbo*) waargenomen. De aanwezigheid van de visetende vogels leidt vaak tot een slecht ruisvoorn- en snoekbestand (Sportvisserij Nederland, 2008) waarbij de grote brasem de visstand domineren (Profielen vogels, 2008). Deze karakteristieken zijn herkenbaar voor de visstand in Dukenburg en Lindenholt. De grote vijvers hebben een zeer beperkt aantal schuilmogelijkheden. Dit maakt het ideaal foerageerwateren voor aalscholvers.

Stichting RAVON heeft in 2004 een amfibieëninventarisatie uitgevoerd in o.a. het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt. Uit de inventarisatie bleek dat de kleine watersalamander, gewone pad, bruine kikker en bastaardkikker het watersysteem gebruiken als leef- en voortplantingsbiotoop. Zie bijlage 16 voor de resultaten. Waterlichaam 14 en 15 hebben de hoogste biodiversiteit, alle vier de soorten zijn hier aangetroffen daarnaast vind er voortplanting plaats. In waterlichaam 14 en 15 is de visstand dan ook zeer laag.

4.6.2 Migratiebelemmering en overwinteringshabitaten

De huidige inrichting van het watersysteem is niet optimaal voor migrerende organismen. Voornamelijk in Dukenburg wordt het migratiegedrag beïnvloed door de aanwezigheid van lange duikers (>100 meter) en verdronken duiker (Sportvisserij Nederland, 2015a). Voor sommige organismen functioneren deze duikers als een migratiebarrière, andere organismen zoeken alternatieve mogelijkheden, die vaak onveiliger zijn. Zie bijlage 17 voor de locatie van de te lange duikers. Daarnaast zijn lange duikers gevoeliger voor verstoppingen (t.o.v. kortere duiker met een gelijke diameter). De verstoppingen zijn vanwege de lengte moeilijk te verhelpen (T. Verhoeven, persoonlijke mededeling, 12 april 2016). Een andere migratiebarrière zijn de stuwen in Dukenburg en Lindenholt. De stuwen begrenzen de migratiemogelijkheden naar andere watersystemen. Het verwijderen van de stuwen is geen optie.

In de wintermaanden migreren koudbloedige organismen (o.a. vissen) naar de diepere gedeeltes van de vijvers om de koude temperatuur te vermijden. De grotere wateren in Lindenholt hebben een maximale waterdiepte van twee tot drie meter. Deze kuilen zijn geschikt als overwinteringsbiotoop. Dukenburg heeft te weinig geschikte overwinteringsbiotopen, de maximale waterdiepte is 1,5 dit is te weinig tijdens een strenge winter.

4.7 Beleving en gebruiksfunctie

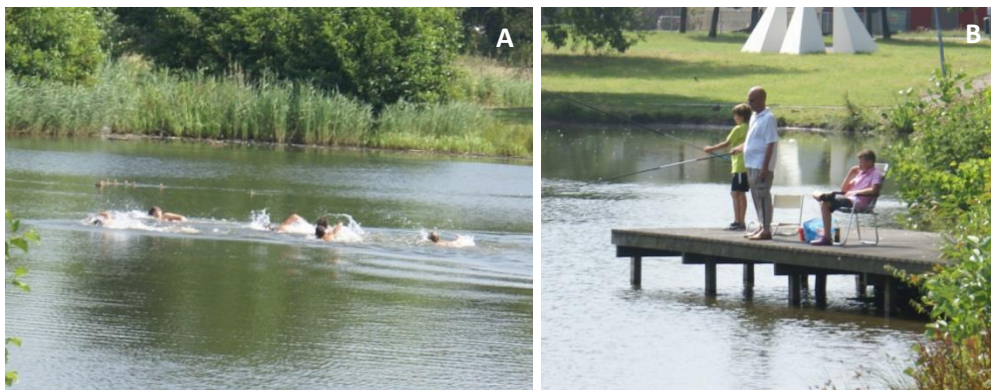
De belevingswaarde van een watersysteem is een essentieel onderdeel dat de functionering van het systeem kan beïnvloeden. Inwoners kunnen de connectie met het watersysteem verliezen. De drempel tot het bewust of onbewust verontreinigen van het systeem wordt op hypothetisch basis verlaagd. Het creëren van maatschappelijke meerwaarde door het aanbieden van recreatiemogelijkheden waarborgt de connectie en attendeert het belang van schoon stedelijk water.

De gemeente Nijmegen heeft in 2008 onderzoek gedaan naar de waarderingsgraad van de heringerichte waterpartijen in beide stadsdelen (Gemeente Nijmegen, 2008). Bijlage 18 toont de samenvatting hiervan. De herinrichting van enkele vijvers is sterk gecorreleerd aan het ambitieniveau. Zie paragraaf 4.8 voor de ambitieniveaus. Opvallend zijn de verschillen tussen huishoudens. Alleenstaanden tot 2 persoonshuishoudens hebben liever een natuurlijke ingericht systeem, wat sterk gecorreleerd is met het ambitieniveau 'levend'. Gezinnen met jongere kinderen zijn hier minder van gecharmeerd. Hun voorkeur gaat uit naar speelvijvers waar kinderen kunnen ravotten. Dit correleert sterk met het ambitieniveau 'ontdekkend'. Alleenstaande en gezinnen met oudere kinderen hebben een voorkeur naar een visuele ervaring. Dit correleert met het ambitieniveau 'kijkend' (Gemeente Nijmegen, 2008).

De aanwezigheid van zwerfvuil heeft een negatieve invloed op de beleving en kan de recreatieve functies verminderen (Minnaard et al., 2013). Ongeveer 40% van de inwoners is van mening dat waterpartijen zwerfvuil aantrekken. Naast alle bruggen en duikers is het oostelijk deel van

waterlichaam 80 een hotspot voor de verzameling van zwerfvuil. Bij verdrinken duikers treedt er accumulatie van drijfvuil en organisch materiaal op. Het opeengehoopt materiaal wordt bij het reguliere onderhoud verwijderd, ter waarborging van de doorstroom(vindt wekelijks plaats). Verdrinken duikers hebben zodoende een negatieve invloed op de belevingswaarde.

Beide watersystemen bieden de mogelijkheid om actief en passief te recreëren. De waterspeelplaats in de centrale vijver van Lindenholt (72a) wordt in de zomermaanden drukbezocht door kinderen en hun ouders (figuur 20a). De grotere plassen worden in de wintermaanden gebruikt als schaatsvijver. Daarnaast worden de grote vijvers sporadisch gebruikt als zwemwater (figuur 18a). Steigers en vlonders zijn gerealiseerd om de waterkant toegankelijker te maken voor uiteenlopende recreatie mogelijkheden. Sportvissers zijn het gehele jaar actief en nemen dankbaar gebruik van de steigers (figuur 18b). Voor minder valide mensen zijn speciaal ingerichte visstekken gemaakt. Middels een indicatieve foto-analyse is vastgesteld dat waterlichaam 81 en 72 in Lindenholt de hoogste hengeldruk hebben. De Hengelsport Federatie Midden Nederland heeft de visrechten en organiseert hengelsportviswedstrijden in het stedelijk water van Nijmegen.



Figuur 18: (A). Een groepje jongeren die een verfrissende duik nemen in waterlichaam 81. (B). Sportvissers die gebruik maken van de steigers in waterlichaam 81.

Het nadelige effect van sportvisserij is het overmatig gebruik van lokvoer (voedingsmiddel om vissen te lokken), voornamelijk tijdens hengelsportviswedstijden. Overmatig gebruik van lokvoer draagt bij aan het eutrofieringsproces (Emmerik & Peters, 2009; Hermsen et al., 2011) en stimuleert de dominantie van bodem woelende vissen (Hermsen et al., 2011).

Tijdens veldbezoeken hebben medewerkers van stichting RAVON een grote groep watervogel bij waterlichaam 72c en 66 waargenomen, waarbij inwoners de dieren aan het voeren waren. Uit de Ecoscan blijkt dat dit ook plaatsvindt in andere waterlichamen. (Jasper & Graaf, 2000; Spikmans, 2006). In bijlage 19 worden deze waterlichamen getoond. Het voeren van watervogels is weliswaar onderdeel van de waterbeleving en geeft kinderen de mogelijkheid om in aanraking te komen met de natuur. Maar het voedsel zorgt ook voor een extra nutriëntenbelasting. Wat bijdraagt aan het eutrofieringsproces en verstoort het natuurlijk evenwicht (Spikmans, 2006; Hermsen et al., 2011). Daarnaast is brood qua voedingsstoffen eenzijdig. Eenden kunnen hierdoor sterven (Spikmans, 2006).

De oude grondlagen van de geologenstrook (oever van waterlichaam 58 en 59) zijn opgegraven en blootgelegd zodat de oorspronkelijk zaadbank kan ontkiemen. Daarnaast is er een wetenschappelijke onderzoek gedaan naar de zaadpollen in deze strook. Er loopt een cultureel, avontuurlijk en informatief wandelpad doorheen waarbij ook het water als recreatief middel wordt gebruikt.

4.8 Streefbeelden

In 2000 hebben alle stedelijke waterlichamen een ambitieniveau toegekend gekregen. De vijf gestandaardiseerde ambitieniveaus zijn benoemt als: Natuurlijk, Ontdekkend, Kijkend, Stromend en Stortend.

De watersystemen van Dukenburg en Lindenholt hebben geen 'Stromend' en 'Stortend' water. Korte toelichting. Stromend water heeft enkel een afvoerende functie. Stortende wateren bevatten rioolwater overstorten. Beide type wateren komen hier niet in de wijken voor. Bijlage 20 toont voor beide watersystemen het ambitieniveau per waterlichaam.

Natuurlijk water

Natuurlijk water ambieert de hoogste ecologische waarde met een hoge biodiversiteit en een gezond ecosysteem. De ambitie eisen (geen regenwateruitlaten en natuurlijk peilverloop) zijn moeilijk, omdat de vijvers deel uitmaken van een groter (stedelijk) watersysteem. De waterkwaliteit moet voldoen aan de landelijke streefwaarde of aan het hoogst mogelijke niveau. Het beheer is extensief. Potentiële kansen voor ecologische ontwikkeling moeten waar mogelijk benut worden. Het heeft een vloeiende overgang tussen het aquatische en terrestriale ecosysteem. Er zijn nog geen ecologische normen voor deze overige wateren, tot die tijd wordt het viswatertype snoek- blankvoorn nagestreefd. Figuur 19 a en b geeft twee voorbeelden van een levend water weer.



Figuur 19: (A) De natuurvriendelijke oevers gekoloniseerd door ruigte en struweel vegetatie, waterlichaam 81a. (B) De natuurvriendelijke oever gedomineerd met ruigte en aan de andere kant bosvorming, waterlichaam 59.

Ontdekkend water

De wateren die geclassificeerd zijn als 'Ontdekkend' hebben een redelijke ecologische waarde en bieden de mogelijkheid om actief te recreëren in een natuurlijke omgeving. Daarnaast moeten de wateren voldoen aan de MTR normen. Potentiële kansen voor ecologische ontwikkeling moeten waar mogelijk benut worden. De wateren kennen een extensief onderhoudsprogramma. De wateren, althans sommige zijn beschikbaar voor sportvissers waarbij het vissen voornamelijk om de soortrijkdom zal gaan. Waterspeelplaatsen en speelplateaus zullen de actieve beleving moeten waarborgen. Vlonders, steigers en fontein en dragen bij aan de passieve belevingswaarde. Als viswatertype wordt snoek- blankvoorn nagestreefd. Figuur 20 geeft twee voorbeelden van een 'Ontdekkend' water weer.



Figuur 20: (A) De druk bezochte waterspeelplaats in Lindenholt, waterlichaam 72. (B) Rondom de vijver Wollewei, waterlichaam 40 wordt veel gerecreëerd.

Kijkend water

De wateren die geclassificeerd zijn als ‘Kijkend’ hebben een redelijke ecologische waarde en bieden de mogelijkheid om passief te recreëren (figuur 21a en b). Deze wateren hebben qua ecologische ontwikkeling een lage potentie, maar waar mogelijk worden ecologische kansen benut. De wateren moeten voldoen aan de MTR-normen. Het beheer- en onderhoud kan zowel intensief als extensief zijn met als doel om naast de waterfunctie ook gebruiksfunctie te waarborgen. Enkele wateren zullen gebruikt worden door sportvissers waarbij het vissen voornamelijk gericht is op hoeveelheden. Het huidige visbestand is typerend voor viswatertype blankvoorn- brasem. De ambitie is om naar het viswatertype snoek- blankvoorn te gaan.



Figuur 21: (A) Waterlichaam 60 is een goed voorbeeld van een watergang met het ambitieniveau kijkend. Dit zijn relatief smalle wateren met weinig ruimtes voor natuurvriendelijke oevers. (B). Veel tuinen grenzen aan ‘Kijkende’ watergangen.

4.8.1 Toetsing Ambitieniveau

De waterlichamen worden getoetst op de onderliggende niveaueisen

Natuurlijk water

Alle waterlichamen met het ambitieniveau ‘Natuurlijk’ voldoen niet aan de gestelde eisen. De herinrichting van de oevers heeft de ecologische ontwikkeling gestimuleerd. Maar er liggen nog ecologische inrichtingskansen (bijvoorbeeld een evenwichtiger visbestand, meer aquatische vegetatie). Daarnaast voldoen niet alle fysisch- chemische parameters aan de landelijke streefwaarde evenals de MTR-norm. Het extensief beheer voldoet aan de eis. Kortom het ambitieniveau is nog niet behaald.

Ontdekkend water

Alle waterlichamen met het ambitieniveau 'Ontdekkend' voldoen nog niet aan de gestelde eisen. Er zijn migratie belemmerende duikers aanwezig. Waar mogelijk zijn de oevers heringericht om ecologische kansen te benutten. Er zijn nog mogelijkheden om niet functionele beschoeiing te verwijderen. Passieve en actieve recreatievoorzieningen zijn in voldoende aantallen aanwezig. De fysisch- chemische parameters van ieder waterlichaam voldoen niet aan enkele MTR-normen.

Kijkend water

De wateren met het ambitieniveau kijkend voldoen enkel op de fysisch-chemische parameter na aan het gestelde ambitieniveau. Daarnaast zijn er mogelijkheden om niet functionele beschoeiing te verwijderen zodat een natuurvriendelijkere oever kan ontstaan.

4.9 Discussie watersysteemanalyse

Kwel

Uit de waterkwantiteitanalyse blijkt dat kwel de grootste voedingsbron is voor beide watersystemen. Bij de berekening van de totale kwelintensiteit is aangenomen dat kwel de enige voedingsbron is gedurende een neerslagvrijeperiode van minimaal 16 dagen (zie hoofdstuk 3 'methode'). De retentietijd van Dukenburg en Lindenholt is respectievelijk 9 en 18 dagen. Er is geen neerslagvrijeperiode van 18 dagen of meer voorgevallen na de peilopzet in 2013. Na 14 dagen moet het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt in theorie bijna neerslagvrij zijn en een constante basis afvoerdebit genereren. Het afvoerdebit van Dukenburg was constant. Het afvoerdebit van Lindenholt nam daarentegen op de 14^e t/m 17^e dag toe, met 0,03 m³/sec. Deze lichte stijging is opmerkelijk want het kanaalpeil bleef gedurende de periode constant en er is geen neerslag gemeten. Het debiet zou kleiner of gelijk moeten blijven. Geen gefundeerde oorzaak is vastgesteld.

De invloed van lokale kwel is aanzienlijk groter dan de invloed van regionale kwel. Dit weerspiegelt de waterkwaliteit, kwelintensiteit en de onderliggende verbanden die zijn omschreven in de watersysteemanalyse (§4.5). Voornamelijk de waterkwaliteit van de oostelijk gelegen wateren worden beïnvloed door de waterkwaliteit van de lokale kwel. Daarnaast zorgt de toevoer van kwel ervoor dat het watersysteem stroomt en tijdig ververscht wordt. Eutrofiëringsprocessen kunnen hierdoor moeilijker ontkiemen. De niet optimale hydraulische inrichting verstoort dit proces waardoor sommige wateren kampen met eutrofiëringsproblemen.

Verschillende analyses duiden er op dat Dukenburg meer (lokaal) kwelwater afvangt dan Lindenholt en zodoende sterker beïnvloedt wordt door het Maas-Waalkanaal. Dit blijkt uit het volgende:

- Na de peilopzet van het Maas-Waalkanaal stegen de afvoerdebit en oppervlaktewaterpeil van Dukenburg aanzienlijk. Dit is tegenstelling tot Lindenholt. Dit wijst er op dat Dukenburg meer lokale kwel afvangt en afvoert.
- De zuurstofconcentratie bij de meeste wateren in het oosten van Lindenholt komen meerdere malen boven de 15 mg/l. Bij de oostelijk gesitueerde wateren in Dukenburg gebeurt dit niet.
Dit duidt er op dat Dukenburg meer kwelwater afvangt wat relatief zuurstofarm is. Vanwege de oostelijke ligging is het logischerwijs afkomstig van het Maas-Waalkanaal.

Peilopzet

Na de peilopzet van het Maas-Waalkanaal daalde de grondwaterstand in de meeste stadswijken van Dukenburg en Lindenholt. Enkel bij één peilbuis in Lankforst en één in Meijhorst (beide in Dukenburg) is een lichte stijging waargenomen. De peilopzet heeft geleid tot een toenemend potentiaalverschil (verschil tussen waterpeil Maas-Waalkanaal en het stedelijk waterpeil). De hypothese is dat de wegzijging van kanaalwater en de bodemretentietijd versnelt door een sterke zuigkracht als gevolg van het groter potentiaalverschil. Dit resulteert in een snellere toevoer van kwel, hogere afvoerdebieten, waterpeilen en hogere grondwaterstanden. De twee peilbuizen met een stijgende grondwaterstand hebben één ding gemeen. Tussen beide peilbuizen en het kanaal ligt geen watergang. Vijfenzeventig procent van de lokale kwel wordt opgevangen in de eerste watergang direct langs het kanaal, mits die er natuurlijk ligt. Als de watergang ontbreekt kan het kwelwater niet direct in het oppervlaktewatersysteem treden waardoor lokaal de grondwaterstand toeneemt. Dit is hoogstwaarschijnlijk gebeurd bij deze twee peilbuizen. Maar dit verklaart niet de dalende grondwaterspiegel in de overige stadswijken. Geen gegronde oorzaak is gevonden

Seizoensinvloed op fysisch-chemische parameters

De stikstofconcentraties dalen in de zomermaanden doordat flora en fauna stikstof opnemen voor groei en reproductie (zie figuur 13) (McKinstry, 2004). Daarnaast is het verwijderingsrendement van stikstof hoger in de zomermaanden. De aerobe en anaerobe bacteriën die verantwoordelijk zijn voor respectievelijk het nitrificatie en denitrificatie proces zijn actiever (Ietswaart & Breure, 2000). De hogere biologische activiteit in de zomermaanden is dan ook goed zichtbaar bij de seizoensafhankelijke pH en zuurstof fluctuaties. Door hogere fotosynthetische activiteit wordt koolstofdioxide (CO_2) overdag onttrokken, de pH waarde gaat dan omhoog. In de nacht wordt CO_2 geproduceerd door respiratie, de pH waarde gaat dan omlaag. Daarnaast leidt de hogere biologische activiteit van heterotrofe organismen in combinatie met de warme temperaturen tot een dalende zuurstofconcentraties (zie figuur 7).

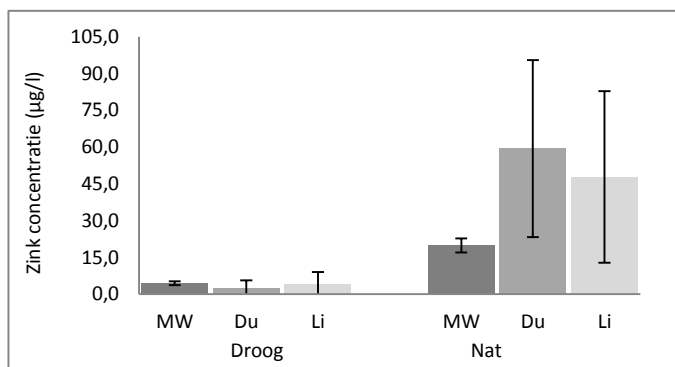
In het najaar komt er veel organisch materiaal vrij door bladval en sterfte van algen en eenjarige macrofyten. Gedeeltelijk wordt dit gemineraliseerd door micro-organisme tot anorganische nutriënten (Hermsen et al., 2011). De mineralisatie vereist zuurstof waardoor de zuurstofconcentratie verder daalt in de herfst. De pH fluctueert minder gedurende de herfst- en winterperiode. De invloed van zuurstofarme kwel zorgt ervoor dat de zuurstofconcentratie niet snel toeneemt in de winter. Dit is goed zichtbaar in Dukenburg (figuur 7). Door het mineralisatieproces is de stikstofconcentratie in het begin van het voorjaar het hoogst. De jaarcyclus is rond.

De fluctuaties van nutriënten, zuurstof en pH zijn sterk afhankelijk van de eutrofiëringgraad. Eutrofiëring gaat vaak gepaard met een toenemende biomassa van eutrafente soorten. De toename in biomassa zorgt tijdens de zomer voor een sterkere nutriënten opname, resulterend in een hoge organische afgifte tijdens de winter (figuur 11 en 13). De jaarlijkse stikstof fluctuatie van waterlichaam 40 evenals Maas-Waalkanaal is sterker dan in waterlichaam 33 en 59. Dit duidt erop dat waterlichaam 40 en het Maas-Waalkanaal een hogere eutrofiëringgraad hebben.

Waterkwaliteit

De divergentie tussen de data van Hermus & Werperen (2007) en het monitoringsprogramma zijn het grootst voor de parameters zink en stikstof. De stikstof meting van Hermus & Werperen (2007) zijn vanwege de absurd hoge en sterk fluctuerende gemiddelden (0,13 tot 23,72 mg/l) als onbetrouwbaar geïnterpreteerd. De zinkconcentraties per periode (nat en droog) verschillen sterk (figuur 22). In de droge periode wordt de MTR-norm in slechts drie waterlichamen overschreden. In de natte periode overschrijden alle waterlichamen de norm ruim. Het gemiddelde is opgebouwd uit twee uiterste getallen en is daarom niet representatief voor het jaarlijkse gemiddelde. Dit zal naar verwachting lager liggen. Echter de data van Hermus & Werperen (2007) geven een goede indicatie tussen de interactie van de waterketen en het oppervlakte watersysteem.

Figuur 22 toont dat de zinkconcentraties in de droge periode veel hoger zijn dan de zinkconcentraties in de natte periode. Het afstromend hemelwater lijkt in de natte periode de meest invloedrijke factor te zijn die de zinkconcentratie in het watersysteem kan beïnvloeden. De zinkconcentraties in Dukenburg zijn het hoogst t.o.v. de andere twee watersystemen. Dit duidt erop dat het instromend hemelwater van Dukenburg meer zink bevat t.o.v. Lindenholt en Maas-Waalkanaal. Uitloging van zinkendakgoten en het schoonspoelen van het wegdek lijken de meest voor de hand liggende emissiebronnen.



Figuur 22: De gemiddelde zinkconcentratie van het Maas- Waalkanaal, Dukenburg en Lindenholt in een droge- en natte periode. Ruwe data zijn afkomstig van Hermus & Werperen (2007).

De bij de koperconcentratie is een afnemende trend waargenomen. Dit is mogelijk te verklaren doordat de levensduur van diverse koper bevattende auto-onderdelen verbeterd waardoor minder slijtage optreedt. Voornamelijk bandenslijtage kent een hoge koperemissie (Tenissen & Vermij, 2003).

Ecologische waarde

Stichting RAVON en Grontmij hebben de visstand geïnventariseerd in 2004. Daarnaast heeft RAVON ook een amfibieën onderzoek uitgevoerd. De resultaten van beide onderzoeken worden geïnterpreteerd als minimale biologische status omdat de veldinventarisatie plaatsvond vóór en tijdens de aanleg van de natuurvriendelijke oevers en baggerwerkzaamheden. De heringerichte oevers hebben een beter ontwikkelde aquatische en terrestrische zone met als transitiezone een plas-dras biotoop. Er wordt verondersteld dat de herinrichting de ecologische ontwikkeling heeft gestimuleerd.

5. Visie watersysteem en waterketen

De regenwater- en vuilwaterrioolstelsels van Dukenburg en Lindenholt zijn circa 50 jaar geleden aangelegd. De kwaliteit van de stelsels verslechtert snel en functioneert in de huidige status niet meer optimaal. In Dukenburg is 16.000 meter riool gekwantificeerd met scheurvorming, oppervlakteschade of infiltratie klasse 4 (instromend) en 5 (binnen gutsend). Voor Lindenholt wordt een soortgelijke ontwikkeling verwacht (Schilling, 2013).

De sociale- geografische ontwikkelingen tonen krimp in beide stadsdelen. Daarnaast treed er vergrijzing op. Dit vraagt op termijn om andere woonbehoeftes en voorzieningen. De sociale- geografische ontwikkelingen bieden kansen om de waterketen te optimaliseren waarbij de interactie tussen het watersysteem en de waterketen duurzaam versterkt wordt. Het streven naar een duurzaam gescheiden rioolstelsel moet dan ook het uitgangspunt zijn voor 2050.

Bij een duurzaam gescheiden rioolstelsel wordt regenwater op lokale schaal verwerkt, waarbij het systeem bijdraagt aan het voorkomen van regenwateroverlast en water verontreinigingen. Het systeem wordt veerkrachtiger robuuster en klimaat bestendiger. In het stelsel wordt oppervlakkig afstromend regenwater verzameld en getransporteerd naar een eenvoudige zuiveringssysteem. Daarnaast biedt het vuilwaterriool mogelijkheid om energie en grondstoffen terug te winnen op lokale schaal. De planmatige realisatie vergt een integrale en coöperatieve samenwerking tussen stedenbouwkundigen, wooncorporaties, planologen en blauw- groene beleidsadviseurs. Momenteel ontbreekt dit, er is geen stedenbouwkundige visie voor stadsdelen in Nijmegen. Langzamerhand zijn de meest rioolstrengen toe aan vernieuwing of renovaties. Maar zonder stedenbouwkundige visie kan rioolvernieuwing niet in grote hoedanigheid plaatsvinden want dit zou de kans tot kapitaalvernietiging vergroten in verband met de sociale- geografische ontwikkelingen.

Zolang deze visie ontbreekt gaat de voorkeur uit om het stelsel te behouden en renovatie technieken toe te passen (relinen) waar nodig is. Wanneer stedenbouwkundige ontwikkelingen plaatsvinden, bijvoorbeeld een renovatie of vernieuwing, kan daarop geanticipeerd en meegelift worden om zodoende de eerste stappen te zetten naar een duurzaam gescheiden rioolstelsel. Maar het liefst zouden grotere gedeeltes van een wijk op hetzelfde moment getransformeerd moeten worden zodat los aangelegde systemen worden uitgesloten. De kans op kapitaalvernietiging is dan zeer gering, maar vraagt een stedenbouwkundige visie. Dit is in lijn met het Gemeentelijk Rioolplan 2017-2023.

Om ieder stelsel doelmatig te transformeren met een geminimaliseerde kans op kapitaalvernietiging kan een 'stadsmodel' als hulpmiddel dienen. Het model kan opgebouwd worden uit de gemeentelijke eigendommen riolering, infrastructuur, gebouwen, warmtenetwerk etc. met de bijhorende afschrijvingen en status. Hetzelfde geldt voor de eigendommen van de wooncorporaties. Daarnaast wordt sociale- geografische data samengevoegd met de stedenbouwkundige visie van wooncorporaties en de gemeente. Het model maakt een integrale afweging door verbanden te zoeken tussen sociale - geografische ontwikkelingen, eigendomsstructuren, afschrijvingen en de status van de structuren binnen de visie. Met als doel om in theorie de perfecte locatie te vinden waarbij alle integrale afweging zijn gemaakt en kapitaalvernietiging geminimaliseerd wordt om de visie te verwezenlijken.

6. Optimalisatie mogelijkheden

De knelpunten zijn ten aanzien van de watersysteemanalyse en het streefbeeld vastgesteld. In dit hoofdstuk worden de knelpunten voorzien van mitigerende maatregelen.

6.1 Knelpunten en maatregelen

De maatregel wordt bediscussieerd door middel van een kanttekening. Bijlage 21 bevat voor de rood gemarkeerde knelpunten een uitgebreide versie van de optimalisatie mogelijkheden. In bijlage 22 staan de resultaten van de Multicriteria analyse.

Invloed van lokale kwel op de waterkwaliteit	
Knelpunt 1	De fysisch-chemische waterkwaliteit van de oostelijk gesitueerde waterlichamen worden sterk beïnvloed door de waterkwaliteit van het Maas-Waalkanaal. Deze wateren voldoen niet aan alle MTR-normen noch aan het toegekende ambitieniveau.
Maatregel A	Kwelscherm plaatsen (blokkeren van de kwelstroom)
Effect	• De waterkwaliteit wordt niet meer beïnvloed door de waterkwaliteit van het Maas-Waalkanaal • Gebieds-eigenprocessen gaan meer domineren • De ambitieniveaus 'Ontdekkend' en 'Kijkend' worden naar verwachting behaald.
Kanttekening	Het kwelscherm blokkeert de continue toestroom van de lokale kwel. De doorstroming en verversing zal daardoor drastisch verminderd worden, want beide systemen stromen voornamelijk op kweldruk. Door de slechtere verversing worden de wateren gevoeliger voor eutrofiëringsprocessen. De ecologische- en beleavingswaarde kan hierdoor afnemen.
Score	De maatregel draagt niet bij aan de gewenste hoedanigheid van een gezonder, veerkrachtiger en aantrekkelijker watersysteem tegen de laagst maatschappelijke kosten. Score onvoldoende.

Invloed van lokale kwel op de waterkwantiteit	
Knelpunt 2	De continue basisafvoer zorgt ervoor dat het maximale afvoerdebiet (1,5 l/s/ha) sneller wordt overschreden in tijden van (hevige) neerslaggebeurtenissen.
Maatregel A	A1. Kwelscherm plaatsen (zie knelpunt 1 voor het effect, kanttekening en score). A2. De statisch stuw Teersdijk (Dukenburg) vervangen voor een geautomatiseerde stuw.
Effect	A2. Door de geautomatiseerde stuw kan tijdens hevige neerslag meer overtollig water geborgen worden in het stedelijk watersysteem.
Kanttekening	A2. Maatregel is alleen toepasbaar voor het watersysteem van Dukenburg.
Score	A2. Het is een duurzame en brongerichte maatregel die bijdraagt aan de doelstelling van het Nationaal Bestuursakkoord water. De maatregel scoort zeer goed.

Advies knelpunt 1 en 2: A1. De maatregel zou waardevol zijn als het waterbeheer van Nijmegen puur gericht was op het snel behalen van de gestelde kwaliteitsnormen. Ook wordt de waterkwaliteit van de Maas langzamerhand beter, waardoor het nut van het kwelscherm ten behoeve van knelpunt 1 vervalst. De implementatie van de maatregel is onwenselijk, mede in relatie tot de kosten.

Advies knelpunt 2: A2. De stuw moet zeer accuraat bediend worden waarbij de droogleggingsnorm het uitgangspunt is voor de maximale bergingscapaciteit in het stedelijk watersysteem.

Hydraulische functionaliteit van duikers	
Knelpunt 3	Slecht hydraulisch functionerende duikers zorgen voor opstuwingen, een toenemende verhanglijn, opeenhoping van drijfvuil en stimulering van eutrofiëringsprocessen. Daarnaast wordt het migratiegedrag van organismen beïnvloed door deze duikers.
Maatregel B	Duikers aanpassen zodat de hydraulische doorstroom verbeterd wordt. Dit kan door de duiker te vergroten, te verhogen en waar mogelijk verwijderen. Bijlage 9 geeft per duiker weer welke maatregelen aanbevolen worden.
Effect	Door de hydraulische doorstroom te optimaliseren zal de verhanglijn en de kans op eutrofiëringsprocessen afnemen. Daarnaast zal de drooglegging, de bergingscapaciteit en de afvoer van drijfvuil toenemen.
Kanttekening	De aanwezigheid van kabels en leidingen (onder infrastructuurobjecten) limiteren in hoeverre de duiker opgehoogd kan worden. Bij verdronken duikers is het creëren van een vrije doorstroom hierdoor (vaak) maar in beperkte mate mogelijk.
Score	De maatregel is efficiënt geacht omdat het effect heeft op de waterkwantiteit, waterkwaliteit, beheer- en belevingsaspecten. De maatregelen dragen bij aan een veerkrachtig, robuust en aantrekkelijk watersysteem. De kosten zijn acceptabel geschat. De maatregel scoort goed.

Verdeling van het beschikbaar water	
Knelpunt 4	De kleine duikers tussen de primaire en secundaire doorstroming belemmeren de verspreiding van het beschikbare water over het hele watersysteem. Dit leidt plaatselijk tot langere retentietijden en het stimuleert eutrofiëringsprocessen.
Maatregel C	Het implementeren van een water sturende en debiet afhankelijk constructie om het beschikbare water evenredig te verspreiden over het watersysteem.
Effect	De evenredige verspreiding en doorspoeling van water reduceert de kans op eutrofiëringsprocessen en verkleint de piekbelasting op het landelijk stelsel.
Kanttekening	In west Lindenholt kan de fysisch- chemische waterkwaliteit beïnvloed worden door de realisatie van de water sturende constructie. De wateren gaan meer water van de oostelijke waterlichamen ontvangen. Uit de waterkwaliteitsanalyse blijkt dat de oostelijke wateren een slechtere fysisch- chemische waterkwaliteit hebben, door de invloed van lokale kwel.
Score	De maatregel versterkt de veerkrachtigheid en robuustheid van het systeem. De investeringskosten zijn relatief hoog. De maatregel wordt als voldoende bestempeld.

Advies knelpunt 3 en 4: De investeringskosten van beide maatregelen zijn relatief hoog. Het advies is om eerst maatregel B te implementeren en de ontwikkelingen te monitoren gedurende circa drie jaar (zie knelpunt 22 uitbreiding monitoringsprogramma). Als het gewenst is om opnieuw een hydraulische optimalisatieslag te maken kan dit door maatregel C te realiseren. De veronderstelling is dat beide maatregelen een synergetisch effect op elkaar hebben. Bijlage 21 toont de aanbeveelbare locatie voor de constructie.

Lange duikers	
Knelpunt 5	Lange duikers (>100 m) hebben een negatief effect op het migratiegedrag van organismen. Daarnaast wordt het migratiegedrag beïnvloed door te smalle en verdronken duikers. De mitigerende maatregel voor smalle en verdronken duikers is omschreven bij knelpunt 3.
Knelpunt 6	Lange duikers zijn vanuit het oogpunt van zichtbaar en leefbaar water onaantrekkelijk. Daarnaast zijn de lange duikers gevoeliger voor verstoppingen (t.o.v. kortere duiker met eenzelfde diameter). De verstoppingen zijn vanwege de lengte soms moeilijk te verhelpen.
Maatregel D	D1. Duikers ontmantelen van het betonnen omhulsel. D2. Indien ontmantelen niet mogelijk is kan een ecologische migratievoorziening als mitigerende maatregel dienen.
Effect	D1. Het ontmantelen van het betonnen omhulsel draagt bij aan het vrijer migreren van organismen. Het verbetert de hydraulische inrichting en de belevingswaarde. D2. Een migratievoorziening werkt mitigerend op een zeer selectief aantal soorten.
Kanttekening	D1. De meeste lange duikers zijn aangelegd om huizen en infrastructuurobjecten te vermijden. Ontmanteling is daarom niet altijd mogelijk. D2. De migratievoorziening is niet direct noodzakelijk en het effect wordt minimaal geacht.
Score	Het ontmantelen kent geen risicovolle systeemingrepen, de investeringskosten worden als acceptabel ingeschat. De maatregel D1. draagt bij aan de doelen van de intentieverklaring. De maatregel D1. scoort zeer goed. Het aanbrengen van een migratievoorziening (D2.) is een beperkte mitigerende maatregel en scoort zeer matig.

Advies knelpunt 5 en 6: De maatregel 'ontmantelen' kan bij twee duikers in Dukenburg worden toegepast. Het gedeelte van duiker Cl.d0147 welke langs de Van Apelterenweg loopt kan omgezet worden tot oppervlaktewater (zie bijlage 21). Daarnaast is de ontmanteling van duiker Cl.d0035 mogelijk (bijlage 21). Bij de laatste duiker is de wijze van ontmanteling afhankelijk van de stedenbouwkundige ontwikkelingen en het bijkomend mobiliteitsvraagstuk. Een ecologische migratievoorziening wordt enkel aanbevolen als meeliftproject.

Overwinteringsbiotoop gecombineerd met een zandvang	
Knelpunt 7	Dukenburg heeft te weinig overwinteringsbiotopen voor koudbloedige organismen.
Knelpunt 8	Naast lokale kwel beïnvloedt het afstromend regenwater de water- en bodemkwaliteit. Het verhoogt de fosfaat, ijzer, koper en zinkconcentratie. De hoogste verontreinigingsfracties van water uit regenwateruitlaten zitten gebonden aan de mee-stromende deeltjes (Boogaard & Lemmen, 2007).
Maatregel E	Een verdieping van de waterbodem en waar mogelijk de natte doorsnede verbreden, zodat de verdieping zal functioneren als overwinteringsbiotoop maar ook als zandvang.
Effect	Overwinteringsbiotoop voor koudbloedige organismen. Daarnaast verbetert het de water- en bodemkwaliteit door het centraliseren van losliggende en zwevende deeltjes, die al dan niet verontreinigd zijn
Kanttekening	De centralisatie van verontreinigde deeltjes verhoogt de kans op chronische toxiciteit voor bentische soorten. Hoewel deze kans vanwege de lage concentraties zeer gering is. Door het afvangen van organisch materiaal kan de verdieping zuurstofloos worden en verliest het de functie als overwinteringsbiotoop.
Score	De maatregel draagt bij aan een multifunctioneel, veerkrachtig en gezond watersysteem tegen een relatief klein budget. De maatregel is als zeer goed gescoord.

Advies knelpunt 7 en 8: Tijdig schonen is het uitgangspunt om toxische en zuurstofloze omstandigheden te voorkomen. Dit vereist dat de verdieping machinaal toegankelijk moet zijn. Bijlage 21 toont de geschikte overwinteringsbiotoop en zandvang locaties.

Predatiedruk van aalscholver	
Knelpunt 9	De predatiedruk tast zowel de lengteklasse variatie als het evenwicht van de visstand aan.
Knelpunt 10	De grote waterlichamen hebben te weinig beschuttingsmogelijkheden door gebrek aan aquatische vegetatie. Dit maakt het ideale foerageerwateren voor aalscholvers.
Maatregel F	F1. Schuilmogelijkheden creëren door in het najaar houtachtige objecten te laten afzinken nabij heringerichte oevers, visstekken en overwinteringsplekken. F.2 Het stimuleren van macrofyten groei in het voorjaar en in de zomer.
Effect	F1. en F2. Het aanbieden van schuilmogelijkheden verkleint het jachtsucces van de aalscholvers. Predatiegevoelige vissen hebben zodoende een grotere kans om de levenscyclus te voltooien. Dit zal op langere termijn resulteren in een evenwichtigere visstand.
Kanttekening	F1. De houtachtige objecten kunnen hinderlijk zijn tijdens het onderhoud. Daarnaast bestaat de kans dat recreanten zich verwonden aan de objecten. F2. De waterhelderheid moet verbeteren om de groei van macrofyten te stimuleren. Dit is een moeilijke opgave.
Score	De maatregel F1. eist minimale investeringskosten. Het draagt bij aan een natuurlijke lengteklasse variatie en aan een evenwichtigere visstand. De maatregel scoort een ruime voldoende. Maatregel F2. Scoort voldoende

Advies knelpunt 9 en 10: F1. De implementatie van deze mitigerende maatregel wordt alleen aanbevolen bij grote waterlichamen. Bij kleine waterlichamen kan het de doorstroom belemmeren. Bij de introductie van de houtachtig objecten gaat de voorkeur uit naar (dode) takken, die met de stam op de oever liggen. De takken zijn dan gemakkelijk uitneembaar. F2. Als de macrofyten de waterbodem gaan koloniseren kunnen de takken in de zomermaanden verwijderd worden. Indien dit niet gebeurt is het wenselijk om de takken ook in de zomermaanden te laten liggen.

Actief Biologische Visbeheer	
Knelpunt 11	De visstand vertoont afwijkingen t.o.v. het viswatertype blankvoorn/snoek. Daarnaast wordt de visbiomassa gedomineerd door grote brasems.
Knelpunt 12	De waterhelderheid wordt deels aangetast door de aanwezigheid van bodem woelende vissen. Dit voornamelijk in de grotere waterlichamen.
Maatregel G	Het doelmatig terugbrengen van de visbiomassa door de abundantie van grote brasems te verkleinen. Als eventuele compensatie voor de Hengelsport Federatie kan de zeelt uitgezet worden.
Effect	Door actief biologisch visbeheer en uitzetting van pootvis (zeelt) zal het visbestand tijdelijk verbeteren waarna verwacht wordt dat het visbestand zich weer aanpast aan de heersende fysisch- chemische en biologische factoren.
Kanttekening	Het wegvangen en uitzetten van vis wordt niet zinvol geacht. Het wordt geïnterpreteerd als een vorm van symptoombestrijding en draagt niet bij aan de bronproblematiek.
Score	De maatregel draagt onvoldoende bij aan een natuurlijke ecosysteem. De maatregel scoort zeer matig.

Advies knelpunt 11 en 12: Een evenwichtig en ecologisch verantwoord visbestand zal op natuurlijke wijze moeten ontstaan. Mocht de maatregel alsnog geïmplementeerd worden dan is het raadzaam om het wegvangen van (grote) bodem woelende vissen te combineren met de uitvoering van het visserijkundig onderzoek (knelpunt 26). Vanwege het belang is het wenselijk dat de Hengelsport Federatie de eventuele uitzetting van pootvis bekostigt.

Overmatig gebruik van visvoer en overtollige visvoer	
Knelpunt 13	Overmatig gebruik van visvoer (voornamelijk lokvoer) verrijkt het oppervlakte-watersysteem met nutriënten en draagt dus bij aan het eutrofiëringsproces.
Knelpunt 14	Overtollig visvoer (eind vissessie) wordt vaak in het water of op de oever gegooid. Dit zorgt voor een onnodige toevoer van nutriënten die niet alleen de waterkwaliteit maar ook sportvissers benadeelt. Daarnaast trek het ongedierte aan.
Maatregel H	Het recreatiebeleid in de stedelijke wateren van Nijmegen verduurzaamt door: H1. Het gebruik van lokvoer begrenzen op 500 gr/dag drooggewicht en zaad houdende producten begrenzen op 200 gr/dag. Daarnaast mag niet dan ¼ liter maden, casters of wormen beschikbaar zijn. H2. Sportvissers er van bewust maken dat het overtollige visvoer niet in het water of op de oever thuis hoort. Via de vergunning kan men hierop geattendeerd worden.
Effect	H1. Door deze begrenzing worden de veelgebruikers van lokvoer beperkt in het gebruik. De beperking vermindert de nutriëntenbelasting op het water. H2. De onnodige toevoeging van nutriënten en de aantrekkende werking van ongedierte vermindert.
Kanttekening	H1. Het goed en structureel handhaven op de hoeveelheid visvoer is moeilijk. H2. In hoeverre het bewustwordingsproces omtrent het overtollig lokvoer zich ontwikkeld zonder enige vorm van handhaving is discutabel.
Score	De maatregelen dragen bij aan een gezonder watersysteem waardoor recreatie beter tot ontplooiing komt. De maatregel H1. scoort ruim voldoende en maatregel H2 eveneens ruim voldoende.

Advies knelpunt 13 en 14: De beleidsmaatregel met bijbehorende begrenzings moet in overeenstemming met Hengelsport Federatie Midden Nederland geldig verklaard worden. De beleidsmaatregel heeft enkel betrekking op de stedelijke wateren van Nijmegen. Steekproefsgewijs handhaven moet het uitgangspunt zijn.

Burgers beter inzetten voor indirecte bewaking van de waterkwaliteit en kwantiteit	
Knelpunt 15	Als bewoners iets afwijkends signaleren in het watersysteem wordt de Gemeente Nijmegen vaak als eerste benaderd. Althans, dat blijkt uit meldingen waarvoor de gemeente niet verantwoordelijk is. Afhankelijk van het gebruikte communicatiemedium kan de behandeling en afhandeling hierdoor vertraging oplopen.
Maatregel I	Een integraal communicatiemedium ontwikkelen voor het melden van waterproblemen.
Effect	De melding komt sneller bij de verantwoordelijke instantie terecht. In Limburg resulteerde de opening van een integraal telefoonnummer (Rijkswaterstaat, Provincie, Waterschap en Sportvisserij Nederland tot een forse stijging in het aantal meldingen en een snellere verwerking daarvan (Waterforum, 2009).
Kanttekening	Er bestaan al veel communicatiemedia. Bijvoorbeeld: Bel- en herstellijn en Waterservicepunt. Het openen van een nieuw integraal communicatiemedium kan leiden tot onduidelijkheden.
Score	Het openen van een nieuw communicatiemedium is niet direct gewenst omdat dit tot onduidelijkheden kan leiden. De maatregel scoort zeer matig.

Advies knelpunt 15: In eerste instantie kan er beter geïnvesteerd worden om de bestaande communicatiemedia te verbeteren. Hiermee wordt bedoeld het beter vindbaar en bekender maken van een communicatiemedium. Daarnaast kan de afhandeling van de melding geoptimaliseerd worden (centraliseren en digitaliseren), zodat de verantwoordelijke instantie(s) sneller kunnen reageren.

Het voeren van watervogels	
Knelpunt 16	Het voederen van watervogels verhoogt de nutriëntenbelasting. Het trekt meerdere watervogels aan. Zodoende wordt het natuurlijk evenwicht verstoord.
Maatregel J	J1. De doelgroep informeren wat de negatieve effecten zijn van het voederen van watervogels J2. Brood-inzamelingsbakken plaatsen bij vaak bezochte voederplekken J3. Het reguleren van voederplaatsen met een attentiebord dat één snee brood ruim voldoende is
Effect	De maatregel vermindert de ongewenste belasting van nutriënten en zorgt voor een evenwichtiger watervogelpopulatie.
Kanttekening	Het bewustwordingsproces dat het voederen van watervogels niet gewenst is voor de natuur en de omgeving is tijdrovend. Vanuit verschillende religies is het weggooien of verspillen van etensresten niet toegestaan. Vooral deze groep is moeilijk te overtuigen dat het overvloedige eten eerder in de GFT-bak hoort dan in het water.
Score	De maatregelen dragen bij aan een gezonder- en evenwichtiger systeem. De implementatie van maatregel J1. vergt een grote inspanningsverplichting en is daarom tijdrovend. De maatregel J1. scoort ruim voldoende. Maatregel J2. en J3. scoren voldoende.

Advies knelpunt 16: Er wordt geadviseerd om eerst maatregel J1. uit te voeren gedurende circa twee jaar (bewustwordingsproces). Indien dit onvoldoende blijkt te zijn kan maatregel J2. en J3. gelijktijdig geïmplementeerd worden. Maatregel J2. en J3. zijn zichtbare veranderingen.

Waterkwaliteit en de verhard oppervlakte	
Knelpunt 17	Naast lokale kwel beïnvloed ook het afstromend regenwater de water- en bodemkwaliteit. Dit verhoogt o.a. de fosfaat en metaalconcentraties. (Knelpunt 8 met bijhorende maatregel heeft ook betrekking op verontreiniging afkomstig van verharde oppervlakte).
Maatregel K	De hoofdwegen van Dukenburg en Lindenholt afkoppelen van het regenwaterriool en aankoppelen aan het vuilwaterriool met of zonder een regenwater overstort op het oppervlaktewatersysteem (verbeterd gescheiden rioolstelsel).
Effect	De aankoppeling van hoofdwegen op het vuilwaterriool reduceert de nutriënten- en metalenbelasting van het verhard oppervlak op het oppervlaktewatersysteem.
Kanttkening	Uit een modelanalyse moet blijken of het vuilwaterriool voldoende afvoercapaciteit heeft om het vuilwater en het hemelwater af te voeren bij hevig neerslag.
Score	Het betreft een brongerichte maatregel. De maatregel draagt bij aan een gezonder watersysteem en vereist geen rigoureuze systeemverandering. De kosten worden als acceptabel ingeschat. De maatregel scoort ruim voldoende.

Advies knelpunt 17: De diameter van het vuilwaterriool is berekend op de droogweerafvoer. Uit veiligheidsoverwegingen wordt aanbevolen een regenwater overstort te realiseren op het oppervlaktewatersysteem. Daarnaast wordt aanbevolen om eerst een onderzoek te doen naar de kwaliteit van het afstromend regenwater.

Foutieve aansluitingen of lekkende rioolstrengen	
Knelpunt 18	Dukenburg en Lindenholt hebben rioolstrengen die in slechte staat verkeren.
Knelpunt 19	In Dukenburg is een verhoogde fosfaatconcentratie waargenomen t.o.v. Maas-Waalkanaal en Lindenholt. Dit komt waarschijnlijk door foutieve aansluitingen of lekkende rioolstrengen.
Knelpunt 20	Het rioolgemaal in Dukenburg verpompt rioolvreemd water.
Maatregel L	L1. De aanleg van een duurzaam gescheiden rioolstelsel en stedenbouwkundige visie L2. Het renoveren van rioolstrengen die in slechte staat verkeren (reline)
Effect	L1. Door de aanleg van een duurzaam gescheiden rioolstelsel wordt het gemakkelijker om (nieuwe) foutieve aansluitingen te detecteren. Door de voorzuivering van afstromend regenwater verbetert de waterkwaliteit. Daarnaast wordt het systeem robuuster. L2. Het renoveren van slechte rioolstrengen voorkomt uitwisseling tussen grond- en rioolwater.
Kanttkening	Het huidige gescheiden rioolstelsel ombouwen tot een duurzaam gescheiden rioolstelsel is een grote opgave wat veel tijd en geld vergt van de gemeente. Zonder stedenbouwkundige visie is het renoveren van de rioolstrengen het uitgangspunt.
Score	Door de realisatie van een duurzaam gescheiden rioolstelsel wordt het systeem veerkrachtiger, robuuster en klimaatbestendiger. Het prijskaartje is daarentegen hoog en de realisatie kost vele jaren (geschat op circa 20 jaar). De maatregel L1. scoort ruim voldoende. Maatregel L2. scoort voldoende.

Advies knelpunt 18, 19 en 20: Zie lange termijnvisie (hoofdstuk 5).

Beheer en Onderhoud	
Knelpunt 21	Beplantingsplannen dichtbij of direct naast een watergang of duiker worden onvoldoende afgestemd met beleidsmedewerkers water en beheermedewerkers.
Knelpunt 22	Vanuit het beheer en onderhoud zijn de groeilocaties van enkele bomen als hinderlijk bestempeld. De boom leidt tot intensiever onderhoud ter waarborging van de hydraulische doorstroom.
Maatregel M	M1. In de actualisatie legger voor stedelijk gebied krijgen de waterlopen een beschermingszone toegekend. Deze beschermingszones worden opgenomen in het bestemmingsplan waardoor een vergunningaanvraag verplicht wordt. M2. In samenspraak (gemeenten en waterschap) besluiten welke bomen gekapt worden.
Effect	M1. Voordat planrealisatie in de beschermingszone plaats mag vinden moet de partij een goedgekeurde vergunningaanvraag hebben. Dit verplicht/eist communicatie. M2. Het beheer en onderhoud ondervindt minder hinder van de boomachtige elementen.
Kanttekening	Op de aanvraag van een kapvergunning kunnen burgers zes weken bezwaar aantekenen. In Dukenburg zijn veel natuurliefhebbers en natuurorganisatie (IVN) actief die zeer waarschijnlijk protest gaan aantekenen tegen de kap van (oude) bomen. Daarnaast ontstaan er gaten in de stedelijk landschapsstructuren.
Score	M1. De actualisatie van de legger is noodzakelijk en momenteel al gestart. M2. De verwijdering van bomen bevordert het onderhoud, vermindert de toevoeging van organisch materiaal en de kans op verstoppingen. Maatregel M1. scoort ruim voldoende en M2 voldoende.

Advies knelpunt 22: In de kapvergunning moet zeer duidelijk vermeld worden welke redenen er zijn om de boom te kappen en hoe de kap gecompenseerd gaat worden. Dit met als doel burgers geen bezwaarschriften te laten indienen. Buurtoverleg kan hierbij ook voordelen opleveren.

Asset management duikers	
Knelpunt 23	Alle duikers in Dukenburg en Lindenholt worden wekelijks door de aannemer bezocht en vrijgemaakt van eventueel drijfvuil. Dit is intensief onderhoud maar wel noodzakelijk.
Maatregel N	De desbetreffende aannemer wekelijks laten inventariseren bij welke duikers drijfvuil is verwijderd en een schatting maken van het verwijderde volume.
Effect	Met de data kunnen verbanden gelegd worden tussen de hoeveelheid drijfvuil, de hydraulische functionaliteit en de aanwezigheid van bomen. De resultaten indiceren hoe groot de kans is op verstoppingen, hoe frequent het onderhoud uitgevoerd moet worden en de urgentie van een structurele maatregel.
Kanttekening	De aannemer moet inventarisatiehandelingen verrichten en uiteindelijk daar waar nodig frequenter het gebied bezoeken. Dit is niet conform het bestek.
Score	Het doelmatig onderhoud aan watervoorziening ter uitvoering van de gemeentelijke watertaken kan gerealiseerd worden door planmatig beheer toe te passen. Het vinden van de goede balans tussen risico's (robuustheid), kosten en prestaties (veerkrachtigheid en functionering) is daarbij het uitgangspunt. De maatregel scoort ruim voldoende.

Advies knelpunt 23: Als de verstoppingsgevoelige duikers zijn geïdentificeerd kan tot en met de implementatie van een structurele maatregel sommige duikers frequenter bezocht worden (2x per week). Goed functionerende duikers (zeer kleine kans op verstoppingen) eens per twee of drie weken.

Niet- functionele beschoeiing	
Knelpunt 24	De aanwezigheid van de niet- functionele beschoeiing belemmert het ontstaan van natuurvriendelijke oevers en de bijhorende ecologische ontwikkeling. Daarnaast moeten ecologische kansen benut worden conform de ambitieniveaus.
Maatregel O	Het verwijderen van de niet- functionele beschoeiingen op de locaties waar een gewone tot flauwe natuurvriendelijke oever hoort te zijn volgens het ambitieniveau.
Effect	Na de verwijdering van de beschoeiing ontstaat de natuurvriendelijke oever (vanzelf) door erosie en uitspoeling. Daarnaast worden ecologische ontwikkelingskansen benut, wat een verplichting is vanuit het ambitieniveau 'Natuurlijk', 'Ontdekkend' en 'Kijkend'.
Kanttkening	Door de verwijdering van de niet functionele beschoeiingen treedt er soms erosie op. Benedenstrooms zullen dan de geërodeerde deeltjes sedimenteren. Afhankelijk van de sedimentatieplek en de mate van accumulatie kan dit de hydraulische doorstroom belemmeren.
Score	De maatregel draagt bij aan de ecologische ontwikkeling van de transitiezone tussen het aquatische en terrestrische habitat. Het versterkt de interactie tussen beide habitatten en verbetert de veerkrachtigheid van het watersysteem. De maatregel scoort zeer goed.

Advies knelpunt 24: Het advies is om eerst de zandvangen aan te leggen, welke ook dienst doen als overwinteringsbiotoop (zie knelpunt 7 en 8). Na de verwijdering van de beschoeiing zal het geërodeerde zand sedimenteren in deze zandvangen en uit het systeem worden verwijderd.

Fysisch- chemisch monitoringsprogramma	
Knelpunt 25	Door het beperkt aantal monitoringspunten zijn de fysisch-chemische data niet representatief voor het gehele watersysteem.
Maatregel P	P1. Het monitoringsprogramma uitbreiden en enkele monitoringspunten verplaatsen.
Effect	Door het toevoegen van twee monitoringspunten en het verplaatsen van één monitoringspunt kan een representatiever beeld ontwikkeld worden van de fysisch-chemische waterkwaliteit, de temporale verschuiving en de bijhorende processen. Daarnaast kan onderzocht worden of de langere retentietijd de waterkwaliteit van de westelijke wateren in Lindenholt beïnvloedt, voordat maatregel C gerealiseerd wordt.
Kanttkening	
Score	Het uitbreiden van het monitoringsprogramma brengt jaarlijks terugkerende financiële lasten met zich mee. Het levert data op, die omgezet kunnen worden tot kennis en kansen. Daarnaast kunnen waterkwaliteitsproblemen sneller worden voorzien van efficiënte maatregelen. De maatregel scoort ruim voldoende.

Advies knelpunt 25: De representativiteit van de verworven fysisch-chemische data kan verbeterd worden door twee extra monitoringspunten toe te voegen. De eerste nabij waterlichaam 83b (Lindenholt) en de tweede bij waterlichaam 19 in Dukenburg. Het monitoringspunt stroomafwaarts van stuw Takenhofplein verplaatsen naar waterlichaam 71 (bovenstrooms van stuw).

Ecologische inventarisatie	
Knelpunt 26	De ecologische inventarisaties zijn veelal verouderd en uitgevoerd vóór of tijdens de herinrichtingswerkzaamheden. De ecologische ontwikkelingen na de herinrichting zijn niet gemonitord en dus is het ecologisch succes van de herinrichting nooit vastgesteld.
Maatregel Q	Het actualiseren van de ecologische veldinventarisaties naar: • De rekolonisatie van flora en fauna op natuurvriendelijke oevers • De vis- en amfibieën populatie
Effect	De ecologische ontwikkelingen en het succes van de herinrichting kan vastgesteld worden.
Kanttekening	
Score	Het actualiseren en het periodiek herhalen van ecologische veldinventarisaties kost geld. Het levert data op, die gebruikt kunnen worden om het ecologisch succes van de herinrichting te toetsen en te monitoren. Daarnaast levert het nieuwe kennis op gebiedsniveau. De maatregel scoort ruim voldoende.

Advies knelpunt 26: Naast de actualisatie van de ecologische veldinventarisatie is het raadzaam om dit periodiek (om de 5 jaar) te herhalen. Het periodiek herhalen geeft inzichten in de ecologische ontwikkelingen en de werking van het ecosysteem. Deze kennis kan gebruikt worden om snel ongewenste ecologische ontwikkelingen te detecteren en te voorzien van passende maatregelen.

6.1 Vervolgplan kansrijke maatregel

Korte termijnplan

De kansrijke maatregelen voor het korte termijnplan staan hieronder in de geprioriteerde volgorde opgesomd.

1. Slecht hydraulisch functionerende duikers aanpassen (maatregel B)
2. De duiker Cl.d0147 ontmantelen van het betonnen omhulsel (maatregel D1)
3. Niet- functionele beschoeiing verwijderen (maatregel O)
4. Overwinteringsbiotopen gecombineerd met zandvangen aanleggen (maatregel E)
5. De hoofdwegen van Dukenburg en Lindenholt aankoppelen aan het vuilwaterriool (maatregel K)
6. Predatiedruk van de aalscholver reduceren door houtachtige objecten te introduceren in de grote waterlichamen (maatregel F)
7. Asset management toepassen bij duikers (maatregel N1)
8. De kap van ongewenste bomen (maatregel M2)
9. Verduurzamen van het recreatiebeleid van sportvisser (overmatig en overtollig visvoer) (maatregel H1 en H2)
10. Burgers informeren over de negatieve effecten van het voederen van watervogels (maatregel J1)
11. Reguleren van voederplekken en brood-inzamelbakken plaatsen bij druk bezochte voederplekken (maatregel J1 en J2)
12. Predatiedruk aalscholver reduceren door het stimuleren van macrofyten groei (maatregel F2)

Lange termijnplan

Het lange termijnplan bestaat uit maatregelen die gefaseerd uitgevoerd moeten worden of waarbij de realisatie niet direct noodzakelijk wordt geacht. De maatregel levert op langere termijn wel een belangrijke bijdragen aan het plan- en doelmatige optimaliseren van beide watersysteem. Dit conform de visie. Hierbij wordt de nadruk gelegd op de eerste twee maatregelen.

1. Aanleg van een duurzaam gescheiden rioolstelsel (maatregel L1)
2. Plaatsing van water sturende en debiet afhankelijke constructie (maatregel C)
3. Burgers inzetten voor de indirecte bewaking van het watersysteem (maatregel I)
4. Ecologische migratievoorziening aanleggen (maatregel D2)

Verwerving van nieuwe kennis

1. Het uitbreiden van het fysisch- chemisch monitoringsprogramma (maatregel P)
2. Het actualiseren van de ecologische veldinventarisaties (maatregel Q)
3. De waterkwaliteit onderzoeken van het hemelwaterriool bij wegen met een hoge verkeersintensiteit
4. Stedenbouwkundige visie opstellen

Al in uitvoering of opgenomen in uitvoeringsprogramma

1. Het plaatsen van een geautomatiseerde stuw in Dukenburg (maatregel A2)
2. Beschermingszone toekennen in de actualisatie van de legger (maatregel L2)
3. Renoveren van slecht functionerende rioolstrengen (maatregel M1)

7. Conclusie

Herhaling hoofdvraag: Op welke manier kan de hydraulische, fysisch-chemische en ecologische status van het watersysteem Dukenburg en Lindenholt geoptimaliseerd worden?

De droogleggingsnorm bij een T=2 en T=100 neerslaggebeurtenissen wordt niet overschreden. Het watersysteem is vanuit dit perspectief voldoende robuust en heeft ruim voldoende bergingscapaciteit. Het maximaal afvoerdebiet (1,5 l/s/ha) wordt daarentegen wel overschreden bij een neerslaggebeurtenis van T=2 of groter. Dit komt mede door de continue basisafvoer van kwelwater. Het plaatsen van een kwelscherm om de basisafvoer te minimaliseren is door de Multicriteria analyse als onwenselijk verklaard. Door de statische stuw 'Teersdijk' te vervangen door een geautomatiseerde stuw kan de stedelijke bergingscapaciteit optimaler gebruikt worden om het afvoerdebiet bij een (hevige) neerslag te reduceren.

Er kan geconcludeerd worden dat het watersysteem van Dukenburg veel meer slecht functionerende duikers bevat dan Fokkema & Vermulst (2007) vonden op basis van een gemoduleerde T=1 neerslaggebeurtenis. Vanuit het hydraulisch oogpunt wordt geconcludeerd dat de slecht functionerende duikers gevonden door Fokkema & Vermulst (2007) de grootste hydraulische belemmering hebben. De verdronken en/of te kleine duikers, gevonden in dit onderzoek, belemmeren de hydraulische doorstroom, de evenredige verspreiding van het beschikbare water en het migratiegedrag van organismen. Daarnaast leidt het tot opeenhoping van drijfvuil, frequenter onderhoud, kans op verstoppingen en het stimuleert eutrofiëringsprocessen. Op basis van de Multicriteria analyse kan geconcludeerd worden dat maatregel B 'duiker aanpassen' de meest efficiënte en de hoogst geprioriteerde maatregel is om de hydraulische, fysische en ecologische status te optimaliseren.

Bij alle waterlichamen voldoet één of meerdere kwalitatieve parameter(s) niet aan de MTR-norm. Lokale kwel beïnvloedt de zuurstof, fosfor, stikstof en koperconcentratie zodanig dat de meest oostelijke waterlichamen niet voldoen aan deze normering. Het blokkeren van de lokale kwelstroom is onwenselijk omdat de waterkwaliteit van de Maas langzaam verbetert. Beide stedelijke watersystemen gaan dan kwalitatief gezonder kwel ontvangen. Op basis van deze argumentatie is geconcludeerd dat het efficiënter en duurzamer is om te investeren in het terugdringen van de nutriënten- en metalen belastingen direct uit het stedelijk gebied. De meest urgente en effectieve maatregelen op korte termijn zijn:

- Het aankoppelen van (hoofd)wegen met een hoge verkeersintensiteit op het vuilwaterriool. Op basis van literatuur en de waterkwaliteitsanalyse kan geconcludeerd worden dat dit minimaal de belasting van zink en fosfaat vermindert.
- Het realiseren van zandvangen in combinatie met overwinteringsbiotopen. De grootste verontreinigde fractie uit regenwateruitlaten zit gebonden aan mee-stromende deeltjes. De conclusie kan getrokken worden dat het centraliseren en verwijderen van de deeltjes bijdraagt aan een gezondere water- en bodemkwaliteit.

Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de belasting afkomstig van recreatieve activiteiten (sportvissers en voederen van watervogels) verminderd kan worden door het recreatiebeleid te verduurzamen. De implementatie van maatregel H en J draagt hieraan het meeste bij.

De waterhelderheid is goed bij de kleine wateren maar de waterhelderheid scoort temporaal tot structureel ontoereikend bij de grotere waterlichamen. De kolonisatie en de groei van macrofyten wordt hierdoor belemmerd. Bodem woelende vissen en wind hebben de grootste invloed op de (re)suspensie bij grote waterlichamen. Een mogelijke maatregel is het toepassen van actief biologisch visbeheer. Op basis van de Multicriteria analyse kan geconcludeerd worden dat de maatregel niet voldoende bijdraagt aan de doelen van de intentieverklaring. De maatregel wordt geïnterpreteerd als symptoombestrijding en wordt uitgesloten voor implementatie.

Op basis van de literatuurstudie kan geconcludeerd worden dat de (te) lange duikers het migratiegedrag van organismen beïnvloeden. Daarnaast zijn deze duikers vanuit hydraulisch en maatschappelijk oogpunt niet wenselijk. Uit de Multicriteria analyse blijkt dat deze ondergrondse watergangen niet bijdragen aan de doelen van de intentieverklaring. De maatregel D1 'ontmantelen van duiker' scoort daarom het hoogst mogelijk aantal punten. De maatregel kan direct toegepast worden bij duiker Cl.d0147.

Het visbestand vertoont duidelijk afwijkingen bij waterlichamen die een hoge ijzerconcentratie en/of een hoge predatiedruk van de aalscholver hebben. De hoge ijzerconcentraties zijn een natuurlijk verschijnsel en behoren tot de gebiedskarakteristieken. Daarom is geconcludeerd dat er geen maatregelen getroffen hoeven te worden om de concentratie te verminderen. Het jachtsucces van de aalscholver moet daarentegen wel gereduceerd worden om een natuurlijkere en evenwichtigere visstand te creëren. Het is noodzakelijk om méér schuilhabitaten te realiseren. De Multicriteria analyse bevestigt dat de introductie van houtachtige objecten het meest efficiënte maatregel is.

Alle ambitieniveau's geldend voor Dukenburg en Lindenholt stellen de eis dat ecologische kansen benut moeten worden. Ten behoeve van het ambitieniveau kan geconcludeerd worden dat de verwijdering van de niet- functionele beschoeiingen een vereiste maatregel is die op korte termijn uitgevoerd moet worden in verband met het ambitieniveau. Dit komt doordat de maatregel de ecologische ontplooiing van de transitiezone tussen het aquatische en het terrestrische habitat versterkt.

Watersysteem optimalisatie is een continue proces wat zich in een virtuele cirkel bevindt en gevoed wordt door o.a. nieuwe kennis. Uitgaande van dit principe kan geconcludeerd worden dat het noodzakelijk is om de ecologische veldinventarisatie periodiek te herhalen, het monitorings-programma te vergroten en asset management toe te passen bij duikers.

Slotsom

De meest effectieve oplossing op lange termijn is de aanleg van een duurzaam gescheiden rioolstelsel. Het rioolstelsel in Dukenburg en Lindenholt is veelal verouderd. Concrete stappen voor het structureel verduurzamen van het rioolstelsel is moeilijk door gebrek aan een stedenbouwkundige visie. Zolang de stedenbouwkundige visie uitblijft is het gebruik van renovatietechnieken het uitgangspunt en kan kapitaalvernietiging voorkomen worden. Het 'stadsmodel' biedt een helpende hand voor het maken van integrale afwegingen bij stedenbouwkundige ontwikkelingen.

Literatuurlijst

- Aalbers, F.A.A.R. & C.J. Vermulst. (2009). *Onderzoek wateroverlast Dukenburg te Nijmegen*. KG18, RAP20091223 Wareco ingenieurs.
- Arnold, G., Bos, H., Doef, R., Kielen, N. & Luijn, F. (2011). *Waterhuishouding en waterverdeling in Nederland*. Rijkswaterstaat. Bureau Op Stand, Den Haag.
- Bernstein, J. A., Alexis, N., Barnes, C., Bernstein, I. L., Nel, A., Peden, D., & Williams, P. B. (2004). Health effects of air pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 114(5), 1116-1123.
- Bessembinder, J., Peerdeman, K., Hakvoort, H. & Weeren B.J. (2015). *Van nieuwe klimaatscenario's naar nieuwe neerslagstatistieken voor het waterbeheer*. Stowa nummer: 2015-10a. Amersfoort.
- Boogaard, F.C. & Lemmen, G.B. (2007). *De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater*. STOWA. ISBN 978.90.5773.374.1.
- Collier, K.J., Aldridge, B.M.T.A., Hicks, B.J., Kelly, J., Macdonald, A., Smith, B.J., Tonkin, J., 2009. Ecological values of Hamilton urban streams (North Island, New Zealand): constraints and opportunities for restoration. *New Zealand Journal of Ecology*, 33: 177-189.
- Emmerik, W.A.M. & Peters, J.S. (2009). *Invloed lokvoer waterkwaliteit*. Projectnummer KI2009002. Sportvisserij Nederland. Bilthoven.
- Fokkerma, F.J. & Vermulst C.J.W. (2007). *Watersysteemanalyse Nijmegen*. Referentienummer 11/99016172.Grontmij.
- Folke C, Jansson A, Larsson J & Costanza R. (1997). Ecosystem appropriation by cities. *Ambio*, 26:167–72
- Gaston, K.J. (2010). Urbanisatie. *Urban Ecology*, (2), 10-35.
- Gemeente Nijmegen. (2008). *Waardering herinrichting vijvers Dukenburg & Lindenholt*. Afdeling Onderzoek en Statistiek.
- Gemeente Dalfsen. (2007). Regelgeving en beleid gemeente Dalfsen. Opgehaald van website gemeente Dalsen, op 1 juni 2016. http://www.dalfsen.nl/BestuurOrganisatieGemeenteDalfsen/RegelgevingEnBeleidGemeenteDalfsen.htm?regulationIdentifier=11640_1
- Grimm N.B., Grove, M.J., Pickett, T.A. & Redman C.L. (2000). Integrated approaches to long term studies of urban ecological systems. *Bioscience*, 50:571–84
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760.

- Guchste, C, van de., Beek, M., Tuinstra, J. & Rossenberg van M. *Normen voor het waterbeheer*. Vierde Nota Waterhuishouding.
- Haas, P. de, Pooter de, E. & Ruigrok, T. (2012). *Samen door een buis*. Waterschap Rivierenland, Tiel.
- Harremoës, P. (1998). Upgrading our inherited urban water systems. *Water science and technology*, 37(9), 1-8.
- Hermus, M.A. & Weperen M. van. (2007). *Effecten van kwel en afstromend hemelwater op de waterkwaliteit van stedelijke watersystemen*. Bachelor verslagen Milieu-Natuurwetenschappen nr. 29.
- Hermesen, A., Meassen, M., Pauw Kraan v.d, E. & Hendriks, J. (2011). *Veldstudie naar belasting diffuse bronnen op stedelijke oppervlaktewater*. Vakbald H₂O.
- Helpdeskwater. (n.d.). *Waterkwaliteit*. Opgehaald van website Helpdeskwater, op 4 april 2016. <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-en-ruimte/waterkwantiteit/>.
- Hoogheemraadschap van Rijnland. (2011). *Beleids- en Algemene Regels Kunstwerken*. versie 3.0, corsanummer 11.33228. Opgehaald van website Waternet, op 5 april 2016. https://www.waternet.nl/media/520267/beleidsregel_07_kunstwerken.pdf.
- Hoorweg, M.K. (2014). *Visserijkundig Onderzoek Visvijver te Zwartemeer*. Sportvisserij Nederland. Bilthoven in opdracht van HSV t Baarsje.
- Ietswaart, Th. & Breure, A.M. (2000). *Een indicatorsysteem voor natuurlijke zuivering in oppervlaktewater*. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu. Rapport 607605001. Bilthoven.
- Jasper, C.J. & Graaf de, M. (2000). *Eco-scan Nijmegen*. Inventarisatie biologische kwaliteit stadswateren.
- Kampa, M. & Castanas, E. (2008). Human health effects of air pollution. *Environmental pollution*, 151(2), 362-367.
- Ketelaar, H. (2014). *Monitoringsresultaat fysische chemische data gemeente Nijmegen*. Waterschap Rivierenland. Tiel.
- KNMI. (2016). *Klimatologie. Dag gegevens van het weer in Nederland*. Opgehaald van website Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut , op 29 maart 2016. <http://projects.knmi.nl/klimatologie/daggegevens/selectie.cgi>.
- Kragt, F.J., Gaalen, van, F.W., Cleij, P. & Ligtvoet, W. (2006) *Audit Waterbeleid 21 eeuw*. Milieu en Natuur Planbureau. MNP Rapport 555060002/2006.

- Krajenbrink & Bouma. (2014). *Tijdreeksanalyse Dukenburg Nijmegen*. Wareco Ingenieurs.
- Lundin, M., & Morrison, G. M. (2002). A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. *Urban water*, 4(2), 145-152.
- Maessen. M. & Kruiningen van. M. (2014). *Kennis over kroos*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. ISBN. 978.90.5773.654.4Kruyt Grafisch Adviesbureau.
- McKinstry, M.C., Hubert, W.A. & Anderson S.H. (2004). *Wetland and Riparian Areas of the Intermountain West*. Hoofdstuk 9. Components, Processes, and Design of Created Palustrine Wetlands pp. 185-225.
- Minnaard, J., Bellert, B., Balen-Peeters, C. van & Oudendammer, T. den. (2013). *Eindrapportage Zwerfafval in en rondom water*. projectnr. 261636/262561. Oranjewoud.
- Nolf, C., Putseys, I., De Meulder, B., Shannon, K., Willems, P., & Devisch, O. (2012). Ruimte voor water in de stad: naar een meer geïntegreerde steden-en waterbouwkundige benadering. *WT-afvalwater*, (1), 3-15.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). *Streams in the urban landscape*. Annual Review of Ecology and Systematics, 333-365.
- Peerdeman, C.P. & Eugelink, A.H. (1998). *Verkenndend kwelonderzoek Nijmegen-West*. Adviesgroep water en ruimtelijke ordening, Deventer.
- Phippen, B., Horvath, C., Nordin, R. & Nagpal., N. (2008). *Ambient Water Quality Guidelines For Iron*. Ministry of Environment Province of British Columbia.
- Postel, S., & Carpenter, S. (1997). Freshwater ecosystem services. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*, 195.
- Prudon, B. (2004). *Stadswateren Nijmegen*. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Riermersam, B. (2004 a). *Visstand bemonstering Nijmegen*. Najaar 2003. Grontmij.
- Riermersam, B. (2004 b). *Visstand bemonstering Nijmegen*. Voorjaar 2004. Grontmij.
- Riolering, O. W. (2009). *Module riolering voor het HBO*. Stichting Rioned
- Roodenberg, H. (2009). *Stadswandeling Nijmegen aan het water*. Stichting Noviomagus. Digital versie: <http://www.noviomagus.nl/Stadswandeling/Water/Cat/WaterCat.html>.
- Ruigrok, T., Gorter, D. & Merks, H. (2015). *Koers houden, kansen benutten*. Waterbeheerprogramma 2016-2021. Waterschap Rivierenland.

- Schilling, E. (2013). *Rioolvreemd water Dukenburg*. Onderzoek naar herkomst. Gemeente Nijmegen.
- Slijkerman, D & Bos, R. (2015). *Effect van afstromend regenwater op het watersysteem in de Wieringermeer*. Opgehaald van website Vakblad H₂O, op <http://vakbladh2o.nijgh.nl/algemeen/pdf/h2o/20071102101202.pdf>.
- Sportvisserij Nederland. (2008). *Aalscholverproblematiek Europese aanpak*. Opgehaald van website Sportvisserij Nederland, op 3 maart 2016. <http://www.sportvisserij nederland.nl/actueel/nieuws/10842/aalscholverproblematiek-europese-aanpak.html>.
- Sportvisserij Nederland. (2015a). *Waterschap en vissen*. Sportvisserij Nederland. Bilthoven.
- Spikmans, F. (2006). *Inrichting en beheer van Nijmeegse stadswateren voor vissen en amfibieën*. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Profielen Vogels. (2008). *Aalscholver A017*. Versie 1. Opgehaald van website Alterra, op 3 maart 2016. http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/vogels/profiel_vogel_A017.pdf.
- Quinn, J. (2000). Effects of pastoral development. In K. Collier, & M. Winterbourn, *New Zealand stream invertebrates* (pp. 208- 229). Hamilton: National Institute of Water and Atmospheric Research.
- Tauw. (2001). *Waterplan Nijmegen*. Drukkerij Mac Donald Nijmegen bv. Opgehaald van website Gemeente Nijmegen, op 14 november. http://www2.nijmegen.nl/content/539237/waterplan_nijmegen.
- Tenissen, R. & Vermij, P.H.M. (2003). Korte beschrijving van een aantal diffuse bronnen. Factsheets diffuse bronnen. Rapportnummer: 2003.217X. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
- Verhoeven, T. van, Janson, A., Reijnierse, M., Groenhuijzen, P., Hauw van der, K. & Grond, V. (2009). *Ruimtelijk Kader Water Nijmegen*. Werkgroep, Gemeente Nijmegen, Waterschap Rivierland, Grontmij en GrondRR.
- Verhoeven, T. van. (2016, april 12 dinsdag). *Calimiteiten bij lange duikers in Dukenburg en Lindenholt*. (Wit. M. de, interviewer).
- Vermonden, K., Leuven, R. S., van der Velde, G., van Katwijk, M. M., Roelofs, J. G., & Hendriks, A. J. (2009a). Urban drainage systems: An undervalued habitat for aquatic macroinvertebrates. *Biological Conservation*, 142(5), 1105-1115.
- Vermonden, K., Hermus, M. A., van Weperen, M., Leuven, R. S., van der Velde, G., Smolders, A. J. & Hendriks, A. J. (2009b). Does upward seepage of river water and storm water runoff

- determine water quality of urban drainage systems in lowland areas? A case study for the Rhine–Meuse delta. *Hydrological processes*, 23(21), 3110-3120.
- Vermonden, K., 2010. *Key factors for biodiversity of urban water systems*. PhD-thesis, Radboud University, Nijmegen.
- Vermonden, K & Leuven R. (2015). *Ecosystem-based urban water management in Nijmegen and Arnhem*. Opgehaald van website, Radboud University, op 25 november 2015.
- Vught, A.C. v. & Witjes, Th. G. J. (2005). *Analyse grondwatersysteem*. Witteveen + Bos. Projectcode NM116-1.
- Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan, R. P. (2005) The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 706-723.
- Waterforum. (2009). *Sportvissers helpen bij bewaken waterkwaliteit in Limburg*. Opgehaald van website, Waterforum, op 26 april 2016. sportvissers-helpen-bij-bewaken-waterkwaliteit-in-limburg
- Waterschap Rivierenland (2015b). *Waterhuishoudkundige eisen Waterschap Rivierenland*. Documentnummer, b_NL.IMRO.0523.EPDBZ2012-VG01_bd4.
- Wevers, M., Vanhoof, C., Goetelen, L., Gluyts, A., Poelmans, E., Wouters, W., Wit, J. & Tirze, K. (2012). *Bepaling van totaal stikstofgehalte in afvalwater*. VITO NV. Mol.
- Wijnen, M. (2016). *Mark's weerstation Nijmegen*. Opgehaald van website Mark's weerstation, op <http://home.kpn.nl/markenlonka/>

Bijlage 1. Wettelijk kader en beleidskader

De Nederlandse gemeentes hebben wettelijk vastgestelde watertaken. De watertaken dienen als beschermingsmiddel voor de volksgezondheid, het milieu en een leefbare omgeving. De gemeentelijke watertaken zijn gericht op drie waterstromingen: stedelijk afvalwater, afvloeiend hemelwater en grondgrond. De watertaak stedelijk afvalwater is verankerd in de Wet milieubeheer (Wb) en de overige twee zijn verankert in de Waterwet. Naast de watertaken heeft de gemeente per planperiode de verplichting (artikel 4.22 Wb) om een door de gemeenraad goedgekeurde gemeentelijk rioolplan (GRP) te hebben. Het GRP omschrijft de status van het rioolstelsel en bijhorende voorziening. Daarnaast wordt in het GRP de activiteiten voor de komende planperiode toegelicht.

- De gemeentelijke zorgplicht voor stedelijk afvalwater omvat het doelmatig inzamelen en transporteren van stedelijk afvalwater. Stedelijk afvalwater omvat al het huishoudelijk afvalwater of een mengsel daarvan met bedrijfsafvalwater, hemelwater en grondwater. Na inzameling wordt het afvalwater via een vuilwaterriool getransporteerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Het waterschap is verantwoordelijk voor de zuiveringszorgplicht. Artikel 10.33 Wet milieubeheer.
- De gemeentelijke zorgplicht voor afvloeiend hemelwater bestaat uit het inzamelen en verwerken van afstromend hemelwater in openbare ruimtes. De wijze van verwerking is niet vastgesteld. De gemeentelijke zorgplicht op particulier terrein treedt in werking zodra de eigenaar redelijkerwijs zich niet kan ontdoen van het hemelwater. De zorgplicht omvat enkel het aanbieden van een afvoervoorziening in openbare ruimtes. Artikel 3.5 Waterwet.
- De zorgplicht grondwater, artikel 3.7 van de Waterwet bestaat uit de inspanning waarbij de bestemming van de grond structureel belemmert moet worden door grondwateroverlast. Wanneer maatregelen uitsluitend getroffen kunnen worden in openbare ruimte treedt de grondwatertaak in werking. Als structurele grondwateroverlast wordt ervaren door particulieren dan ligt de primaire verantwoordelijkheid voor de verwerking van overtollig grondwater bij de perceeleigenaar.

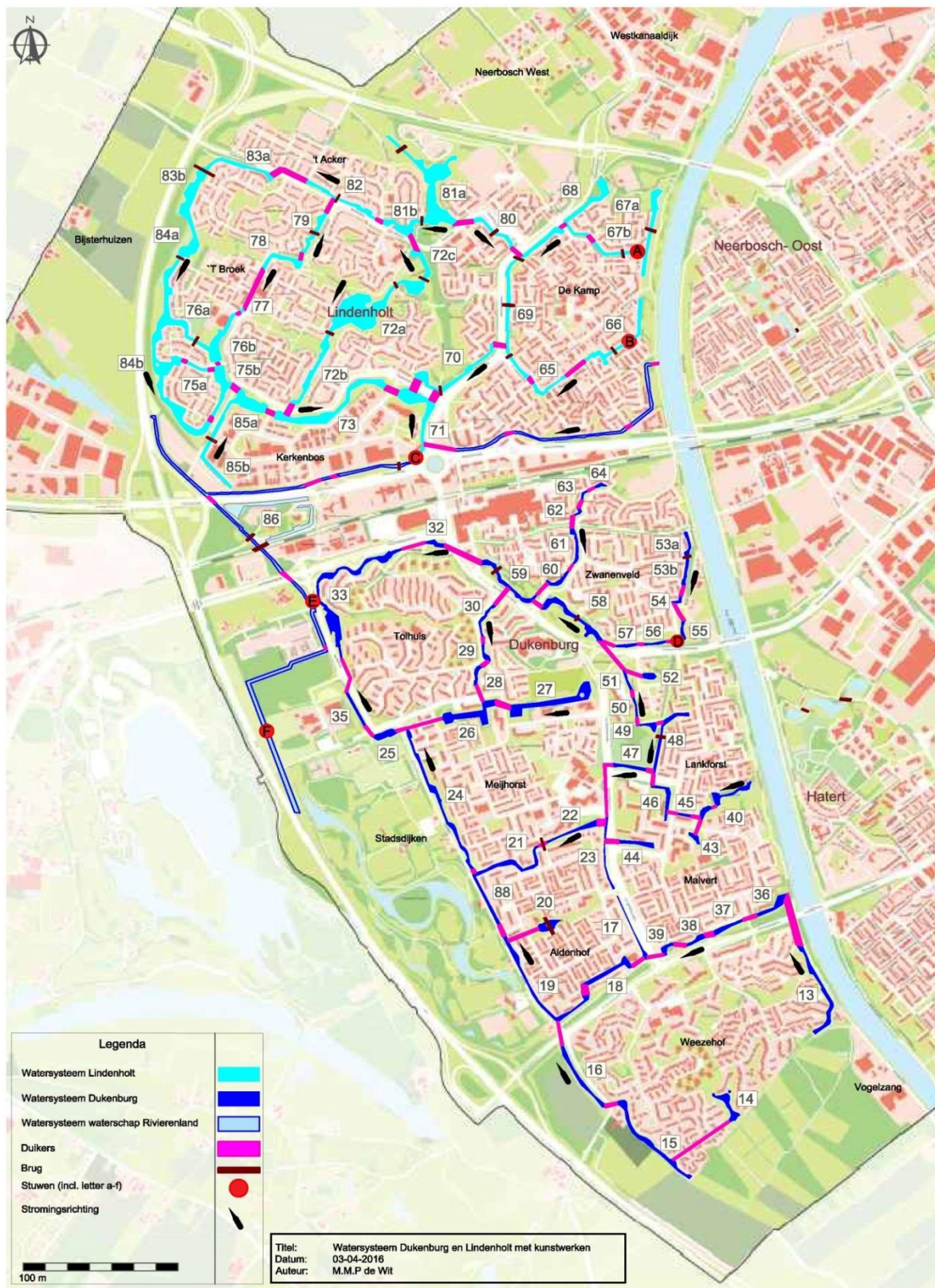
Water – beleidsplannen

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) toont Europese beleidsregels en doelstelling voor het behalen van een goede chemische en ecologische waterkwaliteit in oppervlaktewaterenlichamen en in het grondwater. In het Besluit Kwaliteit Monitoring en Water (BKMW;2009) zijn landelijk regels vastgelegd ter uitvoering van de milieudoelstelling van de kaderrichtlijnwater. Het stedelijke watersysteem van Dukenburg en Lindenholt vallen binnen de KRW regeling onder de categorie overige water. De overige wateren, voor zover het geen oppervlaktewaterlichaam is (>50 ha) of een achterliggend gebied bevat van minimaal 10 km² wordt gestreefd naar een biologisch gezond watersysteem in 2027. De ondersteunde parameters zijn de MTR-normen en voor de ecologie STOWA klasse drie.

Het Nationaal Waterplan (NWP 2016-2021) is de opvolger van de Vierde Nota Waterhuishouding. In het NWP wordt op nationaalniveau beleidskader en strategie vastgelegd voor water en bijhorende ruimtelijke aspecten/structuren. Het beleid heeft een sterke KRW doelstelling. Het NWP dient als

kader voor de regionale waterplannen. Het Waterplan Gelderland (WP 2016-2021) toont de provinciale doelen voor waterbeheer, de maatregelen die daarvoor nodig zijn en wie deze gaat uitvoeren. Waterschap Rivierenland heeft het waterbeheerprogramma (WBP 2016-2021) opgesteld. Het plan legt de focus op waterbeheer en de bijhorende watertaken van het waterschap in het hele rivierengebied. Het WBP 2016-2021 focust op waterkwaliteit, waterkwaliteit, waterkering, waterketen en klimaatadaptatie. De doelstelling vereisen een intensieve samenwerking tussen waterschap en gemeente om samen een duurzaam, veerkrachtig, robuust watersysteem en waterketen te realiseren.

Bijlage 2. Watersysteem van Dukenburg en Lindenholt met kunstwerken



Figuur 23: Het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt met bijhorende kunstwerken en stromingsrichtingen.

Bijlage 3. Onderhoudsplichtigen

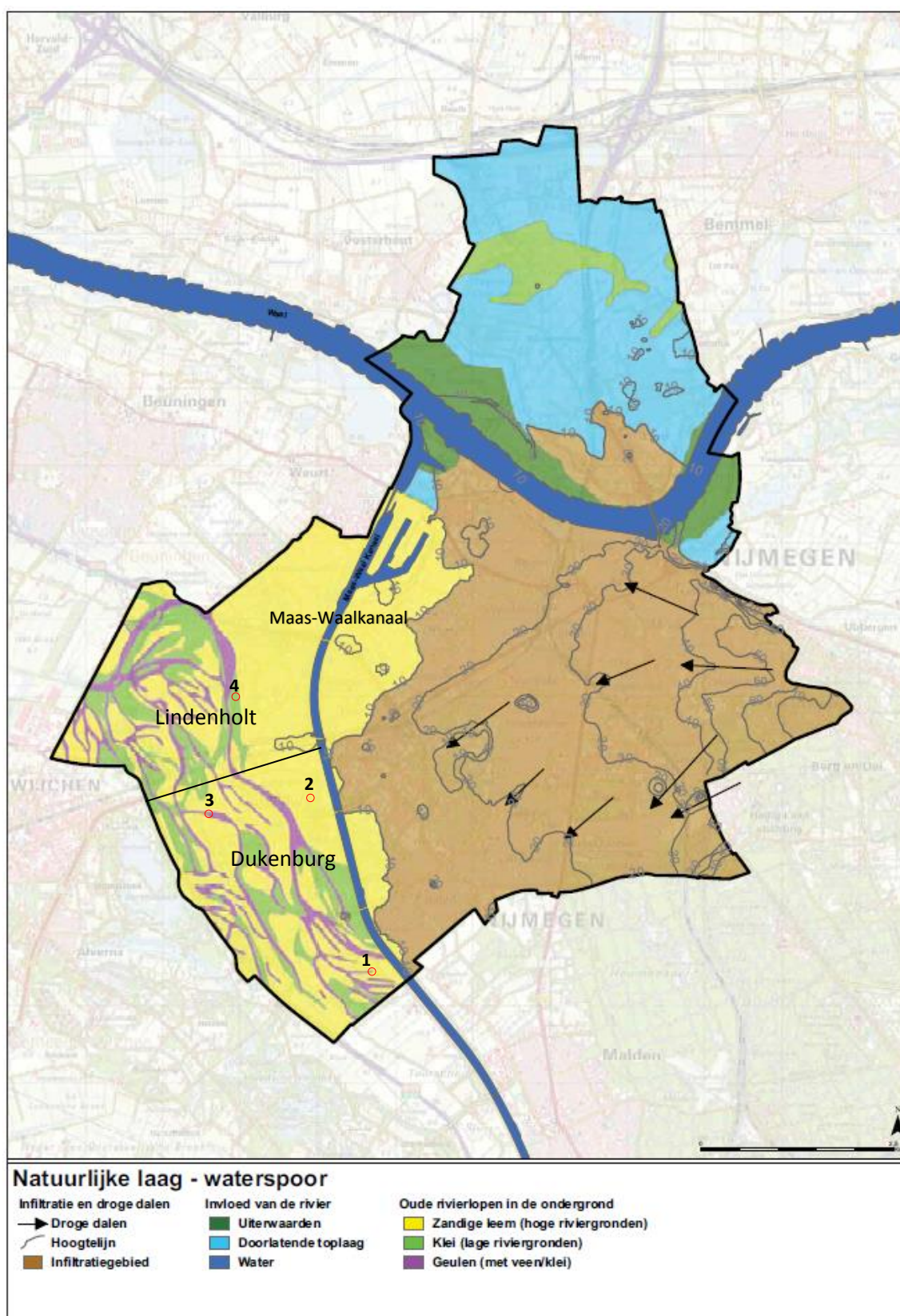
De gemeente Nijmegen en Waterschap Rivierenland hebben in 2006 concrete afspraken gemaakt over wie welke waterelementen onderhoudt in de watersystemen ten Zuiden van de Waal. Hieronder valt ook het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt. De onderhoudsplichtige per waterelement wordt hieronder toegelicht.

Tabel 12: De onderhoudsplichtige per waterelement. De tabel is een beknopte samenvatting van de Overeenkomst Overdracht Stedelijk Water.

Elementen	Gemeente Nijmegen Onderhoudstaken	Waterschap Rivierenland onderhoudstaken
Vijvers	- Overhangende takken die hinderlijk zijn tijdens maaien verwijderen of snoeien - Afvoeren van het zwerfvuil	1 tot 2x per jaar vijver uitmaaien en maaisel verwijderen - Verwijderen van zwerfvuil uit het oppervlaktewater - Baggeren (grootschalig onderhoud)
Poelen, parkvijver en overstort vijvers	Voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig.	Geen onderhoudsplicht
A watergang	Geen onderhoudsplicht	Voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig.
B watergang	Afvoeren van maaisel en zwerfvuil indien onderhoud pad eigendom is	1 tot 2 per jaar uitmaaien en zwerfvuil verwijderen - Afvoeren van maaisel en zwerfvuil indien onderhoud pad eigendom is
C watergang	Voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig en/of aangrenzende eigenaren	Geen onderhoudsplicht
Natuurvriendelijke oever	Maaien van berm vanaf 1,5 meter van de heersende waterlijn. In de praktijk maait de gemeente de gehele oever en verreken dit met het waterschap	Maaien van oevervegetatiestrook tot 1,5 meter van de heersende waterlijn
Beschoeide oevers met extensief beheer	Geen onderhoudsplicht	- Onderhoudsplichtig van insteek tot insteek 1 tot 2 keer per jaar maaien van talud en ruigtestrook
Beschoeide oevers met intensief beheer	Geen onderhoudsplicht	- Onderhoudsplichtig van insteek tot insteek - Het (gazon)talud maaien en voorkomen van ruigte ontwikkeling
Beschoeide berm met beplanting	Voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig.	Geen onderhoudsplicht

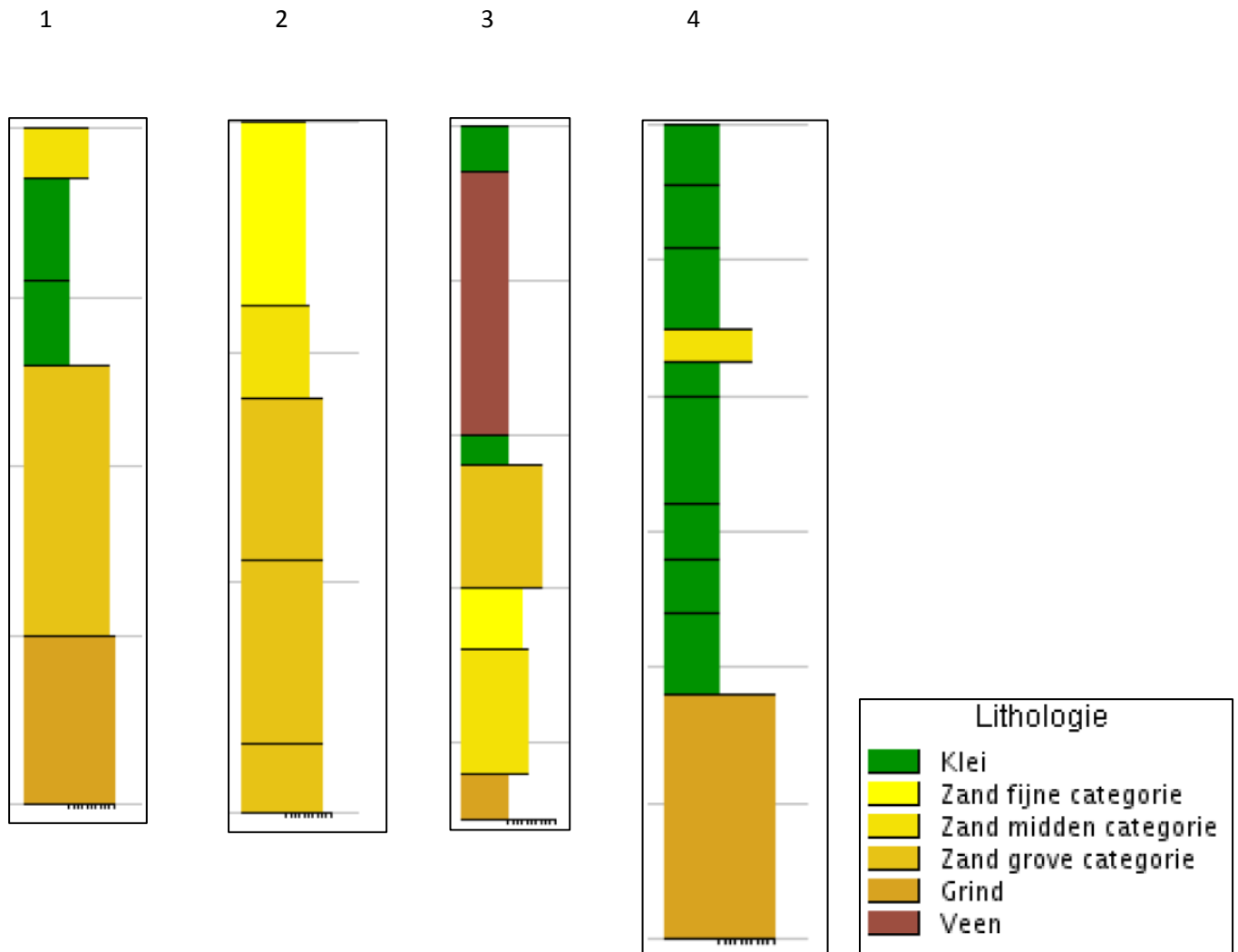
Beschoeiingen	• Voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig. •	• Geen onderhoudsplicht
Schouw- en onderhoudspaden	• Indien de gemeente het pad in eigendom heeft is het onderhoudsplicht (maaïen, snoeien en maaisel opruimen)	• Indien het waterschap het pad in eigendom heeft is het onderhoudsplicht (maaïen, snoeien en maaisel opruimen)
Duikers	• Onderhoud van de constructie van de duiker	• Het inwendig schoonhouden. Drijfvuil wekelijks verwijderen
Kunstwerken	• Indien het niet peilregulerende kunstwerken, zijn (kademuren, steigers vlonders etc.) is de gemeente voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig	• Indien het peilregulerende kunstwerken zijn (stuwen, inlaten en gemalen) is het waterschap voor alle onderhoudstaken onderhoudsplichtig

Bijlage 4.a Geologische bouw van Nijmegen



Figuur 24: De natuurlijke deklagen van Nijmegen. Westelijk van het Maas-Waalkanaal liggen de staddelen Dukenburg en Lindenholt. De rode stip en het bijhorend cijfer is gelinkt aan de verticale bodemprofiel in bijlage 4.b. (Verhoeven et al., 2009).

Bijlage 4.b Geologische bouw van Nijmegen

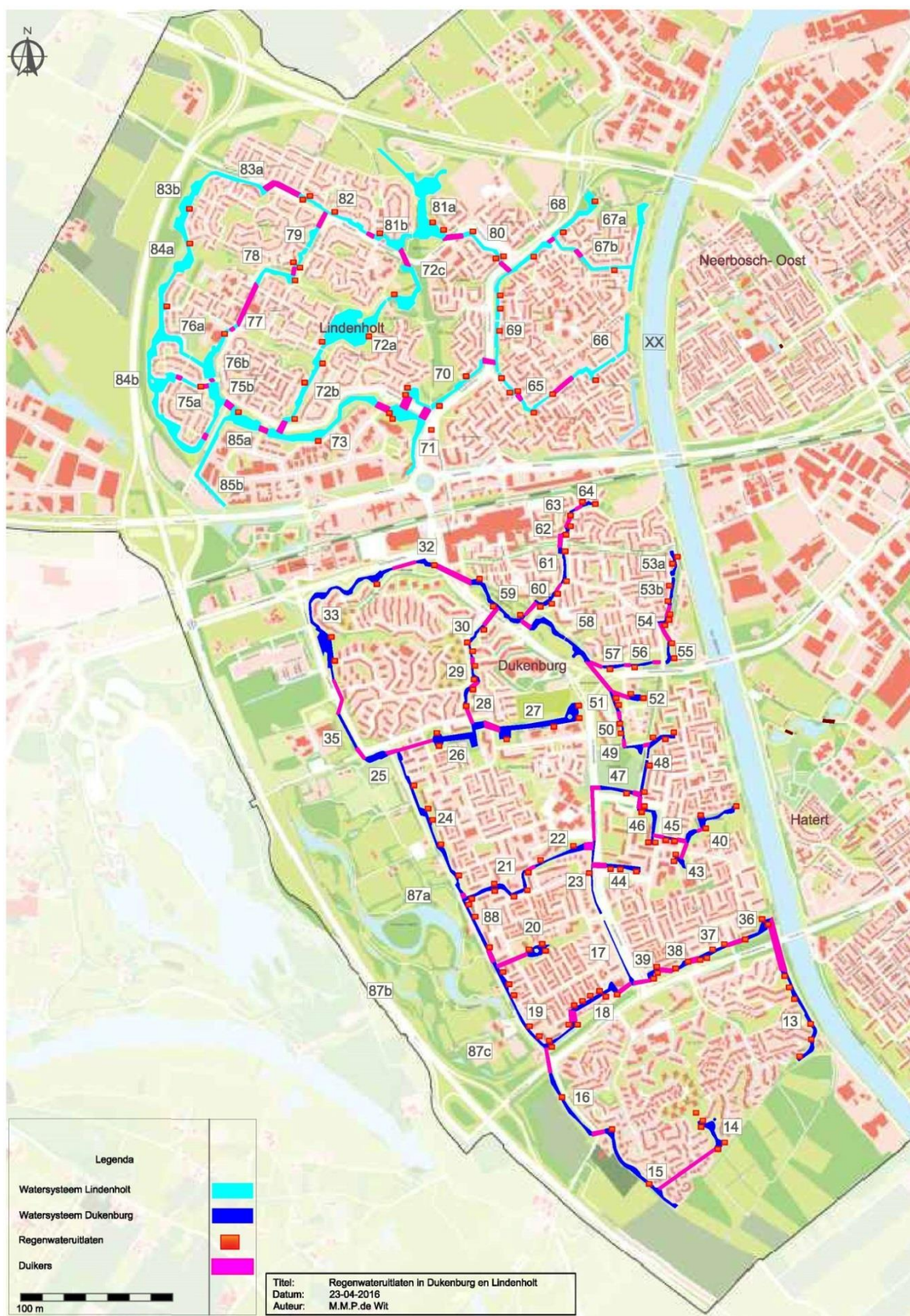


Figuur 25: De afwisselende bodemopbouw in Dukenburg en Lindenholt is voornamelijk veroorzaakt door de rivierdynamiek (profiel 1, 3 en 4). De uitwaai van de stuwwal kent een homogeen profiel (profiel 2). De diepte van de bodemlaag is te herleiden aan de verticale grijsgekleurde strepen. De afstand tussen de strepen bedraagt 1 meter. Alle profielen hebben het maaiveld als absolute nulpunt, profiel 1,2 en 3 hebben een maximale diepte van drie meter en profiel 4 van zes meter. De water scheidende lagen zijn groengekleurd. (Dinoloket n.d.)

Referentie

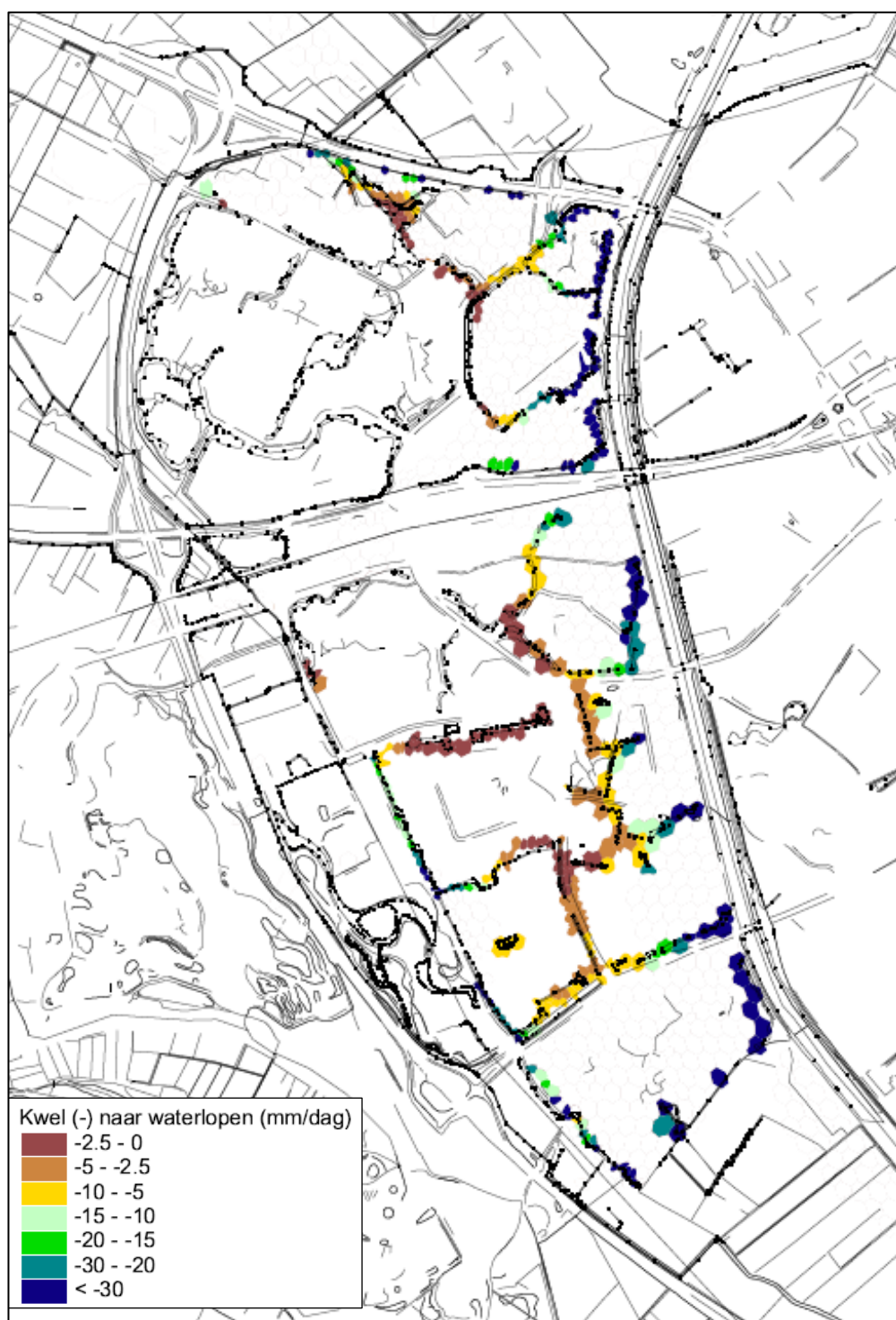
Dinoloket (n.b.). *Viewer Ondergrondsgegevens*. Opgehaald van website Dinoloket, op 24 februari 2016. <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>

Bijlage 5. Regenwateruitlaten

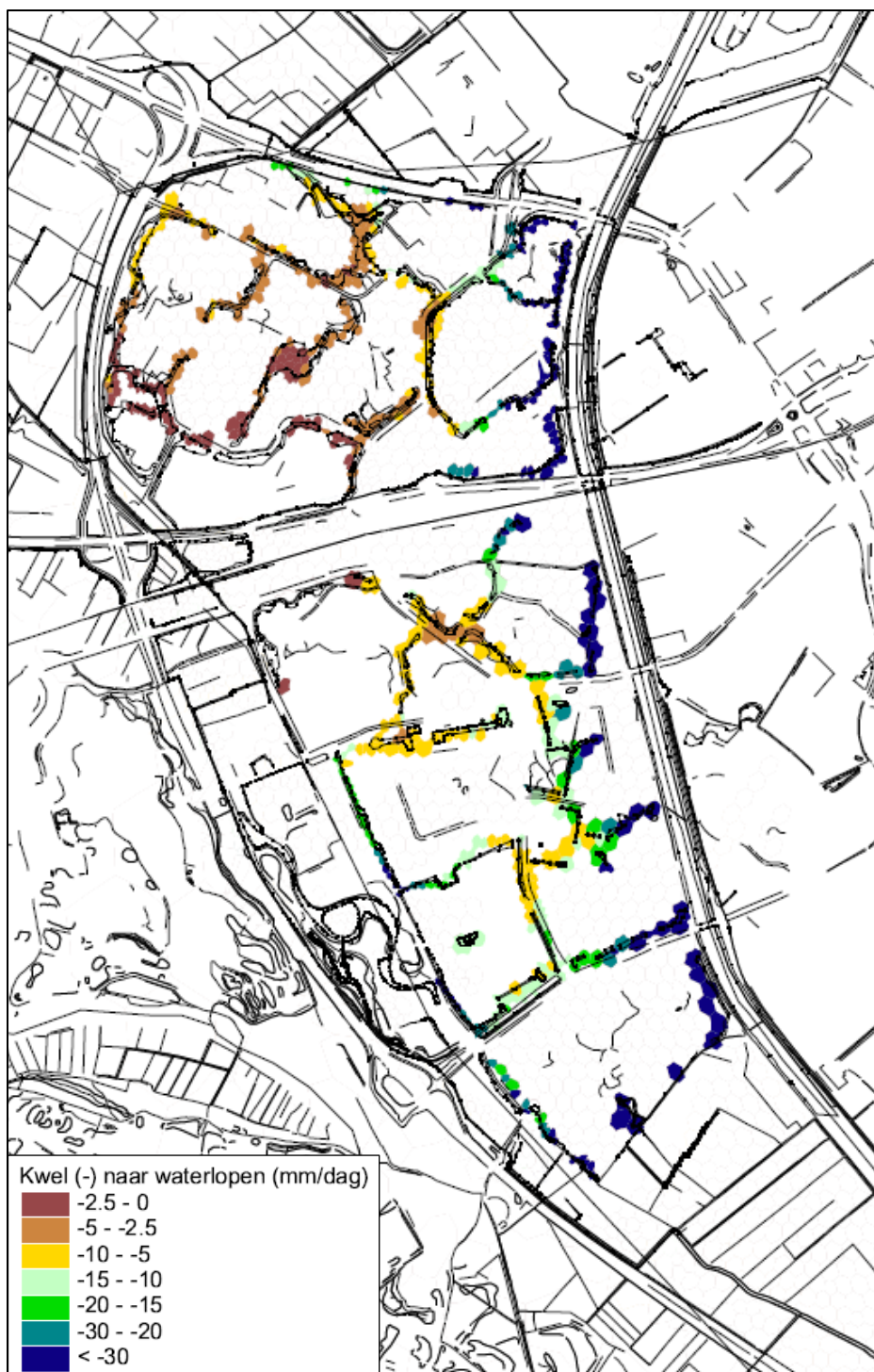


Figuur 26: De regenwateruitlaten van Dukenburg en Lindenholt.

Bijlage 6. Kwelintensiteit zomer- en winter

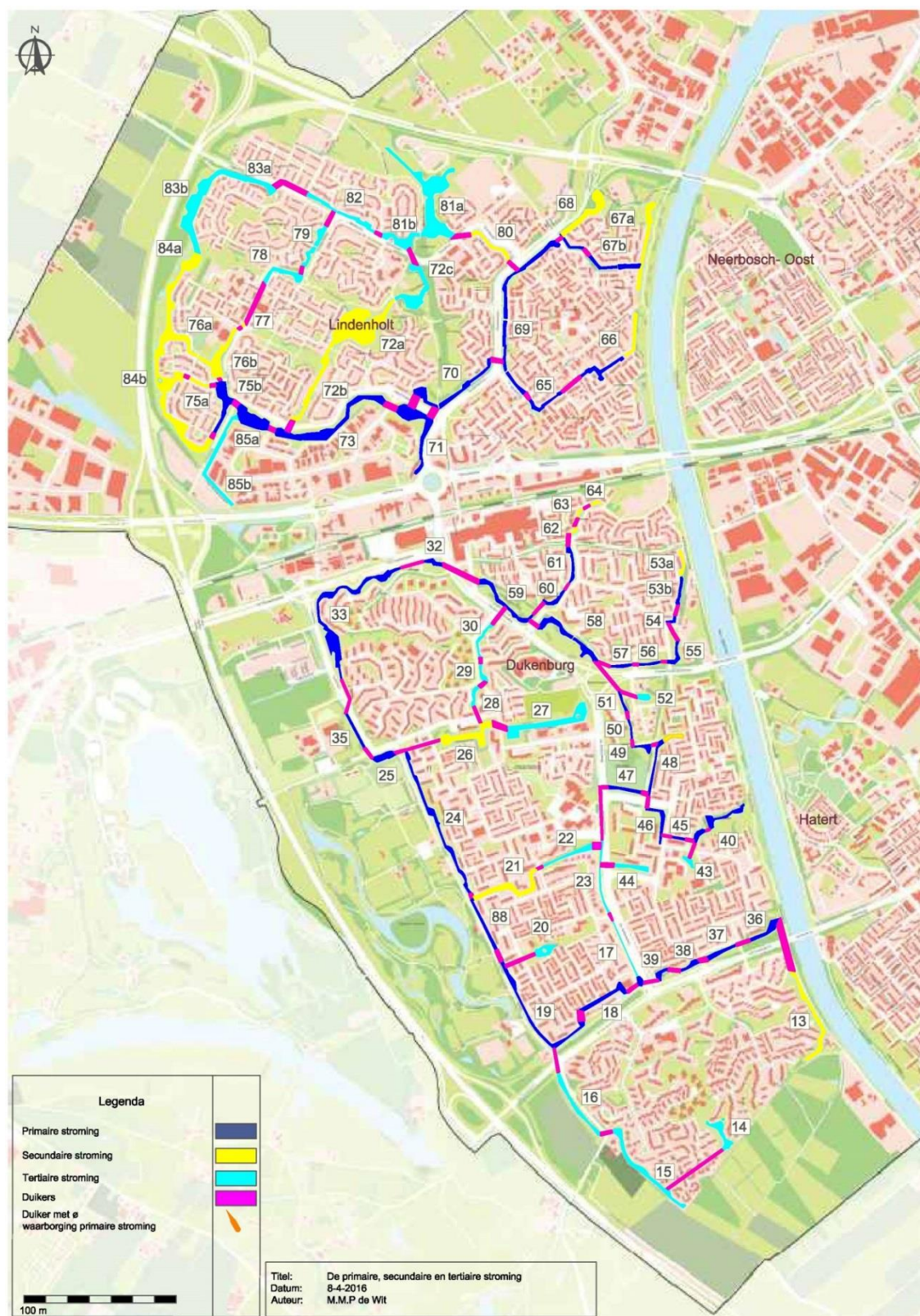


Figuur 27: Gemoduleerde zomer kwelintensiteit (Vught&Witjes, 2005)



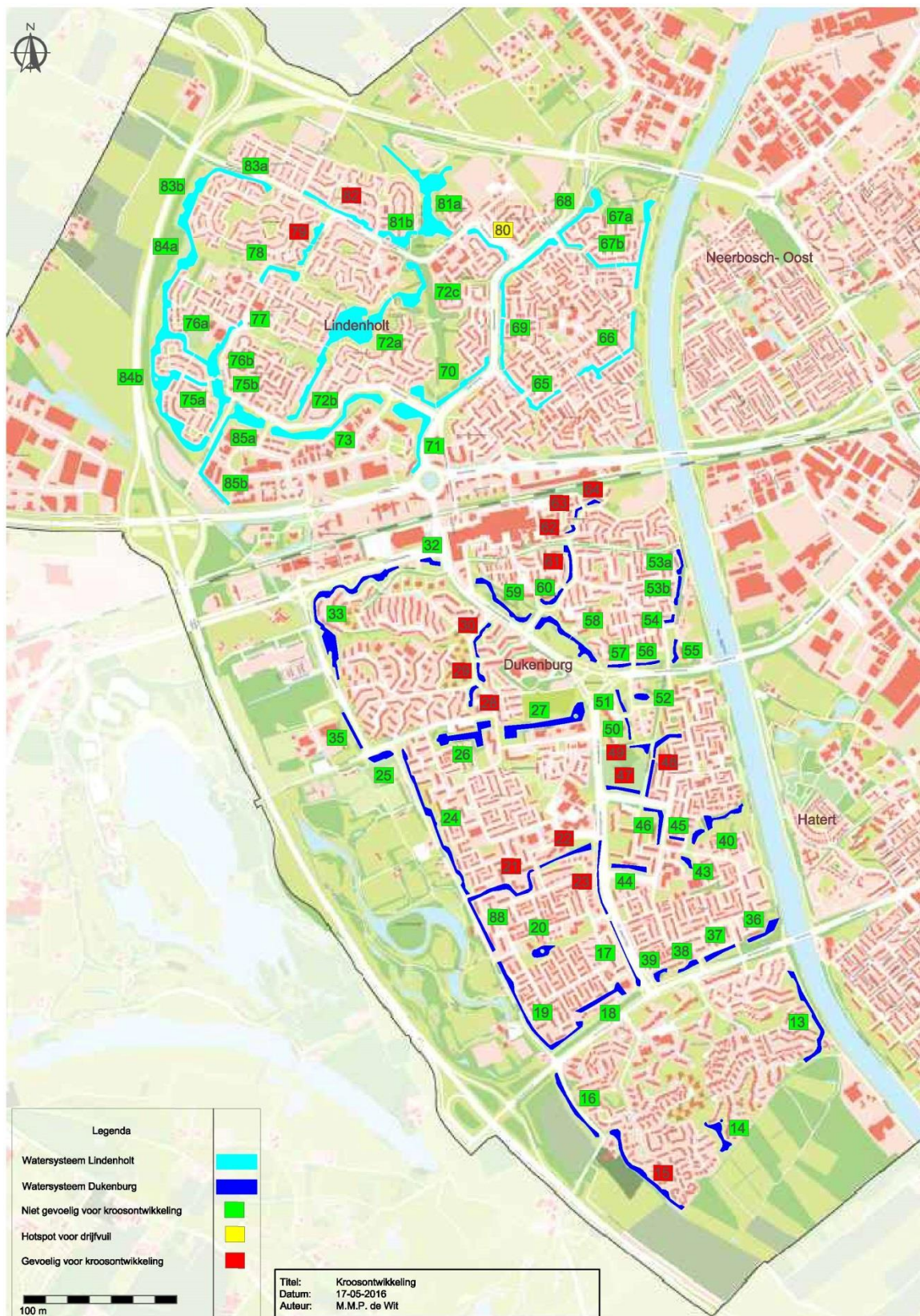
Figuur 28: Gemoduleerde winter kwelintensiteit (Vught&Witjes,2005).

Bijlage 7. Primaire, secundaire en tertiaire doorstroming



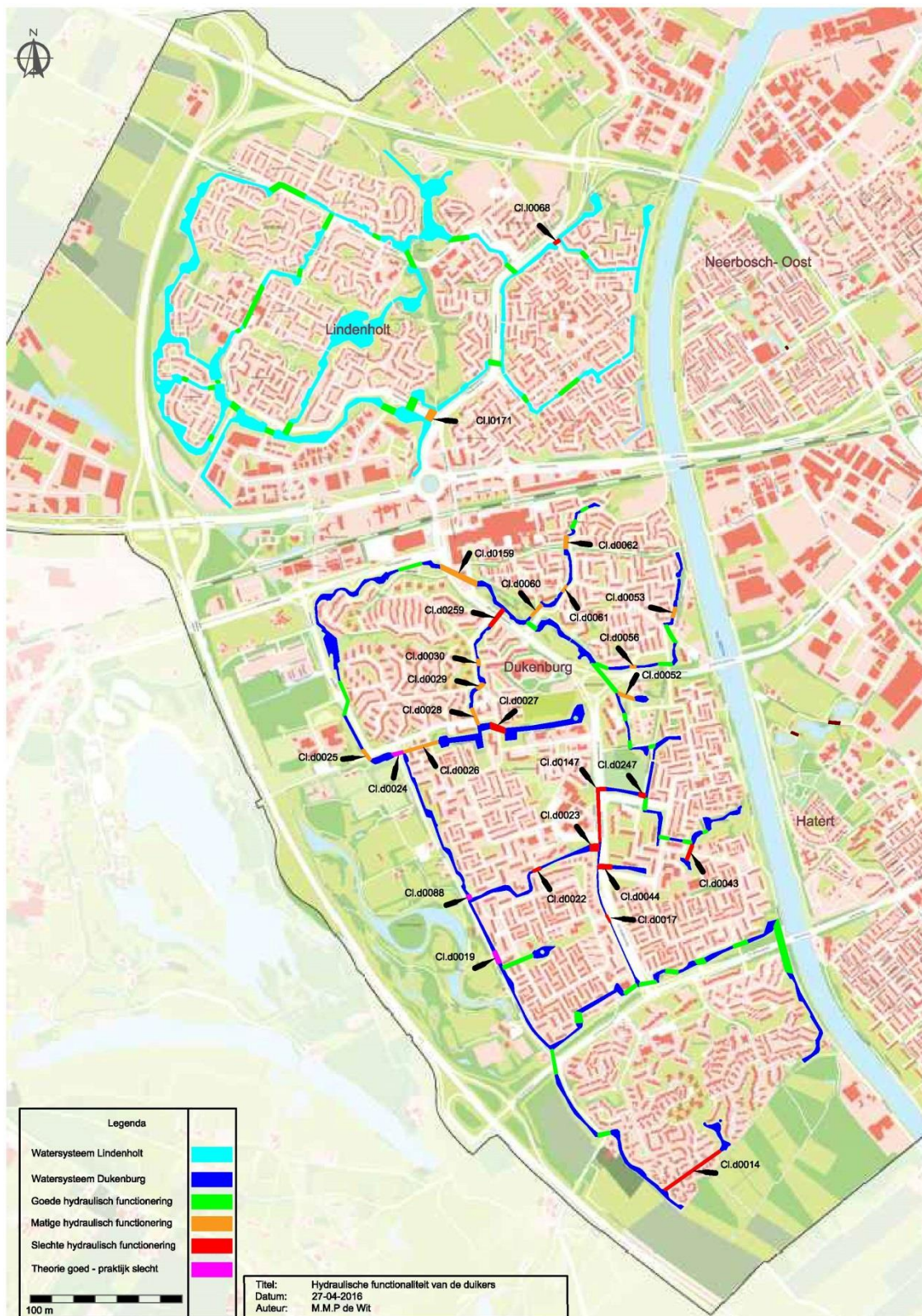
Figuur 29: De waterenlichamen met een primaire (donker blauw), secundaire (geel) en tertiaire (licht blauw) doorstroming.

Bijlage 8. Kroosgevoelige vijvers



Figuur 30: De wateren die gevoelig zijn voor kroosontwikkeling zijn rood gemarkeerd. Geel is hotspot voor drijfvuil.

Bijlage 9. De hydraulische functionaliteit van duikers



Figuur 31: De hydraulische functionaliteit van de duikers in het watersysteem van Dukenburg en Lindenholt. De duikers zijn verdrongen of gevoelig hiervoor en/of hebben een te kleine binnen diameter (600 of 800 mm). De aanvullende specificatie zijn getoond in tabel 13.

Tabel 13: De niet optimaal functioneerde duikers met bijhorende specificaties. De watervrijruimte is berekend t.o.v. van het streefpeil en t.o.v. de verwachte verhanglijn. De duikercode correleert met de codering in figuur 13. Daarnaast zijn sommige duikercodes voorzien van een kleurmarkering. Dit betekent dat de maatregelen het best tot hun rechten komen als de maatregelen gelijktijdig worden geïmplementeerd. Daarnaast zijn de maatregelen geprioriteerd op basis van implementatie volgorde. Prioriteit 1: acute 2: korte termijn 3: middellange termijn 4: lange termijn en 5: niet noodzakelijk.

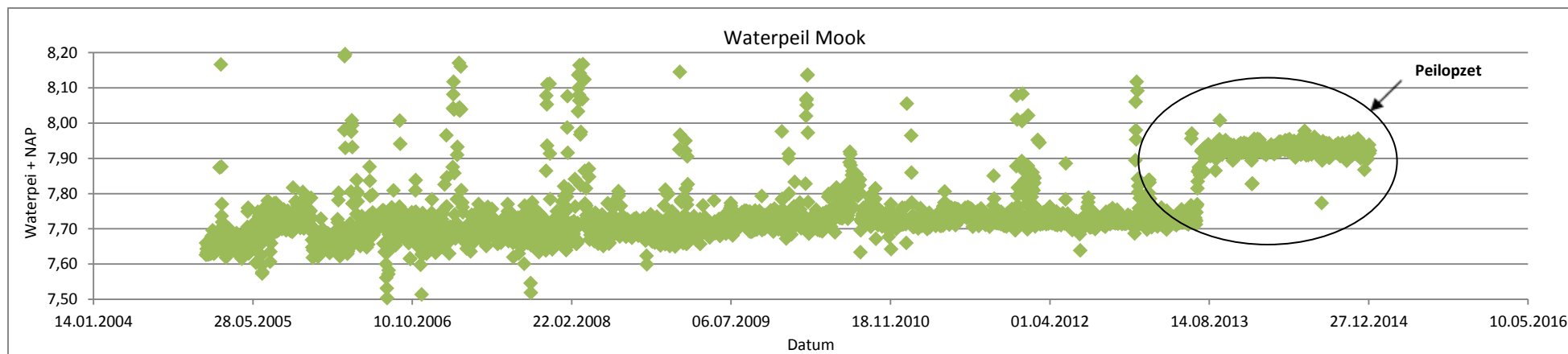
Duiker code	Diameter/ hoogte (mm)	Binnen bovenkant buis (m + NAP)	Streefpeil (m + NAP)	Peil met verhanglijn geschat (m+ NAP)	Watervrijruimte		Verdronken of gevoelig hiervoor	Beoordeling diameter t.o.v. locatie	Waarborgt primaire doorstroom	Maatregel
					t.o.v. streefpeil (cm)	t.o.v. peil met verhanglijn (cm)				
Dukenburg										
Cl.d0014	800	6,30	6,20	6,30 tot 6,35	+10	-0 tot -5	Ja	Onvoldoende	Nee	Geen kosten efficiënte maatregel(en) mogelijk i.v.m. de ligging. (prioriteit 5).
Cl.d0017	500	6,30	6,20	6,30 tot 6,40	+10	0 tot -10	Ja	Onvoldoende	Indirect	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar ø 800 mm en te verhogen. (Meer watersturen richting waterlichaam 17 i.p.v. 18). (prioriteit 2).
CL.d.022	600	6,30	6,20	6,25 tot 6,30	+10	+5 tot 0	Gevoelig	Onvoldoende	Indirect	Duiker vergroten naar ø 800 mm en verhogen om de (secundaire en tertiaire) doorstroom te verbeteren en de stagnatie van kroos en drijfvuil te verminderen. (prioriteit 2).
Cl.d0023	600	6,30	6,20	6,30 tot 6,35	+10	0 tot -5	Ja	Onvoldoende	Indirect	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar ø 800 mm en te verhogen. (prioriteit 2).
Cl.d0025	1250	6,25	6,20	6,20	+5	+5	Gevoelig	Goed	Ja	Geen directe actie noodzakelijk. (prioriteit 5).

Cl.d0027	600	6,00	6,20	6,20 tot 6,30	-20	-20 tot -30	Ja	Onvoldoende	Nee	Vergroten naar $\varnothing$ 800 mm en verhogen (prioriteit 3)
Cl.d0026	800	6,40	6,20	6,20 tot 6,25	+20	+20 tot +15	Nee	Matig	Ja	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 1000 mm. (prioriteit 4).
Cl.d0028	800	6,35	6,20	6,20 tot 6,30	+15	+15 tot + 5	Matig Gevoelig	Matig	Indirect	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten ($\varnothing$ 1000 mm). Verhogen is niet noodzakelijk. (prioriteit 4).
Cl.d0029	800	6,35	6,20	6,20 tot 6,35	+15	+15 tot 0	Gevoelig	Matig	Indirect	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 1000 mm. Verhogen is wenselijk, maar niet direct noodzakelijk. (prioriteit 4)
Cl.d0030	800	6,35	6,20	6,20 tot 6,35	+15	+15 tot 0	Gevoelig	Matig	Indirect	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 1000 mm. Verhogen is wenselijk, maar niet direct noodzakelijk l. (prioriteit 4)
Cl.d0043	300	6,30	6,20	6,30 tot 6,35	+10	0 tot -5	Ja	Onvoldoende	Nee	Doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 1000 mm en te verhogen. (prioriteit 2)
Cl.d0044	600	6,30	6,20	6,30 tot 6,35	+10	0 tot -5	Ja	Onvoldoende	Nee	De doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 800 mm en te verhogen. (prioriteit 3)
Cl.d0147	600	6,30	6,20	6,30 tot 6,35	+10	0 tot -5	Ja	Onvoldoende	Indirect	Duiker vergroten naar $\varnothing$ 800 mm en verhogen om de (secundaire en tertiaire) doorstroom te verbeteren. (prioriteit 2)

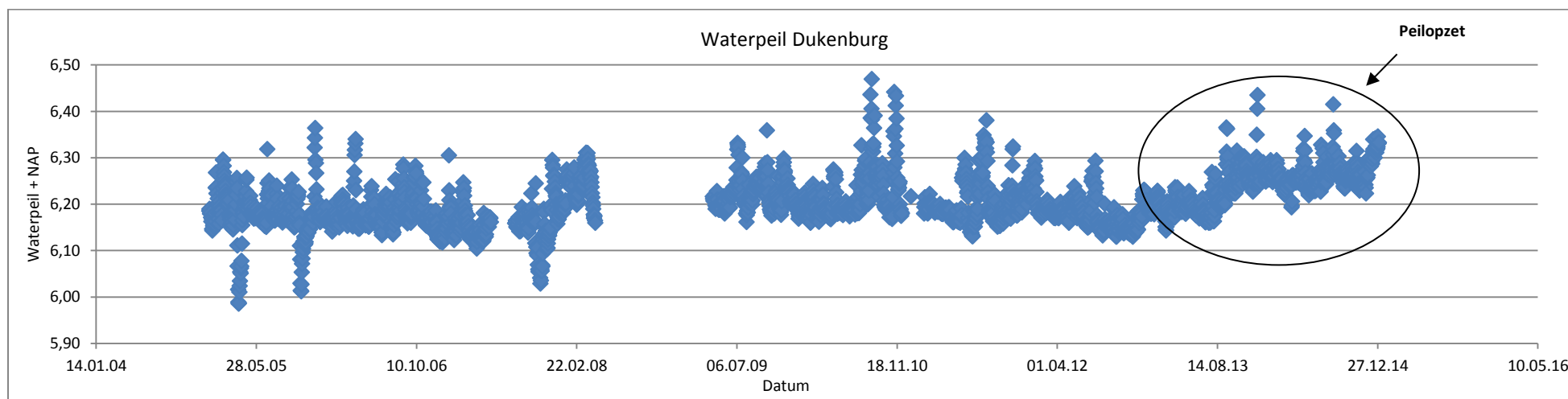
Cl.d0247	600	6,30	6,20	6,30 tot 6,35	+10	0 tot -5	Ja	Onvoldoende	Ja	Duiker vergroten naar $\varnothing$ 800 mm en verhogen om de (secundaire en tertiaire) doorstroom te verbeteren. (prioriteit 2)
Cl.d0052	600	6,30	6,20	6,35 tot 6,40	+10	-5 tot -10	Ja	Matig	Nee	Doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 800 mm en te verhogen. (prioriteit 3)
Cl.d0053	600	6,30	6,20	6,35 tot 6,40	+10	-5 tot -10	Ja	Matig	Nee	Doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten naar $\varnothing$ 800 mm en te verhogen. (prioriteit 4)
Cl.d0056	800	6,35	6,20	6,35 tot 6,40	+15	0 tot -5	Ja	Matig	Nee	Doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten ($\varnothing$ 1000 mm) en te verhogen. (prioriteit 4)
Cl.d0159	1250	6,35	6,20	6,20 tot 6,30	+15	+15 tot + 5	Matige gevoelig	Goed	Ja	Geen kosten efficiënte maatregelen mogelijk i.v.m. de ligging. (prioriteit 5).
Cl.d0259	800	6,35	6,20	6,20 tot 6,35	+15	+15 tot 0	Gevoelig	Onvoldoende	Ja	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten ($\varnothing$ 1000 tot 1250 mm). Het verhogen is wenselijk, niet noodzakelijk. (prioriteit 2)
Cl.d0060	800	6,35	6,20	6,25 tot 6,35	+15	+10 tot 0	Gevoelig	Matig	Ja	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten ($\varnothing$ 1000 mm). Het verhogen is wenselijk voor afvoer van kroos en drijfvuil. (prioriteit 4)
Cl.0061	800	6,35	6,20	6,30 tot 6,40	+15	+5 tot 10	Gevoelig	Matig	Nee	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten ($\varnothing$

										1000 mm). Het verhogen is wenselijk voor afvoer van kroos en drijfvuil. (prioriteit 4)
Cl.d0062	800	6,35	6,20	6,30 tot 6,40	+15	+5 tot 10	Gevoelig	Matig	Nee	De (secundaire en tertiaire) doorstroom verbeteren door de duiker te vergroten (Ø 1000 mm). Het verhogen is wenselijk voor afvoer van kroos en drijfvuil. (prioriteit 4)
Cl.d0024	1250	5,20	6,20	6,20 tot 6,25	+25	+20 tot 25	Niet gevoelig	Goed	Ja	De duiker kan drijfvuil moeilijk afvoeren. Wenselijk vanuit beheer om de treurwilg en indien mogelijk de eik te kappen om wortelgroei in de duiker te vermijden (prioriteit 3)
Cl.d0088	1250	5,80	6,2	6,25 tot 6,30	+85	+75 tot 80	Niet gevoelig	Goed	Ja	Wenselijk vanuit beheer om de treurwilg te kappen om wortelgroei in de duiker te vermijden (prioriteit 4)
Cl.d0088	1250	5,56	6,2	6,25 tot 6,30	+61	+51 tot 56	Niet gevoelig	Goed	Ja	Geen direct actie noodzakelijk. (prioriteit 5)
Lindholt										
Cl.I0170	1200	5,34	6,20	6,20	-86	-86	Ja	Goed	Ja	De primaire doorstroom en de afvoer van kroos en drijfvuil waarborgen. (prioriteit 4)
Cl.I0068	1250	6,05	6,20	6,20 + 6,25	-15	-15 tot -20	Ja	Goed	Ja	De primaire doorstroom en de afvoer van kroos en drijfvuil waarborgen. (prioriteit 3)

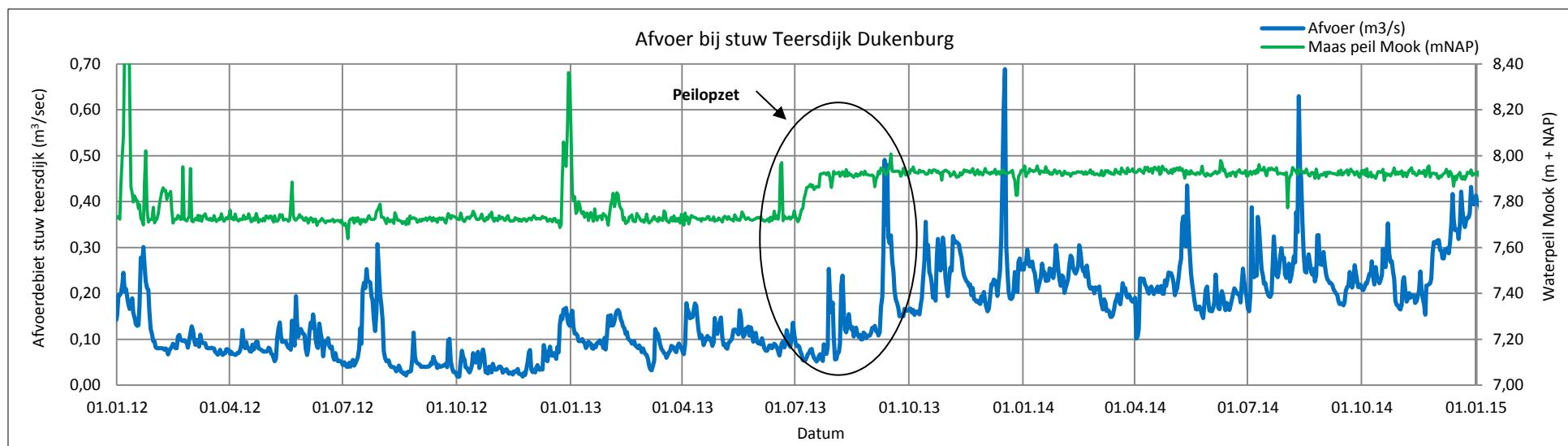
Bijlage 10. Analyse peilopzet



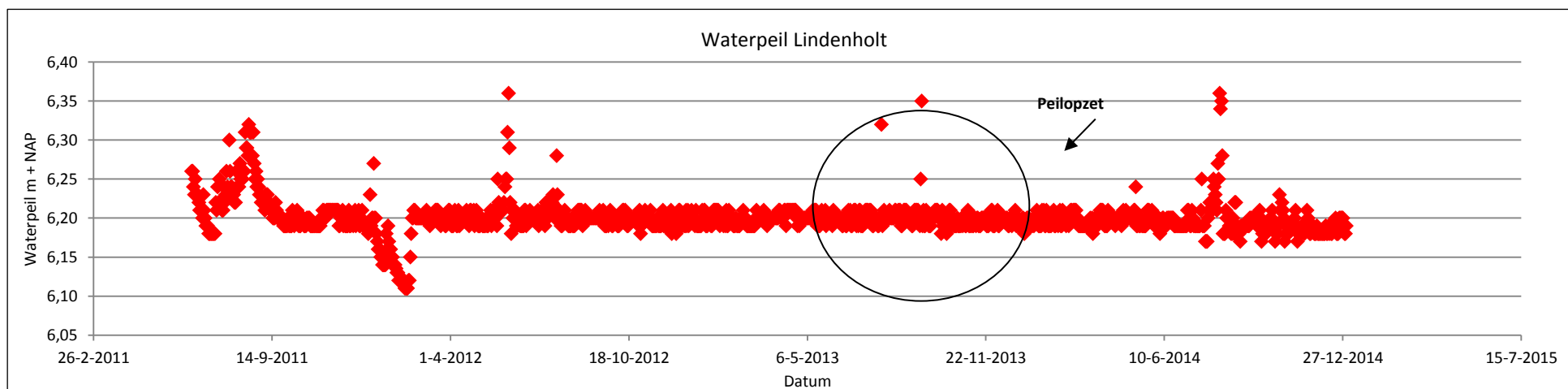
Figuur 32: Waterpeil bij Mook. (Ruwe data STUW Dukenburg afvoeren en waterstanden, versie 04-dec2015).



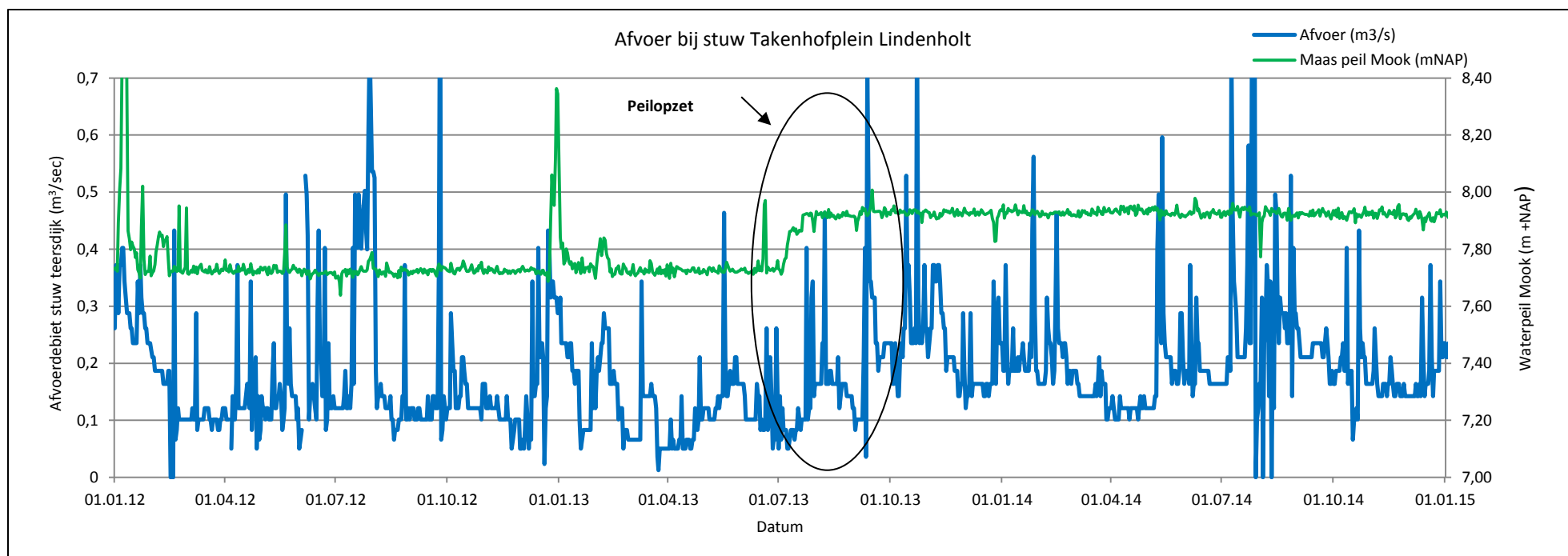
Figuur 33: Waterpeil Dukenburg ter hoogte van stuw Teersdijk. (Ruwe data STUW Dukenburg afvoeren en waterstanden, versie 04-dec2015).



Figuur 34: Afvoerdebiet van stuw Teersdijk in Dukenburg gecorreleerd met het waterpeil bij Mook. (Ruwe data STUW Dukenburg afvoeren en waterstanden, versie 04-dec2015).



Figuur 35: Waterpeil Lindenholt ter hoogte van stuw Takenhofplein. (Ruwe data STUW Takenhofplein_Klepstuw).



Figuur 36: Afvoerdebit stuw Takenhofplein in Lindenholt gecorreleerd met het waterpeil bij Mook. (Ruwe data STUW Takenhofplein_Klepstuw).

Tabel 14: Jaargemiddelde van Dukenburg. (Ruwe data STUW Dukenburg afvoeren en waterstanden, versie 04-dec2015).

Jaargemiddelde Dukenburg				
Jaar	Peil Mook (meter + NAP)	Peil Dukenburg (meter + NAP)	Debiet (m ³ /sec)	Grondwaterstand (cm + NAP)
2005	7,70	6,18	0,09	625,00
2006	7,66	6,18	0,01	620,00
2007	7,71	6,15	0,08	622,00
2008	7,70	6,24	0,08	621,00
2009	7,70	6,22	0,16	625,00
2010	7,81	6,22	0,12	627,00
2011	7,81	6,20	0,12	627,00
2012	7,76	6,18	0,08	624,00
2013	7,83	6,21	0,15	629,00
2014	7,93	6,26	0,24	631,00

Tabel 15: Jaargemiddelde Lindenholt. ((Ruwe data van STUW Takenhofplein_Klepstuw).

Jaargemiddelde Lindenholt				
Jaar	Peil Mook (meter + NAP)	Peil Dukenburg (meter + NAP)	Debiet Dukenburg (m ³ /sec)	Grondwater Dukenburg (cm + NAP)
2011	7,81	6,21	0,18	653,00
2012	7,75	6,20	0,18	655,00
2013	7,83	6,20	0,17	658,00
2014	7,93	6,20	0,21	659,00

Bijlage 11. Wateroverlast in Dukenburg en Lindenholt

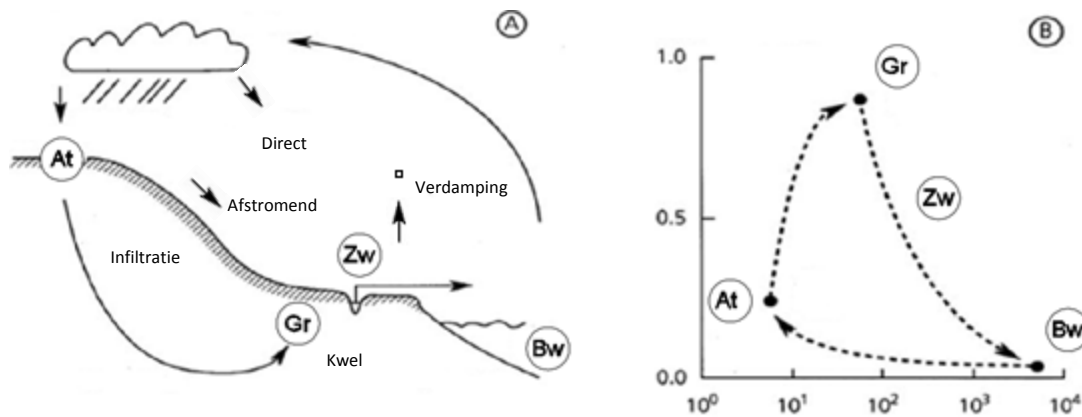
Voordat de peilverhoging plaatsvond, ervaarde de bewoners van Lindenholt en Dukenburg al wateroverlast. Uit het enquête onderzoek van Marintel BV. (2010) blijkt dat 24% van de huishoudens wateroverlast ervaart in de tuin. Twee derde ervaart overlast door drassige tuinen, een kwart door slecht toegankelijke paden. Gemiddeld wordt de overlast 49 dagen per jaar ervaren. Ongeveer 75% van de huishoudens is van mening dat de overlast veroorzaakt wordt door een slechte hemelwater afvoer. Een derde denkt door hoge grondwaterstanden. Ongeveer 32% ervaart wateroverlast in de woning, kelder en/of kruipruimte. De gemiddelde tijdsduur van het overlast is 190 dagen per jaar resp. 173 en 208 dagen per jaar. Het merendeel van de huiseigenaren denkt dat de overlast te wijten is aan de hoge grondwaterstanden. Wateroverlast in de woning is volgens een vijfde van de huiseigenaren het gevolg van hoge grondwaterstanden en een slechte hemelwaterafvoer. De aard van de overlast in de woning, kelder en kruipruimte bestaat voornamelijk uit vochtige muren, bedompte lucht en schimmelvorming, enkele ervaren plasvorming.

Een gelijklopend kwantitatief onderzoek is uitgevoerd door studenten van de Hogeschool Van Hall Larenstein in de stadswijken Malvert, Weezehof en Lankforst. Het doel was om de herkomst van het water in de private binnenruimtes en private/ openbare buitenruimtes zoals tuinen te herleiden, doormiddel van het elektrisch geleidingsvermogen van water (EGV) (Broeksteeg et al., 2009). De belangrijkste ionen zijn calcium, magnesium, natrium, kalium, (waterstof) carbonaat, sulfaat en chloride. Figuur 6 geeft de relatie tussen de hydrologische cyclus en de chemische samenstelling van water weer. Naast de EGV is de ionenratio (verhouding tussen calcium en chloride) samen met referentiemetingen in het grondwater, regenwater en oppervlaktewater van belang om een betrouwbare uitspraak te doen over de herkomst van het water (Giesen & Geurts, 2002; Aalbers & Vermulst, 2009).

Door de afwezigheid van tastbaar water hebben de studenten het EGV maar bij drie private binnenruimtes kunnen meten, alle waren in Weezehof. Twee daarvan in kruipruimtes (450 en 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en de andere in souterrain (599 $\mu\text{S}/\text{cm}$). In openbare ruimtes zijn meerder metingen uitgevoerd (gem. 198 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Door het geringe aantal metingen en de gehanteerde methodiek kunnen er geen sluitende conclusies getrokken worden. Wel geeft het een goede indicatie van de herkomst.

Aalbers & Vermulst. (2009) heeft aanvullend een technisch wateroverlast onderzoek uitgevoerd bij getroffen woningen. Het onderzoek was onder meer gefocust op het bouwrijp maken en de toegepaste bouwtechniek. De bodemopbouw en de grondwaterstanden zijn om en nabij de woningen vastgesteld en gemonitord. De bevindingen van Aalbert & Vermulst. (2009) bevestigden dat de wateroverlast in kruipruimtes en buitenruimtes te wijten is aan slecht doorlatende grondlagen waardoor plas-dras situatie ontstaan. Het hemelwater kan zowel boven- als ondergronds afstromen naar de buiten- en binnenmuren van woningen. Bij de bouw op leem- tot kleiachtige gronden is de cunetten methode toegepast ter grondverbetering. Het cunet is gevuld met zand maar blijft omringd met kleiachtige lagen waardoor het geïnfiltreerd hemelwater stagneert en niet doorzakt naar de onderliggende zandgronden (zie bijlage 3b bodemprofiel 1 en 4). Merkwaardig is de (plaatselijke) slechte infiltratiecapaciteit in Lankforst oost waar de bodem uitsluitend uit zanderig materiaal

bestaat (zie bijlage 3b, bodemprofiel 2). Hieraan kan geen eenduidige conclusie verboden worden. Mogelijk is de infiltratiecapaciteit verminderd tijdens de stedelijke ontwikkeling waarbij bodemtransfusie, roering van de bovengrond en vervolgen aanwalsen/ aantrillen heeft plaatsgevonden.



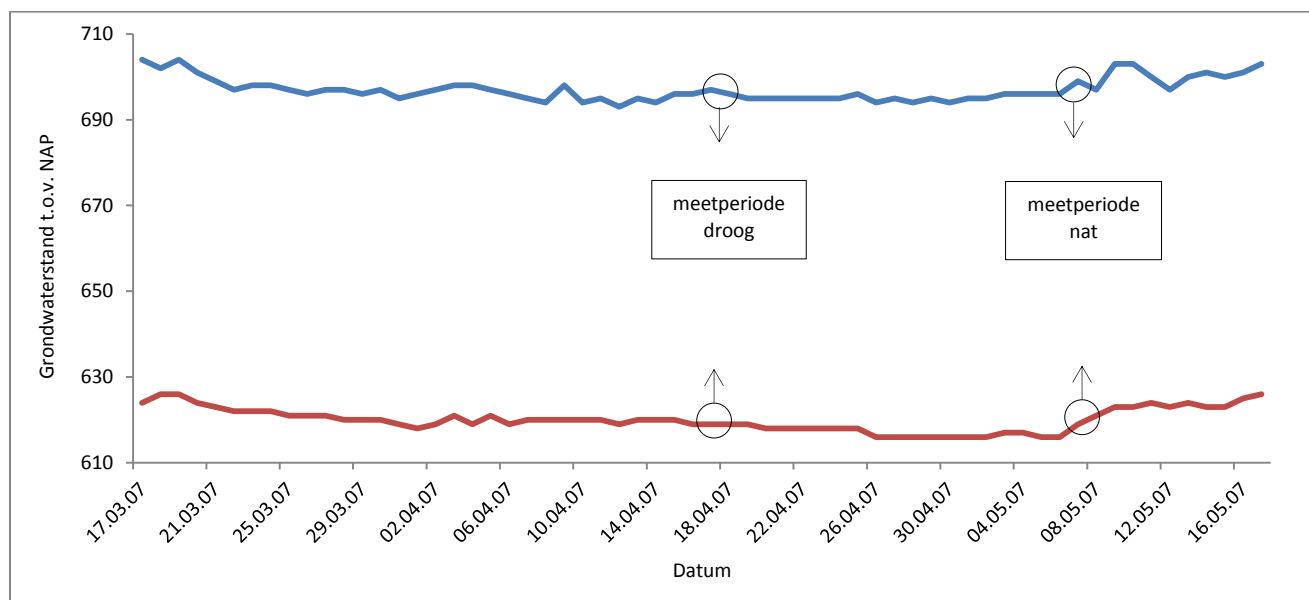
Figuur 37: (A). De relatie tussen de hydrologische kringloop en de chemische samenstelling van water. At = Atmosferisch water (neerslag), heeft een EGV van 10- 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Gr = grondwater, afhankelijk van de verblijftijd in de bodem wordt het grondwater verrijkt met opgeloste stoffen. Korte verblijftijd: 50 – 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Matig en lange verblijftijd respectievelijk 200 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 500 – 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Giesen & Geurts, 2002). Zw= oppervlaktewater van Dukenburg, Lindenholt en het Maas – Waalkanaal hebben een EGV van circa 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Broeksteeg et al., 2009). Bw = Brak tot saline water, heeft een EGV van grofweg 54.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bij verdamping van water op het aardoppervlakte blijven de mineralen achter waardoor oceanen een hoog EGV kennen. (kenniscentrum water, n.d.). (B).De relatie tussen EGV en de ionenratio (Giesen & Geurts, 2002).

Referentie

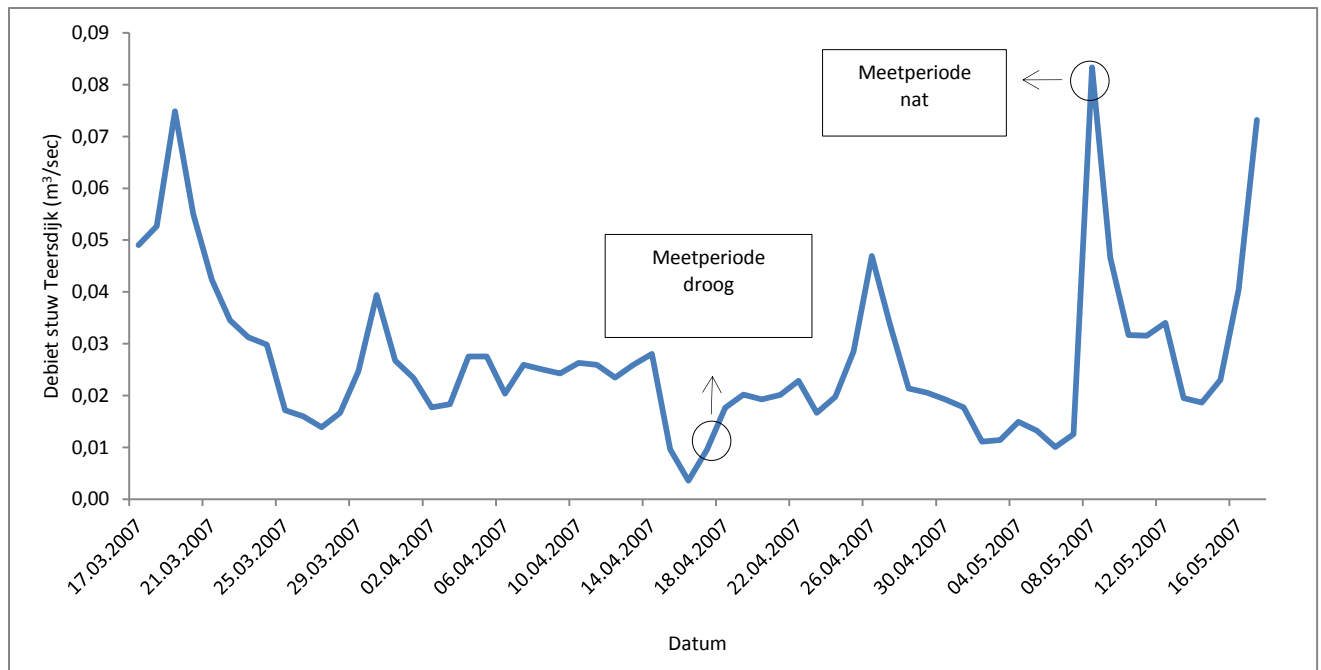
- Aalbers, F.A.A.R. & C.J. Vermulst. (2009). Onderzoek wateroverlast Dukenburg te Nijmegen. KG18, RAP20091223 Wareco ingenieurs.
- Broeksteeg, D., Heuver. S., Steltenpöhl, R. & Woezik W. van. (2009). *Onderzoek Wateroverlast Gemeente Nijmegen*. Project Minor Stedelijk Water. Van Hall Larenstein. Velp.
- Giesen & Geurts. 2002. *De betekenis van chemische en fysieke wateranalyses*. Ulft.
- Kenniscentrum water. (n.d.). *Geleidbaarheid (EC)*. Opgehaald van website. Waterschap Watertool, op 25 februari 2016. <http://www.watertool.be/interface/index.aspx>.
- Marintel BV. (2010). *Onderzoek naar wateroverlast in Nijmegen*.

Bijlage 12. Analyse piekbelasting fosfaat in natte periode

In de natte periode steeg de fosfaatconcentratie vanwege afstromend hemelwater (zie figuur 12). Vanuit de verharde oppervlakte worden nutriënten opgenomen zoals: ontlasting, urine en meestromende organisch materiaal. De fosfaatconcentratie in Dukenburg steeg aanzienlijk in de natte periode en kwam ruim boven de concentratie van het Maas-Waalkanaal en natuurlijk Lindenholt (figuur 12). Dit wordt deels veroorzaakt doordat de watervogelpopulatie in Dukenburg groter lijkt dan in Lindenholt en het Maas-Waalkanaal, hierdoor spoelt hoogstwaarschijnlijk meer ontlasting en urine vanuit het aangekoppeld (verhard) oppervlakte in het watersysteem. Het gevolg is dat de fosfaatconcentratie stegen. Ten tweede, na een langdurige droogte (46 dagen) is er een dip zichtbaar in de grondwaterstand van Dukenburg (figuur 38). Daarnaast bevatten de toplagen van de oevers na alle waarschijnlijkheid geen water meer omdat naast de lage grondwaterstand ook het oppervlaktewaterpeil is gedaald. De poriën die voor de droge periode nog gevuld waren met water zijn nu gevuld met zuurstof waardoor fosfaat gebonden zit aan ijzer. Na de tweedaagse regenval zijn de poriën door het stijgende grondwater en oppervlaktewater opnieuw gevuld met water (Hermus & Werperen, 2007). Figuur 38 geeft de stijgende grondwaterspiegel van Dukenburg en Lindenholt weer. Figuur 39 toont het toenemende afvoerdebiet van Dukenburg. De atmosferische depositie van sulfaat, wat al voor of tijdens de regenval geïnfiltreerd is in de bodem, wordt door anaerobe bacteriën gereduceerd tot sulfide. Sulfide bindt zich aan ijzer. Hierdoor komt veel fosfaat in een korte tijd vrij wat kan inspoelen in het oppervlaktewater (Hendriks et al., 2013) Mede hierdoor is de fosfaat piek veroorzaakt. Dit proces vindt beperkter plaats in Lindenholt vanwege de diepere ontwateringsdiepte (figuur 38). De schommeling tussen anaerobe en aerobe condities vertraagt hierdoor.



Figuur 38: Grondwaterstand t.o.v. NAP (peilbuis B40C0640) Dukenburg (blauw) en (peilbuis B40C0647) Lindenholt (rood). Maaiveld hoogtes zijn respectievelijk 8,78 en 8,54 meter + NAP. De afstand van de pisinuizen tot aan het Maas-Waalkanaal zijn respectievelijk 210 en 180 meter. (Dinoloket n.d.)



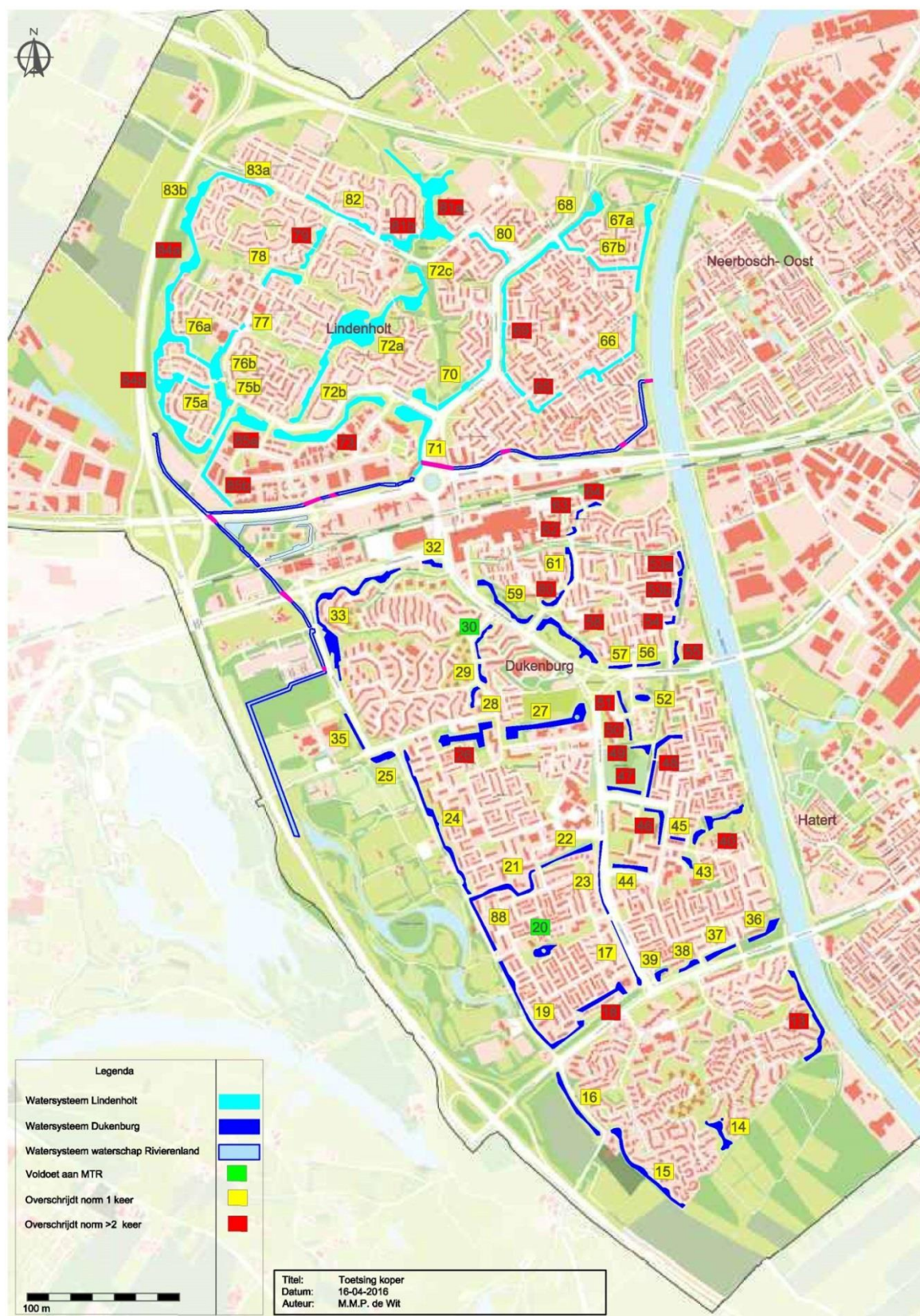
Figuur 39: Afvoerdebieten van het watersysteem Dukenburg. De debieten van Lindenholt zijn onbekend in deze periode. (Ruwe data STUW Dukenburg afvoeren en waterstanden, versie 04-dec2015).

Referentie

Hendriks, R., Twisk, W., Gerven, van. L & Harmsen, J. (2013). Sulfaat in veenweiden: gebiedsvreemd of gebiedseigen? H2O online 23 mei 2013.

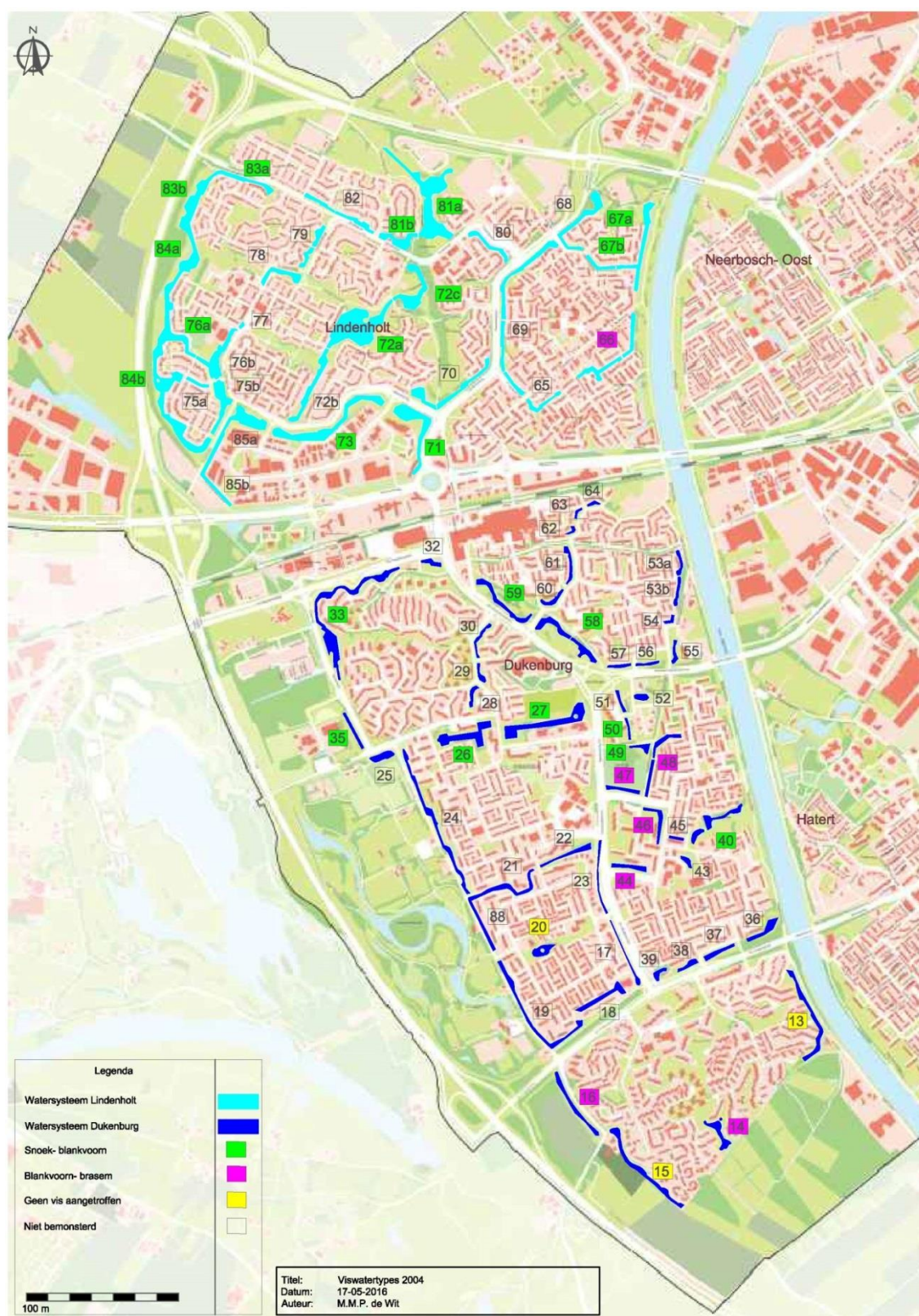
Dinoloket (n.b.). *Viewer Ondergrondsgegevens*. Opgehaald van website Dinoloket, op 24 februari 2016. <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>

Bijlage 13. Koperconcentratie



Figuur 40: Toetsing koper. Data zijn van Hermus & Werperen. (2007).

Bijlage 14. Viswatertypes 2004



Figuur 41: Viswatertypes van de Organisatie ter verbetering van de Binnenvisserij (OVb). Data zijn van Spikmans (2006).

Bijlage 15. Visbestand, kwelintensiteit en ijzer- fosfaat verhouding

Na aanleiding van de geconstateerde afwijkingen in het visbestand van het watersysteem Dukenburg en Lindenholt is een korte analyse uitgevoerd naar de hypothesen van Rierersma (2004b). Dit op basis van actuele data van het monitoringsprogramma.

1. Rierersma (2004b) veronderstelde dat de geconstateerde afwijkingen toenemen bij een toenemende kwelintensiteit. Dit doordat kwelwater meer ijzerionen bevat. De kwelintensiteit en de ijzerconcentratie zijn negatief gecorreleerd. Dit wilt zeggen dat de ijzerconcentratie afneemt bij een toenemende kwelintensiteit (zie § 4.5.3). Daarnaast voldoen de wateren met een hoge kwelintensiteit aan de ijzernorm en sommige wateren met een lage kwelintensiteit voldoen hier niet aan. Op basis van deze feiten is de veronderstelling verworpen.
2. De meeste wateren van Dukenburg en Lindenholt zijn relatief ondiep en kennen geen stratificatie die tot een anaerobe hypolimnion leidt. De ijzerionen in het anaerobe kwelwater oxideren zodra de ionen in contact met zuurstof komen. Het geoxideerd ijzer bindt met fosfaat en slaat neer op de bodem. Het gebonden fosfaat heeft een lage biologische beschikbaarheid waardoor primaire productie gelimiteerd wordt (Dodds & Whiles 2010; Baken, 2015). Het vermoeden bestaat dat dit de zoöplankton populatie begrenst. Zoöplankton dient als voedsel voor (zoö) planktonetende vis zoals de ruisvoorn en juveniele witvis (Rierersma, 2004b). De kanttekening hierbij is dat sommige vijvers gedomineerd worden met eutroof gekarakteriseerde macrofyten zoals sterrenkroos en waterpest, wat als foerageren- en toevluchtsoord kan dienen voor zoöplanktonsoorten. Daarnaast is de meest abundante vissoort de planktonetende blankvoorn, die een gelijkwaardig dieet heeft als de ruisvoorn (Soortenbank, 2015). Dit vermoeden lijkt dus niet te kloppen.

Referentie

Baken, C. (2015). *The effect of iron-rich particles on the fate and bioavailability of phosphorus in streams*.

Dodds, W.K. & Whiles, M.R. (2010). Trophic State and Eutropication. *Freshwater Ecology* 18:469–507.

Soortenbank. (2015). Soortenbank. *Planten, dieren en paddenstoelen in Nederlands*. Opgehaald van website Soortenbank, op 27 februari 2016. <http://www.soortenbank.nl/>.

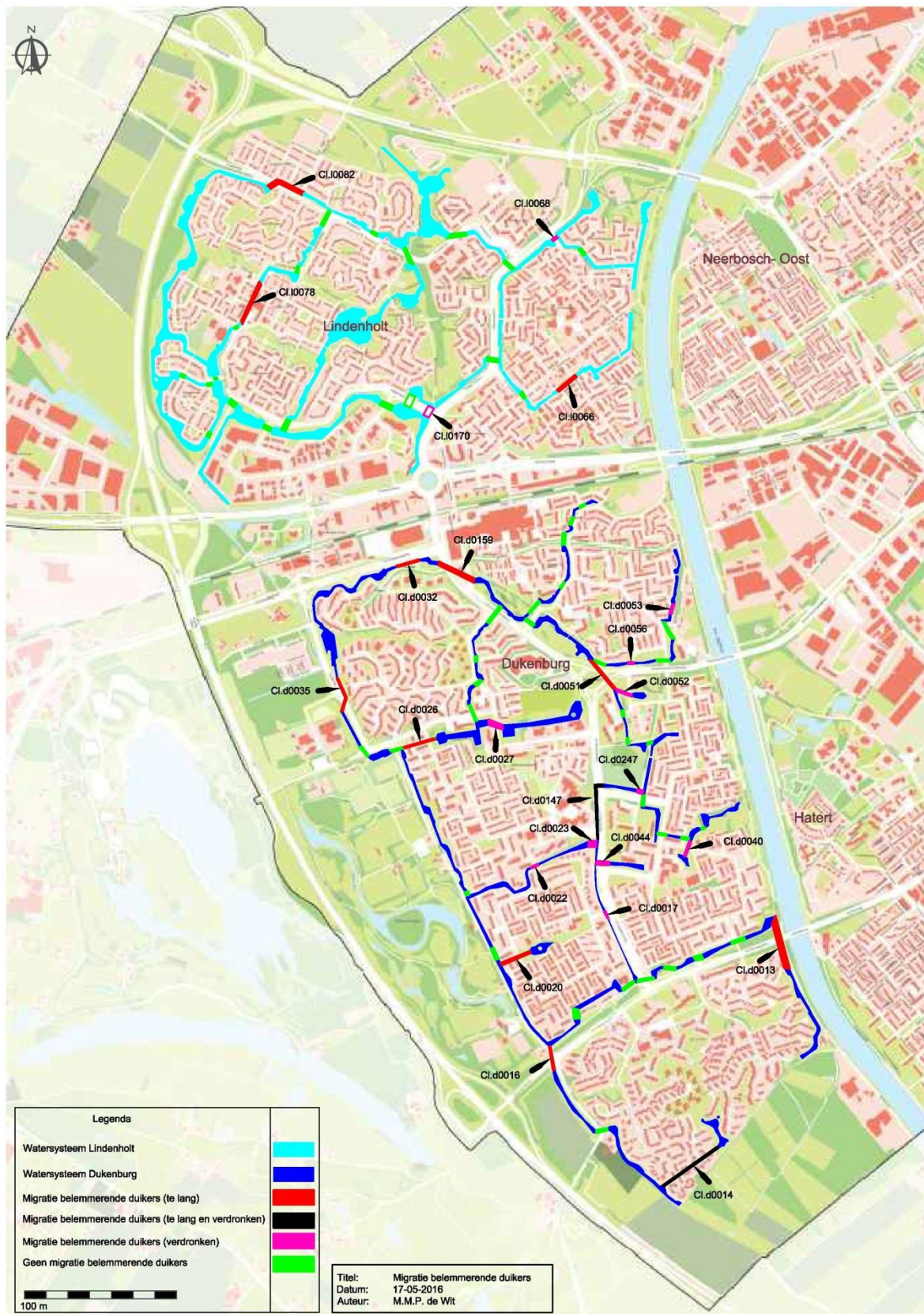
Bijlage 16. Resultaten amfibieën inventarisatie

De resultaten van de onderzoeken kunnen geïnterpreteerd worden als minimale biologische status. Dit komt omdat het plaatsvond vóór de aanleg van de natuurvriendelijke oevers en baggerwerkzaamheden.

Tabel 16: Het resultaat van de amfibieën inventarisatie 2004. ○ Alleen adulte aangetroffen. ● Voorplanting vastgesteld. (Spikmans, 2006).

Water lichaam	Kleine watersalamander	Gewone pad	Bruine kikker	Groene kikker	Bastaard kikker	Totale biodiversiteit
13		○				1
14	●	●	●	●		4
15	●	●	●	●		4
16	○	●	●			3
20		○				1
33		●				1
35		●				1
40		○	○	○		2
44						0
45		○				0
46						1
66		●	●	●		0
26-27		●	●	○		3
47-48		○				3
49-50		●				1
58-59		●				1
67a		●				2
71-73		●				1
72 a/c		●				1
81 a/b		●	●		○	1
83 a/b 84 a/b	●	●		○	○	3

Bijlage 17. Migratie belemmerende duikers



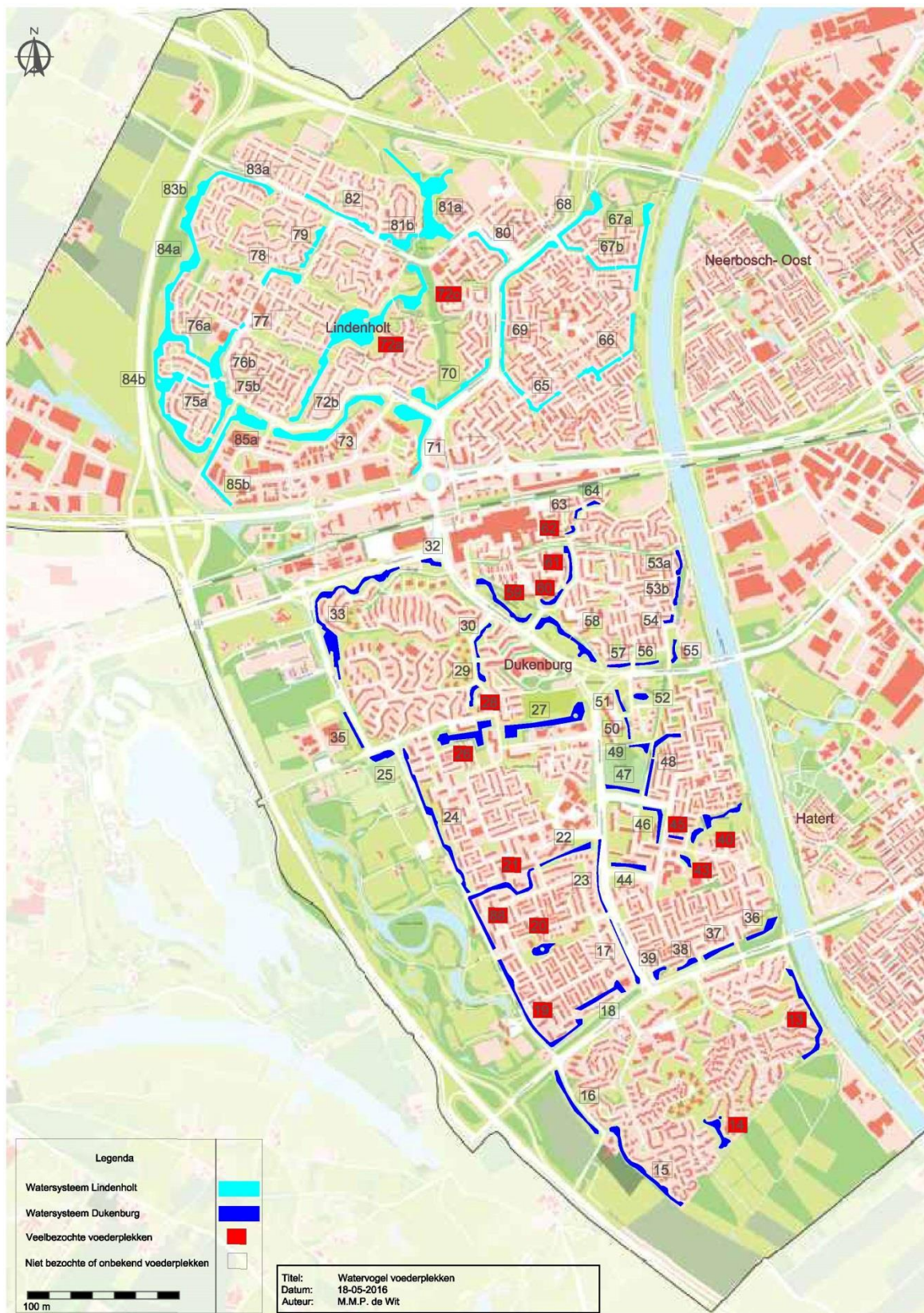
Figuur 42: Migratie belemmerende duikers in Dukenburg en Lindenholt.

Bijlage 18. Samenvatting van belevingswaarde

De gemeente Nijmegen heeft in 2008 onderzoek gedaan naar de waarderingsgraad van de heringerichte waterpartijen in Dukenburg en Lindenholt (Gemeente Nijmegen, 2008). De inwoners vinden dat de waterpartijen een belangrijke bijdragen leveren aan de ruimtelijke kwaliteit. De visuele beleving wordt door 86% als rustgevend ervaren. Het ruime merendeel (91%) ervaart de beleving vanuit de woning of tuin. Zichtbaar water is een pré voor deze doelgroep. Daarnaast is 90% van mening dat het prettig voelt om te wandelen rondom een waterpartij in de directe omgeving. De meerwaarde van natuurvriendelijke oevers wordt niet onderschat. Maar liefst 92% vindt dat natuurvriendelijke oevers de natuurwaarde versterken. Daarnaast vindt 63% dat natuurvriendelijke oevers de waterkwaliteit verbetert (Gemeente Nijmegen, 2008).

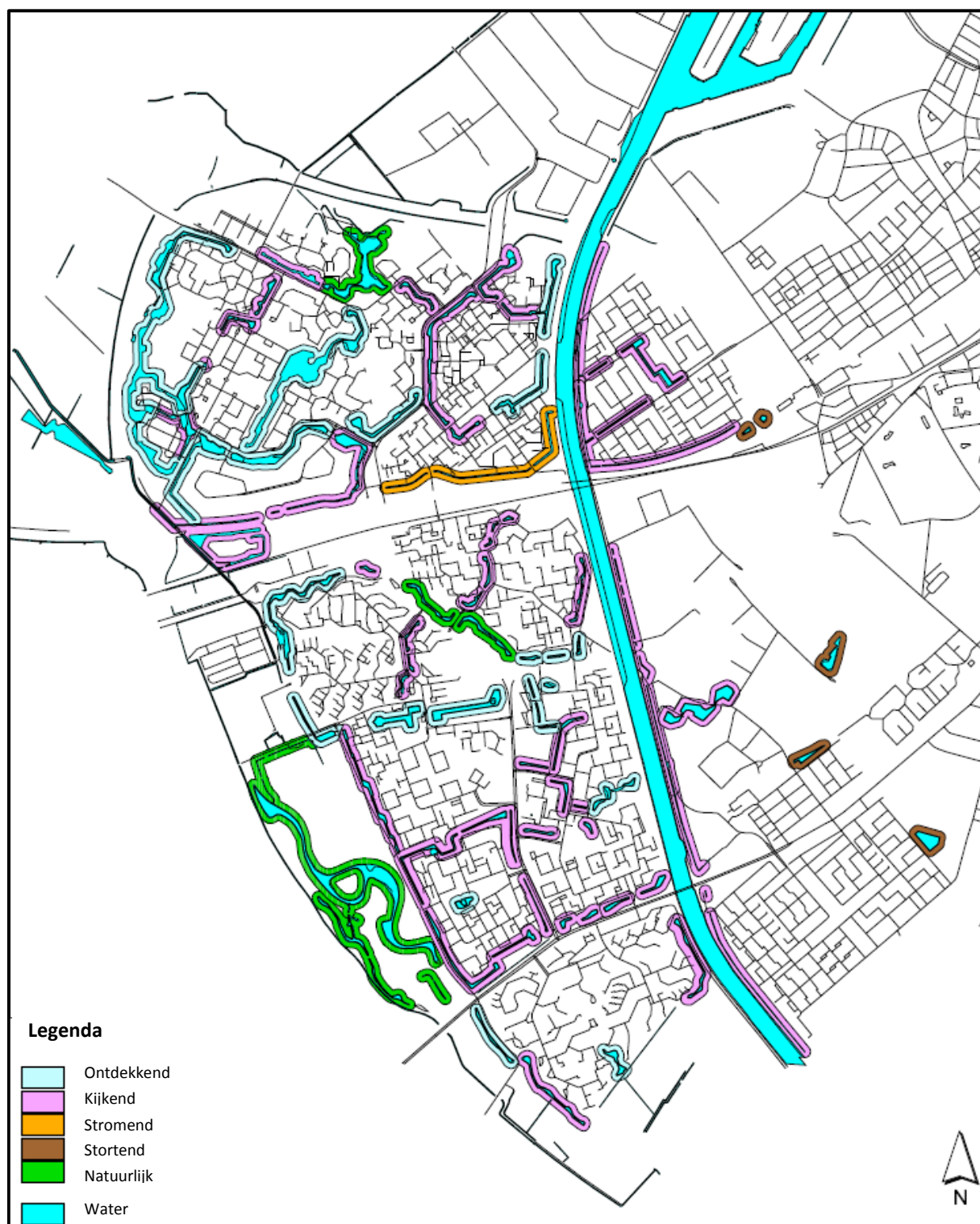
In Dukenburg en Lindenholt vindt 72% van de ondervraagde dat waterpartijen gevaarlijk zijn voor kleine kinderen. Volgens de ouders speelt de helft van de kinderen niet aan water, 31% speelt er soms. De aanleg van natuurvriendelijke oevers zal de situatie volgens 47% van de inwoners niet veiliger maken. Speelvoorzieningen in of aan het water zijn veilig volgens 21% van de inwoners, het merendeel 59% vindt dit niet. De inwoners hebben de mening dat speelmogelijkheden in of aan het water de levendigheid in de buurt versterkt (66%) en dat de speelvoorzieningen kinderen vertrouwdert met water (66%) (Gemeente Nijmegen, 2008).

Bijlage 19. Voerderplekken watervogels



Figuur 43: De veel-bezochte voerderplekken rood. De niet bezochte of onbekende voerderplekken zijn transparant. Er wordt verondersteld dat er meer voerderplekken zijn in Lindenholt. Deze zijn nog niet getraceerd.

Bijlage 20. Toegekende ambitieniveau



Figuur 44: De toegekende ambitieniveau van Dukenburg en Lindenholt.

Bijlage 21: Uitgebreide versie knelpunten, maatregel en advies.

Knelpunt 1 en 2 samengevoegd.

Knelpunt 1: De fysisch-chemische waterkwaliteit van de oostelijk gesitueerde waterlichamen worden sterk beïnvloed door de waterkwaliteit van het Maas-Waalkanaal. Deze wateren voldoen niet aan alle MTR-normen noch aan het toegekende ambitieniveau. (§4.5).

Knelpunt 2: De constante basisafvoer die wordt gegeneerd door de continue kweldruk zorgt ervoor dat het maximaal afvoerdebiet sneller wordt overschreden tijdens hevige neerslag. De basisafvoer is circa 0,4 en 0,6 l/s/ha, respectievelijk Dukenburg en Lindenholt (§4.4).

Maatregel

A1. Kwelscherm (knelpunt 1 en 2): Kwelscherm plaatsen langs het Maas-Waalkanaal.

A2. De statisch stuw Teersdijk (Dukenburg) vervangen voor een geautomatiseerde stuw.

A.1 Effect van maatregel

- De fysisch- chemische waterkwaliteit wordt niet meer beïnvloed door de kwaliteit van het Maas-Waalkanaal.
- Gebieds-eigenprocessen zullen meer gaan domineren.
- Het kwelscherm zorgt voor een kleinere waterafvoer naar het landelijkgebied. Daarnaast biedt het de mogelijkheid om het waterpeil te verlagen waardoor meer bergingsruimte ontstaat tijdens een hevige neerslag.

A.2 Effect van maatregel

- Het stedelijk watersysteem heeft ruim voldoende bergingscapaciteit. Door de geautomatiseerde stuw kan in tijden van (hevige) neerslag meer water worden vastgehouden in het stedelijke watersysteem. Hierdoor wordt het afvoerdebiet tijdens hevige neerslag (tijdelijke) verminderd.

Kanttekening

- Maatregel A1. Beide watersystemen worden voor 80% gevoed door kwel. Het kwelscherm blokkeert de continue toestroom van de lokale kwel. De doorstroming en verversing zal daardoor drastisch verminderd worden. Het systeem wordt gevoeliger voor eutrofiëringsprocessen (kroos en algenbloei). Met als gevolg dat de ecologisch status afneemt, eutrafente soorten zullen gaan domineren. Daarnaast neemt de belevingswaarde af.
- Maatregel A2. Door de plaatsing van een geautomatiseerde stuw wordt er meer water gebufferd in een dichtbevolkt gebied. De waterschade kan hierdoor snel oplopen als de stuw niet accuraat bediend wordt.

Advies en score maatregel

- Maatregel A1. De maatregel zal waardevol zijn als het waterbeheer van Nijmegen puur gericht was op het zo snel mogelijk behalen van normen.

Ook wordt de waterkwaliteit van de Maas langzamerhand beter waardoor de functie van het kwelscherm ten behoeve van knelpunt 1 vervalt. Als de maatregel in een breder kader wordt geplaatst zijn er voldoende aanwijzingen dat de maatregel niet in de gewenste hoedanigheid bijdraagt aan een gezonder, veerkrachtiger en aantrekkelijker watersysteem tegen de laagst maatschappelijke kosten. De maatregel scoort onvoldoende.

- **Maatregel A2.** Door de statische stuw Teersdijk te vervangen voor een geautomatiseerde stuw kan de stedelijke bergingscapaciteit optimaler gebruikt worden om het afvoerdebiet bij een (hevige) neerslaggebeurtenis te reduceren. Het is een duurzame en brongerichte maatregel die bijdraagt aan de doelstellingen van het Nationaal Bestuursakkoord water om het watersysteem op orde te krijgen voor de situatie van 2050.

Knelpunt 3 en 4 samengevoegd.

Knelpunt 3: Slecht hydraulisch functionerende duikers. Dit zijn duikers die geen vrije doorstroom hebben (verdronken) of gevoelig zijn voor verdrinking en/of een te kleine hydraulisch doorstroomprofiel hebben ($\leq 800\text{mm}$). In het algemeen ondervinden deze duikers een hogere opstuwingskracht. De verhanglijn in het watersysteem neemt hierdoor toe, de bergingscapaciteit en doorlegging nemen hierdoor af (§ 4.4.2). De duikers zijn gevoeliger voor verstoppingen (figuur 29), stimuleren eutrofiëringsprocessen en belemmeren de migratie van organismen (§4.6.2). Daarnaast stagneren de duikers de afvoer van drijfvuil en organisch materiaal wat op lokale schaal de waterhelderheid en de zuurstofconcentratie kan beïnvloeden (§4.5.1). Intensief onderhoud is nodig om de doorstroom te waarborgen. Accumulatie van drijfvuil en organisch materiaal tasten de belevingswaarde aan, zie figuur 46 a en b.

Knelpunt 4: Slechte verdeling van het beschikbare water. De kleinere duikers tussen de primaire en secundaire doorstroming belemmeren de (optimalere) verspreiding van het beschikbare water in Dukenburg en Lindenholt. De retentietijd en verversing varieert hierdoor per waterlichaam (§ 4.4.2). Wateren met een secundaire of tertiaire doorstroming worden daarom gevoeliger geacht voor eutrofiëringsprocessen (§4.4.1).



Figuur 45: A: Waterschap Rivierenland heeft het drijfvuil verwijderd bij duiker Cl.d0060. De duiker Cl.d0060 heeft een matig hydraulische functionering en wordt als gevoelig geacht voor verdrinking. B: Dikke drijfslag van organisch materiaal bij duiker Cl.d0024.

Maatregel

- Maatregel B. Aanpassen duikers (knelpunt 3 en 4): Duikers aanpassen zodat de hydraulische doorstroom verbeterd wordt. Dit kan door de duiker te vergroten, te verhogen en waar mogelijk verwijderen, met als doel om een vrije doorstroom te creëren. Het is wenselijk om de duikers met een te klein hydraulisch doorstroomprofiel die al dan niet verdrongen zijn te verwijderen of te vervangen voor duikers met een minimale diameter van 800 mm (Waterschap Rivierenland 2015).
- Maatregel C. Water sturende constructie (knelpunt 2 en 4): Voor een meer evenredige verspreiding van het beschikbare water kunnen op enkele locaties water sturende en debiet afhankelijk constructies worden gerealiseerd. De constructies sturen afhankelijk van het debiet een bepaald percentage van het water richting de waterlichamen met een secundaire of tertiaire doorstroming.
- Maatregel BC. Vermazen (knelpunt 3 en 4): Het watersysteem laten vermazen door het potentiaalverschil tussen het Maas-Waalkanaal en het oppervlaktewatersysteem te vergroten. Het potentiaalverschil vergroten kan simpelweg al door het stedelijk waterpeil te verlagen. De peilverlaging vergroot de vrije doorstroom ruimte bij duikers en stimuleert zodoende de afvoer van drijfvuil en organisch materiaal. Een hogere basis afvoerdebiet wordt gegenereerd in beide stedelijke watersystemen. Dit zal de interne watercirculatie versnellen. De maatregel is niet wenselijk omdat het de fysisch-chemische waterkwaliteit zal verslechteren. Deze maatregel draagt onvoldoende bij aan de doelstellingen van de intentieverklaringen en aan de doelstellingen van het waterbeheerprogramma 2016- 2021 (Ruigrok et al., 2015). Deze maatregel wordt niet verder uitgewerkt.

Effect van maatregel

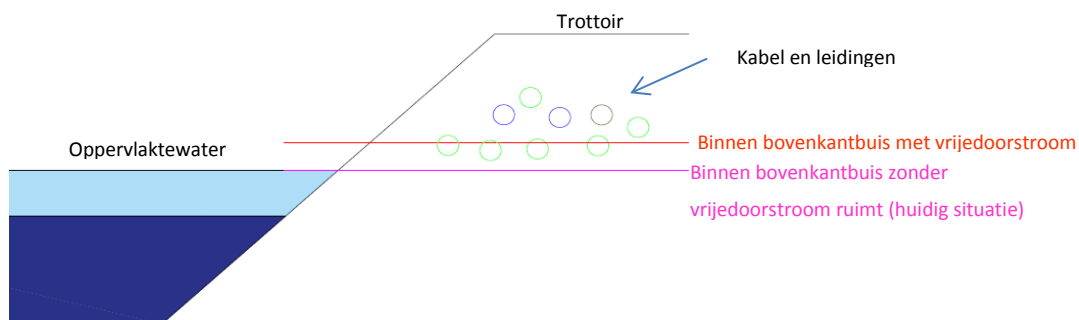
- Maatregel B. Aanpassen duikers: Door het creëren van een vrije doorstroom en/of een groter doorstroomprofiel neemt de opstuwingskracht af nabij deze kunstwerken. De verhanglijn in het watersysteem zal afnemen, zeker in tijden van hevige neerslag. De drooglegging en de bergingscapaciteit zullen toenemen. De vrije doorstroom stimuleert de afvoer van drijfvuil en organische materiaal. Het stagneert kroos ontwikkeling en verkleint de kans op verstoppingen. Het draagt op lokale schaal bij aan het verbeteren van de zuurstofhuishouding en de waterhelderheid. Het reduceert de frequentie waarbij duikers gecontroleerd en onderhouden moeten worden. Daarnaast draagt de maatregel bij aan een verbeterende watercirculatie in Dukenburg en creëert het een aantrekkelijkere migratieroute voor organismen.
- Maatregel C. Water sturende constructie: De evenredige verspreiding van het beschikbare water reduceert de kans op eutrofiëringsprocessen. Tijdens (hevige) neerslag zorgt het flexibele besturingssysteem ervoor dat het water zo optimaal mogelijk wordt verspreid waardoor de piekbelasting op Nieuwe Wetering een klein beetje vermindert.

Kanttekening

- Maatregel B. Aanpassen duikers: Duikers zijn vaak nodig om een infrastructuurobject te vermijden. Dit zijn o.a. wegen en trottoirs waaronder kabel en leiding liggen. De minimale diepte van de kabels en leiding varieert van 0,6 tot 1,2 meter (Waterschap Rivierenland, n.d.).

Het realiseren van een vrije doorstroom wordt bemoeilijk door de aanwezigheid van kabel en leidingen omdat de duiker op ongeveer dezelfde hoogte komt te liggen als de kabels en leidingen (zie figuur 47). De kabels en leidingen kunnen niet of in beperkte maat hoger in de grond gelegd worden vanwege de minimale diepteligging en/of de kabels en leidingen hebben onvoldoende speling om de hoogte te overbruggen.

- **Maatregel C. Water sturende constructie:** In west Lindenholt is het mogelijk dat de chemische waterkwaliteit beïnvloed wordt door de water sturende constructie. Er wordt meer kwelrijkwater afkomstig van het Maas-Waalkanaal richting de westelijke wateren gestuurd. In Dukenburg is dit risico kleiner omdat het water van oost naar west stroomt, vanwege de noordwestelijke afwatering.



Figuur 46: Het verhogen van de duikers zodat binnen bovenkantbuis niet onder het streefpeil ligt is bij veel duikers risicovol omdat de duiker dan op dezelfde hoogte komt te liggen van de kabels en leidingen.

Advies en score maatregel

De maatregelen zijn efficiënt en hebben allemaal een positief effect op multidisciplinaire schaal (kwalitatief, kwantitatief, wateroverlast, beheer en beleving). Het zorgt voor een beter evenwicht in het systeem. De maatregelen dragen bij aan de veerkrachtig, robuust en aantrekkelijk watersysteem.

- **Maatregel B: Aanpassen duikers:** De investeringskosten zijn acceptabel geschat. Daarnaast zullen de onderhoudskosten na implementatie verminderen. Het verwijderen en de aanleg van bruggen heeft de voorkeur. Duikers zijn altijd gevoelig voor opstuwing, verstoppingen etc. In bijlage 9 wordt per slecht tot matig functioneerde duiker een maatregeladvies gegeven. De maatregel 'aanpassen duikers' wordt als goed geclassificeerd.
- **Maatregel C: Water sturende constructie:** De investeringskosten zijn relatief hoog. Het advies is om daarom eerst maatregel één te implementeren en de ontwikkelingen te monitoren voor gedurende circa drie jaar. Als het gewenst is om opnieuw een hydraulische optimalisatieslag te maken kan maatregel twee worden gerealiseerd. De veronderstelling is dat beide maatregelen een synergetisch effect op elkaar hebben. Het enkel uitvoeren van maatregel C 'water sturende constructie' is niet raadzaam omdat de hydraulische functionaliteit van sommige duikers te weinig capaciteit heeft. Figuur 51 A en B tonen respectievelijk de aanbeveelbare locatie voor de realisatie van de water sturend constructie in Dukenburg en Lindenholt.



Figuur 47: A is Dukenburg en B is Lindenholt. De water sturende constructies kunnen gerealiseerd worden ter hoogte van de rode stippen nabij waterlichaam 39, 59 en 69. De zwarte pijlen geven aan waar de doorstroom verbeterd. De donker blauw, geel en lichtblauw gekleurde waterlichamen zijn geclassificeerd als waterlichamen met respectievelijk een primaire, secundaire en tertiaire doorstroming.

Knelpunt 5 en 6 samengevoegd.

Knelpunt 5: Migratiegedrag van organismen. Lange duikers (>100 m) hebben een negatief effect op het migratiegedrag van organismen. Daarnaast wordt het migratiegedrag beïnvloed door te smalle en verdronken duikers (Sportvisserij Nederland, 2015a). De mitigerende maatregelen voor verdronken en te smalle duikers zijn omschreven bij knelpunt 3.

Knelpunt 6: Zichtbaar- en leefbaar water. Lange duikers zijn vanuit het oogpunt van zichtbaar- en leefbaar water onaantrekkelijk (§ 4.7.). Daarnaast zijn lange duikers gevoeliger voor verstoppingen en is de verstopping vaak moeilijker te verhelpen.

Maatregel

- Maatregel D1. Ontmantelen (knelpunt 3, 5 en 6): Duikers ontmantelen van het betonnen omhulsel.
- Maatregel D2. Ecologische migratievoorziening (knelpunt 5): Als het ontmantelen van de duiker niet mogelijk is kan een ecologische migratievoorzieningen als een mitigerende maatregel dienen. Deze kan aangebracht worden in de bestaande duiker of er kan een tweede duiker naast geplaatst worden met de migratievoorziening.

Effecten maatregel

- Maatregel D1. Ontmantelen: Het ontmantelen van het betonnen omhulsel draagt bij aan het vrijer migreren van organismen. Het verbetert de hydraulische inrichting en zodoende de belevingswaarde. De kans op verstoppingen neemt af.
- Maatregel D2. Ecologische migratievoorziening: Het realiseren van een ecologische migratievoorziening werkt mitigerend op het migratiegedrag van een selectief aantal soorten. Dit is afhankelijk van het type migratievoorziening.

Kanttekening:

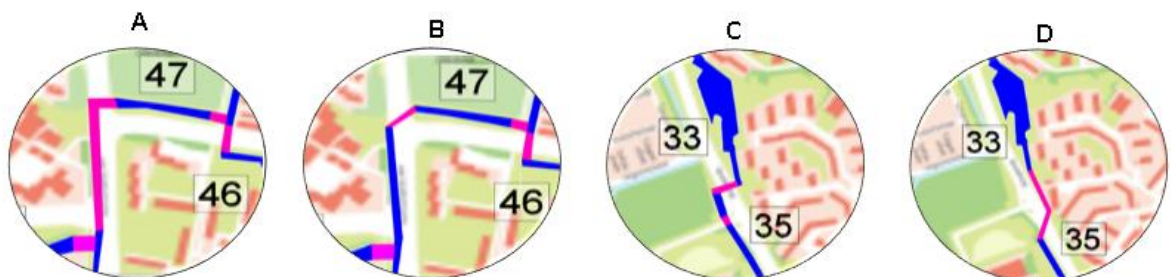
Maatregel D1. Ontmantelen: De meeste grote duikers in Dukenburg en Lindenholt zijn aangelegd om huizen en infrastructuurobjecten te vermijden. Ontmanteling is daarom vaak niet mogelijk.

Maatregel D2. Ecologische migratievoorziening: De migratievoorziening is niet direct noodzakelijk en het effect wordt minimaal geacht.

Advies en score maatregel

De maatregel 'ontmantelen' kent geen grote en risicovolle systeeminterventies. De investeringskosten zijn acceptabel geschat. De maatregel is alleen toepasbaar voor een beperkt aantal duikers. Op basis van de duikers die ontmanteld kunnen worden is de maatregel geclassificeerd als zeer goed. Het aanbrengen van een ecologische migratievoorziening wordt geclassificeerd als zeer matig.

- Maatregel D1. Ontmantelen: De maatregel 'ontmantelen' kan bij twee duikers in Dukenburg worden toegepast. Het gedeelte van duiker Cl.d0147 wat langs de Van Apelterenweg loopt kan ontmanteld worden (figuur 48 a en b). Recent heeft de gemeente Nijmegen boomachtige beplanting aangeplant net langs of op deze duiker. De aanplant beperkt nu de flexibiliteit voor de ontmanteling van de duiker en toont het belang van maatregel M1. Er moet nu ontheffing aangevraagd worden om de bomen te verwijderen of te verplaatsen. Daarnaast is de ontmanteling van duiker Cl.d0035 mogelijk. De wijze van ontmanteling is afhankelijk van de stedenbouwkundige ontwikkelingen en de invulling van het bijkomend mobiliteitsvraagstuk. Het verouderde scholencomplex links van de verouderde Streekweg zal op onbepaald termijn worden gerenoveerd of gesloopt. Stedenbouwkundige ontwikkelingen zou dan de mogelijkheid bieden om de waterloop en de Streekweg te herinrichten. Vanwege de stedelijke ontwikkelingen in de Waalsprong, wat gepaard gaat met grote financiële lasten vanwege veranderingen in de grondexploitatie zijn andere stedenbouwkundige plannen in de ijskast gezet. Op korte termijn is er geen sprake van stedelijke ontwikkelingen in dit gebied. Figuur 48 c en d toont een alternatieve maatregel om de lengte van duiker CL.d0035 te reduceren.



Figuur 48: A en C geven de huidige inrichting van respectievelijk duiker Cl.d0147 en Cl.d0035 weer. C en D geven de wenselijke inrichting van respectievelijk duiker Cl.d0147 en Cl.d0035 weer. Roze is duiker en blauw is oppervlaktewater.

- **Maatregel D2.** Ecologische migratievoorziening: Het aanbieden van een ecologische migratievoorziening is vanwege de kosten en baten verhoudingen alleen te adviseren als meelifproject. Hieronder wordt voorstaan dat de realisatie alleen plaatsvindt in combinatie met een hoger geprioriteerd project, bijvoorbeeld hydraulische optimalisatie, knelpunt 3.

Knelpunt 7 en 8 samengevoegd.

Knelpunt 7: Te weinig overwinteringsbiotopen in Dukenburg: Koudbloedige organismen hebben diepe dalen nodig voor de overwintering. Het dal moet minimaal twee meter diep zijn voor vissen. In Dukenburg ontbreken deze habitatten vanwege de maximale waterdiepte van 1,5 meter, dit is onvoldoende voor een strenge winter (§4.6.2).

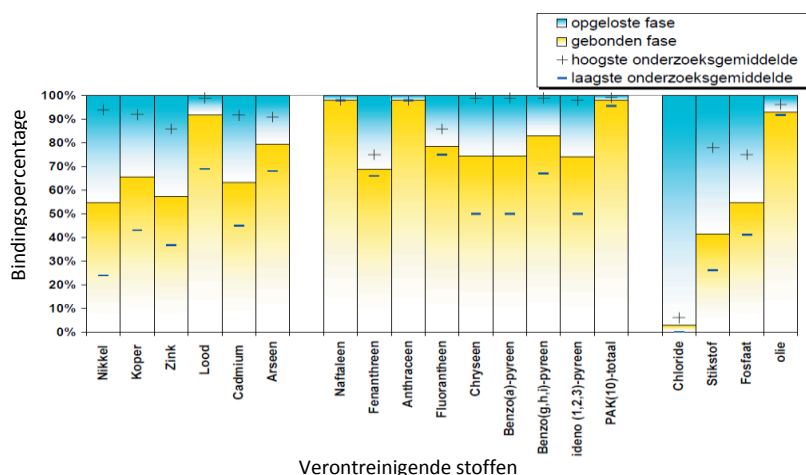
Knelpunt 8: Naast lokale kwel beïnvloedt het afstromend regenwater de water- en bodemkwaliteit. Het verhoogt de fosfaat, ijzer, koper en zinkconcentratie. De hoogste verontreinigingsfractie van water uit regenwateruitlaten zit gebonden aan de mee-stromende deeltjes (Boogaard & Lemmen, 2007) (§4.5.3).

Maatregel

Maatregel E. (knelpunt 1, 7 en 8). Een verdieping van de waterbodem en waar mogelijk de natte doorsnede verbreden, zodat de verdieping zal functioneren als overwinteringsbiotoop maar ook als zandvang.

Effect van maatregel

Maatregel E: De verdieping wordt multifunctioneel gebruikt (overwinteringsbiotoop en zandvang). Naast de realisatie van geschikte overwinteringsbiotopen voor koudbloedige organismen draagt het bij aan een gezondere water- en bodemkwaliteit door het centraliseren van losliggende en zwevende deeltjes. Boogaard & Lemmen (2007) toonde dat de hoogste verontreinigingsfractie van water uit regenwateruitlaten gebonden zit aan mee- stromende deeltjes (zie figuur 49). Het centraliseren en het systematisch verwijderen van deze verontreinigde deeltjes draagt bij aan een schonere waterbodem en reduceert slibvorming. Daarnaast ondersteunt het de implementatie van maatregel 24.



Figuur 49: Gebonden en opgeloste fractie in afstromend regenwater (Boogaard & Lemmen, 2007).

Kanttekening

De centralisatie van verontreinigde deeltjes verhoogt de kans op chronische toxiciteit voor benthische soorten. Hoewel deze kans vanwege de lage concentraties zeer gering is. Door het afvangen van organisch materiaal kan de verdieping zuurstofloos worden en verliest het de functie als overwinteringsbiotoop.

Advies en score maatregel

De maatregel vereist geen grote en risicovolle systeeminterventies. Het draagt bij aan een multifunctioneel, veerkrachtig en gezond watersysteem tegen een relatief lage kosten. Tijdig schone is het uitgangspunt om toxische en zuurstofloze omstandigheden te voorkomen. Dit vereist dat de verdieping machinaal toegankelijk moet zijn. Figuur 50 toont de geschikte overwinteringsbiotoop en zandvang locaties. De maatregel scoort zeer goed.



Figuur 50: De gele stippen tonen de locatie waar een waterbodemverdieping gecombineerd kan worden aangelegd met een zandvang. De locaties zijn machinaal bereikbaar.

Knelpunt 9 en 10 samengevoegd.

Knelpunt 9: Predatiedruk aalscholver. De predatiedruk lijkt zowel de lengteklasse variatie als het evenwicht van de visstand aan te tasten. Grote brasems domineren de visbiomassa en de abundantie van snoek en ruisvoorn is zeer laag (§4.6.1).

Knelpunt 10: Te weinig schuilhabitaten. De grote waterlichamen hebben te weinig beschuttingsmogelijkheden door gebrek aan aquatische vegetatie. Dit maakt het ideale foerageerwateren voor aalscholvers (§4.6.1).

Maatregel

- Maatregel F1. Schuilmogelijkheden creëren (knelpunt 9 en 10). Schuilmogelijkheden creëren door in het najaar houtachtige objecten te laten afzinken nabij heringerichte oevers, visstekken en overwinteringsplekken (Sportvisserij Nederland, 2015b).
- Maatregel F2. Stimuleren van macrofyten groei (knelpunt 9 en 10). Daarnaast kan de plaatselijke ontwikkeling van rietkragen en de aanplant van macrofyten als schuilhabitat functioneren. De elders aanbevolen maatregel met betrekking tot het verbeteren van migratieroutes (maatregel B, D1 en D2) en het realiseren van overwinteringsbiotoop (maatregel E) dragen ook bij aan een evenwichtige en natuurlijke visstand.

Effect van maatregel

Maatregel F1 en F2. Door het aanbieden van schuilhabitaten verkleint het jachtsucces van de aalscholver. Predatiegevoelige vissen hebben een grotere kans op doorgroei en reproductie.

De predatiedruk is in het algemeen is het grootst in het herfst- en winterperiode (Klinge & Witjes, 2000; Marc Budé, 2008).

In dezelfde periode sterven de meeste macrofyten en reduceert het aantal schuilhabitaten aanzienlijk. De kleine inrichtingsmaatregel 'introduceren van houtachtige objecten' dragen bij aan het doelmatige creëren van een natuurlijk gevarieerde lengteklasse verdeling en een evenwichtig ecologisch verantwoord visbestand. Naast vis worden ook invertebraten (Connor, 1991; Johnson et al., 2005) en kreeftachtige aangetrokken tot deze houtachtige objecten, wat weer een voedselbron is voor vis (Spikmans, 2006).

Kanttekening

- Maatregel F1. De houtachtige objecten kunnen hinderlijk zijn tijdens het onderhoud. Daarnaast bestaat de kans dat recreanten zich verwonden aan de objecten.
- Maatregel F2. De waterhelderheid moet verbeteren om de groei van macrofyten te stimuleren. Dit is een moeilijke opgave.

Advies en score maatregel

Maatregel F1. De implementatie van de maatregel wordt alleen aanbevolen op de grote waterlichamen. Bij kleine waterlichamen kan het de doorstroom belemmeren. Bij het introduceren van houtachtig objecten gaat de voorkeur uit naar takken die met de stam op de oever liggen (zie figuur 51 c) Dit vanwege de minimaal bijdraagt aan organisch materiaal (figuur 51a-b-c). De visbeheervisie is opgesteld ter onderbouwing van de maatregelen die betrekking hebben tot de visstand. De maatregel F1. scoort ruim voldoende en maatregel F2. scoort voldoende.



Figuur 51: A: De treurwilg in waterlichaam 57 biedt het gehele jaar door schuilmogelijk voor vissen. Het nadelig effect is de jaarlijkse nutriëntbelasting door bladval in de herfstmaanden. B en C: Na de bladvalperiode zijn elzentakken in het water geplaatst als schuil- paai- opgroei en foerageren habitat voor vissen. De verrijking van nutriënten is minimaal. Daarnaast zijn de takken relatief makkelijk te verwijderen indien dit noodzakelijk is voor bijvoorbeeld het onderhoud.

Visbeheervisie

De recente herinrichtingprojecten hebben de paai- en schuil mogelijkheden voor vissen en amfibieën vergroot. Het verwijderen van de stuw ter verbetering van de vismigratie wordt niet aanbevolen. Een evenwichtig en ecologisch verantwoord visbestand zal op natuurlijke wijze moeten ontstaan. Het doelmatig terugbrengen van de visbiomassa door de abundantie van grote brasems te verkleinen is niet direct gewenst. De veronderstelling is ook dat de waterhelderheid niet dan wel tijdelijk zal verbeteren door de verwijdering van grote brasems. Daarnaast wordt het uitzetten van vis bijvoorbeeld zeelt niet als zinvol geacht. De visstand zal zich afhankelijk van de aquatische vegetatie, helderheid etc. aanpassen en doorgroeien tot de draagkracht is bereikt. Door vis weg te vangen en uit te zetting zal het visbestand tijdelijk verbeteren waarna het bestand zich weer aanpast op de heersende fysisch- chemisch en biologische factoren. Het wegvangen en uitzetten van vissen wordt geïnterpreteerd als een vorm van symptoombestrijding en draagt niet bij aan de bronproblematiek.

Knelpunt 13 en 14 samengevoegd

Knelpunt 13: Overmatig gebruik van visvoer. Overmatig gebruik van visvoer (voornamelijk lokvoer) verrijkt het oppervlaktewatersysteem met nutriënten en draagt dus bij aan het eutrofiëringsproces

Knelpunt 14: Overtollig visvoer (eind vissessie) wordt vaak in het water of op de oever gegooid. Dit zorgt voor een onnodige toevoer van nutriënten die niet alleen de waterkwaliteit maar ook sportvissers benadeelt. Daarnaast trek het ongedierte aan.

Maatregel

- Maatregel H1. Maximale hoeveelheid visvoer begrenzen (knelpunt 13 en 14). Het gebruik van visvoer in de stedelijke waterlichamen van Nijmegen begrenzen op 500 gr/dag drooggewicht (zie onderbouwing begrenzing). Het gebruik van zandhoudende producten begrenzen op 200 gr/dag. Daarnaast mag niet meer dan ¼ liter maden, casters of wormen voor handen liggen als haakaas.
- Maatregel H2. Bewuste sportvissers (knelpunt 14). Sportvissers bewust maken dat het overtollige visvoer niet meer in het water of op de oever thuis hoort. Op de vergunning en in het bijgeleverd reglement moet hierop geattendeerd worden.

Effect van maatregel:

1. Maximale hoeveelheid visvoer begrenzen H1: Door de begrenzing worden de veelgebruikers van lokvoer en overige visproducten beperkt in het gebruik. De beperking vermindert de nutriëntenbelasting van het water. Handhavers, controleurs en buitengewoon opsporingsambtenaars kunnen steekproefsgewijs controles uitvoeren. Tijdens viswedstrijden is de organisatie verantwoordelijk hiervoor.
- Bewuste sportvissers H2: Overtollig visvoer wordt niet in het water of op de oever gegooid. De onnodige toevoer van nutriënten en de aantrekking van ongedierte reduceert. Daarnaast is het een onderling teken van respect, voor dezelfde passie.

Kanttekening:

- Maximale hoeveelheid visvoer begrenzen H1: Een goede en structurele handhaving op de hoeveelheid visvoer is moeilijk. Sportvissers kunnen het visvoer uit het zicht leggen. Het op heterdaad betrappen is het beste uitgangspunt bij vrij vissen.
- Bewuste sportvissers H2: In hoeverre het bewustwordingsproces over het milieubewust omgaan met overtollig lokvoer zich ontwikkelt zonder enige vorm handhaving is bediscussieerbaar.

Advies en score maatregel

De beleidsmaatregelen met bijbehorende begrenzingen moeten in overeenstemming met Hengelsport federatie Midden Nederland geldig worden verklaard. De beleidsmaatregelen hebben enkel betrekking tot de stedelijke watersystemen van Nijmegen. De maatregelen dragen bij aan een gezonder watersysteem waardoor o.a. recreatieve functies beter tot ontplooiingen kunnen komen. Beide maatregelen scoren ruim voldoende.

Onderbouwing begrenzing

Uit een enquête naar het gebruik van lokvoer in de Maasplassen en bij een groep Vispashouders in Friesland blijkt dat de gemiddelde sportvisser 1 kg lokvoer gebruikt per dag. Twee pieken waren zichtbaar bij het gebruik van lokvoer. Een bij 500 gram en een bij 1000 gram (Emmerik & Peters, 2009). De Maasplassen zijn vele malen groter, veel dynamischer, er zit recreatievaart op en eisen vaak grovere en andere vistechnieken. Het is niet bekend op welke viswatertypes de Friese Vispashouders viste. Het lokvoergebruik in stedelijke wateren wordt veel lager geschat. De hypothese is dat meeste sportvissers geen hinder ondervinden van de begrenzen. Het is bekend dat enkele hengelsportverenigingen een vergelijkbare begrenzing hanteren voor visvijvers (HSV de Ruisvoorn, n.d.). De begrenzingen kunnen worden opgenomen in het reglement, die bijgeleverd wordt met de vergunning. Bij viswedstrijden moet de organisatie deze regels opnemen in het wedstrijdreglement. Handhavers, controleurs van hengelsportverenigingen en buitengewoon opsporingsambtenaren (BOA's) kunnen steekproefsgewijs controles uitvoeren. Bij het overschrijden van de regelgeving mag de handhaver het te veel aan voer tot zijn bezit nemen of de sportvisser vriendelijk verzoeken om het vismateriaal op te ruimen en vredig naar huis te keren.

Referentie

- Budé, M. (2008). *De sportvisserij en het aalscholvervraagstuk in Limburg*. Hengelsport federatie Limburg.
- Connor, N. (1991). *The effects of habitat complexity on the macroinvertebrates colonising wood substrates in a lowland stream*.
- Waterschap Rivierenland. (n.d.) *Tabel minimale diepte kabels en leidingen parallel aan wegen*. Opgehaald van website Waterschap Rivierenland, op 13 april 2016.
- Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. (n.d.). *Beleidsregel werken in, op of langs oppervlaktewaterlichamen*. Opgehaald van website Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, op 28 april 2016. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Oz8SLtWsRDEJ:www.hdsr.nl/publish/library/22/beleidsregel-05-werken-in-op-of-langsoppervlaktewaterlichamen.pdf+&cd=2&hl=nl&ct=clnk&gl=nl>
- HSV de Ruisvoorn. (n.d.). *Vergunning*. Opgehaald van website HSV de Ruisvoorn, op 26 april 2016. <http://www.hsv-deruisvoorn-helden.nl/vergunningen.shtml>.
- Johnson, L., Breneman, D. & Richards, C. (2003). *Macroinvertebrate community structure and function associated with large wood in low gradient streams*. In River Research and Applications (pp. 19: 199–218). Duluth: Wiley InterScience.
- Klinge, M. & Witjes, G.J. (2000). *Bureaustudie invloed aalscholvers IJsselmeer en Markermeer op visstand en beroepsvisserij*. Witteveen en Bos. Referentie, DDT135-1/winb/027.
- Sportvisserij Nederland. (2015b). *Aalscholver en sportvisserij*. Opgehaald van website Sportvisserij Nederland, op 3 mei 2016. <http://www.sportvisserij nederland.nl/actueel/dossiers/12/aalscholver-en-sportvisserij.html>

Bijlage 22. Multicriteria analyse

De resultaten van de Multicriteria analyse worden per maatregel weergegeven in de onderstaande tabellen. De volgorde loopt synchroon aan hoofdstuk 6.

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	A1. Kwelschermplaatsen	1	2	Kleiner basisafvoer debiet
Duurzaam		-1	-2,5	Tijdelijke oplossing voor het behalen van de kwaliteitsnorm
Veerkrachtig		-1	-2	De verslechterende doorstroming kan resulteert in waterkwaliteitsproblemen
Aantrekkelijk		0	0	Waterkwaliteitsproblemen tast de beleving aan en beperkt de recreatiefuncties
Kosten		-1	-1	Hoge investeringskosten
Uitvoering		-1	-1	Moeilijk uitvoerbaar
Objectieve score			-4,5	Onvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	A2. Geautomatiseerde stuw	1	2	Kleiner basisafvoer debiet in tijden van hevige neerslag waarbij de droogleggingsnorm evengoed behaald worden
Duurzaam		1	2,5	Structurele brongericht maatregel
Veerkrachtig		1	2	Natuurlijker peilbeheer
Aantrekkelijk		0	0	Geen direct effect op de beleving
Kosten		1	1	Investeringskosten zijn noodzakelijk geacht
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			8.5	Zeer goed

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	B: Duikers aanpassen	1	2	Kleinere verhanglijn en betere verdeling van het beschikbaar water
Duurzaam		1	2,5	Structurele oplossing voor kwantiteit en kwaliteitsproblemen
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Kleinere kans op eutrofiëringsprocessen dit kan recreatie stimuleren
Kosten		0	0	Acceptabel geschat
Uitvoering		-1	-1	Het naderonderzoek en de implimentatie kost veel tijd
Objectieve score			7	Goed

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	C: Water sturende en debiet afhankelijke constructie	1	2	Betere verdeling van het beschikbare water
Duurzaam		1	2,5	Structurele oplossing maar niet direct noodzakelijk
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		0	0	Constructie is niet zo aantrekkelijk maar ook niet storend
Kosten		-1	-1	Hoge investeringskosten
Uitvoering		-1	-1	Het ontwerpen en de realiseren van constructie eis veel tijd
Objectieve score			4,5	Voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	D.1 Duiker ontmantelen	1	2	Betere doorstroming en minder opstuwing
Duurzaam		1	2,5	Structurele oplossing voor het zichtbaar- en leefbaar maken van water
Veerkrachtig		1	2	Migratie van organismes verbetert
Aantrekkelijk		1	1,5	Verborgen water wordt weer zichtbaar en heeft een hogere belevingswaarde
Kosten		1	1	Lage investeringskosten
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			10	Zeer goed

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	D.2 Ecologische migratievoorziening		0	Geen effect
Duurzaam		0	0	Geen effect
Veerkrachtig		1	2	Zorgt voor een betere migratie van organismes
Aantrekkelijk		0	0	Geen effect
Kosten		0	0	Kosten zijn acceptabel als meeliftproject, maar er moet alsnog geïnvesteerd worden
Uitvoering		0	0	Het moet als meeliftproject meegenomen en uitgevoerd worden
Objectieve score			2	Zeer matig

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	E. Overwinteringsbiotoop met zand- en bladvang	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	In het artificiële watersysteem overwinteringsbiotopen aanleggen. Vermindert het negatieve effect van het gescheiden rioolstelsel
Veerkrachtig		1	2	Evenwichtigere biodiversiteit bij koud- en warm bloedige dieren Gezondere waterbodem
Aantrekkelijk		1	1,5	Hogere waterhelderheid
Kosten		1	1	Lage investeringskosten
Uitvoering		1	1	Het is relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			8	Zeer goed

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	F1. Predatie aalscholver reduceren door houtachtige objecten	0	0	Geen effect mits het alleen toegepast wordt op de grotere waterlichamen
Duurzaam		0	0	Geen effect
Veerkrachtig		1	2	Betere lengteklasse variatie en evenwichtigere visstand
Aantrekkelijk		1	1,5	Aantrekkelijk water voor sportvissters
Kosten		1	1	Zeer lage kosten
Uitvoering		1	1	Zeer makkelijk realiseerbaar
Objectieve score			5,5	Ruim voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	F2. Predatie aalscholver reduceren door stimuleren van macrofyten groei	0	0	Geen effect
Duurzaam		0	0	Door overbevissing is de aalscholver naar de binnenwateren getrokken
Veerkrachtig		1	2	Betere lengteklasse variatie en evenwichtigere visstand Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Aantrekkelijker water voor sportvissters
Kosten		0	0	Het kost structureel geld om handhaving te verwezenlijken
Uitvoering		0	0	Het is moeilijk om waterhelderheid te verbeteren op de grote waterlichamen. Maatregel E draagt hier deels aan bij
Objectieve score			3,5	Voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	G. Actief Biologisch Beheer	0	0	Geen effect
Duurzaam		-1	-2,5	Kunstmatig beheer van de visstand is niet duurzaam
Veerkrachtig		0	0	Geen effect. De visstand zal zich aanpassen aan de heersende fysisch- chemisch en biologische factoren
Aantrekkelijk		1	1,5	Aantrekkelijker water voor sportvissters. Dit kan temporaal zijn.
Kosten		0	0	Het wegvangen van vis zou tegelijkertijd uitgevoerd kunnen worden met een visserijkundig onderzoek. Het uitzetten van pootvis zou bekostigt kunnen worden door de Hengelsport Federatie
Uitvoering		1	1	De maatregel is relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			0	Ze matig

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	H1. Begrenzen van hoeveelheid visvoer	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	Verduurzaming recreatiebeleid
Veerkrachtig		1	2	Beteren waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Recreatieve functie komen beter tot ontplooiing
Kosten		0	0	Het kost structureel geld om handhaving te verwezenlijken
Uitvoering		-1	-1	Hengelsport federatie Midden Nederland moet akkoord gaan de regelgeving op te nemen in de vergunning. Daarnaast is handhaving is moeilijk
Objectieve score			5	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	H2. Overtollig visvoer	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2	Verduurzaming van recreatiebeleid
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Recreatieve functie komen beter tot ontplooiing Daarnaast trekt het minder ongedierte aan
Kosten		0	0	Lage investeringskosten (geen handhaving)
Uitvoering		0	0	Hengelsport federatie Midden Nederland moet akkoord gaan de regelgeving op te nemen in de vergunning.
Objectieve score			5,5	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	I. Burgers bewaken waterkwaliteit en- kwantiteit	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	Belanghebbende burgers worden ingezet
Veerkrachtig		0	0	Geen effect
Aantrekkelijk		0	0	Geen effect
Kosten		0	0	De investeringskosten zijn acceptabel maar niet direct noodzakelijk voor gemeente Nijmegen
Uitvoering		-1	-1	Integrale samenwerking tussen waterpartners. Implementatie kan tijdrovend zijn.
Objectieve score			1,5	Matig

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	J1. Burgers informeren over voederen watervogels	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	Verduurzaming van woonomgeving
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Evenwichtigere vogelpopulatie
Kosten		0	0	Geen hoge investeringskosten mits de implementatie uitgevoerd word door een stagiaire
Uitvoering		-1	-1	Implementatie is tijdrovend
Objectieve score			5	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	J2.en J3. Regulieren van voederplekken en het plaatsen van inzamelbakken voor brood	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	Verduurzaming van recreatiebeleid
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Evenwichtigere vogelpopulatie
Kosten		-1	-1	Investeringskosten zijn hoog t.o.v. verwacht effect. De inzamelingsbak moet wekelijks geschoond worden
Uitvoering		-1	-1	Implementatie is tijdrovend
Objectieve score				4 voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	K. Aankoppelen van verhardoppervlakte	1	2	Minder regenwaterafvoer naar oppervlaktewatersysteem Kleinere piekafvoer
Duurzaam		1	2,5	Het effect van antropogene activiteiten verminderd
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		0	0	Geen effect
Kosten		1	1	Investeringskosten zijn acceptabel.
Uitvoering		-1	-1	De hoofdwegen moeten gedeeltelijk afgesloten worden (mobiliteitsvraagstuk)
Objectieve score			6,5	Ruim voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	L1.Aanleg duurzaam gescheiden rioolstelsel	1	2	Het creëert meer bergingscapaciteit in het watersysteem. Reduceert de piekafvoer. Geen rioolvreemd water (meer capaciteit voor dwa)
Duurzaam		1	2,5	Het effect van antropogene activiteiten verminderd
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		1	1,5	Meer groen in de wijken
Kosten		-1	-1	Investeringskosten zijn hoog
Uitvoering		-1	-1	Uitvoering vraagt een hoge inspanningsverplichting, is tijdrovend en de totale omschakeling van het rioolstelsel duurt circa 15 tot 20 jaar
Objectieve score			6	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	L2.Renoveren van rioolstrengen	1	2	Geen rioolvreemd water . Dit resulteert in een hoge afvoercapaciteit
Duurzaam		-1	-2,5	Temporale oplossing. Vernieuwing zal op langtermijn noodzakelijk zijn
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit
Aantrekkelijk		0	0	Geen effect
Kosten		0	0	Investeringskosten zijn noodzakelijk voor de functionaliteit te waarborgen
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			2,5	voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	M1. Waterbeschermingszone toekennen parallel langs waterlopen	1	2	Het beschermd het hydraulische doorstroomprofiel
Duurzaam		1	2,5	Structurele oplossing voor het tegen gaan van onwenselijke bouw- en beplantingsplannen
Veerkrachtig		0	0	Geen effect
Aantrekkelijk		1	1,5	Vergunning aanvraag binnen de waterbeschermingszone om de omgeving (gestuurd) aantrekkelijk te houden
Kosten		0	0	Acceptabel
Uitvoering		0	0	Deze maatregel wordt momenteel uitgevoerd
Objectieve score			6	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	M2. Verwijderen van ongewenste bomen voor onderhoud	1	2	Het beschermt het hydraulische doorstroomprofiel
Duurzaam		0	0	Geen effect
Veerkrachtig		1	2	Betere waterkwaliteit (minder organisch materiaal)
Aantrekkelijk		-1	-1,5	Er ontstaat een gat in de stedelijk landschapsstructuren.
Kosten		1	1	Acceptabel
Uitvoering		1	1	Makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			4,5	Voldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	N. Asset management	1	2,5	Het beschermd de hydraulische doorstroomprofiel
Duurzaam		0	0	Geen effect
Veerkrachtig		0	0	Geen effect
Aantrekkelijk		1	1,5	Minder opeenhoping van drijfvuil of dergelijke
Kosten		0	0	Acceptabel geschat
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			5	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	O. Verwijdering van niet functionele beschoeiing	0	0	Het profiel krijgt een hogere ruwheidfactor, dit zorgt voor opstuwing
Duurzaam		1	2,5	Er is geen houtwerk meer nodig voor de beschoeiing
Veerkrachtig		1	2	De ecologie komt beter tot ontplooiing
Aantrekkelijk		1	1,5	Meer groen in de wijk
Kosten		1	1	Acceptabel
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			8	Zeer goed

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	P. Uitbreiding monitoringsprogramma	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	Het geeft inzicht in systeemeigen processen en het effect van antropogene activiteiten
Veerkrachtig		1	2	Het geeft inzichten in de veerkrachtigheid van het systeem
Aantrekkelijk		0	0	Geen effect
Kosten		0	0	Kosten lijken acceptabel
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			5.5	Ruimvoldoende

Criteria	Maatregel	Score	Totaal score	Argumentatie
Robuust	Q. Het actualiseren van de ecologische inventarisatie	0	0	Geen effect
Duurzaam		1	2,5	Het geeft inzicht in systeemeigen processen en het effect van antropogene activiteiten
Veerkrachtig		1	2	Het levert data om het succes van de herinrichting te toetsen en om nieuwe ecologische kansen/doelen te detecteren
Aantrekkelijk		0	0	Geen effect
Kosten		0	0	Kosten lijken acceptabel
Uitvoering		1	1	Relatief makkelijk uitvoerbaar
Objectieve score			5,5	Ruimvoldoende