

Onderzoek grondwaterstromingspatroon Eindhoven Centrum-Noord

Verontreiniging Kruisstraat 66-68

[Eindhoven, 04 juni 2015]



Onderzoek Grondwaterstromingspatroon Eindhoven Centrum-Noord

Afstudeeronderzoek naar het grondwaterstromingspatroon in het noordelijk centrumgebied van Eindhoven rondom Kruisstraat 66-68

Omslagfoto: Noordelijk centrumgebied te Eindhoven anno 1961 (Bron: *gemeente Eindhoven*)

Definitief

Trefwoorden: Grondwaterstromingspatroon, VOCl-verontreiniging, gebiedsgericht grondwaterbeheer.



Hogeschool van Hall Larenstein
Faculteit Land- en Watermanagement
Larensteinselaan 26A
6882 CT Velp

Begeleiding: Peter Groenhuijzen



Gemeente Eindhoven
Afdeling Verkeer en Milieu
Postbus 90150
5600 RB Eindhoven



Grontmij Nederland B.V.
Eindhoven, 04 juni 2015

Begeleiding: Roel Wijnhoven

Verantwoording

Titel : Onderzoek Grondwaterstromingspatroon Eindhoven
Centrum-Noord

Subtitel : Afstudeeronderzoek naar het grondwaterstromingspatroon in
het noordelijk centrumgebied van Eindhoven rondom
Kruisstraat 66/68

Projectnummer : 342313

Referentienummer :

Revisie : D1

Datum : 04 juni 2015

Auteur : A. Dees

E-mail adres : ab.dees@grontmij.nl

Gecontroleerd door : Ing. R.L.T.A. Wijnhoven

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : Ing. D.J. Bolder

Paraaf goedgekeurd :

Contact : Grontmij Nederland B.V.
Zernikestraat 17
5612 HZ Eindhoven
Postbus 1265
5602 BG Eindhoven
T +31 88 811 66 00
F +31 40 244 37 97
www.grontmij.nl

Voorwoord

Gewaardeerde lezer, voor u ligt mijn afstudeerrapport “*Onderzoek Grondwaterstromingspatroon Eindhoven centrum-noord*”. Een onderzoek om te verklaren hoe een verontreiniging in Eindhoven zich tegen de verwachte grondwaterstromingsrichting in verplaatst heeft.

Dit onderzoek vormt de afsluiting van mijn deeltijd bachelor-opleiding Land- en Watermanagement aan Hogeschool van Hall Larenstein te Velp. Deze opdracht vormt tevens de afsluiting van een enerverende periode van vier jaar waarin studie met werk gecombineerd is en waarin een week van zeven dagen vaak te kort was.

De opdracht die Grontmij beschikbaar had bleek uitstekend aan te sluiten bij de brede oriëntatie op het gebied van watermanagement volgens Hogeschool van Hall Larenstein. Nagenoeg alle aspecten uit de afgelopen studiejaren zijn voorbijgekomen, van cultuurhistorie tot hydrologie en van geologie tot milieukunde.

Graag wil ik Grontmij bedanken voor de ruimte die er was om vrij te bewegen binnen de organisatie en om regelmatig een kijkje te kunnen nemen bij andere expertises. Het enthousiasme en de oprechte interesse waarmee vraagstukken binnen Grontmij benaderd worden geeft goed voorbeeld. Roel, bedankt voor je altijd kritische en waardevolle begeleiding en je flexibiliteit daarin. Alex en Arno, bedankt voor jullie input tijdens het gehele traject.

Verder wil ik Peter Groenhuijzen bedanken voor de begeleiding van het proces vanuit van Hall Larenstein.

Tot slot wil ik het thuisfront bedanken voor jullie steun tijdens de studiejaren.

Eindhoven, 4 juni 2015,

Ab Dees

Samenvatting

De aanwezigheid van grootschalige grondwaterverontreinigingen in het centrumgebied van Eindhoven brengt risico's en belemmeringen met zich mee bij ontwikkelingen in de ondergrond. De verontreinigingen leiden tot bodemonderzoeken, administratieve rompslomp en vertragingen of zelfs stagnatie van ontwikkelingen in de boven- en ondergrond. Grontmij Nederland B.V. heeft in opdracht van de gemeente Eindhoven de mogelijkheden onderzocht om gebiedsgericht grondwaterbeheer toe te passen in de binnenstad van Eindhoven. Met gebiedsgericht grondwaterbeheer worden ondergrondse vraagstukken integraal en op gebiedsniveau aangepakt zodat aanwezige verontreinigingen een minimale belemmering en risico vormen bij ontwikkelingen in de ondergrond. Tijdens dit onderzoek is gebleken dat de grondwaterstroming ter plaatse van de VOCl-verontreiniging Kruisstraat onvoldoende inzichtelijk is. De verplaatsing van de verontreiniging is hier zuidelijk gericht, terwijl vanuit de gemeente de verwachte grondwaterstroming noordoostelijk gericht is. Inzicht in de stromingsrichting is noodzakelijk om binnen het gebiedsgericht grondwaterbeheer de gebiedsgrenzen te bepalen.

In dit onderzoek is de lokale grondwaterstroming vastgesteld door het onderzoeken van de aspecten die deze stroming beïnvloed hebben in het verleden en nu. Hiervoor is in het onderzoeksplan een inventarisatie gemaakt van de voornaamste aspecten die mogelijk invloed hebben op de grondwaterstroming. Tijdens het onderzoek is hieruit een selectie gemaakt op basis van expert-judgement en de beschikbare tijd. De geselecteerde aspecten zijn de lokale bodemopbouw, lokale grondwaterstromingen, ondergrondse bouwwerken, rioleringen, onttrekkingen, bemalingen en het drainagesysteem. De invloed van de onttrekkingen en het drainagesysteem zijn tevens berekend in een grondwatermodel.

Uit het onderzoek is gebleken dat de drainage in combinatie met het lage maaiveld ter hoogte van het busstation Neckerspoel een zuidelijke stromingsrichting veroorzaakt, in tegenstelling tot de verwachte noordoostelijk gerichte richting. De lokale grondwaterstroming in het gebied is vermoedelijk al vanouds zuidelijk gericht door de drainerende werking van het lager gelegen gebied Neckerspoel ten zuiden van de onderzoekslocatie. Dit gebied was vroeger een moerasig gebied waar het riviertje de Gender stroomde. Tijdens de wederopbouw van Eindhoven na WOII is de infrastructuur ten zuiden van het plangebied heringericht. Het noordelijk stationsgebied en de onderdoorgangen onder het spoor zijn aangelegd onder de natuurlijke grondwaterpiegel. Het gebied is daarom gedraineerd aangelegd om voldoende drooglegging te realiseren. De drainagebasis bevindt zich lager dan het gemiddelde Dommelveil waardoor het grondwater de voorkeur heeft om richting het gedraineerd gebied te stromen, in plaats van richting de Dommel. De zuidelijke stromingsrichting van het grondwater wordt begrensd door een aanwezige grondwaterscheiding ten noorden van de verontreiniging. Onder invloed van een langdurige grondwateronttrekking ten oosten van het plangebied, is de verontreiniging deels in oostelijke richting verplaatst. Dit verklaart vermoedelijk waarom de verontreiniging ten oosten van de bronlocaties is aangetroffen.

Door inzicht te krijgen in het huidige stromingsbeeld is het verwachtingspatroon van de gehele verontreinigingspluim Kruisstraat vastgesteld in zuidelijke richting. De grens van de lokaal zuidelijk gerichte grondwaterstroming wordt in het noorden afgebakend door een grondwaterscheiding. Deze waterscheiding dient in het kader van het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer geverifieerd te worden omdat dit een natuurlijke begrenzing kan zijn van de te monitoren gebiedsgrenzen. Gezien de ligging van het plangebied zullen toekomstige invloeden op de grondwaterstroming vooral vanuit het zuiden plaatsvinden, hier vinden de meeste bemalingen plaats. Indien ten noorden van de pluim een verandering in de grondwaterstroming plaats vindt, dient rekening gehouden te worden met aantrekking van de verontreiniging. Door de aanwezige slechte doorlatendheid van de bodem zullen kortdurende bemalingen van enkele weken tot maanden de pluim niet noemenswaardig verplaatsen.

Inhoudsopgave

Voorwoord	5	
Samenvatting.....	2	
1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Probleembeschrijving	5
1.3	Doel en resultaat	6
1.4	Onderzoeksvragen	7
1.5	Methodiek	7
1.6	Leeswijzer	9
2	Gebiedsgericht grondwaterbeheer	10
2.1	Huidige status voor Eindhoven	10
2.2	Wettelijk kader.....	10
3	Gebiedsbeschrijving	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Historie van Eindhoven.....	13
3.3	Hoogteligging	16
3.4	Bodemopbouw	16
3.5	Oppervlaktewatersysteem	18
3.6	Grondwatersysteem	20
4	Verontreinigingssituatie	23
4.1	Inleiding	23
4.2	Ontstaan van de pluim Kruisstraat	23
4.3	Kenmerken voor verspreiding van VOCl in de bodem	25
4.4	Verspreiding en risico.....	27
4.5	Beoordeling verontreiniging VOCl Kruisstraat	28
4.6	Resumé	28
5	Lokale invloeden op grondwaterstroming.....	30
5.1	Inleiding	30
5.2	Bodemopbouw deklaag	31
5.3	Lokale grondwaterstromingen in de deklaag	35
5.4	Ondergrondse bouwwerken.....	37
5.5	Rioleringen.....	37
5.6	Onttrekkingen.....	39
5.7	Bemalingen	40
5.8	Drainage	41
5.9	De invloeden samengevat	44
6	Toetsing invloeden in grondwatermodel.....	45
6.1	Inleiding	45
6.2	Modelopbouw.....	45
6.3	Resultaten.....	46
6.4	Conclusie modelberekeningen.....	49

7	Conclusies en aanbevelingen.....	50
7.1	Conclusie	50
7.2	Onderbouwing van de conclusies	50
7.3	Aanbevelingen	51
7.4	Discussie	52

Bijlage 1: Bronvermelding

Bijlage 2: Onderzoekshistorie verontreinigingen

Bijlage 3: Lokale Grondwaterstanden en Isohypsens

Bijlage 4: Geomorfologie

Bijlage 5: Onttrekkingsgegevens 1976-2010

Bijlage 6: Schematisatie boorprofielen

Bijlage 7: Topografische kaarten en luchtfoto's

Bijlage 8: Plan van Aanpak

Bijlage 9: Reflectie op persoonlijk functioneren

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De afgelopen jaren heeft gebiedsgericht grondwaterbeheer zijn intrede gedaan in Nederland. Waar voorheen grondwaterproblematiek sectoraal werd aangepakt, kenmerkt gebiedsgericht grondwaterbeheer zich door een brede aanpak van vraagstukken. In deze benadering worden thema's als stedelijke ontwikkelingen, ondergrondse voorzieningen, waterkwantiteit en waterkwaliteit integraal aangepakt. Deze aanpak kan bijdragen aan oplossingen voor complexe binnenstedelijke vraagstukken waar bijvoorbeeld grondwaterverontreinigingen ontwikkelingen zoals bodemenergiesystemen¹ in de weg staan (ir A.H.M. Schreurs, 2012).

De ondergrond van de binnenstad van Eindhoven wordt steeds intensiever gebruikt voor verschillende functies en opgaven. Dit zijn bijvoorbeeld ondergronds parkeren en (verdieping van) tunnels en onderdoorgangen, maar ook ontwikkelingen zoals bodemenergiesystemen. Ook vinden steeds meer ontwikkelingen plaats waarbij tijdelijke ingrepen noodzakelijk zijn. Denk hierbij aan bemalingen voor tijdelijke bouwkuipen bij werkzaamheden aan kabels en (riool) leidingen in de ondergrond. De aanwezige bodem- en grondwaterverontreinigingen vormen hierbij een steeds terugkerend knelpunt welke voor extra kosten en tijdsvertraging zorgt bij realisatie van projecten in de ondergrond. Vooral in het dicht bebouwde stedelijk gebied is sanering van verontreinigingspluimen een zeer kostbare aangelegenheid. Met de gebiedsgerichte aanpak van het grondwaterbeheer worden verontreinigingspluimen niet actief separaat gesaneerd maar wordt het geheel van pluimen bewaakt en gemonitord. Verplaatsing van de pluimen is dan mogelijk binnen de toegestane grenzen. Dit biedt meer bewegingsvrijheid in de ondergrond en minder bureaucratie. Hierdoor worden kostbare maatregelen voorkomen terwijl de risico's voor verontreiniging zoals verspreiding en blootstelling beter te controleren zijn. Of een integrale aanpak zinvol is, is per situatie verschillend. Nader onderzoek is hiervoor noodzakelijk.

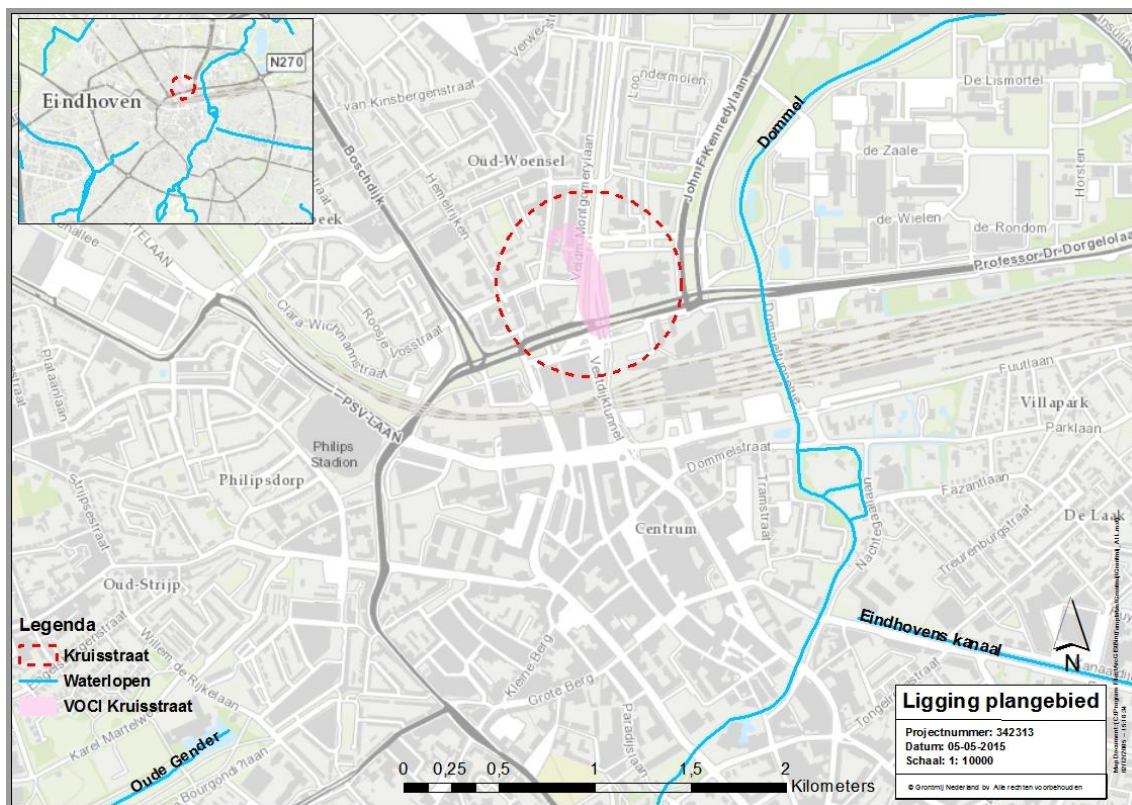
1.2 Probleembeschrijving

Grontmij Nederland B.V.² heeft in opdracht van de gemeente Eindhoven onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om gebiedsgericht grondwaterbeheer in het centrumgebied van Eindhoven toe te passen. Mede op basis van de onderzoeksresultaten kan de gemeente bepalen of het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de binnenstad daadwerkelijk meerwaarde heeft.

Tijdens de verkenning van mogelijkheden door Grontmij is gebleken dat het toepassen van gebiedsgericht grondwaterbeheer zinvol is, maar dat de huidige beschikbare informatie niet toereikend is om het gedrag van een aantal specifieke grondwaterverontreinigingen voldoende te bepalen. Het blijkt namelijk dat enkele verontreinigingspluimen in het freatisch grondwater niet het verwachte stromingspatroon volgen maar een afwijkend patroon in tegengestelde richting laten zien. Deze verontreinigingspluimen bevinden zich in het noordelijk centrumgebied ter hoogte van de Kruisstraat (fig. 1.1) en bestaan uit VOCl (vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen). Om gebiedsgericht grondwaterbeheer toe te passen, is inzicht in het grondwaterstromingspatroon noodzakelijk om een verwachtingspatroon, met daaraan gekoppeld de gebiedsgrenzen vast te stellen.

¹ Te verdelen in open en gesloten systemen conform het Wijzigingsbesluit Bodemenergie (WBBE). Open systemen circuleren grondwater, dit noemt men warmte en koude opslag (WKO). Gesloten systemen wisselen warmte en koude via een gesloten buizenstelsel, deze worden bodemwarmtewisselaars genoemd.

² In het vervolg afgekort tot Grontmij



Figuur 1.1 Overzichtskartaal centrumgebied Eindhoven

Vanwege de overwegend noordnoordoostelijk gerichte grondwaterstroming (fig. 3.12) roept de verplaatsing van de verontreinigingspluim Kruisstraat in zuidelijke richting vragen op over het grondwaterstromingspatroon. Nader onderzoek is daarom nodig om de factoren die verspreiding van de pluim Kruisstraat en mogelijk verdere omgeving beïnvloeden, te onderzoeken. Dit onderzoek is er op gericht deze factoren in kaart te brengen om een verwachtingspatroon ten aanzien van de stroming van het freatisch grondwater op te kunnen stellen. Dit verwachtingspatroon is vertaald naar een advies over het monitoren van de pluimen die binnen het gebiedsgericht grondwaterbeheer in het centrumgebied beheerd worden.

1.3 Doel en resultaat

Het onderzoek dient ter verklaring van het werkelijke grondwaterstromingspatroon in de deklaag ter plaatse van het plangebied³ door het inzichtelijk maken van de factoren en het onderzoeken van de beïnvloeding van deze factoren, die de grondwaterstroming beïnvloeden. Inzicht in de situatie is noodzakelijk vanwege terugkerende problemen rondom de verontreiniging ter plaatse van de Kruisstraat. Dit inzicht wordt gebruikt om een verwachtingspatroon ten aanzien van de grondwaterstromingsrichting op te stellen. Dit advies dient als risicobeheersing voor partijen zoals de gemeente Eindhoven als beheerder van de verontreiniging en ontwikkelaars bij de voorbereiding en uitvoering van projecten in de boven- en ondergrond. Met de resultaten van het onderliggend onderzoek kunnen de gebiedsgrenzen van het gebiedsgericht grondwaterbeheer in het plangebied worden bepaald. Verder is inzicht in het stromingspatroon noodzakelijk voor het opstellen van een monitoringsplan. Tenslotte kunnen de resultaten een vertrekpunt vormen voor meerdere vervolgstudies, bijvoorbeeld als input ter optimalisatie van het grondwatermodel van Eindhoven.

In navolgend kader (fig. 1.2) is het maatschappelijk kader van dit onderzoek samengevat.

³ Op kaartmateriaal in dit rapport is het plangebied aangeduid als Kruisstraat met een rood of blauw gestippelde cirkel

Sinds de noodzaak bekend is om (grootschalige) bodem- en grondwaterverontreinigingen te onderzoeken en te saneren zijn in Eindhoven veelvuldig historische, nadere en aanvullende onderzoeken uitgevoerd vanuit aanvragen voor bouwvergunningen of werken in de ondergrond. De aanwezige verontreinigingen leiden bij ontwikkelingen in de ondergrond tot veel (administratieve) rompslomp en bijbehorende kosten. Deze kosten kunnen aanzienlijk zijn. Denk hierbij aan concrete werkzaamheden zoals een vooronderzoek, veldwerk met monsternames, het opsturen van de monsters naar het laboratorium, verwerking en rapportage. Dit alles zorgt tevens voor vertragingen die moeilijk in geld zijn uit te drukken. Ook kunnen dit belemmeringen zijn om voorgenomen ontwikkelingen, vanwege kosten en tijd, niet uit te voeren hetgeen niet wenselijk is.

Om de belemmeringen als gevolg van de aanwezige verontreinigingen zoveel mogelijk te beperken door een integraal beleid te voeren, dat is vastgelegd binnen het wettelijk kader van de Wet Bodembescherming (Wbb) kan gebiedsgericht grondwaterbeheer toegepast worden voor het centrumgebied van Eindhoven. Naast de geldelijke besparingen levert dit ook milieuwinst op door minder transportbewegingen, minder grondverstoring, minder afval en minder energieverbruik. Dit maakt instellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer tevens een duurzame maatregel.

Om gebiedsgericht grondwaterbeheer op te kunnen stellen voor de binnenstad van Eindhoven is inzicht in ondergrondaspecten noodzakelijk. Een wezenlijk onderdeel hiervan zijn technische aspecten zoals de opbouw van de bodem, locaties van de pluimen en stroming van het grondwater. Momenteel is onvoldoende inzicht in het grondwaterstromingspatroon aanwezig om het verspreidingsgedrag goed te kunnen bepalen. De resultaten van dit onderzoek zijn noodzakelijk om te bepalen of de verontreinigingen of stromingen van grondwater binnen het plangebied en elders in Eindhoven afwijken van de verwachting. Zonder deze gegevens is het niet mogelijk een goede gebiedsbegrenzing met monitoring voor het gebiedsgericht grondwaterbeheer vast te stellen.

Figuur 1.2 Nut en Noodzaak

1.4 Onderzoeksvragen

Om het onderzoek vorm en richting te geven, zijn uit de probleembeschrijving en het doel concrete vragen geformuleerd. De hoofdvraag in dit onderzoek luidt:

“Hoe kan nader inzicht in het grondwaterstromingspatroon in het noordelijk centrumgebied rondom de Kruisstraat 66/68 te Eindhoven bijdragen aan het gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de binnenstad van Eindhoven?”

Deze onderzoeksvraag is vertaald naar de volgende deelvragen:

- Wat is gebiedsgericht grondwaterbeheer?
- Wat is het wettelijk kader van het gebiedsgericht grondwaterbeheer?
- Wat is de huidige opbouw van de ondergrond van het plangebied Kruisstraat?
- Welke factoren beïnvloeden en hebben invloed gehad op het grondwaterstromingspatroon in het plangebied en in welke mate?
- Hoe kunnen de resultaten van dit onderzoek vertaald worden naar een advies richting het instellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer?
- Welke aanbevelingen kunnen er gedaan worden aan de hand van de onderzoeksresultaten?

1.5 Methodiek

1.5.1 Werkwijze

De methode die is gebruikt om de onderzoeksvraag en de deelvragen te kunnen beantwoorden is uitgevoerd conform het onderzoeksplan (Dees, 2015). Het onderzoeksproces is verdeeld in drie fases:

- Fase 1, Inventarisatie en informatiewinning. In de eerste fase is informatie verzameld door middel van deskstudy uit archiefonderzoek, interviews en terreininspectie.

- Fase 2, Analyse, uitwerking en doorrekenen van scenario's. De analysefase bestaat uit het vastleggen en visualiseren in kaarten van gegevens in een geografisch informatiesysteem (ArcGIS) en het bepalen van de onderlinge samenhang van aspecten. De invloed van bepaalde aspecten is indicatief berekend met een grondwatermodel.
- Fase 3, Rapportage en advies. Na voortschrijdend inzicht is in de 3^e fase het resultaat uit de analyse beschreven naar een advies over de verontreiniging Kruisstraat richting het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer en een doorkijk naar mogelijke vervolgstudies. Dit proces is samengevat in tabel 1.1.

Tabel 1.1 Methodiek en projectproces

	Fase 1: Inventarisatie en informatiewinning	Fase 2: Analyse, uitwerking en doorrekenen van scenario's	Fase 3: Rapportage en advies
Processtap	• Startoverleg • Inventarisatie basisgegevens • Interviews met betrokkenen en deskundigen	• Analyse en visualisatie	• Rapportage
Doel	• Gezamenlijk verkennen van de opdracht • Grenzen van de opdracht bepalen • Overlegmomenten vastleggen	• Informatie bundelen en beoordelen op relevantie in conceptrapport	• Opstellen advies richting monitoring grenzen gebiedsgericht grondwaterbeheer
Activiteiten	• Inventarisatie informatiebronnen • Bepalen strategie en plannen van interviews	• Visualisatie van data (ArcGIS) • Beschrijvend onderzoek • Berekening invloeden in geohydrologisch model(GMS)	• Samenstellen rapport • Doorkijk naar vervolg
Tools	• NAZCA⁴ • REGIS/DINO loket • Diverse websites • Gebiedsverkenning • Triplex	• Esri ArcGIS • Aquaveo GMS (MODFLOW)	• APA6 Richtlijnen
Producten	• Gegevens omtrent bodemopbouw, historie, ophogingen, dempingen, stromingspatronen, obstakels in de ondergrond	• Thematische kaarten met gebiedskenmerken • Conceptrapport	• Adviesrapport inclusief GIS kaarten en modelsimulaties
Besluit	• Akkoord Plan van Aanpak	• Akkoord conceptrapport	• Akkoord definitief rapport

Voor alle informatie geldt dat deze in de juiste context en tijd geplaatst zijn. Bijvoorbeeld een onttrekking die 20 jaar geleden beëindigd is, heeft nu geen actieve invloed meer. Als de verontreiniging zich echter in dezelfde tijd ontwikkeld heeft, kan dat wel een verklaring zijn voor de verspreiding destijds. Vanwege de grote hoeveelheid informatie is deze geselecteerd op relevantie door de gegevens regelmatig te bespreken met interne deskundigen en zodoende een prioritering aan te brengen.

⁴ Nazca is het digitale gemeentelijk ondergrondbestand. Nazca ontleent de naam aan de zogenaamde Nazca-lijnen in Peru. Vanaf maaiveld niet zichtbaar, maar van bovenaf gezien geeft het overzicht.

1.5.2 Begrenzing

Waar onderzoeken vaak plaatsvinden vanuit een sectorale aanpak, bijvoorbeeld een bemaalingsadvies of saneringsonderzoek, is dit onderzoek uitgevoerd vanuit een brede visie. Zo wordt de hoofdvraag benaderd vanuit meerdere disciplines zoals cultuurhistorie, archeologie, geohydrologie en milieukunde om de mogelijke invloeden op de grondwaterstroming te achterhalen. De fysieke afbakening van het onderzoek(sgebied) is in de diepte begrensd tot de deklaag op circa 25 m-mv. In de andere richtingen wordt de grens bepaald afhankelijk van het type invloed, maar zal globaal een afstand van circa 1 à 2 kilometer bedragen. Een stroombaan binnen de verontreinigingspluim kan invloed hebben gehad, maar een onttrekking op veel grotere afstand even goed.

1.5.3 Doelgroep

Het rapport is opgesteld voor twee verschillende doelgroepen. Enerzijds dient het als afstudeerrapport voor de opleiding Land- en Watermanagement aan Hogeschool van Hall Larenstein, het rapport dient hier als beoordelingscriterium om deze opleiding met goed gevolg af te ronden. Daarnaast is het onderzoek uitgevoerd in opdracht van de gemeente Eindhoven. De inhoud is hier bedoeld als inzicht in de grondwaterstroming en verontreinigingssituaties en als advies naar het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer in het centrumgebied van Eindhoven.

1.6 Leeswijzer

Ter verduidelijking van de opbouw van het rapport is een leeswijzer toegevoegd. In de hieronder weergegeven *tabel 1.2* zijn van elk hoofdstuk de inhoud en relevantie beschreven. Vanuit de onderzoeksvraag zijn het gebied en de verontreinigingssituatie in kaart gebracht. Na analyse van de lokale invloeden is hieruit de onderzoeksvraag beantwoord en zijn de conclusies en aanbevelingen geformuleerd.

Tabel 1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk	Inhoud
1. Inleiding	Achtergrond, aanleiding en doel van het onderzoek. Onderzoeksvragen, methodiek en opbouw van het rapport.
2. Gebiedsgericht grondwaterbeheer	Wat is gebiedsgericht grondwaterbeheer en wat betekent dit voor Eindhoven? Wat is het wettelijk kader voor gebiedsgericht grondwaterbeheer?
3. Gebiedsbeschrijving	Historie en opbouw van het plangebied. Beschrijving van de bodemopbouw en het watersysteem.
4. Verontreinigingssituatie & VOCI	Hoe is de verontreiniging ontstaan en wat zijn de kenmerken van VOCI verontreiniging in de ondergrond?
5. Lokale invloeden op de verplaatsing	Welke aspecten hebben invloed gehad op de verplaatsing van de verontreiniging Kruisstraat?
6. Toetsing invloeden in grondwatermodel	Toetsing van invloeden middels indicatieve berekeningen in een grondwatermodel.
7. Beoordeling	Beantwoording van de onderzoeksvragen, conclusies, discussiepunten en aanbevelingen.
8. Bijlagen	Achtergrond informatie en bronvermelding.

2 Gebiedsgericht grondwaterbeheer

2.1 Huidige status voor Eindhoven

Gemeente Eindhoven heeft Grontmij gevraagd de voor- en nadelen te onderzoeken voor het instellen van een gebiedsgericht grondwaterbeheer (Ggb) voor het centrumgebied van Eindhoven. Afhankelijk hoe deze voor- en nadelen uitpakken, zal blijken of het haalbaar is een gebiedsaanpak voor dit deel van Eindhoven uit te werken.

Na synthese van de voor- en nadelen is geconcludeerd dat het nader uitwerken en implementeren van een gebiedsgericht grondwaterbeheer zinvol en haalbaar is voor het centrumgebied van Eindhoven (2015).

2.2 Wettelijk kader

Wanneer er ontwikkelingen zijn in de ondergrond op het gebied van bodem en water vallen deze binnen een aantal regelingen, wetten en kaders die de wetgever heeft vastgesteld. Ten aanzien van grondwaterverontreinigingen en gebiedsgericht grondwaterbeheer zijn de voornaamste wetten de Wet bodembescherming (Wbb), de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), de Grondwaterrichtlijn (GWR) en de Waterwet (WW). Wanneer er ingrepen in de ondergrond plaatsvinden, dienen deze conform deze wetgeving getoetst te worden. Deze regelingen, wetten en kaders vormen daarnaast de randvoorwaarden voor het gebiedsgericht grondwaterbeheer. In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van de diverse wetgeving met relevantie voor het onderzoek.

Wet Bodembescherming (Wbb)

In de Wbb worden drie typen van aanpak onderscheiden als het gaat over de aanpak van mobiele verontreinigingen waaronder VOCl: de gevalsaanpak, de clusteraanpak en de gebiedsaanpak.

Gevalsaanpak

De gevalsaanpak is gericht op individuele gevallen van verontreiniging, waarbij het voor het grondwater gaat om losstaande verontreinigingen. Voor zover dergelijke verontreinigingen afzonderlijk zijn te benaderen (technisch, organisatorisch, juridisch en financieel) moet worden gekozen voor een gevalsgesichte aanpak op basis van de Wbb.

Clusteraanpak

De clusteraanpak is gericht op situaties, waarbij meerdere gevallen van (grootschalige) grondwaterverontreiniging binnen één gebied aanwezig zijn en één of meerdere van deze gevallen liggen in elkaars verlengde, elkaar beïnvloeden of vermengd zijn geraakt. Een clusteraanpak biedt dan een goede mogelijkheid om tot een efficiënte saneringsaanpak te komen. Zo hoeven bijvoorbeeld effecten van de sanering van één pluim op andere pluimen niet gecompenseerd te worden, maar kunnen deze juist worden ingezet om ook werkzaam te zijn op de andere pluimen.

Gebiedsaanpak

In de Wbb wordt deze beschreven als gebiedsgesichte aanpak. Bij de gebiedsaanpak gaat het om grote(re) gebieden met veel in elkaar overlopende of samenvallende (grootschalige) verontreinigingen in een complexe omgeving. Dit is bijvoorbeeld: intensieve boven- en ondergrondse activiteiten en bebouwing, een bijzondere bodemsamenstelling, een complexe hydrologische situatie, diverse typen aan verontreinigingen, et cetera. Vaak is de verontreiniging binnen het gebied op gevalsniveau niet goed in kaart te brengen en is een aanpak van (delen van) de grondwaterverontreiniging technisch niet haalbaar, niet doelmatig en/of gebonden aan zeer hoge kosten.

Tot een gebiedsaanpak kan worden besloten, wanneer gebiedsgericht grondwaterbeheer al is ingesteld vanuit aanwezige grondwaterbelangen in het gebied en/of indien dit wordt ingesteld als gevolg van de aanwezige verontreinigingen die niet via de geval- en de clusteraanpak kunnen worden gesaneerd of zeer problematisch zal zijn. Als bovendien de ontwikkelingen en plannen voor ontwikkeling van het gebied ernstig worden belemmerd kan voor een gebiedsaanpak worden gekozen.

Artikel 55c uit de Wet Bodembescherming geeft de wettelijke basis voor het instellen van een gebiedsaanpak. In onderstaand tekstkader is dit artikel opgenomen.

Wbb Artikel 55c

1. Gedeputeerde staten kunnen op verzoek van een bestuursorgaan of ambtshalve, een gebied aanwijzen waar een gebiedsgerichte aanpak zal plaatsvinden.
2. Een gebiedsgerichte aanpak is gericht op:
 - a. het zoveel mogelijk voorkomen van de risico's van verspreiding van verontreiniging buiten het aangewezen gebied, en
 - b. de bescherming van bestaande en beoogde functies van, in en op de bodem binnen het aangewezen gebied.
3. Van de in het eerste lid bedoelde bevoegdheid kan gebruik worden gemaakt indien gevallen van verontreiniging in het diepere grondwater in een gebied zodanig gemengd zijn of gemengd kunnen raken dat deze gevallen voor de toepassing van deze wet naar het oordeel van gedeputeerde staten niet ten opzichte van elkaar zijn te onderscheiden en af te bakenen, dan wel indien gevallen van verontreiniging in het diepere grondwater in een gebied elkaar naar het oordeel van gedeputeerde staten bij een afzonderlijke aanpak van die gevallen in betekenende mate kunnen beïnvloeden, en, naar het oordeel van gedeputeerde staten:
 - a. wenselijk geachte ruimtelijke ontwikkelingen en andere plannen voor ontwikkeling van het gebied hierdoor worden belemmerd;
 - b. het treffen van maatregelen ter voorkoming van verspreiding van verontreiniging buiten het gebied hierdoor achterwege dreigt te blijven of niet op doelmatige of kosten-effectieve wijze kan plaatsvinden, of
 - c. andere bijzondere omstandigheden een gebiedsgerichte aanpak wenselijk maken.

Waterwet (Ww)

De Waterwet is van belang bij de vergunningverlening van grondwateronttrekkingen. Hierbij zijn verschillende situaties denkbaar zoals tijdelijke en langdurige bronbemaling. Hiervoor zijn algemene regels opgesteld in het kader van de Waterwet en de keur gehanteerd door waterschap De Dommel. De binnenstad van de gemeente Eindhoven valt onder het beheersgebied van waterschap De Dommel.

Grondwaterkwaliteit

Normen voor grondwaterkwaliteit zijn vastgesteld binnen de Wet milieubeheer. Hierin zijn de milieukwaliteitseisen geregeld in overeenstemming met de milieudoelstellingen zoals bepaald in de KRW. Voor oppervlaktewaterlichamen betekent dit het bereiken van een goede ecologische en chemische toestand. Met betrekking tot kwaliteit gelden voor grondwaterlichamen alleen chemische doelstellingen.

Bronbemaling

Een onttrekking door bijvoorbeeld bronbemaling op een vaste locatie is niet vergunningplichtig en niet meldingplichtig als deze niet meer bedraagt dan 10 m³/uur of groter is dan 50.000 m³ per maand en niet langer duurt dan 6 maanden en niet plaatsvindt binnen het beschermd gebied in het kader van de keur van het Waterschap. Voor bronbemalingen van korte duur (maximaal 5 dagen) geldt een limiet van 70 m³/uur wanneer deze niet langer duurt dan 5 dagen op een vaste locatie.

Sleufbemaling

Een sleufbemaling is vrij van vergunningplicht als deze is bedoeld voor het droog houden van een bouwput voor bouwkundige of civieltechnische werken, de pompcapaciteit niet meer dan 70m³ per uur bedraagt en de onttrekking niet langer dan 5 dagen op een vaste locatie plaatsvindt.

Algehele vrijstellingen van vergunningplicht (kleine onttrekkingen)

Er behoeft geen melding of vergunning te worden aangevraagd indien de pompcapaciteit niet meer bedraagt dan 10 m³ per uur en de onttrekkingsinrichting is gelegen buiten de beschermde grondwatergebieden zoals die zijn aangegeven op de keurkaarten.

Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) & Grondwaterrichtlijn (GWR)

Bij besluiten in het kader van de Wet bodembescherming moet het bevoegde gezag rekening houden met de bepalingen uit de KRW/GWR. Kort gezegd komt dit neer op het realiseren van een trendomkeer in een stroomgebied, wat betreft verbetering van waterkwaliteit en -kwantiteit (grond- en oppervlaktewater) en verbetering van de ecologie in een stroomgebied. De vraag is of een centrumgebied met een relatief kleine omvang ten opzichte van een stroomgebied ook gehouden is aan het realiseren van een trendomkeer. Ongeacht het antwoord op deze vraag geldt dat een 'slimme' gebiedsaanpak juist uitgaat van een trendomkeer. Mits hiervoor de tijd kan worden genomen met relatief eenvoudige ingrepen en op geschikte momenten over lange tijd hieraan kan worden gewerkt; denk aan bronaanpak bij samenloop en inzet van natuurlijke afbraak van verontreinigende stoffen. Daarbij speelt dat een gebiedsaanpak uitgaat van het voorkómen van verdere verspreiding buiten vastgestelde grenzen. Hiermee wordt voortgaande verontreiniging van het grondwater voorkomen en kan trendomkering worden bewerkstelligd. Op die manier wordt met de gebiedsaanpak invulling gegeven aan de KRW/GWR.

Bovenstaande wetgeving is maatgevend waar het gaat om ingrepen en ontwikkelingen in de ondergrond. Door het vastleggen van de gebiedsaanpak in de Wbb is deze aanpak een instrument geworden om complexe ondergrondproblematiek integraal aan te kunnen pakken.

3 Gebiedsbeschrijving

3.1 Inleiding

Het gebied rondom het huidige Eindhoven is al sinds de Middeleeuwen onderhevig aan menselijke invloeden. Het is aannemelijk dat vooral in het centrumgebied elke vierkante meter al op de schop is geweest. Voornamelijk in de deklaag, waar dit onderzoek zich op richt, hebben talloze ingrepen plaatsgevonden en is de ondergrond sterk geroerd.

De opbouw van het gebied is beschreven volgens de triplex-methode. Met deze methode wordt niet alleen gekeken naar het huidige landschap, maar wordt ook veel informatie verkregen uit de totstandkoming van het landschap. Met het oog op het doel van dit onderzoek, namelijk de invloed bepalen van de factoren die de grondwaterstroming in de deklaag beïnvloeden, ligt de nadruk op de antropogene invloeden.

In paragraaf 3.2 wordt eerst de ontstaansgeschiedenis van het plangebied beschreven onderbouwd met historisch kaartmateriaal. Paragraaf 3.3 schetst de lokale hoogteligging en paragraaf 3.4. beschrijft de globale bodemopbouw van het plangebied. Paragraaf 3.5 sluit af met een beschrijving van het oppervlakte- en grondwatersysteem.

De verontreinigingssituatie wordt separaat behandeld in hoofdstuk 4.

3.2 Historie van Eindhoven

Uit interview met de stadsarcheoloog van Eindhoven (*Nico Arts*) en het raadplegen van historische gegevens zoals kaartmateriaal en documentatie is informatie verkregen over de historie van Eindhoven. De stad Eindhoven verkreeg stadsrechten in de 12^e eeuw als kleine agrarische nederzetting. Bewoners hebben zich gevestigd op de dekzandruggen⁵ aan de lopen van de riviertjes de Gender en de Dommel. Gedurende de 14^e eeuw werden er ambachtsgilden opgericht waarvan een belangrijk aandeel lag bij de wol- en linnenindustrie. Deze groeide uit tot de textielindustrie welke in de 18^e en begin 19^e eeuw bijdroeg aan de werkgelegenheid en daardoor aan de groei van het inwonersaantal.

Eind 18^e eeuw startten de gebroeders Philips hun werkzaamheden om gloeilampen te produceren; dit was dé start voor groei van het gebied. Tot begin 19^e eeuw groeide het bewonersaantal langzaam maar door de sterke groei van de Philipsindustrie nam de werkgelegenheid fors toe en steeg het inwonersaantal.

Het huidige Eindhoven is ontstaan in 1920 door de samenvoeging van de dorpen Tongelre, Woensel, Strijp, Gestel en Stratum met Eindhoven, tegenwoordig herkenbaar als verschillende stadsdelen in Eindhoven. Door de samenvoeging werd Eindhoven als kleinste kern qua oppervlak en inwonersaantal, de naamgever van de nieuwe gemeente (Eindhoven, 2015).

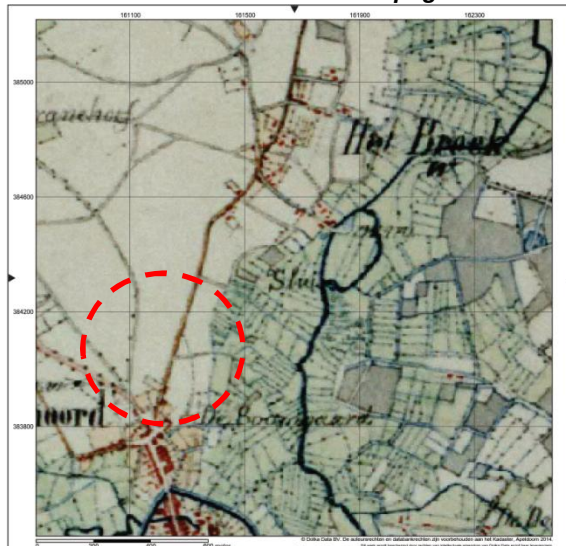
De industriële activiteiten hebben ook hun sporen nagelaten in de ondergrond. In een tijd waarin nog weinig bekend was over de effecten van chemische producten en wetgeving omtrent het gebruik hiervan ontbrak, zijn veelvuldig grond- en grondwaterverontreinigingen ontstaan.

Uit het DotkaData⁶ bestand is historisch kaartmateriaal verkregen over het plangebied. In *tabel 3.1* op de volgende pagina is een overzicht weergegeven van de topografie van Eindhoven vanaf 1830 tot 2009. (Een volledig overzicht van het opgevraagde kaartmateriaal is als *bijlage 7* toegevoegd).

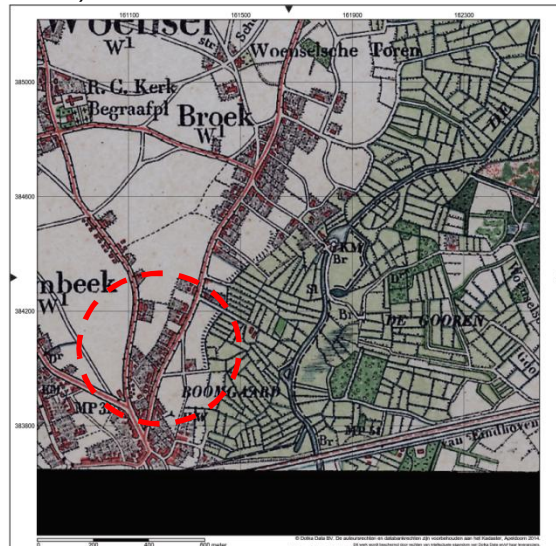
⁵ De Dommel en de Gender hebben zich in het landschap ingesneden tussen de hoger gelegen dekzandruggen, zie *bijlage 4*.

⁶ DotkaData is een bedrijf gespecialiseerd in het digitaliseren van historisch kaartmateriaal en luchtfoto's.

Tabel 3.1 Uitsneden historische topografie van Eindhoven, binnen dezelfde coördinaten



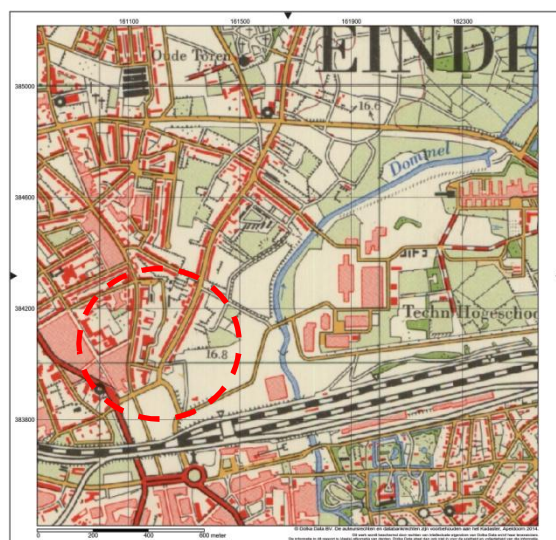
Figuur 3.1 Situatie 1830 (Dotka data)



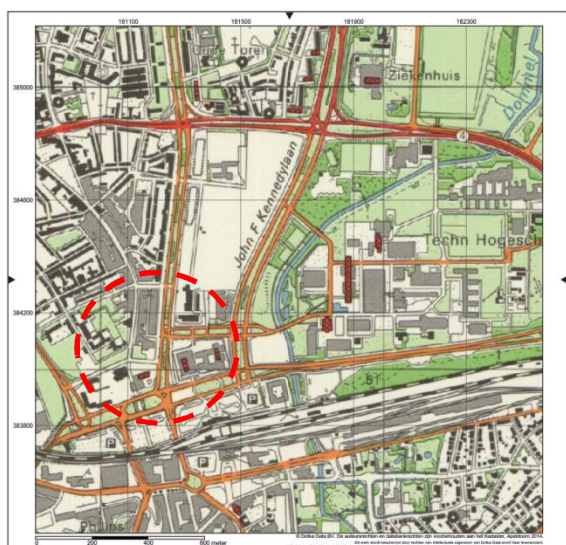
Figuur 3.2 Situatie 1900 (Dotka data)



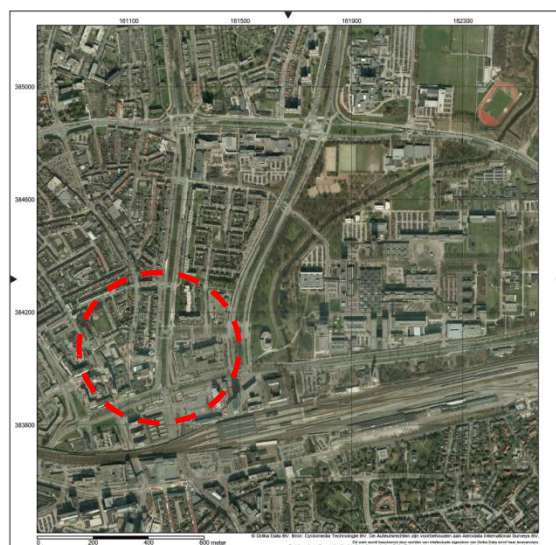
Figuur 3.3 Situatie 1953 (Dotka data)



Figuur 3.4 Situatie 1961 (Dotka data)



Figuur 3.5 Situatie 1984. (Dotka data)



Figuur 3.6 Situatie 2009 (Dotka data)

Uit de kaarten van 1830 en 1900 (figuur 3.1 en 3.2) blijkt dat er reeds sprake was van lintbebouwing in de dorpen van voor de samenvoeging. Door de tijd heen is de groei van de stad goed terug te zien. Vroeger bestond het gebied vooral uit gecultiveerde percelen in het beekdal aan de loop van de Dommel. Door stadsuitbreiding is hier steeds meer stedelijk gebied voor in de plaats gekomen. Op de kaart van 1953 (fig. 3.3) is de situatie weergegeven van tijdens de wederopbouw na WOII. Het centrum van Eindhoven is bebouwd en de infrastructuur is uitgebreid met wegen en het spoorwegtracé.

Van oudsher liep er al een verbinding met steden richting het noordoosten. Later is hier de John F. Kennedylaan uit ontstaan (fig. 3.5). De huidige Kruisstraat maakte van oudsher deel uit van een noordwestelijke verbinding met Den Bosch zoals te zien in *figuur 3.2*. Hier is later de Veldmaarschalk Montgomerylaan aangelegd als hoofdverbinding vanuit de stad naar het noorden. Beide wegen zijn vierbaanswegen met opvallend brede middenbermen. In de huidige situatie zorgen deze bermen voor een brede strook groen met mogelijkheid tot infiltratie van hemelwater in een gebied met overwegend verhard oppervlak.

Tabel 3.2 Historie van de Gender (Arts & van den Broek, 2003)

Intermezzo, Historie van de Gender

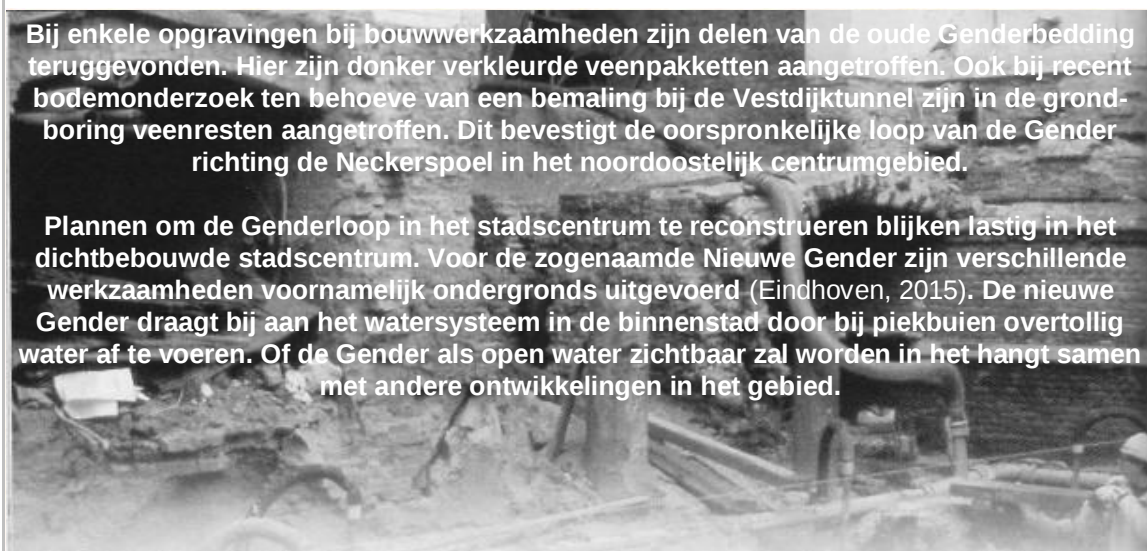
Tot begin van de vorige eeuw monde in het noordoosten van het centrum Eindhoven nog een riviertje uit in De Dommel; de Gender.

Toen al grotendeels overkluisd in het centrumgebied van Eindhoven, om stadsuitbreiding mogelijk te maken. Op oudere topografische kaarten is de natuurlijke loop van de Gender nog goed terug te vinden, hier is deze herkenbaar aan de haaks op de waterloop staande verkaveling. In de oorspronkelijke loop ontsprong de Gender op circa 27m +NAP ter hoogte van de Hoge Hees en monde zo'n 14 km verder uit in de Dommel op circa 16m +NAP. De Gender was een relatief korte waterloop met een verval van minder dan 1 meter per kilometer en moet dus een traag stromend riviertje zijn geweest.

Door het rechthoekig verloop van de loop van de Gender in de middeleeuwse stadskern wekte dit de indruk dat de loop kunstmatig gegraven is. Dit vermoeden werd versterkt door verhalen van oude Eindhovenaren die beweerden dat er tunnels onder de stadskern liepen. Uit recenter archeologisch onderzoek bij bouwwerkzaamheden vanaf de jaren negentig werd dit vermoeden bevestigd. Hier werden uitsluitend gegraven lopen aangetroffen en ontbrak het hier aan beekdalafzettingen. Bij de aanleg van de Heuvelgalerie in 1990 zijn tijdens ontgravingen bakstenen overkluizingen aangetroffen. Daarvan is bekend dat in het jaar 1671 toestemming is gegeven om de Gender daar te overkluizen.

Bij enkele opgravingen bij bouwwerkzaamheden zijn delen van de oude Genderbedding teruggevonden. Hier zijn donker verkleurde veenpakketten aangetroffen. Ook bij recent bodemonderzoek ten behoeve van een bemaling bij de Vestdijktunnel zijn in de grondboring veenresten aangetroffen. Dit bevestigt de oorspronkelijke loop van de Gender richting de Neckerspoel in het noordoostelijk centrumgebied.

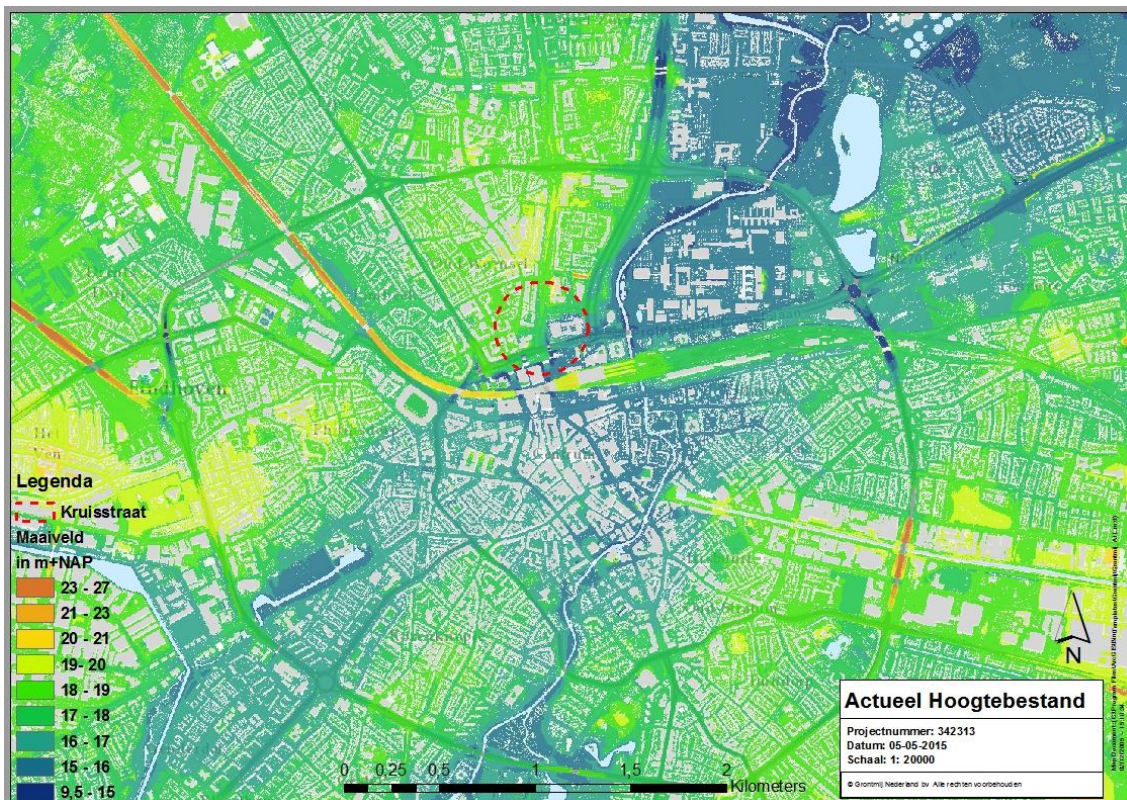
Plannen om de Genderloop in het stadscentrum te reconstrueren blijken lastig in het dichtbebouwde stadscentrum. Voor de zogenaamde Nieuwe Gender zijn verschillende werkzaamheden voornamelijk ondergronds uitgevoerd (Eindhoven, 2015). De nieuwe Gender draagt bij aan het watersysteem in de binnenstad door bij piekbuien overtollig water af te voeren. Of de Gender als open water zichtbaar zal worden in het hangt samen met andere ontwikkelingen in het gebied.



3.3 Hoogteligging

In onderstaande figuur 3.7 is een uitsnede opgenomen uit het actueel hoogtebestand van Nederland (AHN). De hoogteligging van Eindhoven bevindt zich globaal tussen 16,5m +NAP en 19,5m +NAP. Duidelijk zichtbaar zijn de lager gelegen beekdalen van de Dommel en de Gender welke zich tot 7 meter lager bevinden ten opzichte van het omringende gebied namelijk tussen 9,5m +NAP en 16,5m +NAP.

De maaiveldhoogte in het plangebied loopt af in zuidoostelijke richting van 19m +NAP tot circa 15,5m +NAP ter hoogte van de Neckerspoel, ten noorden van de spoorlijn. Het noordelijke deel van het plangebied bevindt zich op een dekzandrug, de maaiveldhoogte bedraagt hier circa 19,75m +NAP.

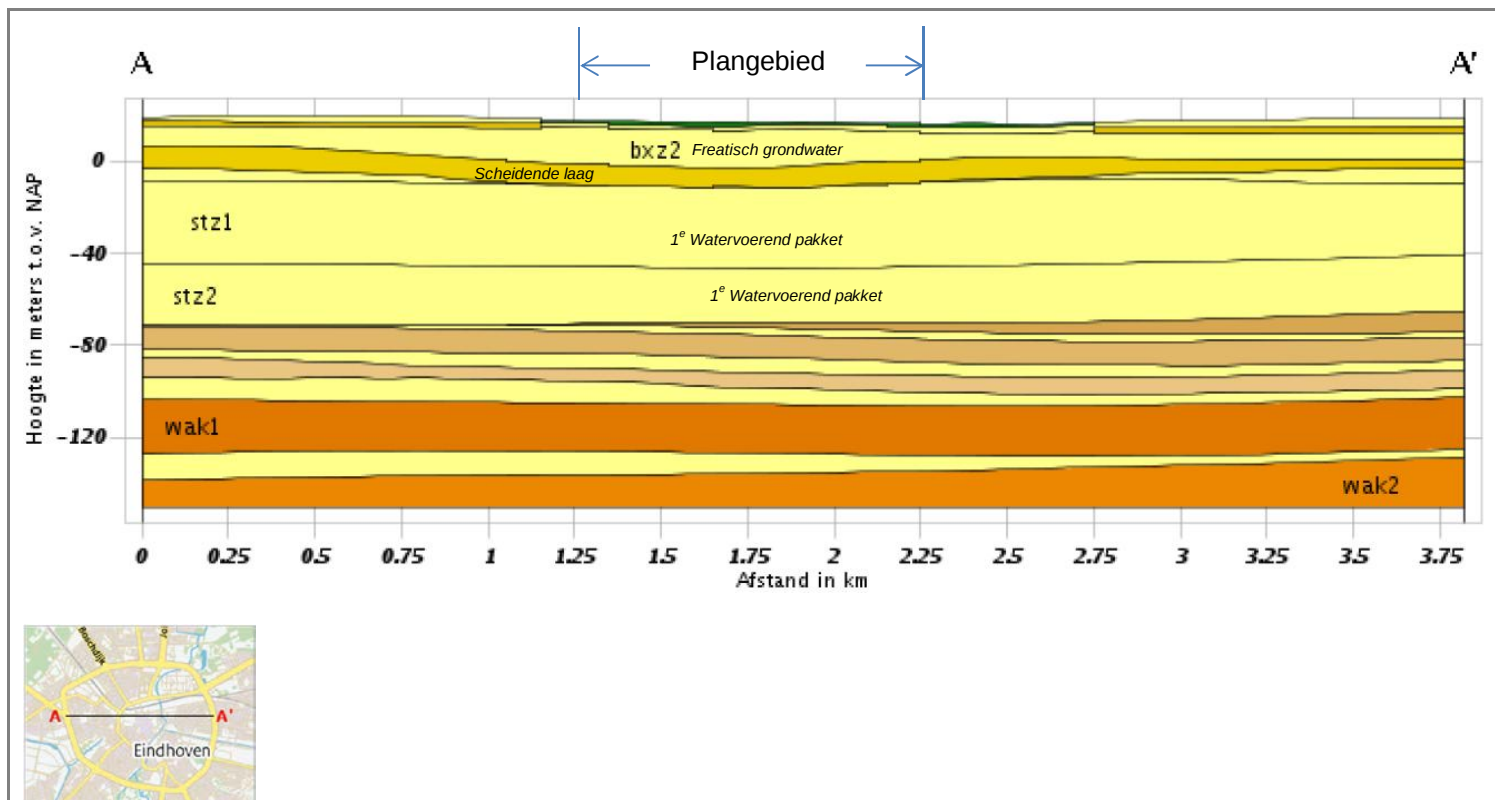


Figuur 3.7 Actuele maaiveldhoogten Eindhoven (AHN)

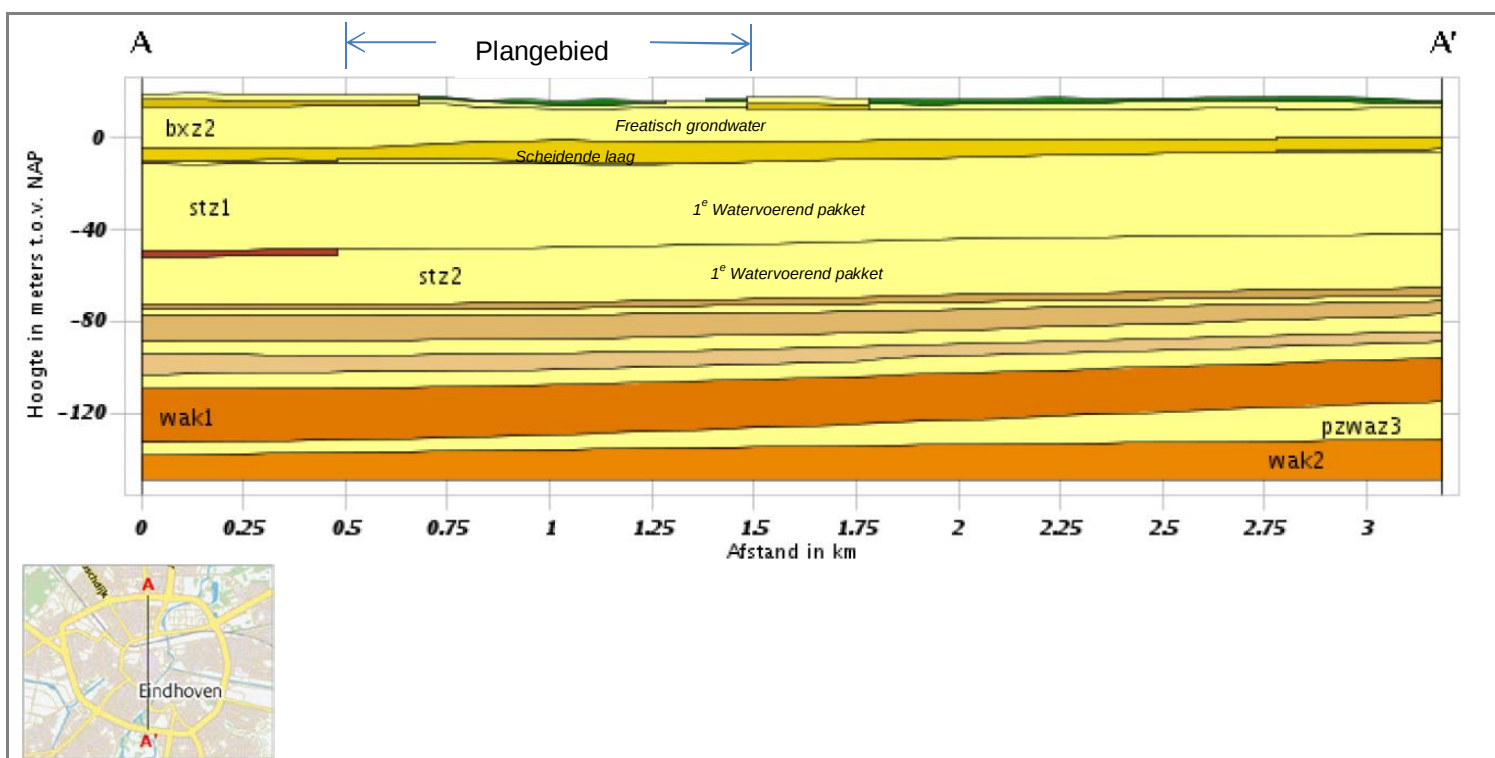
3.4 Bodemopbouw

Diepere ondergrond

De schematisatie van de opbouw van de diepere ondergrond is gebaseerd op de REGIS II karting uit 2009 (Regionaal geohydrologisch informatiesysteem). Hiervoor zijn in het DINOlaket twee bodemprofielen opgevraagd tot 150m -NAP, een noord-zuid en een oost-west doorsnede, beide begrensd door de rondweg Eindhoven. De profielen zijn in navolgende *figuur. 3.8 en 3.9* weergegeven.



Figuur 3.8 Verticale doorsnede oost-west REGIS II van maaiveld tot NAP-150 m (www.dinoloket.nl)



Figuur 3.9 Verticale doorsnede noord-zuid REGIS II van maaiveld tot NAP-150 m (www.dinoloket.nl)

Uit de dwarsdoorsneden uit de REGIS II kartering blijkt dat de bodem tot circa 2m -NAP bestaat uit de Formatie van Boxtel met plaatselijk een deklaag van Holocene afzettingen in de beekdalen. De Formatie van Boxtel bestaat uit afwisselend (lemig) fijn tot zeer fijn zand en leemlagen. Van 2m -NAP tot 10m -NAP is een scheidende laag van zandige leem aanwezig uit de formatie van Boxtel. Hieronder is plaatselijk tot circa 70m -NAP de Formatie van Sterksel aanwezig. Deze formatie bestaat uit overwegend matig grof tot grof (grindhoudend) zand.

Vanaf 70m -NAP tot 105m -NAP is afwisselend klei en matig fijn zand aanwezig van de Formatie van Stramproy. Onder de Formatie van Stramproy is de Formatie van Waalre aanwezig tot een diepte van circa 189m -NAP die bestaat uit dikkere lagen zwak zandig, sterk siltige klei en kleihoudend zand. In het kader van dit onderzoek is de formatie van Waalre als basis gebruikt. Niet weergegeven op de profielen, zijn vanaf een diepte van circa 189m -NAP tot 350m -NAP overwegend Kiezeloölieten⁷ en grof zand aanwezig met enkele dunnere lagen klei uit de Kiezeloöliet Formatie. Hieronder wordt de Formatie van Oosterhout aangetroffen die als geohydrologische basis beschouwd wordt.

Uit de dwarsdoorsneden blijkt dat de aanwezige bodemlagen zowel in noord-zuid richting als in oost-west richting, met uitzondering van de deklaag en de Formatie van Sterksel, aaneengesloten zijn. Opgemerkt wordt dat de bodemopbouw een schematisatie (fig. 3.10) is van bekende gegevens in het DINO-loket van TNO. Bij een beperkt aantal boringen wordt de bodemschematisatie geïnterpoleerd. Het kan dus voorkomen dat plaatselijk de scheidende lagen ontbreken of een andere dikte hebben of dat er plaatselijk leemlagen aanwezig zijn. Hiervoor is in *hoofdstuk 5.2* een nadere beschrijving opgenomen van de lokale bodemopbouw aan de hand van boorprofielen verkregen uit bodemonderzoeken.

Diepte (m + NAP)		Formatie	Lithologie	Geohydrologische eenheid
Van	Tot			
+17	+16	Holocene afzettingen ¹⁾	Fijn zand, veen en klei	Deklaag
+19	-2	Boxtel	Fijn tot zeer fijn zand, zwak leemhoudend	Deklaag, freatisch pakket
-2	-10	Boxtel	Zandige leem	Scheidende laag
-10	-70	Sterksel	Zand, matig fijn tot grof grindhoudend	1 ^e Watervoerend pakket
-70	-75	Stramproy	Klei, zwak zandig, matig humeus	Scheidende laag
-73	-76		Matig fijn zand	Scheidende laag
-76	-86		Zwak zandig, matig humeus	Scheidende laag
-86	-93		Matig fijn zand	Scheidende laag
-93	-100		Zandige klei	Scheidende laag
-100	-105		Matig fijn zand	Scheidende laag
-105	-189	Waalre	Zwak zandig, sterke ziltige klei, kleihoudend zand	Scheidende laag
-189	-310	Kiezeloöliet	Kiezeloölieten, grof zand en kleien	2 ^e Watervoerend pakket
>-350		Oosterhout	Klei	Geohydrologische basis

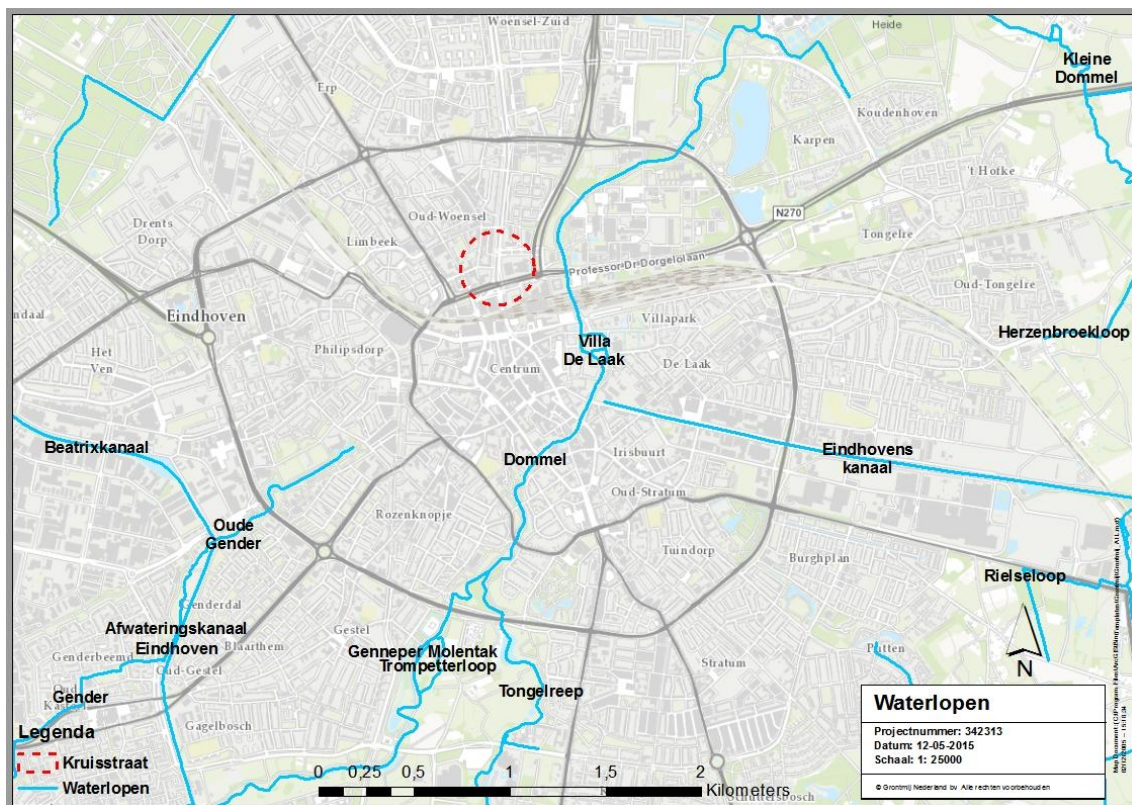
¹⁾ *Holocene afzettingen komen alleen in de beekdalen voor*

Figuur 3.10 Geohydrologische schematisatie

3.5 Oppervlaktewatersysteem

Het oppervlaktewatersysteem is beschreven met digitale informatie verkregen van Waterschap de Dommel en informatie uit gesprekken met de opdrachtgever. Van de waterlopen is een kaart vervaardigd in ArcGIS (fig. 3.11). Hierop zijn de huidige waterlopen weergegeven en de locatie van het plangebied.

⁷ Kiezeloölietafzettingen bestaan voornamelijk uit verkiezelde kleine ronde kalkkorreltjes (oöliet is eiersteen), en zijn ontstaan uit afzettingen van voorlopers van Rijn en Maas tijdens het Pliocene. De afzettingen worden in Nederland aangetroffen in noord Limburg en oostelijk Brabant. (et.al., 2015)



Figuur 3.11 Waterlopen in Eindhoven. (Waterschap De Dommel)

De Dommel

Het stroomgebied van de Dommel behoort tot het stroomgebied van de Maas. De Dommel ontspringt in België op het Kempisch-Plateau. Verder stroomafwaarts monden de Kleine Dommel en de Tongelreep uit in de Dommel. Bij 's-Hertogenbosch stroomt de Dommel samen met de Aa uit in de Maas. Door zijn drainerende werking is de Dommel de waterloop met de meeste invloed op het grondwater in het studiegebied. Het peil in de Dommel is gereguleerd door middel van stuwen waardoor een constante situatie heerst voor het invloedsgebied.

Om wateroverlast in de binnenstad te voorkomen, is de watertoevoer bij grote afvoeren te controleren door een overlaat op het Afwateringskanaal Eindhoven. Hierdoor is het water te sturen via de Dommel door de stad ofwel door het Afwateringskanaal wat uitkomt op het Beatrixkanaal.

Bij Waterschap de Dommel zijn gegevens verkregen over de gemeten stuwpeilen in de waterloop van de Dommel in de nabijheid van het studiegebied. Dit betreffen metingen die vanaf 1974 zijn vastgelegd. Hieruit blijkt dat het gemiddelde stuwpeil ter hoogte van het plangebied 14,24m +NAP bedraagt. Het peil tijdens deze jaren fluctueert tussen 13,28m +NAP en 14,24m +NAP.

De zone langs de Dommel is onderdeel van het Nationaal Natuurnetwerk (voorheen EHS). Daarmee is de Dommel een beschermde verbingszone waarbinnen dieren zich kunnen bewegen en planten zich kunnen ontwikkelen.

De Gender

De Gender ontspringt ongeveer 10 kilometer ten zuidoosten van Eindhoven nabij Steensel. De huidige Gender bevat nog maar een klein deel van de oorspronkelijke loop. In het verleden voerde de Gender door het centrum van Eindhoven en mondde uit in de Dommel ten noordoosten van de stad. Deze loop is afgesneden in het zuidoosten van de stad en afvoer vindt plaats op het Afwateringskanaal Eindhoven welke verbonden is met het Beatrixkanaal.

Eindhovens Kanaal

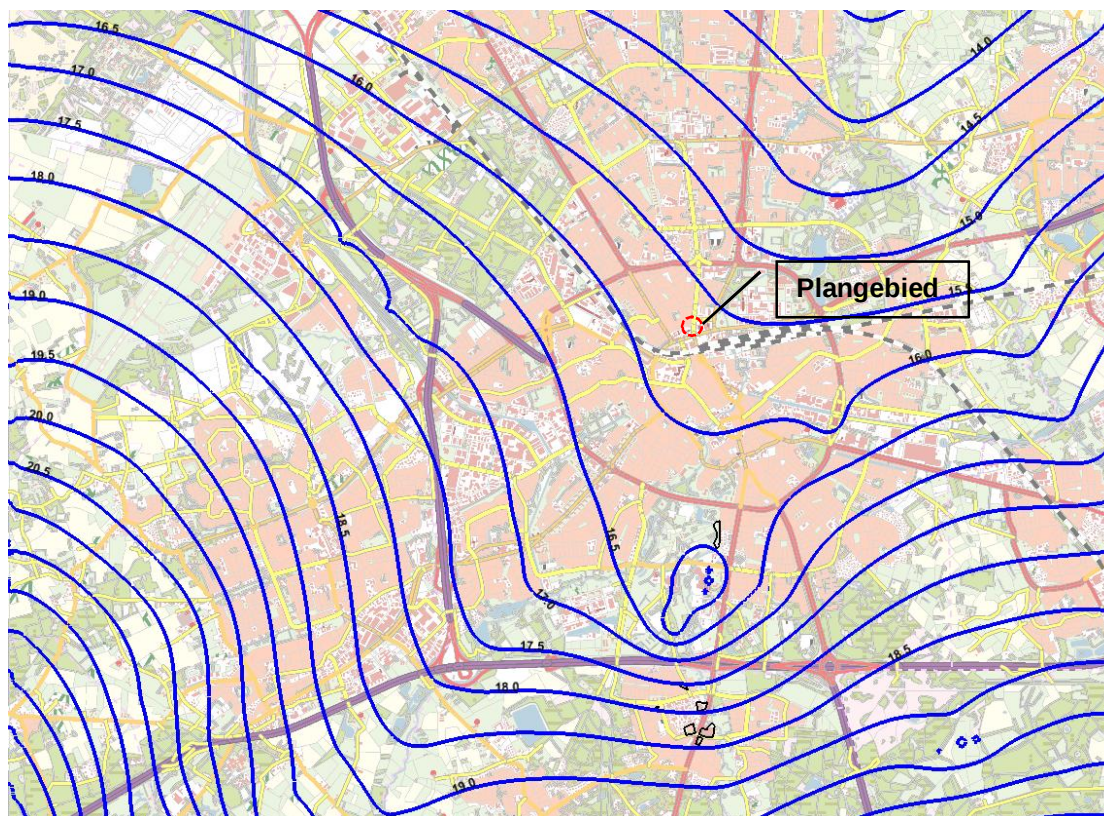
Op circa 1.400 meter ten zuidoosten van het studiegebied bevindt zich het einde van het Eindhovens Kanaal. Het gemiddelde peil in het Eindhovens Kanaal is circa 18,5m +NAP en wordt vrij constant gehouden gedurende het gehele jaar. De gemiddelde breedte is 19 meter en de waterdiepte is 2,5 meter. Uit verzamelde informatie en gesprekken met de opdrachtgever blijkt dat het Eindhovens Kanaal nagenoeg hydrologisch geïsoleerd is. Dit betekent dat het kanaal niet in verbinding staat met het grondwater. Wel wordt in droge tijden water uit het Eindhovens kanaal gebruikt om de singels in de wijk Villapark te voeden. Dit vindt plaats middels een te reguleren toevoer door een verbinding sleiding met een gering debiet.

Overig oppervlaktewater

In de omgeving van het plangebied bevindt zich een aantal waterpartijen. Dit zijn de zwemplas de IJzeren Man en de Karpendonkse Plas. Deze twee plassen bevinden zich op circa 1700 meter ten oosten-noordoosten van de onderzoekslocatie. De IJzeren Man werd omstreeks 1910 gegraven voor zandwinning ten behoeve van onder meer de aanleg van het nieuwe Station Eindhoven dat in 1912 werd geopend en de spoorverbinding Eindhoven-Weert die in 1913 tot stand kwam. De naam IJzeren Man is een verwijzing naar de graafmachine die gebruikt werd voor de zandwinning; deze werd in de volksmond de IJzeren Man genoemd. De Karpendonkse plas is ontstaan uit zandwinning ten behoeve van de aanleg van het Hoogspoor, de nieuwe spoorverbinding van oost naar west. Waarschijnlijk staan deze twee plassen in contact met het eerste watervoerende pakket.

3.6 Grondwatersysteem

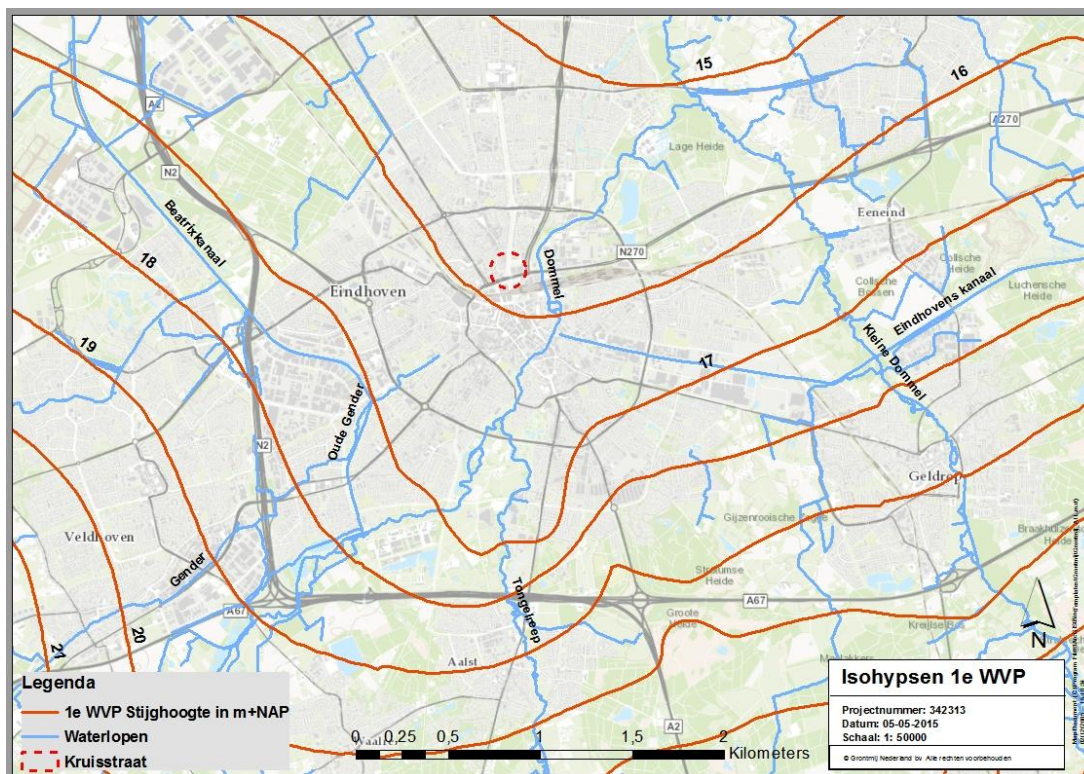
Uit de isohypsenkaart van het freatische grondwater (*fig. 3.12*) blijkt dat de waterlopen van de Dommel, de Gender en de Tongelreep een draineerde werking hebben op het freatisch grondwater. De stijghoogtelijnen buigen hier af richting de waterloop. Ook is de verlaging van de drinkwateronttrekking Aalsterweg terug te zien ten zuiden van de stad. Volgens de in REGIS I gekarteerde gegevens is de regionale grondwaterstroming in het freatisch pakket noordwestelijk gericht. Ter plaatse van de lage delen ten noorden en noordoosten van het NS-station is sprake van kwel als gevolg van het lage maaiveld (onderdoorgangen Vestdijktunnel, Boschdijktunnel en Fellenoord).



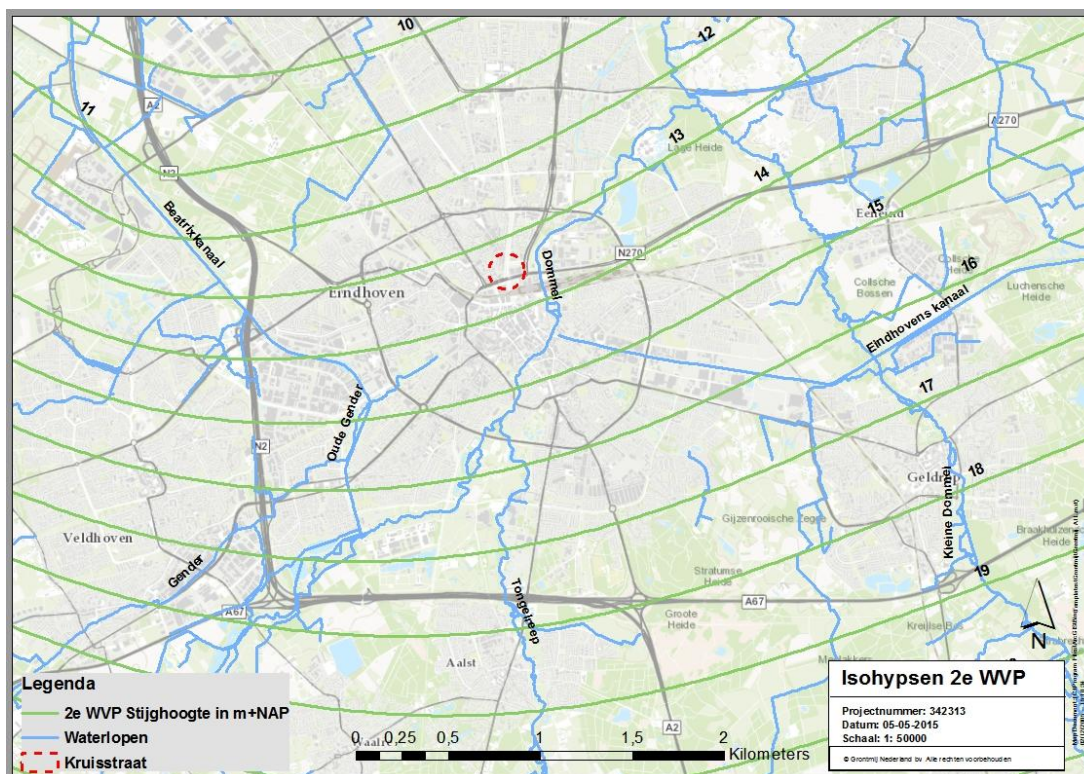
Figuur 3.12 Isohypsenpatroon freatisch grondwater (REGIS I)

Eerste en tweede watervoerend pakket

In de periode 1990-1997 zijn in het kader van het REGIS I voor de provincie Noord-Brabant digitale isohypsenkaarten vervaardigd. Deze kaarten betreffen opnames van de grondwaterstand/stijghoogte op 28 april 1995. In navolgende *figuur 3.13* en *figuur 3.14* is het isohypsenpatroon weergegeven van de isohypsen in het eerste en tweede watervoerend pakket. Tevens zijn hierop de waterlopen in het gebied weergegeven.



Figuur 3.13 Isohypsenpatroon eerste watervoerend pakket (REGIS I)



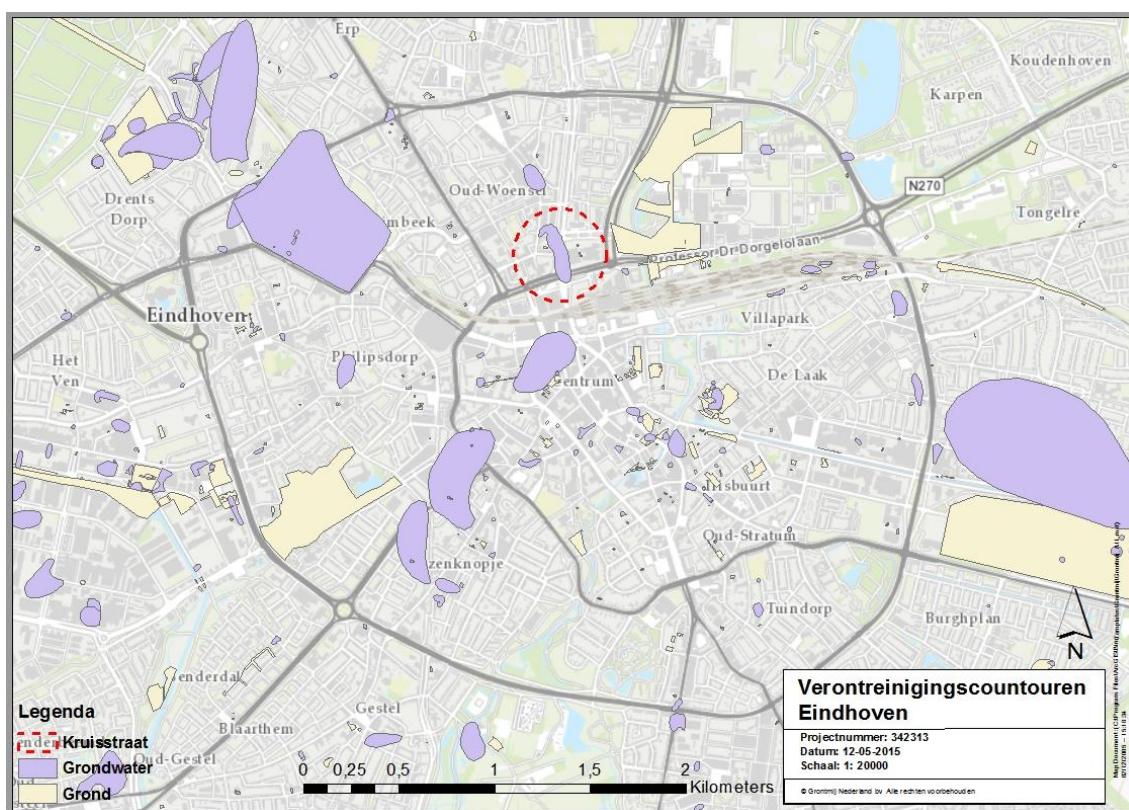
Figuur 3.14 Isohypsenpatroon tweede watervoerend pakket (REGIS I)

Uit het isohypsenpatroon van het eerste en tweede watervoerend pakket blijkt dat de grondwaterstroming overwegend noordelijk gericht is. De waterlopen hebben een drainerende werking op het grondwater in het centrum van Eindhoven in het 1^e watervoerend pakket. De stijghoogtelijnen buigen hier af richting de Dommel, de Gender en de Tongelreep. Omdat de stijghoogten in het 2^e watervoerend pakket lager zijn dan de stijghoogten in het 1^e watervoerend pakket is hier sprake van infiltratie van grondwater richting het 2^e watervoerend pakket.

4 Verontreinigingssituatie

4.1 Inleiding

In het verleden zijn in Eindhoven door industriële activiteiten op verschillende locaties VOCI verontreinigingen in de ondergrond terecht gekomen (*par.4.2*). Deze verontreinigingen bestaan uit vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCI), welke veel gebruikt zijn in productieprocessen als reinigings- en ontvettingsmiddel. Omdat het onderzoek gericht is op de grondwaterstroming en verspreiding van de VOCI-verontreiniging Kruisstraat wordt in dit hoofdstuk nader aandacht besteed aan de ontstaansgeschiedenis van deze verontreiniging en de specifieke stofeigenschappen van VOCI. Om inzicht te krijgen in de risico's en het verspreidingsgedrag van verontreinigingen worden deze behandeld in de *paragrafen 4.3 en 4.4*. Het hoofdstuk wordt afgesloten met *paragraaf 4.5* waarin een beschrijving wordt gegeven van de relatie tussen de VOCI verontreiniging en de lokale situatie. In onderstaande *figuur 4.1* is een overzicht gegeven van de aanwezige en bekende grond- en grondwaterverontreinigingen in het centrumgebied van Eindhoven en de locatie van het onderzoeksgebied.



Figuur 4.1 Bodem- en grondwaterverontreiniging Eindhoven (Gemeente Eindhoven, 2015)

4.2 Ontstaan van de pluim Kruisstraat

In de afgelopen jaren heeft naar aanleiding van de verontreiniging Kruisstraat om diverse redenen milieukundig bodemonderzoek plaatsgevonden, bijvoorbeeld in het kader van het verlenen van bouwvergunningen en de aan- of verkoop van locaties. Vanaf 1986 zijn deze onderzoeken vastgelegd in het gemeentelijk digitale ondergrond bestand (NAZCA). In *bijlage 2* is een overzicht bijgevoegd met de beschrijving van de geraadpleegde onderzoeken. Hieruit is informatie verkregen over het ontstaan van de verontreiniging Kruisstraat.

Om inzicht te verkrijgen in de activiteiten die plaatsgevonden hebben in het gebied en mogelijk bijgedragen hebben aan het ontstaan van de VOCl-verontreiniging zijn diverse historische onderzoeken geraadpleegd. Hieruit is in *tabel 4.1* het volgende overzicht samengevat:

Tabel 4.1 Historische activiteiten met chemisch product in omgeving Kruisstraat. (Mileu, 1995)

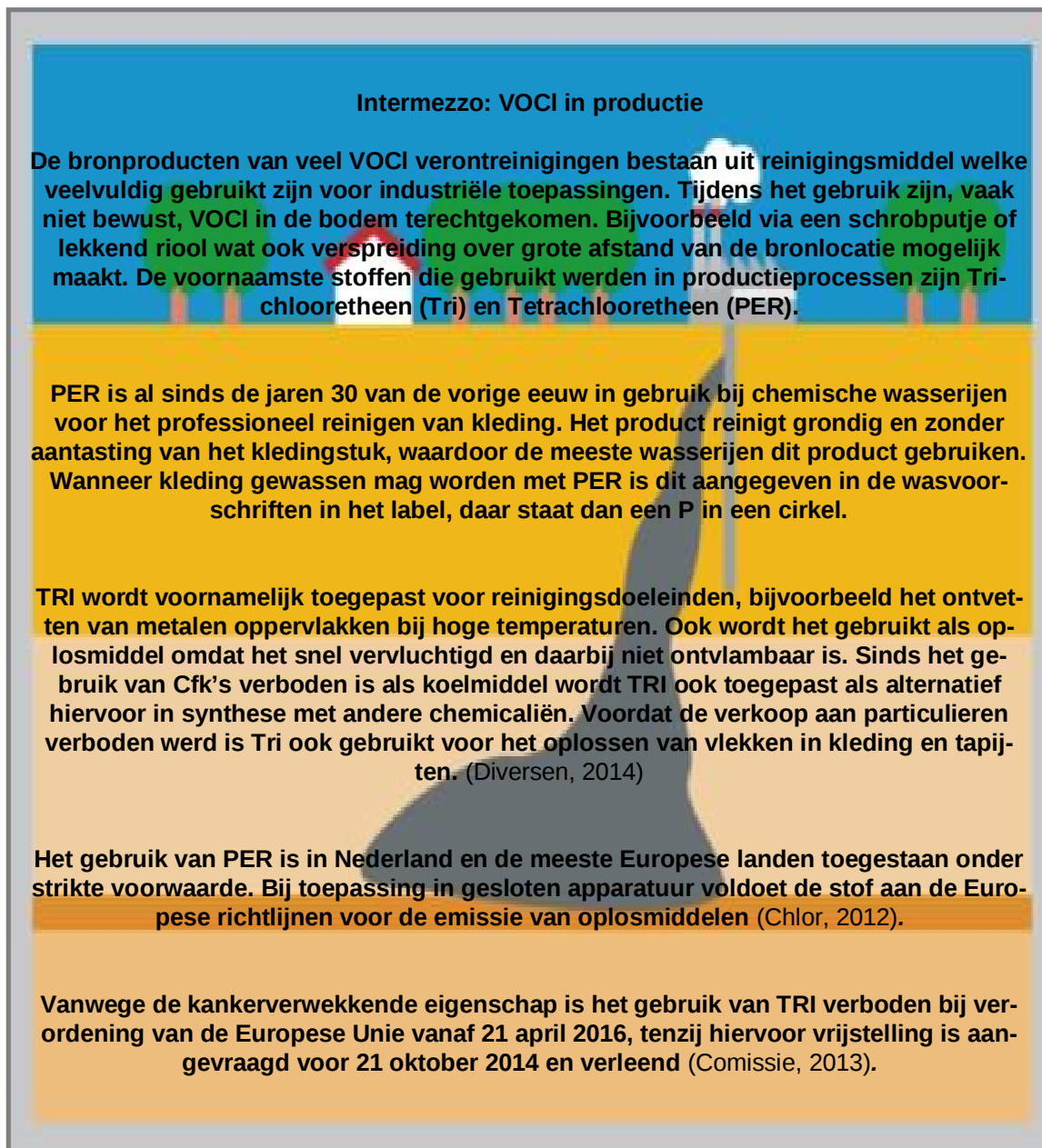
Locatie	Van-tot	Bedrijfsvoering
Kruisstraat 68a	1938-1975	Chemische wasserij
Kruisstraat 68b	1958-1975	Chemische wasserij
Kruisstraat 97	1965-?	Chemische wasserij
Kruisstraat 97	?-1991	Chemische wasserij/Zelfwasserij
Veldmaarschalk Montgomerylaan	1962-1992	Drukkerij

De VOCl verontreiniging Kruisstraat is ontstaan uit meerdere bronnen. Dit zijn de voormalige chemische wasserij aan de Kruisstraat 66/68a en voormalig drukkerij op de hoek van de pas-toor Petersstraat en Veldmaarschalk Montgomerylaan. De chemische wasserij heeft de reinigingsvloeistof PER gebruikt en de voormalige drukkerij gebruikte TRI als ontvettingsmiddel. Van deze locaties is vastgesteld dat ter plaatse van Kruisstraat 68a/68b en de Veldmaarschalk Montgomerylaan concentraties puur product zijn aangetroffen. Deze twee locaties zijn daarmee vastgesteld als bronlocaties voor de verontreiniging Kruisstraat. Kruisstraat 97 bevindt zich buiten de vastgestelde streefwaardecontour.

De ondergrond is plaatselijk sterk verontreinigd met VOCl, de bovenzijde van de pluim bevindt zich op circa 5 m –mv en de onderkant op circa 15 m –mv. Het volume van de verontreinigde grond bedraagt circa 40.000 m³. Het grondwater is over een zelfde oppervlakte verontreinigd en de bovenzijde bevindt zich tevens op 5 m-mv. De onderzijde van de grondwaterpluim bevindt zich echter dieper op circa 17 m-mv. Het totale oppervlak van de pluim bedraagt circa 23.000 m² en hiermee komt de totale omvang van de pluim op 300.000 m³ (NAZCA, 2013).

Van de aangetroffen stoffen zijn in de omgeving van de Kruisstraat met name verhoogde gehalten (boven streefwaarde, zie paragraaf 0) aan TRI en PER aangetroffen, ter hoogte van de zuidelijker gelegen Fellenoord betreft dit vooral verhoogde gehalten Cis en Vc.⁸

⁸ Per, Tri en Cis, VC zijn respectievelijke bron en afbraakproducten binnen de VOCl. Zie paragraaf 4.3.

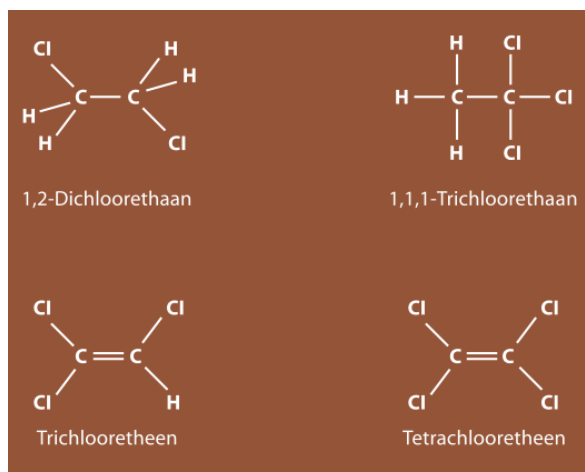


Figuur 4.2. Illustratief beeld van het ontstaan van VOCI-verontreiniging (Soilpedia, 2015)

4.3 Kenmerken voor verspreiding van VOCI in de bodem

VOCI heeft een aantal kenmerkende eigenschappen die van invloed zijn op het (verspreidings)gedrag in de bodem. Hoe gedraagt de stof zich in de bodem en in het grondwater en hoe staat dit in relatie tot de andere invloeden die onderzocht zijn. Met name met het oog op de complexe bodemopbouw van de deklaag ter plaatse zijn de belangrijkste stofeigenschappen hier kort beschreven.

Het grootste deel van de in Nederland aanwezige chloorkoolwaterstofverontreinigingen wordt ingenomen door vluchtige alifatische chloorkoolwaterstoffen (VOCl). Ook in Eindhoven zijn dit de voorkomende varianten. Deze VOCl verontreinigingen bestaan uit verbindingen met een open koolstofskelet, zonder ringstructuren en gebonden met een of meer chlooratomen (fig. 4.3). Belangrijke stoffen binnen deze groep zijn tetra- of perchlooretheen (PER), trichlooretheen (TRI), 1,1,1-trichloorethaan (TCA) en 1,2-dichloorethaan (1,2-DCA). De stoffen hebben een lage absolute oplosbaarheid in (grond)water, echter de oplosbaarheid is nog steeds zeer hoog in verhouding tot bodemsaneringsnormen. De relatieve dichtheid is groter dan water ($\rho=1$).



Figuur 4.3 Molecuulstructuur | 1,2, DCA | TCA | TRI | PER | (Bodem, Februari 2007. tweede druk.)

Dichtheidsstroming

Door de slechte oplosbaarheid en hoge dichtheid kunnen VOCl tot op grote diepte voorkomen. Dit vindt plaats in een pure vloeistoffase DNAPL (*dense non-aqueous phase liquid*), ook dichtheidsstroming genoemd. Dit komt niet voor in opgeloste vorm, omdat de dichtheidsverschillen met grondwater in die fase te gering zijn.

DNAPL kan in de onverzadigde zone door relatief minder doorlatende lagen worden geabsorbeerd. In deze lagen wordt de DNAPL onder invloed van capillaire krachten opgezogen wat kan leiden tot laterale verplaatsing. In de verzadigde zone vindt verspreiding naar beneden plaats, hier kan de DNAPL zaklagen vormen op minder doorlatende bodemlagen. Ook hier kan laterale verplaatsing optreden, zelfs tegen de heersende grondwaterstroming in. Dit is mogelijk onder invloed van de zwaartekracht, ter plaatse van minder doorlatende en scheef gestelde bodemlagen zoals leemlenzen en kan leiden tot secundaire bronzones op (grote) afstand van de oorspronkelijke bron.

Verdamping en diffusie

DNAPL kan in de onverzadigde zone overgaan in dampvorm. Dit leidt tot (sterk) verhoogde concentraties in de bodemlucht waarbij het risico ontstaat van uitdamping naar kruipruimtes onder huizen. Ook kan verdamping optreden uit bodemvocht waarin VOCl zijn opgelost. Hiervoor is monitoring van VOCl verontreiniging zeer belangrijk, omdat dit tot direct humaan risico kan leiden. Diffusie kan optreden wanneer een verschil in concentraties bestaat. Moleculen hebben de eigenschap zich te verplaatsen van een gebied met een hoge concentratie naar een gebied met lage concentratie. Dit leidt in de onverzadigde zone tot verdere verspreiding, mogelijk over een relatief groot oppervlak. In de onverzadigde zone kan ook diffusie optreden, maar daar speelt verspreiding door grondwaterstroming (convectief transport) een grotere rol tenzij de grondwaterstroming beperkt is.

Convectief transport

Wanneer grondwater door een ondergrondse verontreinigingsbron stroomt, gaat het pure product in oplossing en wordt het grondwater verontreinigd. Ook al is de absolute oplosbaarheid in (grond)water gering, in verhouding tot bodemsaneringsnormen is deze relatief hoog. Ter indicatie; voor tetrachlooretheen (PER) geldt een interventiewaarde van 40 $\mu\text{g/l}$ bij een maximale oplosbaarheid in water van 150.000 $\mu\text{g/l}$. Door langzame oplossing in het langsstromend grondwater kan DNAPL een langdurige verontreinigingsbron zijn voor het grondwater. Hierdoor kan een pluim ontstaan die zich vele honderden meters uitstrekt vanuit de bronlocatie.

Absorptie en retardatie

Tijdens de verspreiding hecht een deel van de opgeloste stoffen zich aan organische stoffen in de bodem, met name klei en humus. Hierdoor verspreiden stoffen zich langzamer dan het grondwater. Dit proces wordt retardatie genoemd. Wanneer een stof een retardatie-factor 2 heeft zal deze zich twee keer langzamer dan het grondwater verplaatsen. Retardatie treedt vooral op in de deklaag, terwijl watervoerende pakketten vaak een laag gehalte aan organische stof bevatten waardoor de verspreiding daar relatief snel zal verlopen.

In tabel 4.2 zijn theoretische pluimlengtes aangegeven in voor Nederland voorkomende stroomsnelheden van het grondwater. Hieruit blijkt dat producten ontstaan uit natuurlijke afbraak (zoals cis-DCE en VC) veel mobieler zijn dan het oorspronkelijke product.

Tabel 4.1 Theoretische pluimlengte VOCl verontreinigingen (Nipshagen & Praamstra, 2007)

<i>q</i> grondwater m/j	Theoretische pluimlengte (m vanaf bronzone) ¹⁾					
	PER	TRI	cis-DCE	VC	1,1,1-TCA	1,2-DCA
5	30	50	60	90	60	100
10	60	100	120	170	130	200
25	140	240	300	420	320	500

¹⁾Bij organisch stofgehalte 0,5%, 25 jr. na ontstaan van de verontreiniging

Dispersie

Dispersie vindt plaats wanneer een verontreinigingspluim zich verspreid in alle dimensies naarmate de afstand tot de bronzone toeneemt. Verspreiding vindt plaats met de stromingsrichting mee en dwars op de stromingsrichting in horizontale en verticale richting. Door heterogeniteit in poriëngrootte treden verschillende stroomsnelheden op en veroorzaken bodemdeeltjes verschillen in pad- en weglengte. Verontreinigingsdeeltjes worden zo in verschillende richtingen gestuurd en verplaatsen zich vanaf de loodlijn van de grondwaterstromingsrichting. Door dispersie is het lastig een harde grens (contour) te bepalen tot waar de verontreiniging zich bevindt.

Transport in klei/leem

Klei of leem vormt voor (grond)water vaak een slecht doorlatende laag met een lage k-waarde. De structuur waaruit klei en leem is opgebouwd vormt voor water vaak een ondoorlatende laag. Wanneer VOCl als puur product op een ondoorlatende laag stuit, kan de structuur uit elkaar wijken en de VOCl verder de laag binnendringen. Door de druk van de bovenliggende water- en bodemkolom kan de klei- of leemlaag moeilijker uit elkaar wijken en zal VOCl niet snel in de scheidende laag binnendringen. Diepere scheidende lagen kunnen daarom een verontreinigingspluim afbakenen, mits deze laag niet onderbroken en overal dik genoeg is.

4.4 Verspreiding en risico

Blootstelling aan VOCl brengt ernstig humaan risico met zich mee. Er kan sprake zijn van acute effecten na kortstondige blootstelling aan een relatief hoge dosis of van chronische effecten na langdurige blootstelling aan een relatief lage dosis.

Bij blootstelling zal opname van VOCl met name plaatsvinden via de huid en door inademing. Acute blootstelling kan leiden tot effecten als hartritmestoornissen, chemische longontsteking en -oedeem, nier- en leverschade en tijdelijke verstoring van het centraal zenuwstelsel. Ook zijn deze stoffen mogelijk kankerverwekkend voor de mens. Blootstelling aan een relatief hoge dosis kan praktisch enkel voorkomen bij saneringswerkzaamheden. De regelgeving rondom saneringen is echter van dien aard dat verwacht mag worden dat de beschreven acute effecten zeer zelden voorkomen.

Chronische effecten na blootstelling aan VOCl zijn huidontstekingen, verstoring van nier- en leverfuncties en blijvende verstoring van het centraal zenuwstelsel. Ook kan chronische blootstelling leiden tot de vorming van tumoren. Chronische effecten als gevolg van blootstelling aan VOCl zullen vooral optreden bij uitdamping uit de bodem onder woningen. Wanneer grondwater op afstand van de bronzone als gevolg van afbraak vinylchloride bevat en daar opkwelt, kan dit door uitdamping onder woningen terechtkomen.

4.5 Beoordeling verontreiniging VOCl Kruisstraat

Uit bodemonderzoeken zijn gegevens verkregen over de gemeten waarden aan VOCl ter plaatse van de verontreiniging Kruisstraat. Deze waarden worden verdeeld in interventie- en streefwaarden zoals vastgelegd in de Circulaire bodemverontreiniging 2009. Waar deze waarden de norm overschrijden en sprake is van een ernstige bodemverontreiniging dient een saneringsplan opgesteld te worden conform de Wbb. Daarbij wordt de spoedeisendheid beoordeeld op basis van humaan risico, ecologisch risico en het verspreidingsrisico.

Hierbij geven streefwaarden het ijkpunt aan voor de milieukwaliteit op de lange termijn, met verwaarloosbare risico's voor het ecosysteem.

Interventiewaarden geven de waarde aan waarbinnen de functionele eigenschappen van mens en milieu ernstig worden verminderd of dreigen te worden verminderd. De interventiewaarde representeert het verontreinigingsniveau waarbij sprake is van een geval van ernstige (bodem) verontreiniging. Er is sprake van een geval van ernstige verontreiniging wanneer voor tenminste één stof de gemiddelde gemeten concentratie hoger is dan de interventiewaarde en van minimaal 25 m³ bodemvolume in het geval van bodemverontreiniging, of 100 m³ poriënverzadigd in het geval van een grondwaterverontreiniging.

In onderstaande tabel 4.3 zijn de streef- en interventiewaarden voor VOCl weergegeven.

Tabel 4.3 Streef- en interventiewaarden VOCl (16675, 1 juli 2013)

Stofnaam	Streefwaarde	Interventiewaarde	
VOCl	Grondwater	Grond	Grondwater
Per ¹⁾	0.01	8.8	40
Tri ¹⁾	24	2.5	500
Cis-dce ²⁾	0.01	1	20
Vc ²⁾	0.01	0.1	5
1,1,1,-TCA ²⁾	0.01	15	300
1,2,- DCA ²⁾	7	6.4	400

¹⁾ Puur product, ²⁾ Afbraakproduct

In 2005 is voor de verontreiniging Kruisstraat een saneringsplan opgesteld (Oranjewoud, 2005). Hieruit blijkt dat mede als gevolg van eerder uitgevoerde bronsaneringen de concentraties nabij het brongebied zijn afgenomen door verminderde nalevering vanuit de bronlocaties. In het zuidelijke deel van de pluim zijn echter nog toenemende concentraties gemeten als gevolg van de lokale grondwaterstroming. Er kan dus gesteld worden dat de omvang van de pluim een afnemende trend laat zien vanaf de bronlocaties.

Omdat grondwater met interventiewaarden aan VOCl geloosd wordt door middel van het drainagesysteem zijn in het kader van de Wbb deelsaneringsplannen opgesteld (Bodem B. , 2012).

4.6 Resumé

Voor de situatie ter plaatse van de Kruisstraat vormt de scheidende laag van leem/klei op circa 25 m-mv een natuurlijke begrenzing. De verontreiniging wordt daarom enkel in de deklaag aangetroffen. In zandgronden zal deze vlek veel dieper in de bodem zakken en zal verspreiding lastiger vast te stellen zijn. Nu vindt voornamelijk laterale verplaatsing plaats, waarbij afbraakproducten in het zuidelijkste deel van de pluim zijn afgebakend. Door verblijf in de deklaag ontstaat wel eerder kans op humaan risico dan wanneer de verontreiniging wegzakt naar de diepte. Door sanering van de bronlocaties is nalevering vanuit het brongebied afgenomen en zal deze naar verwachting op termijn geheel uitdoven. Op afstand van de bronlocaties vindt nog wel nalevering plaats.

Door de aanwezigheid van WKO systemen buiten het plangebied is de scheidende laag tussen het freatisch grondwater en het eerste watervoerend pakket plaatselijk doorboord. Wanneer hierbij geen goede afdichting plaatsvindt van deze scheidende laag bestaat het risico dat elders aanwezige verontreinigingen zich kunnen verspreiden naar het eerste watervoerend pakket, zoals ten zuiden van het plangebied bij de VOCl verontreiniging Witte Dame.



Figuur 4.4 Het noordelijk centrumgebied te Eindhoven anno 1970, kijkend in zuidelijke richting

5 Lokale invloeden op grondwaterstroming

5.1 Inleiding

Uit analyse van het plangebied en de lokale verontreinigingssituatie blijkt enerzijds een overwegend noordoostelijk gerichte grondwaterstroming in de deklaag en anderzijds afnemende concentraties VOCl in zuidelijke richting. Dit roept vragen op over de oorzaak van de verplaatsing van de VOCl verontreiniging Kruisstraat in zuidelijke richting. Zonder inzicht in het grondwaterstromingspatroon is het niet mogelijk een verwachtingspatroon op te stellen van de stroming van de pluim als input voor het gebiedsgericht grondwaterbeheer. Het doel van dit hoofdstuk is dan ook een verklaring te vinden voor de zuidelijk gerichte verplaatsing van de pluim Kruisstraat.

De verplaatsing en verspreiding zijn in het verleden en heden mogelijk beïnvloed door diverse factoren. Uit vooronderzoek in het kader van het opstellen van het onderzoeksplan en door voortschrijdend inzicht zijn aspecten naar voren gekomen die mogelijk invloed hebben gehad op het stromingspatroon van het grondwater. Op basis van expert-judgement en de beschikbare tijd is een selectie gemaakt van de aspecten die de grootste invloed hebben gehad.

In dit onderzoek zijn daarom onderstaande aspecten nader onderzocht:

- grondwaterstanden;
- bodemopbouw;
- ophogingen en dempingen;
- bouwwerken in de ondergrond;
- rioleringen;
- onttrekkingen;
- bemalingen;
- drainagesysteem.

Sommige aspecten zijn vanwege de beperkte invloed of het ontbreken van gegevens niet nader onderzocht. Onderstaande aspecten zijn geïnventariseerd maar niet nader onderzocht.

- debiet pompkelder-drainage;
- drainagesysteem stationsgebied uit eerste aanleg 1946;
- aangetroffen VOCl-gehaltenes ter verificatie verontreinigd gebied;
- invloed van zandcunetten als preferente stroombanen;
- rioleringssituatie voor (de) renovatie;
- neerslagpatroon nu en vroeger en invloed op stroming in deklaag;
- invloed van schuilkelders in het gebied;
- invloed van open bodemenergiesystemen (KWO-systemen).

In dit hoofdstuk wordt eerst de lokale bodemopbouw van de deklaag nader bekeken. Daarna volgt een beschrijving van de lokale grondwaterstroming in paragraaf 5.3. Vervolgens worden in paragraaf 5.4 tot 5.7 de invloed van respectievelijk ondergrondse bouwwerken, rioleringen, onttrekkingen en bemalingen beschreven. Paragraaf 5.8 sluit af met een beschrijving van de invloed van het drainagesysteem gevolgd door conclusies in paragraaf 5.9.

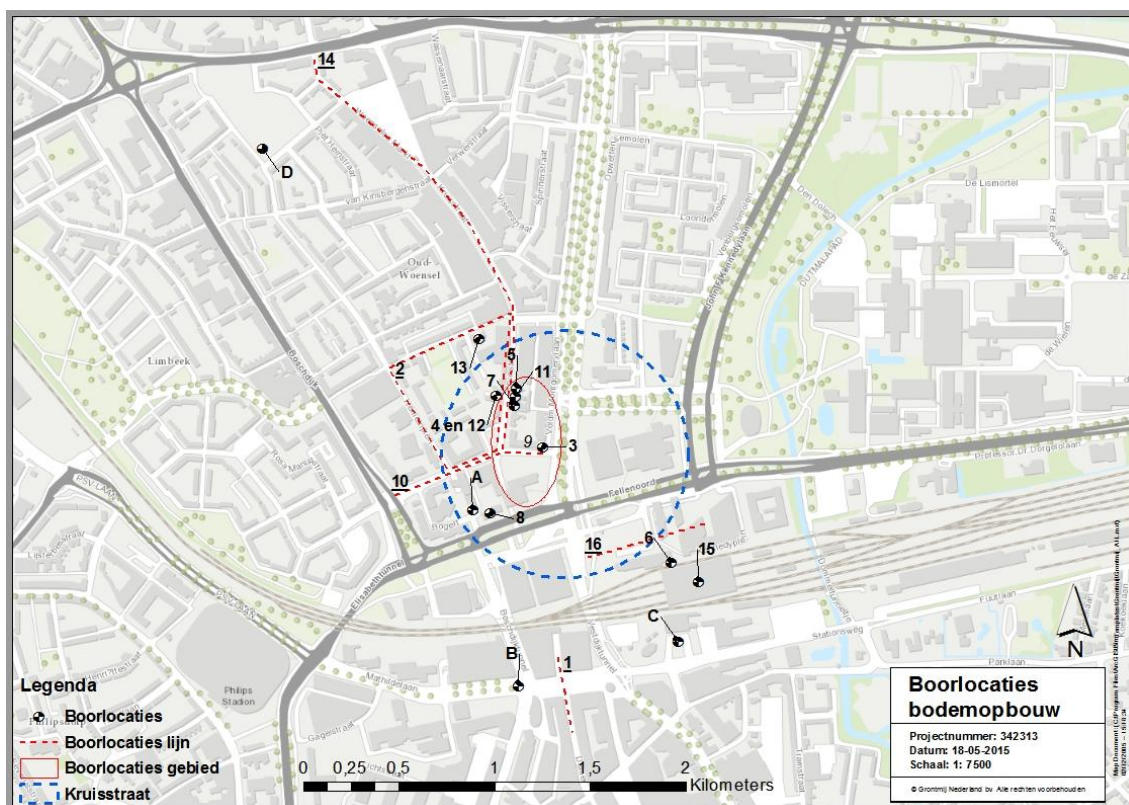
5.2 Bodemopbouw deklaag

Natuurlijke opbouw

Uit bestudering van de uitgevoerde bodemonderzoeken ter plaatse van het plangebied is gebleken dat de bodemopbouw in de deklaag zeer heterogeen is. Dit maakt schematisatie van de bodemopbouw erg lastig. Daarom is nader onderzoek gedaan om met meer gegevens toch de bodemopbouw te kunnen schematiseren. Het doel hiervan is te bepalen of de bodemopbouw significante invloed heeft op het grondwaterstromingspatroon en de verspreiding van de VOCl-verontreiniging ter plaatse van de Kruisstraat welke zich in de deklaag bevindt. Ook is de bodemopbouw van belang om inzicht te krijgen bij het beoordelen van andere aspecten.

Gegevens van de bodemopbouw in het plangebied ontbreken veelal op de Bodemkaart van Nederland. De kaartbladen 50 oost en 51 west geven beperkte informatie, grote delen zijn niet gekarteerd. De bodemschematisatie uit de REGIS-kartering betreft een interpolatie van een beperkt aantal boringen, dit geeft een onvolledig beeld van de lokale bodemopbouw. Informatie omtrent de bodemopbouw is verkregen aan de hand van boorprofielen uit de uitgevoerde bodemonderzoeken. Omdat in het gebied met name boringen zijn verricht in het kader van milieuonderzoek hebben deze een geringe diepte van circa 5m -mv. Om toch een goed beeld te schetsen van de gehele deklaag tot circa 25m -mv zijn aanvullend diepe boringen uit het Dinoloket opgenomen. Hierbij geldt dat handmatig uitgevoerde boringen bij milieuonderzoeken een betrouwbaarder beeld geven van de bodemopbouw dan machinaal uitgevoerde diepere boringen.

In onderstaande figuur 5.1 zijn de locaties weergegeven waaruit de bodemopbouw is geschematiseerd. De cijfers (bodemonderzoek) en letters (Dinoloket) verwijzen naar het betreffende boorprofiel zoals weergegeven in bijlage 6. De aangegeven boorlocaties verwijzen naar eenvoudige boringen; de boorlocaties lijn en gebied verwijzen naar enkele tot tientallen boringen uitgevoerd binnen één onderzoek.



Figuur 5.1 Boorlocaties t.b.v. bodemschematisatie

Uit de boringen blijkt dat de deklaag aan de onderkant begrensd wordt door een scheidende leemlaag op 2m -NAP tot 10m -NAP. Hieronder bevindt zich het eerste watervoerend pakket welke overwegend bestaat uit matig grof tot grof grindhoudend zand. Tussen deze laag en de deklaag heerst een overwegend verticale grondwaterstroming in neerwaartse richting met een zeer gering debiet.

Na bestudering van de verzamelde boorstaten kan geconcludeerd worden dat elk rapport op de diverse locaties een andere bodemopbouw weergeeft. Het bevestigt het beeld van een zeer heterogene bodemopbouw in de deklaag. Uit de onderzochte boorprofielen kan echter wel op hoofdlijnen een beeld geschetst worden van de lokale bodemopbouw in de deklaag. Onderstaande *tabel 5.1* geeft een overzicht van de geschematiseerde bodemlagen. De doorlatendheid van de bodem is beoordeeld volgens de classificatie uit *tabel 5.2* met inachtneming van de opmerkingen.

Tabel 5.1 Schematisatie bodemopbouw deklaag

Bodemlaag (NAP)*	Bodemsamenstelling	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Doorlatendheid
+19 tot +17	Fijn lemig zand	Leemlaagjes, sterk geroerd	1	Matig tot slecht
+17 tot +14	Leemlaag (zandig)	Niet aaneengesloten. Afgewisseld met lemig zand en zandlagen	0.5	Matig tot slecht
+14 tot +11.5	Fijn zand	Met plaatselijk aanwezigheid van leemlagen	3	Matig tot vrij goed
+11,5 tot +9	Leemlaag (zandig)	Met plaatselijk aanwezigheid van (leemhoudende) veenlagen	2	Matig tot slecht
+9 tot -2	Middelfijn tot grof zand	Met plaatselijk aanwezigheid van leemlagen	8	Goed tot zeer goed
-2 tot -10	Leem/klei laag	Scheidende laag, met plaatselijk aanwezigheid van veen	0.01	Slecht tot zeer slecht
> -10	Matig grof zand	1 ^e watervoerend pakket	>10	Goed tot zeer goed

* Het betreft een relatief homogene bodemlaag op basis van de textuur.

Tabel 5.2 Classificatie doorlatendheid (Cultuurtechnisch Vademecum , 2000)

Bodemsamenstelling	K-waarde (m/dag)	Classificatie*
Klei	< 0.01	Zeer slecht doorlatend
Zandige klei	0.01-0.1	Slecht doorlatend
Zandige leem	0.1-0.5	Matig doorlatend
Lichte zavel	0.5-1.0	Vrij goed doorlatend
Fijn zand	1.0-10	Goed doorlatend
Grof zand	>10	Zeer goed doorlatend

* Classificatie k-waarde (m/d)

Op hoofdlijnen kan gesteld worden dat de deklaag bestaat uit fijn tot zeer fijn (lemig) zand, met de aanwezigheid van leemhoudend materiaal in de vorm van leemlagen. Grote aaneengesloten leemlenzen zijn echter niet aangetroffen in het gebied, zodat de aanwezigheid van bijvoorbeeld schijngrondwaterspiegels niet waarschijnlijk is. Het bovenste deel van de deklaag is plaatselijk deels afgegraven voor bijvoorbeeld de aanleg van het busstation, kelders (tunnels en parkeer-kelders) en riolering en andere leidingen waardoor de bodemsamenstelling plaatselijk kan afwijken.

Door de bodemopbouw zal de verontreiniging zich niet als een homogene pluim door de deklaag verplaatsen, maar eerder als sliertjes die op en rond de leemlagen bewegen in een grillig patroon. Als gevolg van ingrepen in de ondergrond kan plaatselijk de scheidende laag van NAP -2 tot -10 meter doorbroken zijn, zoals bij de aanleg van pompputten welke niet goed afgedicht zijn. Deze bevinden zich voor zover bekend niet binnen de contour van de verontreiniging Kruisstraat. De verontreiniging wordt hierdoor in de diepte afgebakend tot aan de scheidende laag.

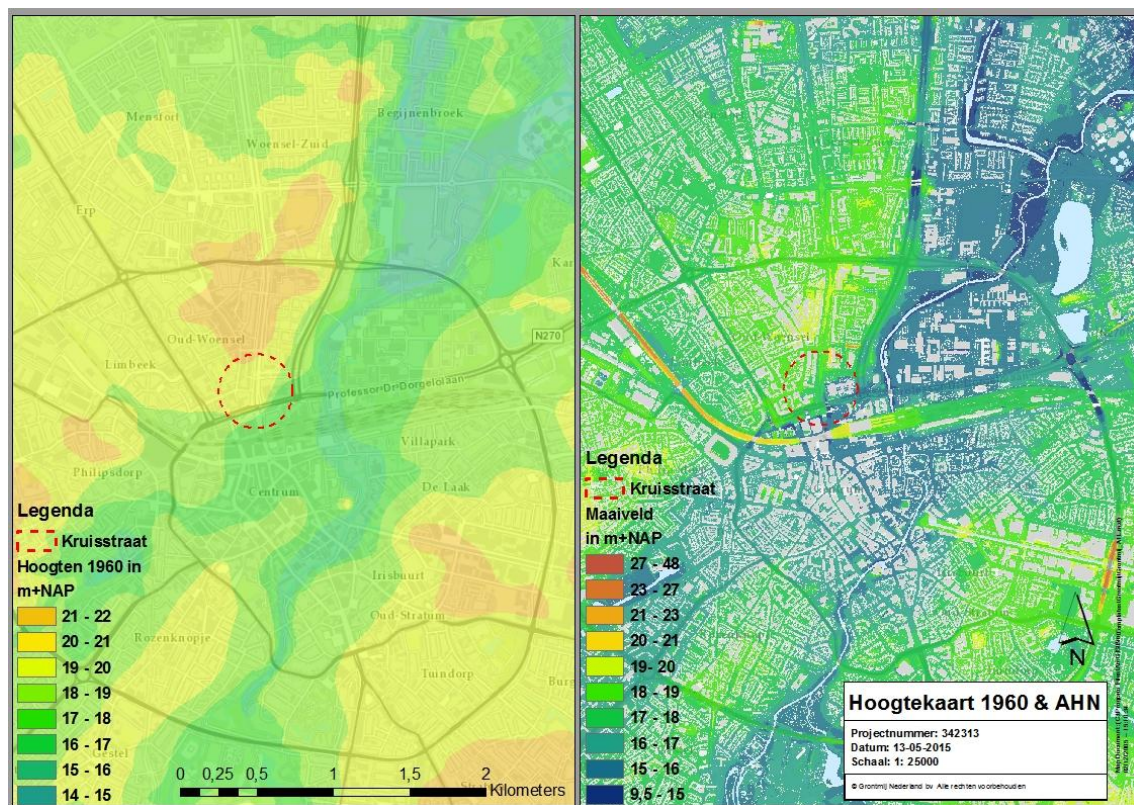
Ophogingen en dempingen

Ten behoeve van stadsuitbreiding zijn in het centrumgebied delen grond opgehoogd en andere delen afgegraven. Deze ingrepen hebben invloed gehad op de natuurlijke bodemopbouw en dus ook op de geohydrologische situatie. Ingrepen waarvan binnen dit onderzoek gegevens verkregen zijn staan hieronder beschreven.

- Een van de omvangrijkste ophogingen heeft plaatsgevonden met de verplaatsing van het oude treinspoor naar de nieuwe locatie circa 300 meter noordelijker, welke in oost-westelijke richting de stad doorkruist. Het spoor is hierbij circa drie meter opgehoogd, en dankt hieraan zijn naam Hoogspoor. Om het centrumgebied met het noordelijk stadsdeel te verbinden zijn onderdoorgangen onder het spoor gerealiseerd. Deze bevinden zich alle onder de natuurlijke waterspiegel en zijn daarom gedraineerd aangelegd.
Uit zandwinning voor deze ophoging is de Karpendonkse Plas ontstaan. Ten behoeve van de originele spoorverbinding werd zand gewonnen uit De IJzeren Man.
- Door aanleg van de huidige Fellenoord is een abrupte maaiveld-overgang ontstaan tussen het noordelijk centrumgebied (Kruisstraat) en het zuidelijk gelegen stationsgebied. Het maaiveld daalt hier circa 5 meter van 19m +NAP tot 14m +NAP.
- Zoals beschreven in het intermezzo “Historie van de Gender” is de loop van dit riviertje in het centrumgebied gedempt. Er is weinig bekend over het materiaal waarmee de oorspronkelijke bedding gevuld is. Het afsluiten van de Genderloop in het centrum heeft wel geleid tot wateroverlast in het gebied; de natuurlijke drainage werd afgesloten waardoor grondwateroverlast optrad (Arts & van den Broek, 2003).
- Met de aanleg van met name de grote verbindingswegen en de riolering is het bovenste deel van de deklaag sterk geroerd. Door het gebruik van zandcunetten kunnen deze lijnvormige structuren optreden als stroombanen. Doordat de verontreiniging dieper in de deklaag is aangetroffen is de invloed hierop gering en niet nader onderzocht.
- Uit inventarisatie van de aspecten is gebleken dat verspreid door de stad ten tijde van WOII schuilkelders zijn aangelegd. Deze betreffen zowel gemeentelijke bouwwerken als door particulieren geknutselde bouwwerken. Vaak zijn deze gedempt met puin, of bij uitblijven van oorlogsdreiging voor langere tijd gebruikt als mestput. (Stichting Eindhoven in beeld). Ter plaatse van de Markt bevindt zich een schuilkelder welke gebouwd werd ten tijde van de (dreiging van) de Koude Oorlog (Beeld S. E., 2015). Deze is nog steeds in gebruik als stoeienopslag voor de horeca. Invloed op grondwaterstroming is niet bekend vanwege het ontbreken van gegevens over de huidige toestand, dieptes, opvulmateriaal en de precieze locaties. Dit kan in een vervolgstudie eventueel nader onderzocht worden.

Uit het gemeentelijke archief is een hoogtekaart verkregen van omstreeks 1960 gebaseerd op de Hoogtekaart van Nederland 1:10.000. Hierop zijn duidelijk de beekdalen van de Dommel en De Gender terug te zien.

Door deze kaart naast de kaart met het actuele hoogtebestand van Nederland (AHN) te leggen, kunnen de maaiveldhoogten vergeleken worden (*fig. 5.2*). Het algemene beeld is op beide kaarten grotendeels hetzelfde gebleven, hoewel door aanleg van infrastructuur delen van het maaiveld geëgaliseerd zijn zoals te zien in het gebied ten noorden van de Kruisstraat.



Figuur 5.2 Hoogtekaart van 1960 en hoogtekaart uit het AHN

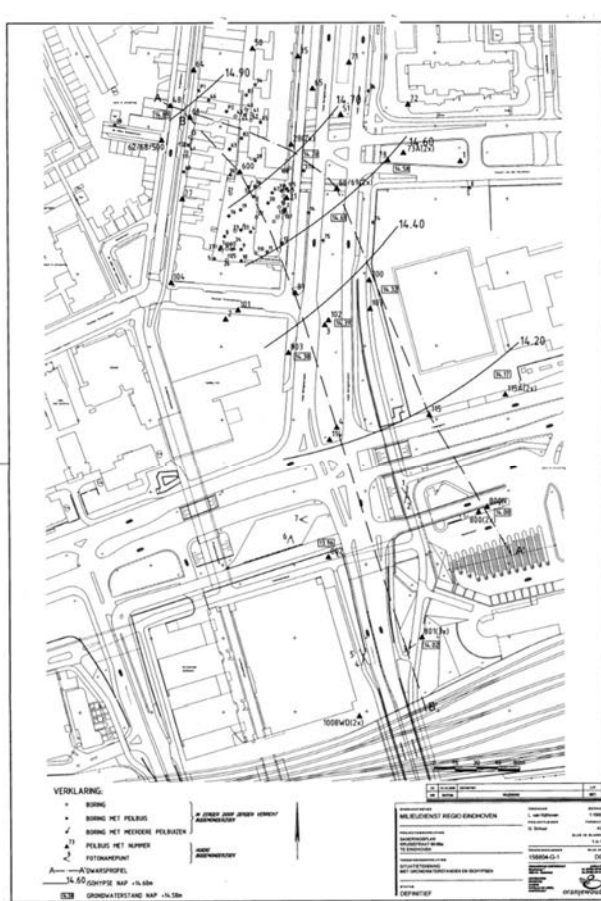
In de huidige situatie is in het maaiveld in het noordelijk deel van het plangebied de hoger gelegen dekzandrug terug te zien. De Dommel bevindt zich op grotere afstand van de bronlocatie dan het voormalige Genderdal ten zuidoosten van de bronlocatie.

De ligging van de bronlocatie van de VOCl-verontreiniging tussen het hoger gelegen maaiveld op de dekzandrug en het lager gelegen maaiveld in het oude Genderdal bevestigt het vermoeden dat van oudsher de stromingsrichting lokaal reeds zuidelijk gericht is geweest.

5.3 Lokale grondwaterstromingen in de deklaag *Grondwaterstanden*

Omdat grondwatergegevens uit REGIS onvoldoende beeld geven is de lokale grondwaterstroming nader onderzocht. In het kader van bodemonderzoeken naar aanleiding van de verontreiniging Kruisstraat zijn in het verleden grondwaterstand-metingen uitgevoerd. Deze zijn verzameld om een beeld te krijgen van de lokale grondwaterstroming in de deklaag door de jaren heen. In *bijlage 7* is een overzicht opgenomen van de geraadpleegde grondwaterstanden en bijbehorende isohypsenpatronen. Het betreft hier in NAP gewaterpaste grondwatermetingen. Hieruit blijkt dat de stijghoogte in de deklaag van het gebied (freatisch pakket) tussen mei 1985 en juli 2014 varieert tussen 14,00 m+NAP en 16,54 m+NAP.

De hoogst gemeten stand is afwijkend voor het studiegebied, dit betreft een meting op de Boschdijk, direct ten noorden van de kruising met de Pastoor Peterstraat. Dit is in het uiterste westen van het studiegebied de Boschdijk.

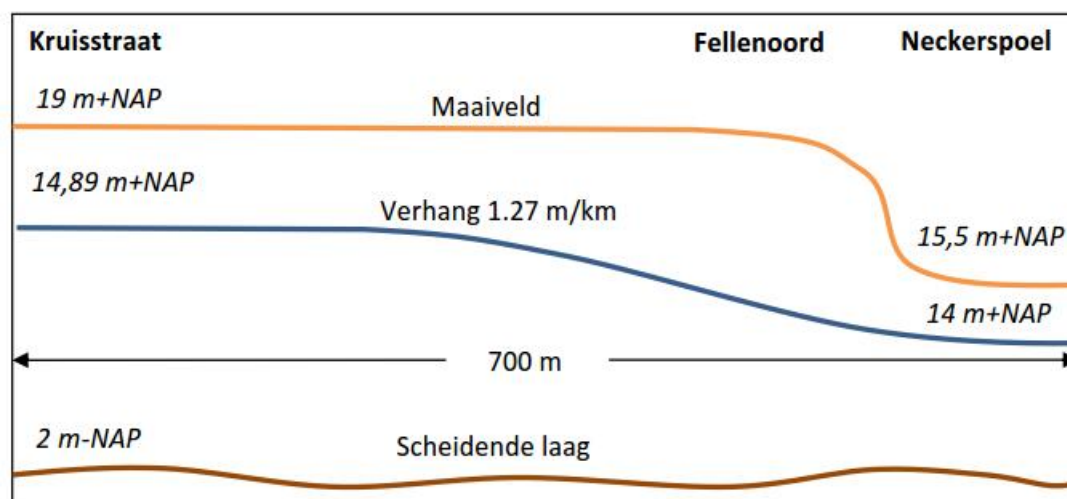


Figuur 5.3 Isohypsen Kruisstraat 2006 (Oranjewoud, Aanvullend onderzoek Kruisstraat 68-68A te Eindhoven, 2006)

Uit deze metingen zijn isohypsenpatronen samengesteld, dit zijn lijnen van gelijke stijghoogten. Uit alle lokale isohypsenpatronen zoals opgenomen in *bijlage 3* blijkt lokaal een zuid-zuidoostelijke of oostelijke grondwaterstromingsrichting in de deklaag, in tegenstelling tot de van nature aangenomen noordoostelijke stromingsrichting. De zuidelijk gerichte stroming is parallel aan de verplaatsing van de grondwaterverontreiniging.

Verhang

Verspreiding van VOCl in de bodem vindt plaats door middel van transport in het grondwater. De verplaatsingssnelheid kan afwijken van de grondwaterstromingssnelheid door processen als adsorptie en retardatie. Om een indicatie van de grondwaterstromingssnelheid te krijgen is het stromingsverhang berekend. Deze is ook van belang bij het beoordelen van de invloed van andere aspecten zoals de invloed van bemalingen en onttrekkingen die hebben plaatsgevonden in de omgeving van het plangebied. Hiertoe zijn peilbuismetingen uit eerder onderzoek (Oranjewoud, 2006) vergeleken. Uit de gemeten grondwaterstanden en de locaties van de peilbuizen kan het verhang worden afgeleid. De stijghoogte ter plaatse van de Kruisstraat ten tijde van de meting bedraagt 14,89m +NAP tegen een stijghoogte van 14,00m +NAP ter plaatse van het busplein Neckerspoel. De afstand tussen beide meetpunten bedraagt 700 meter (*fig. 5.4*). Hieruit kan een verhang van 1.27 m/km worden afgeleid. Ondanks de heterogene bodemopbouw kan voor verspreiding over meerdere decennia, zoals het geval is bij de pluim Kruisstraat, uitgegaan worden van een graduele verhanglijn om de stroomsnelheid te berekenen.



Figuur 5.4 Schematisatie stromingsverhang

Stroomsnelheid grondwater

De grondwaterstromingssnelheid in de deklaag is berekend aan de hand van het eerder afgeleide verhang. Hiervoor is gebruik gemaakt van de formule van Darcy. Deze formule is geschikt voor laminaire stromingen met een lage stroomsnelheid zoals grondwater. Per laag is de doorlaatfactor (k-waarde in m/dag) en het horizontaal doorlaatvermogen (kD-waarde in m²/dag) bepaald, waaruit een gemiddelde grondwaterstromingssnelheid is berekend. Daarnaast is een gemiddelde stromingssnelheid voor de gehele deklaag berekend.

Stroomsnelheid (Darcy) q in m/jaar :

$$\text{Flux per bodemlaag } Q'(\text{m}^2/\text{dag}) = -KD \frac{\Delta h}{L}$$

$$\text{Stroomsnelheid per bodemlaag } q (\text{m/jaar}) = \frac{Q'}{D} * 365$$

$$\text{Gemiddeld debiet deklaag } K = \frac{K_1 D_1 + K_2 D_2}{D}$$

Tabel 5.3 Gemiddelde waarden deklaag noordelijk centrumgebied Eindhoven

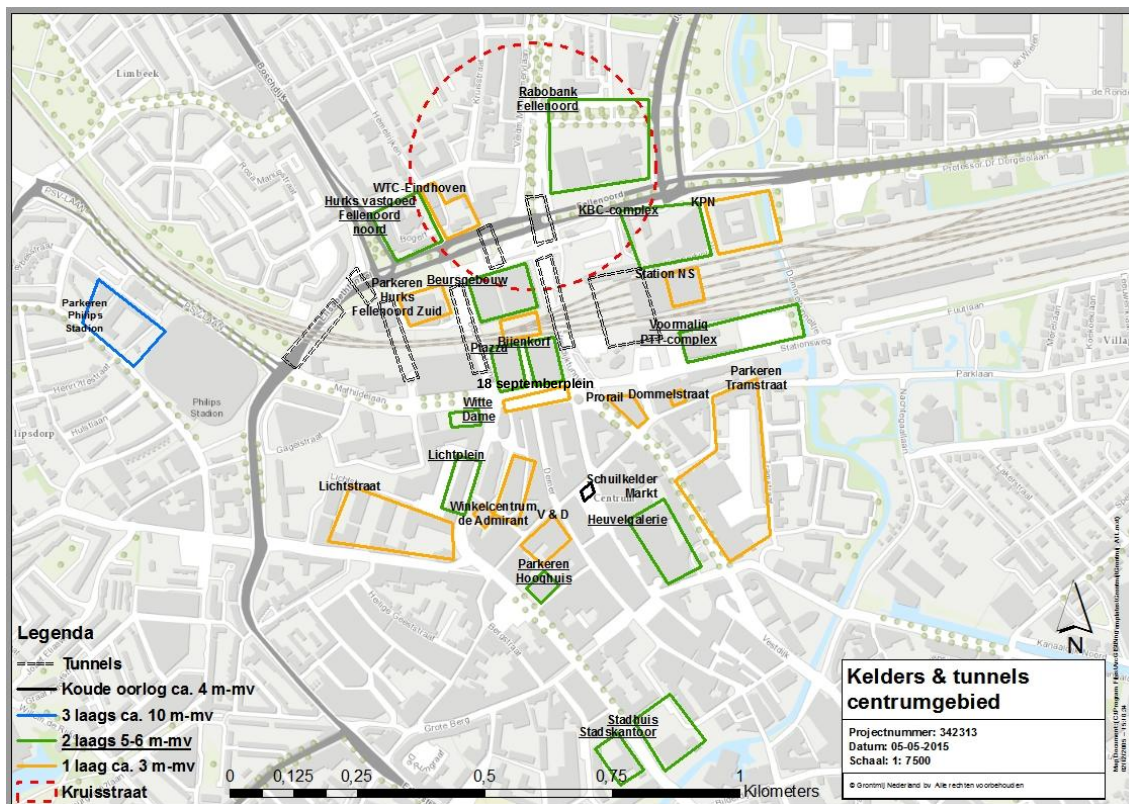
Bodemlaag (NAP)*	Bodemsamenstelling	Dikte (D) m	K-waarde (m/dag)	Doorlatendheid	Flux (Q') m ² /dag	Snelheid (q) m/jaar
+19 tot +17	Fijn lemig zand	2	1	Matig tot slecht	0.0025	0.46
+17 tot +14	Leemlaag (zandig)	3	0.5	Matig tot slecht	0.0019	0.23
+14 tot +11.5	Fijn zand	2.5	3	Matig tot vrij goed	0.0095	1.39
+11,5 tot +9	Leemlaag (zandig)	2.5	2	Matig tot slecht	0.0063	0.92
+9 tot -2	Middelfijn tot grof zand	11	8	Goed tot zeer goed	0.1118	3.71
+19 tot -2	Gewogen gemiddelde	21	4.9	Slecht tot zeer goed	0.131	2 à 3

* Het betreft een relatief homogene bodemlaag op basis van de textuur.

Uit tabel 5.3 blijkt dat de doorlatendheid per bodemlaag verschillend is. Aan de hand van de doorlatendheid van de verschillende bodemlagen blijkt een gemiddelde stromingssnelheid van het grondwater in de deklaag van 2 à 3m/jaar. Deze relatief lage stromingssnelheid wordt vooral bepaald door de slechte doorlatendheid in het bovenste deel van de deklaag, in deze laag bevindt zich de meeste leem. De VOCl-verontreiniging bevindt zich met name in het onderste deel van de deklaag.

5.4 Ondergrondse bouwwerken

Het centrumgebied bestaat uit dicht bebouwd gebied en een uitgebreide infrastructuur. Door ruimtegebrek en hoge grondprijzen is daarom bebouwing uitgebreid in de hoogte maar ook in de diepte. In Eindhoven zijn dit vooral parkeerkelders en ondertunneling van wegen en spoorlijn. Een overzicht van de ondergrondse bebouwing met significante diepte is weergegeven in onderstaande figuur 5.5.



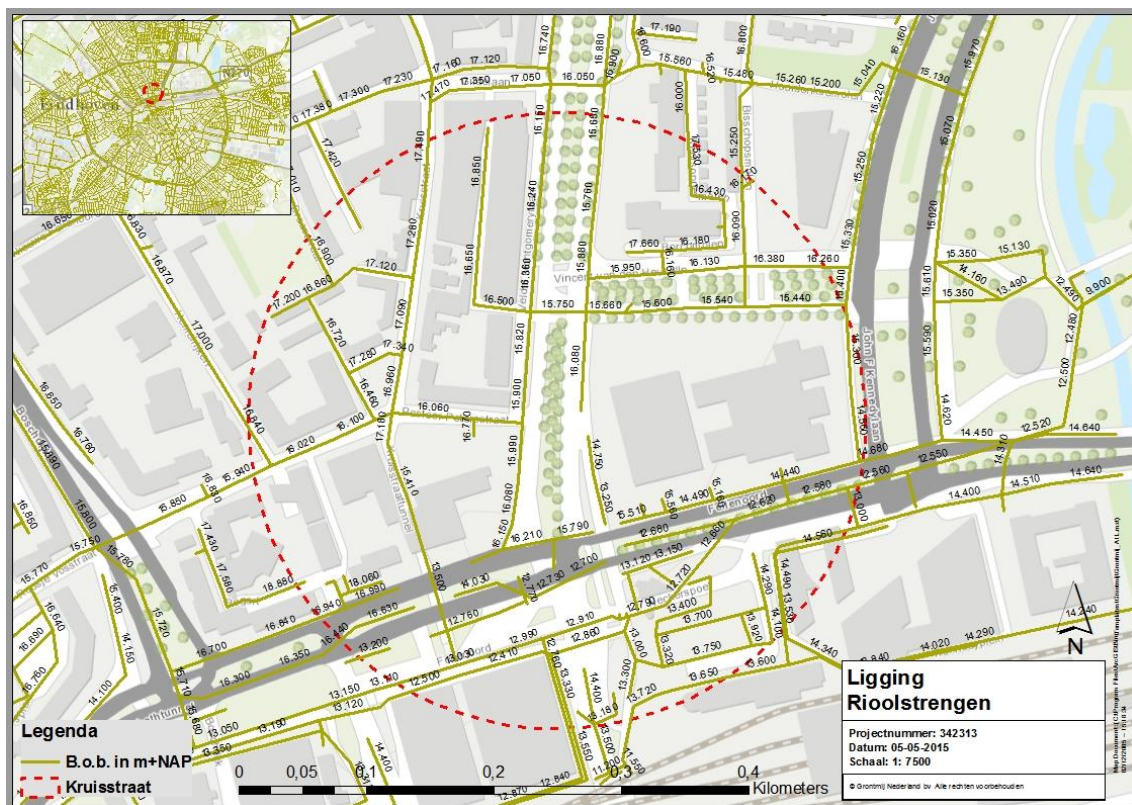
Figuur 5.5. Kelders en tunnels in het centrum van Eindhoven (Kelders en Tunnels)

Binnen het plangebied bevinden zich diverse kelders en tunnels. Uit de visualisatie blijkt dat de kelder onder de Rabobank Fellenoord zich tussen het brongebied en de Dommel bevindt. De tunnels, welke gedraineerd worden, bevinden zich ten zuiden van het brongebied. Ten zuidwesten van het plangebied bevinden zich kelders van het WTC-Eindhoven en van Hurks Vastgoed. Vermoedelijk is er weinig effect van ondergrondse bouwwerken op de verspreiding van de verontreiniging Kruisstraat, omdat zich binnen de pluim geen diepe obstakels bevinden. Door de ligging van de kelder van de Rabobank Fellenoord kan de drainerende werking van de Dommel op het grondwater in oostelijke richting afgezwakt zijn.

5.5 Rioleringen

Een lekkend riool kan (verontreinigd) grondwater opnemen als drain en (verontreinigd) rioolwater lekken in de bodem en daarmee verontreinigingen die zich boven de grondwaterstand bevinden meenemen en verspreiden. In deze paragraaf zijn de rioleringen beschreven die invloed kunnen hebben gehad op de verspreiding van de pluim Kruisstraat. Hiervoor is het digitale gemeentelijk rioleringsplan geraadpleegd, versie 29-01-2015. In figuur 5.6 is de ligging van het riool weergegeven met de betreffende b.o.b.⁹ peilen in m+NAP.

⁹Het b.o.b. peil betreft het peil ter hoogte van binnenkant-onderkant-buis.



Figuur 5.6 Ligging van de rioolstrengen in het onderzoeksgebied

Onder de Veldmaarschalk Montgomerylaan liggen twee rioolstrengen van elk Ø 450 mm ei-vorm. Beide liggen onder vrij verval in noordelijke richting. De westelijke streng gaat van b.o.b. 16,21m +NAP ter hoogte van Fellenoord naar b.o.b. 16,15m +NAP ter hoogte van Gildelaan. De oostelijke streng gaat van b.o.b. 16,23m +NAP ter hoogte van de Pastoor Petersstraat naar b.o.b. 15,76m +NAP ter hoogte van de Gildelaan. Onder de doorgang achter de panden Kruisstraat 66/68 ligt een streng van Ø 300 mm rond. Deze watert af in zuidelijke richting en takt aan op de Montgomerylaan ter hoogte van de Vincent van den Heuvellaan. De rioleringsring onder de Kruisstraat watert af in zuidelijke richting van b.o.b. 17,70m +NAP ter hoogte van de Gildelaan naar b.o.b. 13,50m +NAP ten zuiden van de Fellenoord in het lager gelegen gedeelte. De rioleringsring Kruisstraat is verbonden met de Montgomerylaan. Deze watert af in oostelijke richting op de Montgomerylaan van b.o.b. 15,99m +NAP in de Kruisstraat naar b.o.b. 16,19m +NAP ter hoogte van de Montgomerylaan. In onderstaande tabel 5.4 zijn de gegevens samengevat.

Tabel 5.4 Rioleringsgegevens onderzoeksgebied

	Aanleg	Materiaal	Ø mm	Van b.o.b. m+NAP	Naar b.o.b m+NAP
Kruisstraat	1984	Beton/PVC	300/250 rond	17.70	13.50
Achter Kruisstraat	1976	Beton	300 rond	17.06	16.10
Montgomerylaan West	1965-1968	Beton	450 ei	16.21	16.15
Montgomerylaan Oost	1965-1967	Beton	450 ei	16.23	15.76
Pastoor Petersstraat	1972	Beton	400 rond	16.19	15.99

Uit de grondwaterstanden over de jaren is een hoogste grondwaterstand van 16,54m +NAP gemeten. Deze meting bevindt zich buiten het beschouwde gebied met riolerings. Binnen het beschouwde gebied is de hoogste gemeten grondwaterstand 15,84m +NAP. Hoewel de grondwaterstanden tijdelijk hoger kunnen zijn geweest, is het niet aannemelijk dat deze de onderzijde van de rioleringsbuizen hebben bereikt, ook rekening houdend met een zandcunet van 0,3 meter. Dit te meer omdat er een drainerende invloed is van zowel de Dommel als de Neckerspoel waardoor freatisch grondwater relatief snel wordt afgevoerd ten tijde van hevige neerslag en de daaropvolgende verhoging van de freatische grondwaterstand. Verspreiding van de VOCl verontreiniging in zuidelijke richting vanaf de bron door het riool is daarom niet waarschijnlijk.

Het is bekend wanneer het oude riool is gerenoveerd. Gegevens omtrent de rioleringspeilen van voor de renovatie zijn niet verkregen, op hoofdlijnen kan aangenomen worden dat de ligging overeenkomt met het huidige riool. De staat van het riool van voor de renovatie is niet bekend. Het feit dat er gerenoveerd is maakt het aannemelijk dat het riool in slechte staat verkeerde. De rioolrenovatie heeft plaatsgevonden na het ontstaan van de verontreiniging. Het is daarom aannemelijk dat de verontreiniging in die tijd in de bodem is terechtgekomen.

5.6 Onttrekkingen

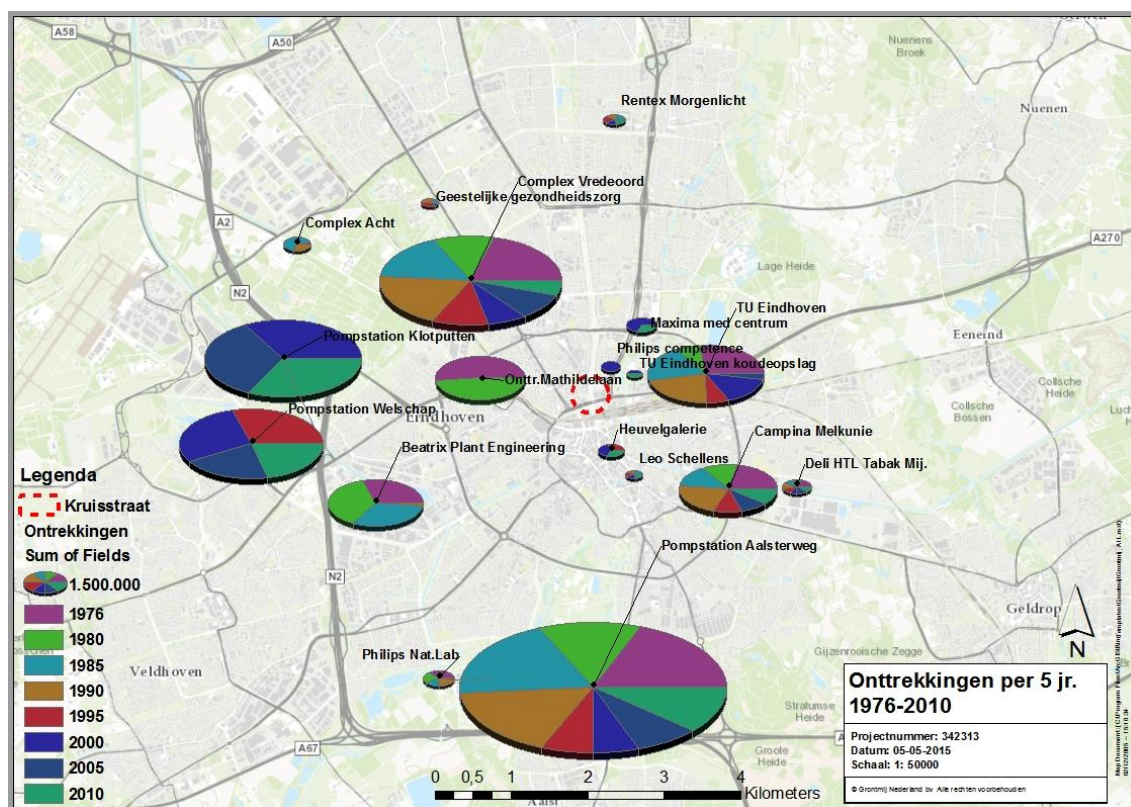
In de omgeving van het plangebied hebben in het verleden diverse grondwateronttrekkingen plaatsgevonden die mogelijk invloed hebben gehad op de grondwaterstroming in het plangebied en daarmee op de verplaatsing van de verontreiniging Kruisstraat. Daarom zijn deze onttrekkingen in kaart gebracht en geanalyseerd.

Bij de ODZOB¹⁰ zijn gegevens verkregen omtrent industriële onttrekkingen uit het verleden (geregistreerd vanaf 1976). Dit zijn onttrekkingen waarbij grondwater gebruikt werd als proceswater, voor bijvoorbeeld koeling. Vele van deze onttrekkingen zijn inmiddels gestopt of onttrekken nog met een gering debiet. In bijlage 5 is een overzicht toegevoegd van de onttrokken debieten.

Momenteel wordt de ondergrond in het centrumgebied van ook gebruikt door WKO-bronnen. De aanwezige WKO-systemen onttrekken veelal uit het eerste watervoerende pakket. Dit pakket wordt gescheiden van het freatisch grondwater, door de aanwezige leemlaag op 2m -NAP tot 10m -NAP. Ook hebben deze systemen een nagenoeg gesloten waterbalans, waardoor invloed op de grondwaterstroming in de laag zeer gering is. Om deze reden is de invloed van WKO-systemen niet verder onderzocht in dit onderzoek.

Om inzicht te krijgen in de invloedssfeer zijn de onttrekkingen vanaf 1976 geanalyseerd in ArcGIS. In navolgende figuur 5.7 is de locatie van de onttrekkingen weergegeven ten opzichte van de bronlocatie van de VOCl-verontreiniging Kruisstraat. De omvang van de onttrekkingen is weergegeven vanaf 1976 per periode van 5 jaar. Een overzicht van de onttrokken debieten per jaar is bijgevoegd als bijlage 8.

¹⁰ Het bevoegd gezag voor het afgeven van vergunningen voor grondwateronttrekkingen in Eindhoven is overgegaan van de provincie Noord-Brabant op de Omgevingsdienst Zuid Oost Brabant (ODZOB) na inwerkingtreding van de Waterwet in 2009. Voor bemalingen is het bevoegd gezag overgegaan op Waterschap De Dommel.



Figuur 5.7 Historische onttrekkingen in Eindhoven (ODZOB)

Uit analyse van de onttrekkingen en de gemiddelde grondwaterstromingssnelheid blijkt dat de onttrekking ter plaatse van de TU/e¹¹ mogelijk de meeste invloed gehad heeft op de grondwaterstroming in het plangebied. Het betreft een langjarige onttrekking met een zeer groot debiet op circa 800 meter ten oosten van de bronlocatie. Tussen de onttrekking en het plangebied bevindt zich de Dommel. Om de invloed van deze onttrekking nader vast te stellen is deze doorge-rekend in een grondwatermodel (GMS). De uitkomsten hiervan zijn beschreven in hoofdstuk 5.

5.7 Bemalingen

Bij werkzaamheden in de ondergrond worden veelvuldig (bron)bemalingen toegepast om de werkzaamheden in den droge te kunnen uitvoeren. Bijvoorbeeld bij de aanleg van parkeergarages en kelders. Tijdens deze bemalingen treedt een verlaging van de grondwaterstand op. Afhankelijk van de duur van de bemaling, het onttrokken debiet en de afstand tot de Kruisstraat kunnen deze bemalingen de grondwaterstromingsrichting in het plangebied beïnvloeden en/of beïnvloeden.

Tijdens het onderzoek is gebleken dat gegevens omtrent historische bemalingen niet of moeilijk te ontsluiten zijn. In tabel 5.5 zijn de bemalingen weergegeven die binnen dit onderzoek geïnventariseerd zijn, of waarvan gegevens zijn verkregen. Het betreft bemalingen met een debiet > 50.000m³/maand en met een duur van langer dan zes maanden, waarvoor vergunning is afgegeven door het bevoegd gezag.

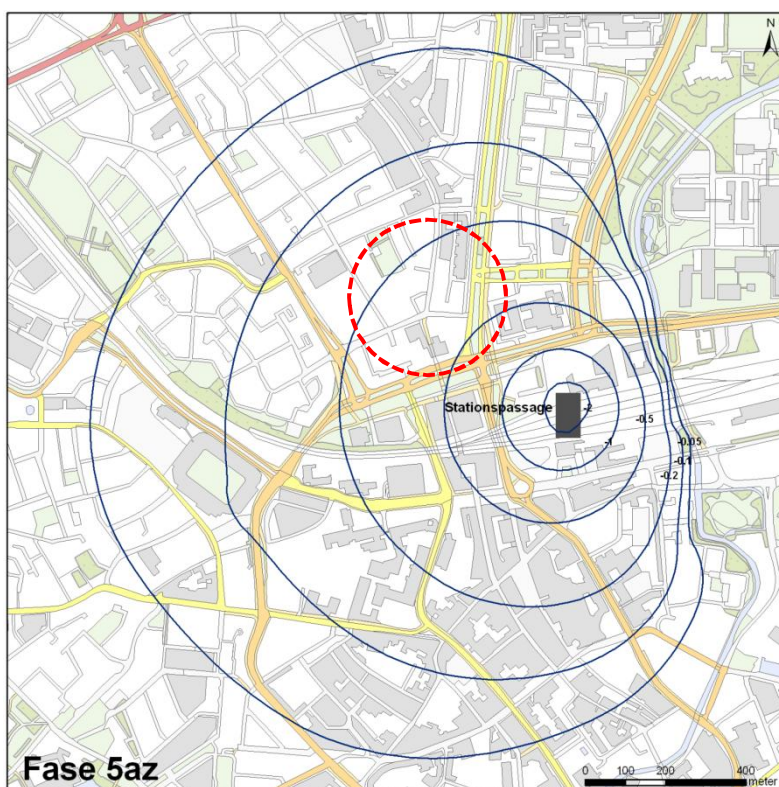
Tabel 5.5 Bemalingen >50.000m³/maand

Bemaling	Werkzaamheden	Duur	Debiet	Opmerking
Rabobank Fellenoord	1965?		?	Geen gegevens
Kennedy Business Center	1999-2000	2 jaar	?	Geen gegevens
Stations passage	2013-2016	3,5 jaar		Gefaseerd uitgevoerd

¹¹ Technische Universiteit Eindhoven

De bemalingen ten behoeve van de aanleg van de Rabobank en de parkeerkelder van het KBC-complex hebben plaatsgevonden op korte afstand ten zuidoosten van de Kruisstraat (fig. 5.5). De gegevens hiervan, welke bekend zijn bij het bevoegd gezag, zijn in het kader van dit onderzoek opgevraagd maar helaas niet verkregen. Wel is bekend dat het om bemalingen gaat > 50000 m³/ maand. Gezien de effecten van de bemaling van de stationspassage op veel grotere afstand is het aannemelijk dat deze bemalingen ook invloed hebben gehad op de grondwaterstroming in het plangebied. Zonder gegevens is deze aanname echter niet te kwantificeren.

In eerder onderzoek is uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van de bemaling van de stationspassage (Arcadis, 2011). Hieruit blijkt dat de verlaging tijdens de maatgevende fase, de fase met het hoogste onttrekkingsdebiet, het plangebied bereikt. De grondwaterstandsverlaging bedraagt hier tussen de -0.2 en -0.5 meter. De verlagingcontour en invloedssfeer zijn hieronder weergegeven in *figuur 5.8*. Door de verlaging zal de verontreinigingspluim Kruisstraat mogelijk versneld verplaatst worden in zuidoostelijke richting.



Figuur 5.8 Invloed stationsbemaling op Kruisstraat (Arcadis, 2011)

5.8 Drainage

Het maaiveld van het gebied ten zuiden van het plangebied tussen de Fellenoord en het spoor bevindt zich onder de natuurlijke grondwaterspiegel. Door het verschil in maaiveldhoogte tussen de noord- en zuidzijde van de Fellenoord is aan de zuidzijde sprake van een kwelsituatie. Het gebied wordt daarom gedraineerd om voldoende drooglegging te realiseren. Bij de drainage wordt grondwater aangetrokken en afgevoerd uit de bodem. Afhankelijk van de ligging en het afgevoerde debiet kan het drainagesysteem de grondwaterstroming in het plangebied beïnvloeden.

Drainage Neckerspoel

In het verleden stroomde in dit gebied de Gender (*zie intermezzo*) en bevond zich ter plaatse van het huidige busplein een moerasachtig gebied, de Neckerspoelen. Bij het ontwerp van het busplein tijdens de periode van wederopbouw na WOII medio jaren '40 van de vorige eeuw was de noodzaak voor een drainagesysteem al bekend waarvan onderstaande uitsnede getuigt:

in de Elisabethlaan. Voorts is ten Zuiden van de eerstgenoemde drie onderdoorgangen een uitgestrekt plein ontworpen, dat zich tot voor het te bouwen nieuwe station voortzet. Dit plein zal onder een zoodanige helling worden gelegd, dat het aansluit aan de afritten naar de onderdoorgangen. Zoowel de rijvloeren in de onderdoorgangen als het grootste deel van het plein zullen beneden den natuurlijken grondwaterstand komen te liggen. Een uitgebreid drainagestelsel zal derhalve dienen te zorgen voor een voldoende verlaging van den grondwaterstand. Deze verlaging moet zoodanig zijn, dat voldaan wordt aan den op grond van stadsbouwkundige overwegingen gestelden eisch, dat boombeplanting op het plein mogelijk zij.

Figuur 5.9. Drainagesysteem Busplein Neckerspoel (RIWA, 1946)

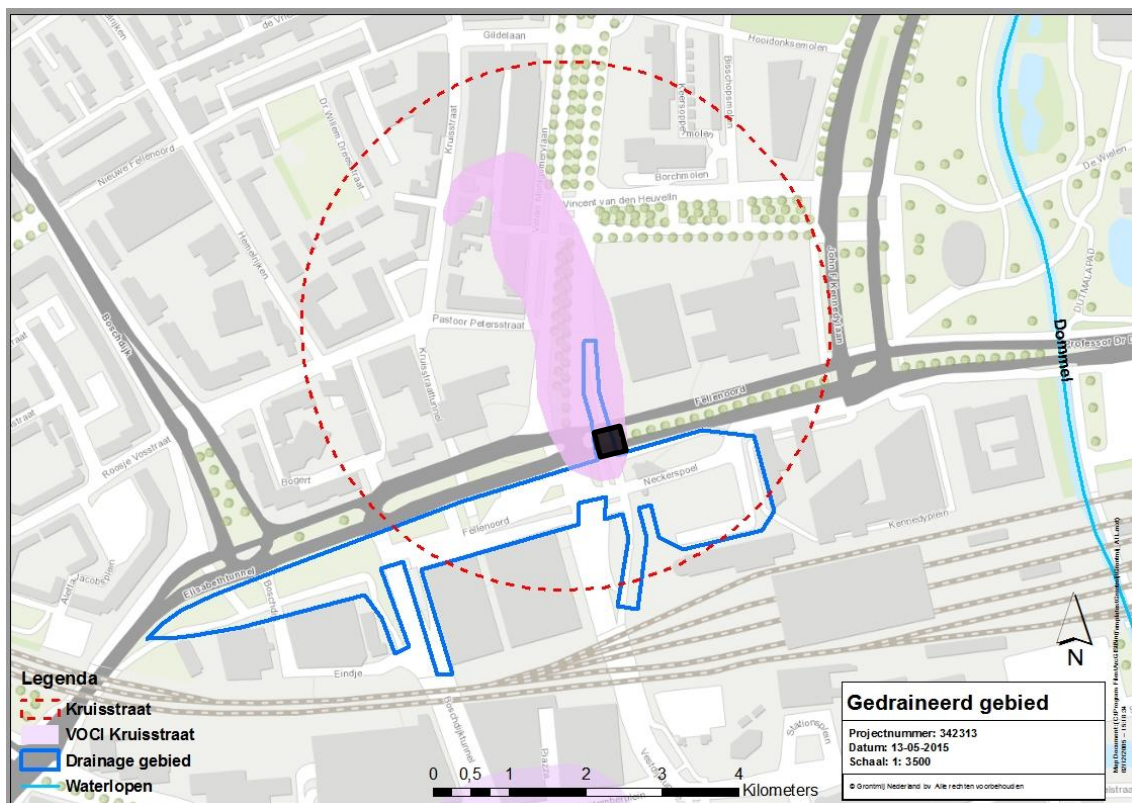
Het busplein de Neckerspoel en de spoorwegonderdoorgangen zijn al sinds 1946 gedraineerd. Eerder stroomde hier ook het riviertje de Gender door de lager gelegen Neckerspoel. Door de drainerende werking van de Gender in het verleden, kan verklaard worden dat de grondwaterstroming reeds lange tijd zuidwaarts gericht is. Tegenwoordig komen hogere afvoeren voor als gevolg van een hogere neerslagintensiteit en een toegenomen verhard oppervlak. Een gevolg hiervan is toenemende wateroverlast in het gebied ten zuiden van de Fellenoord waardoor de drainagecapaciteit is opgeschroefd. Door intensievere drainage wordt het effect op de grondwaterstroming versterkt.

Gedraineerd gebied

Vanwege grondwateroverlast ter plaatse van de Fellenoord tunnel (de noordwesthoek van het busplein Neckerspoel) is het bestaande drainagesysteem in 2011 aangepast en uitgebreid met een verticaal systeem. Het horizontale systeem dient om kwelwater af te voeren en bevindt zich op circa 0.5m -mv. Het verticale systeem bestaat uit drie verticale drainageputten met elk twee filters op twee verschillende diepten, namelijk 5.0 – 6.5m -mv en 7.5 – 9.0m -mv.

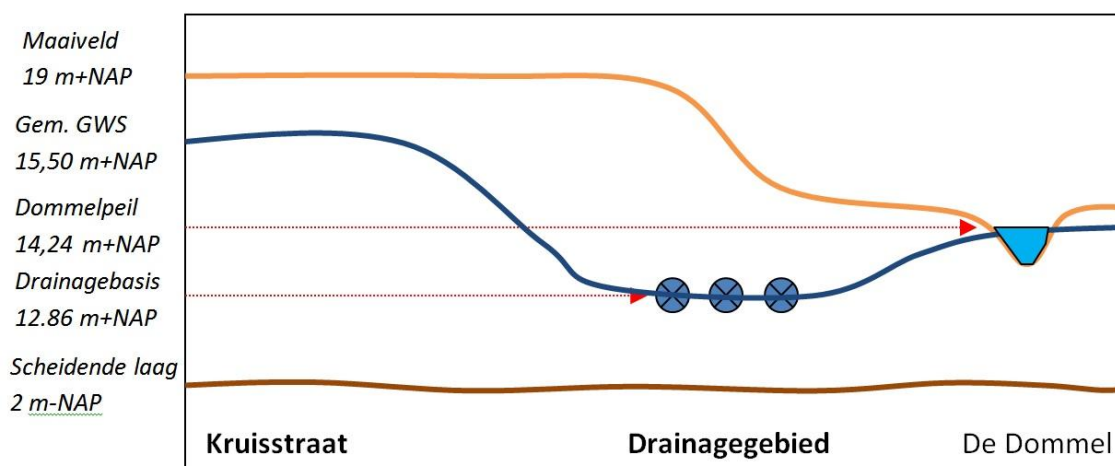
Bij hoge grondwaterstanden lozen deze drains het gedraineerde grondwater op de pompkelder Fellenoord vanwaar dit naar het riool verpompt wordt. Bij extreme regenval is de afvoercapaciteit hiervan niet voldoende en wordt tevens op het oppervlaktewater van de Dommel geloosd.

Op navolgende *figuur 5.10* is blauw omlijnd het gedraineerde gebied weergegeven. Met een zwarte blok is de pompkelder Fellenoord aangegeven waarop de drains het grondwater lozen.



Figuur 5.10 Globale ligging en afbakening gedraineerd gebied (Bron: gemeente Eindhoven)

Het drainagesysteem bevindt zich binnen de streefwaardecontour van de verontreiniging Kruisstraat en loost daarmee licht tot sterk met VOCI verontreinigd grondwater. Volgens de Wbb is dit een sanerende handeling en daarom is hiervoor een deelsaneringsplan opgesteld (2012). Tevens worden de spoorwegonderdoorgangen Vestdijk, Boschdijk, Piazza en Elisabethtunnel gedraineerd. Dit gebeurt door middel van drainageleidingen onder het wegdek, die afwateren op pompkelders welke zich onder de tunnels bevinden. In onderstaande doorsnede is de ligging van het drainagesysteem geschetst met de bijbehorende peilen.



Figuur 5.11 Drainagebasis en Dommelpaai

Uit de doorsnede blijkt dat de drainagebasis lager ligt dan het gemiddelde Dommelpaai. Lokaal zal het grondwater daarom sterker worden aangetrokken door de drainage dan door de dreinerende werking van de Dommel. In het volgende hoofdstuk wordt deze invloed door middel van modelberekeningen nader onderzocht.

5.9 De invloeden samengevat

Onderzoek van de aspecten in voorgaande paragrafen geeft een verklaring voor de verplaatsing van de pluim Kruisstraat. In deze paragraaf worden de uitkomsten van de onderzochte aspecten samengevat. De invloed van de historische onttrekking van de TU/e en het drainagesysteem worden in hoofdstuk 6 verder onderzocht door middel van berekeningen in een grondwatermodel.

- De lokale bodemopbouw is zeer heterogeen. Op hoofdlijnen kan gesteld worden dat de deklaag bestaat uit fijn tot zeer fijn (lemig) zand, met de aanwezigheid van leemhoudend materiaal in de vorm van leemlagen. De doorlatendheid in het bovenste deel van de deklaag is matig tot slecht. De onderste helft van de deklaag bevat aanzienlijk minder leem en is daarmee ook redelijk tot goed doorlatend. Grote aaneengesloten leemlenzen zijn niet aangetroffen in het gebied, zodat de aanwezigheid van bijvoorbeeld schijngrondwaterspiegels niet aannemelijk is. Door het gedrag van VOCl in de bodem zal de verontreiniging zich niet als een homogene pluim door de deklaag verplaatsen, maar eerder als slietjes op en rond de leemlagen bewegen in een grillig patroon. Door de aanwezigheid van de scheidende laag op 21m -NAP tot 29m -NAP wordt de verontreiniging in de diepte afgebakend tot aan deze scheidende laag.
- Het maaiveld in het plangebied loopt in zuidoostelijke richting af naar de beekdalen van de (voormalige) Gender en Dommel. Dit blijkt ook uit de historische hoogtekartaart en bevestigt dat van oudsher de stromingsrichting vermoedelijk lokaal zuidelijk gericht is geweest.
- De grondwaterstandmetingen uit eerdere onderzoeken geven al vanaf 1985 een zuidzuidoostelijke grondwaterstromingsrichting aan. Deze stromingsrichting is parallel aan de verplaatsing van de verontreinigingspluim in de Kruisstraat. Hiermee volgt de verplaatsing van de pluim Kruisstraat in zuidelijke richting de heersende lokale grondwaterstroming.
- Hoewel grondwaterstanden tijdelijk hoger kunnen zijn geweest is het niet aannemelijk dat deze de onderzijde van de aanwezige rioleringen heeft bereikt. Dit te meer vanwege de aanwezige drainerende invloed van zowel de Dommel als de Neckerspoel waardoor freatisch grondwater relatief snel wordt afgevoerd ten tijde van hevige neerslag en de daaropvolgende verhoging van de freatische grondwaterstand. Verspreiding van de VOCl verontreiniging in zuidelijke richting vanaf de bron Kruisstraat 66/68 via het riool is daarom niet waarschijnlijk. Rioolrenovatie kan duiden op mogelijke lekkages en daarmee verspreiding van de verontreiniging in de bodem.
- Uit analyse van onttrekkingsgegevens en de gemiddelde grondwaterstromingssnelheid blijkt dat de onttrekking van de TU/e de meeste invloed kan hebben gehad op de grondwaterstroming in het plangebied. Dit betreft een langjarige onttrekking met een zeer groot debiet op 800 meter van de bronlocatie. Om de invloed van deze onttrekking nader vast te stellen worden deze nader onderzocht door middel van berekeningen in het volgende hoofdstuk.
- Uit onderzoek naar historische bemalingen zijn geen gegevens verkregen. Uit recentere gegevens blijkt dat bij de bemaling ten behoeve van de aanleg van de stationspassage een grondwaterstandsverlaging optreedt met een invloedssfeer tot aan de verontreiniging Kruisstraat. Door deze bemaling ten zuidoosten van het plangebied kan een verdere verplaatsing optreden in zuidelijke richting. Door het effect van de bemaling van de stationspassage op veel grotere afstand, is het aannemelijk dat de bemalingen dichterbij het onderzoeksgebied tevens invloed hebben gehad op de grondwaterstromingsrichting.
- Het drainagesysteem Neckerspoel bevindt zich op een lager peil dan het gemiddelde Dommelpeil. Lokaal zal het grondwater daarom sterker door de drainage worden aangetrokken dan door de drainerende werking van de Dommel. In het volgende hoofdstuk wordt deze invloed door middel van berekeningen nader onderzocht.

6 Toetsing invloeden in grondwatermodel

6.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is beschreven dat de onttrekking van de TU/e en het drainagesysteem invloed hebben gehad op de verplaatsing van de verontreinigingspluim Kruisstraat. Om deze invloed verder inzichtelijk te maken zijn de invloeden nader onderzocht door middel van berekeningen in een grondwatermodel. Hiermee worden de bevindingen verder onderbouwd en zijn deze beter te kwantificeren.

6.2 Modelopbouw

Om de mate van beïnvloeding inzichtelijk te maken is deze doorgerekend in een grondwatermodel. Hiervoor is het Groundwater Modelling System (GMS) gebruikt. GMS is ontwikkeld door Aquaveo en functioneert als een schil om het programma MODFLOW. De basis voor dit model bestaat uit een verfijning van het regionale grondwatermodel voor Noord-Brabant (TNO, 2002) en is voor Eindhoven geactualiseerd in 2008.

In het grondwatermodel zijn de volgende invloeden onderzocht;

- de natuurlijke stromingsrichting in de deklaag, met invloed drainagesysteem;
- effecten van de onttrekking TU/e op de grondwaterstroming;
- de aanwezigheid van een lokale (grond) waterscheiding.

In onderstaande tabel 6.1 is de opbouw van de ondergrond volgens het grondwatermodel weergegeven met de bijbehorende waarden.

Tabel 6.1 Modelopbouw

Laag	Top (m +NAP)	Bottom (m+ NAP)	Geohydrologische eenheid	Doorlaatvermogen* (m ² /dag)	Leakance* (d ⁻¹)
1	11,3 tot 41,3	9,5 tot 39,3	Deklaag	5	1
2	9,5 tot 39,3	5,9 tot 37,2		5	0,0003 tot 4,2
3	5,9 tot 37,2	-31,9 tot 26,7		0,5 tot 224	0,0003 tot 4,2
4	-31,9 tot 26,7	-36,9 tot 21,5	Watervoerend pakket 1	170 tot 300	1
5	-36,9 tot 21,5	-41,9 tot 16,5		170 tot 300	1
6	-41,9 tot 16,5	-46,9 tot 11,5		170 tot 300	1
7	-46,9 tot 11,5	-103,1 tot 8,5		50 tot 449	0,00002 tot 0,00017
8	-103,1 tot 8,5	-194,5 tot -30,8		0,2 tot 1180	0,00006 tot 0,98
9	-194,5 tot -30,8	-213,4 tot -30,7		0,4 tot 1452	0,00006 tot 2,7
10	-213,4 tot -30,7	-213,6 tot -30,9		0,2 tot 196	0,017
11	-213,6 tot -30,9	-213,6 tot -31,4		0,3 tot 2103	0,00002 tot 0,0014
12	-213,6 tot -31,4	-256,8 tot -39,2		0,3 tot 799	0,00002 tot 1,0
13	-256,8 tot -39,2	-256,9 tot -117,8		0,3 tot 2987	0,00006 tot 1
14	-256,9 tot -117,8	-428,6 tot -147,1		0 tot 4277	0

* Variatie van de waarden gelden binnen het gehele grondwatermodel

Vanwege de gemiddelde grondwaterstromingssnelheid in het freatisch grondwater van 2 à 3 m/jaar zijn kortdurende onttrekkingen niet of nauwelijks van invloed geweest op verplaatsing van de verontreiniging ter hoogte van de Kruisstraat. Van de bekende onttrekkingen is de onttrekking TU/e degene met de grootste invloed. De onttrekking heeft plaatsgevonden circa 800 meter van de bronlocatie Kruisstraat, hiervan zijn gegevens bekend vanaf 1976 tot 2010.

Van 2002 tot 2004 ontbreken de gegevens. Tussen 2005 en 2010 is de onttrekking afgebouwd tot een gering debiet (gem. 221 m³/dag) waardoor dit een onrealistisch beeld schetst ten opzichte van het gemiddelde debiet over eerdere jaren.

In onderstaande *tabel 6.2* zijn de gegevens betreffende de onttrekking TU/e samengevat. De uit informatie van de ODZOB opgegeven filterstelling van 3 tot 15m -NAP bevindt zich op het TU/e-terrein deels in de deklaag. Omdat het zeer onwaarschijnlijk is dat er uit de deklaag (formatie van Boxtel) met dergelijke debieten is onttrokken, is de filterstelling in het 1^e WVP geplaatst.

Tabel 6.2 Modelgegevens TU-onttrekking

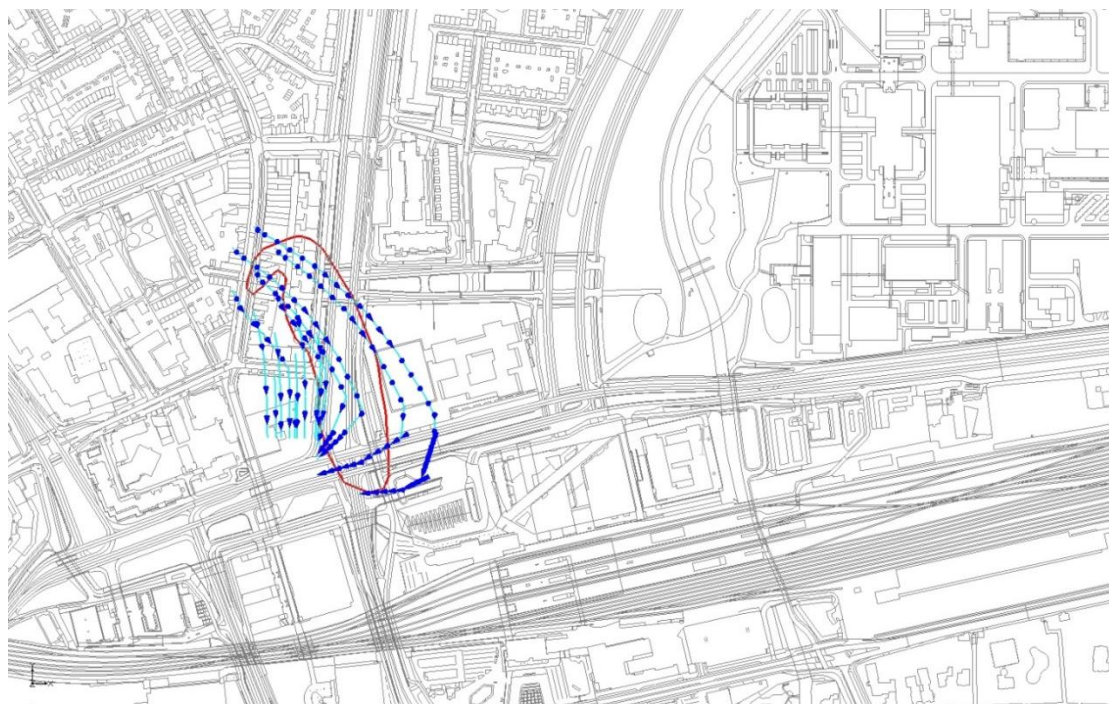
	Filterstelling	Debiet	Jaarreeks	Afstand tot bron	Stroombaan
Vergund	3-15 m-NAP	9169 m ³ /dag	1976-2010	800 m	5 jr.
Gemiddeld	3-15 m-NAP	4358 m ³ /dag	1976-2001	800 m	5 jr.

Ten zuiden van de Fellenoord wordt het freatisch grondwater gedraineerd om het maaiveld droog te houden. Aan de hand van de b.o.b. van de pompkelder waar de drain op loost, ligt deze drainage op 12.86 +NAP (circa 1,5 m-mv). In het grondwatermodel is voor dit gebied deze drainhoogte opgegeven.

6.3 Resultaten

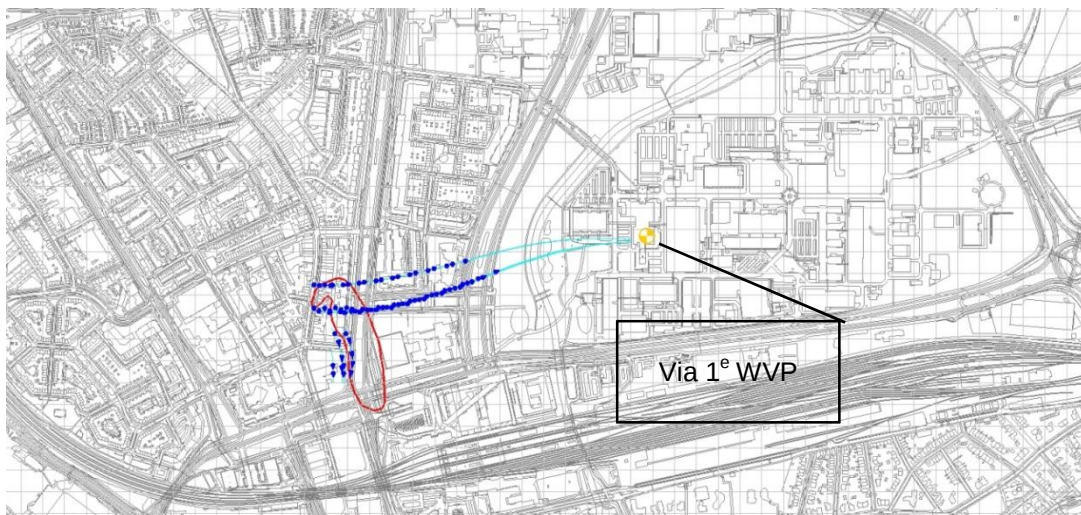
Onttrekking TU/e

Bij de berekening is uitgegaan van een stroombaanberekening in de deklaag met drie scenario's: een scenario zonder onttrekking, een worst-case scenario met invloed van het maximale (vergunde) debiet en een gemiddeld scenario over de jaren 1976 tot met 2001.



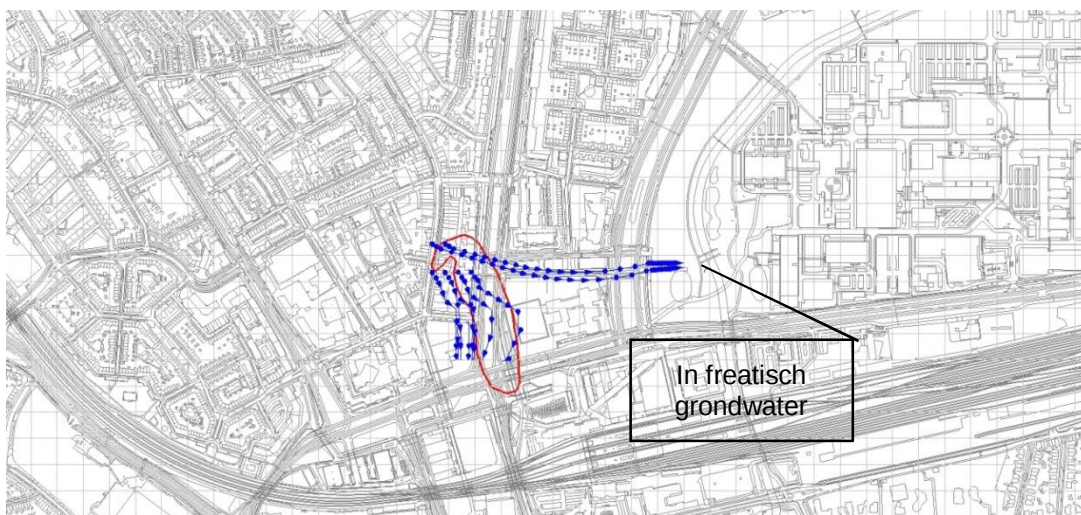
Figuur 6.1 Stroombanen zonder onttrekking TU/e (huidige situatie)

Bij de stroombaanberekening van de huidige situatie is te zien dat de stroming zuidzuidoost gericht is met een lichte afbuiging richting het oosten. Hierin is het effect van het drainagesysteem goed terug te zien. Zodra de (oostelijke) partikels de Fellenoord bereiken worden deze opgevangen door het drainagesysteem. Deze situatie is vergelijkbaar met de historische situatie, het gebied ten noorden van het spoor is reeds vanaf na WOII gedraineerd, voor die tijd was het een laaggelegen moerassig gebied.



Figuur 6.2 Stroombanen bij onttrekking TU/e met vergund debiet

Bij berekening met het maximaal vergunde debiet van $9169 \text{ m}^3/\text{dag}$ is de stromingsrichting vrijwel geheel op de onttrekking gericht. Het grondwater stroomt hier via het eerste WVP richting de onttrekking. Enkel de meest zuidelijke stroombaan buigt hier af richting het zuiden.



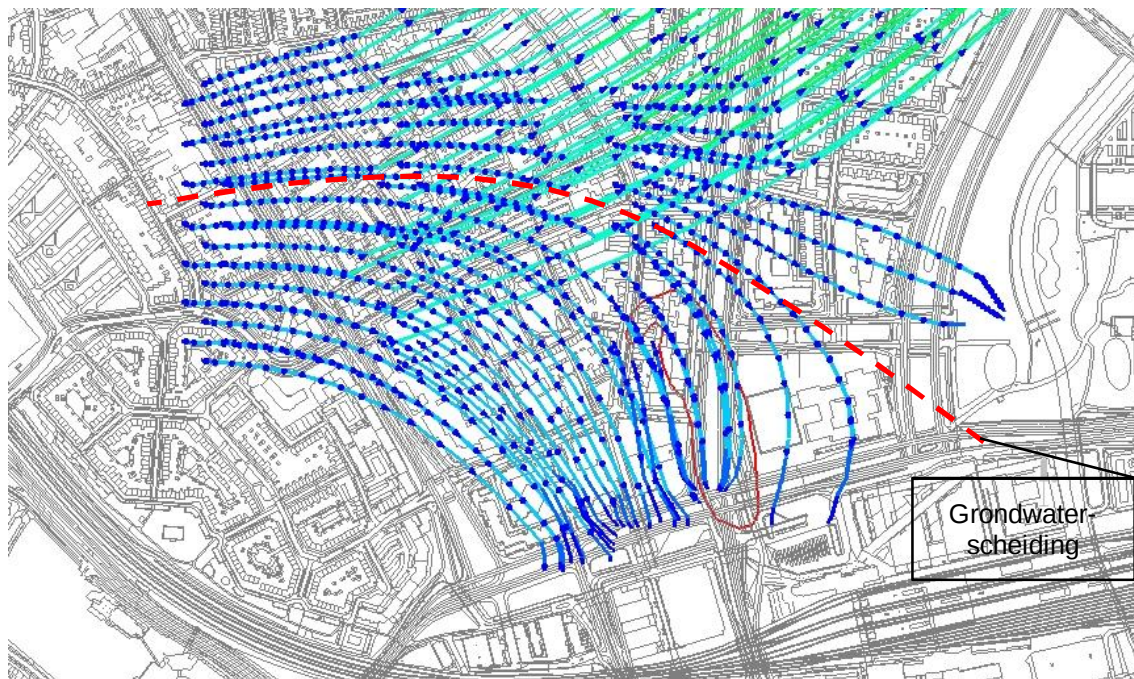
Figuur 6.3 Onttrekking TU/e met gemiddeld debiet

Bij onttrekking met het gemiddelde debiet van $4358 \text{ m}^3/\text{dag}$ is de stromingsrichting in eerste instantie zuidoostelijk gericht. Enkel de meest noordelijke stroombanen worden door het freatisch grondwater in de deklaag in oostelijke richting aangetrokken tot aan de Dommel. De invloed van de onttrekking is hier duidelijk minder, een groot deel van de stroombanen staat hier onder invloed van een zuidelijke stromingsrichting.

De berekening met het gemiddelde debiet is het meest realistische scenario, het betreft een gemiddelde van het werkelijk onttrokken debiet. Dit verklaart vermoedelijk waarom de verontreiniging eerst oostwaarts verspreid is, en daarna een zuidelijke richting heeft aangenomen.

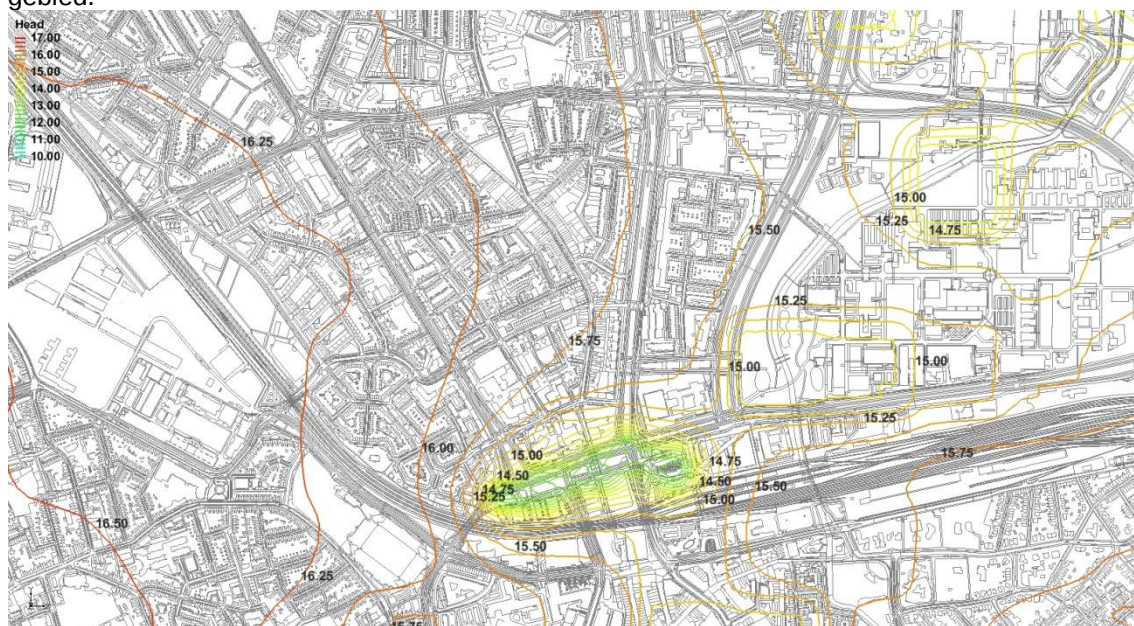
Waterscheiding

Omdat de zuidelijke stromingsrichting slechts lokaal voorkomt, is middels modelberekeningen onderzocht waar de grens ligt tussen de heersende (regionale) noordoostelijk gerichte stromingsrichting en vanaf waar deze naar het zuiden gericht is. Hiervoor zijn over een groter gebied stroombaanberekeningen uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn hieronder weergegeven in *figuur 6.4*. De noordoostelijk gerichte stroombanen (lichtblauw) betreft de stroming in het eerste watervoerend pakket.



Figuur 6.4 Waterscheiding Kruisstraat zonder TU/e, met drainage

Uit de modelberekening blijkt dat zich in het freatisch grondwater van de deklaag een waterscheiding bevindt. Deze is aangegeven met de rode stippellijn. Met de gegevens uit het grondwatermodel is een lokaal isohypsenpatroon van de deklaag samengesteld. Hierop is de invloed van het drainagesysteem terug te zien door de afnemende stijghoogten richting het gedraineerd gebied.



Figuur 6.5 Isohypsens deklaag volgens grondwatermodel

6.4 Conclusie modelberekeningen

Uit de modelberekeningen blijkt dat de onttrekking ter plaatse van de TU/e de grondwaterstroming in het onderzoeksgebied heeft beïnvloedt. Ondanks de lokaal heersende zuidelijke stromingsrichting van het grondwater neemt de stromingsrichting in het meest noordelijke deel van de verontreinigingspluim (binnen de waterscheiding) onder invloed van de onttrekking deels een oostelijke richting aan. Dit verklaart vermoedelijk waarom de verontreiniging in het noordelijk deel van de pluim deels oostwaarts verplaatst is alvorens zich in zuidelijke richting te verplaatsen.

Omdat het een langjarige onttrekking betreft heeft de onttrekking ook lange tijd invloed gehad op de grondwaterstroming. Naast deze onttrekking kunnen gelijktijdig andere invloeden actief zijn geweest. Denk hierbij aan bemalingen in de omgeving of ingrepen in de ondergrond. Bemalingen kunnen de grondwaterstroming tijdelijk fors verhogen, maar ook zonder bemalingen treedt een zuidelijk gerichte stroming op. Hieruit kan geconcludeerd worden dat tijdelijke bemalingen niet de zuidelijke stromingsrichting bepalen en daarmee niet de verplaatsing van de verontreiniging Kruisstraat.

7 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van het onderzoek vertaald naar een advies dat bijdraagt aan het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de binnenstad van Eindhoven. Hiervoor is in dit hoofdstuk eerst de conclusie beschreven door het beantwoorden van de onderzoeksvraag. Hierna volgt de onderbouwing van de conclusies uit het onderzoek. Aansluitend zijn op basis van de bevindingen aanbevelingen geformuleerd.

7.1 Conclusie

De resultaten uit het onderzoek hebben de informatie opgeleverd die nodig is om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden. In onderstaand kader (fig. 7.1) is het antwoord weergegeven in lijn met de deelvragen.

Onderzoeksvraag:

“Hoe kan nader inzicht in het grondwaterstromingspatroon in het noordelijk centrumgebied rondom de Kruisstraat 66/68 te Eindhoven bijdragen aan het gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de binnenstad van Eindhoven?”

Antwoord:

Uit onderzoek naar de aspecten die de grondwaterstroming beïnvloeden is inzicht verkregen in het huidige stromingsbeeld in het plangebied en verplaatsing van de verontreiniging Kruisstraat in het verleden. De gehele grondwaterstroming in de deklaag ter plaatse van het plangebied is zuidelijk gericht door de invloed van het lager gelegen gebied Neckerspoel, dat gedraineerd wordt om wateroverlast tegen te gaan. In het plangebied is een grondwaterscheiding vastgesteld. Ten noorden van deze waterscheiding volgt het grondwater een oostelijke-noordoostelijke richting. De gehele verontreinigingspluim Kruisstraat bevindt zich ten zuiden van de waterscheiding. De ondergrens van de verontreiniging is vastgesteld op de scheidende leemlaag op circa 25m -mv. Hiermee is het verwachtingspatroon voor de verontreinigingspluim vastgesteld in zuidelijke richting. Met dit verwachtingspatroon kan binnen het gebiedsgericht grondwaterbeheer de gebiedsgrens bepaald worden voor het noordelijk centrumgebied en de grenzen voor monitoring van de pluim.

Figuur 7.1 Antwoord op de onderzoeksvraag

7.2 Onderbouwing van de conclusies

Na onderzoek van de geraadpleegde factoren die van invloed kunnen zijn op het stromingspatroon, kan het volgende geconcludeerd worden:

- hoe de verontreiniging in de bodem is terechtgekomen is niet volledig te achterhalen. Bij de voormalige wasserij is dit vermoedelijk via schrobputjes in het riool terechtgekomen. Gezien het verspreidingspatroon is dit op de locatie zelf al in de bodem terechtgekomen, hetzelfde geldt voor de bron bij de voormalige drukkerij aan de Pastoor Petersstraat. Door de zuidelijke gerichte grondwaterstroming is de verontreiniging Kruisstraat vermengd geraakt met de verontreiniging van de voormalige drukkerij. Als één pluim verplaatst deze zich verder richting de Neckerspoel;
- omdat de pluim is aangetroffen op een diepte vanaf 5m -mv is deze niet verspreid via een zandcunet onder het riool of wegdek. Gezien de grondwaterstanden ten opzichte van de ligging van het riool is de verontreiniging niet verspreid door het riool. De uitgevoerde rioolrenovatie in het plangebied duidt op een slechte staat van het riool. Vermoedelijk is de verontreiniging dan ook door een lekkend riool in de bodem terechtgekomen;

- de werkelijke verspreiding van de verontreiniging is niet eenduidig te bepalen door het gedrag van VOCl in de bodem. Door de lokale grondwaterstroming is verspreiding naar het westen en noorden uitgesloten. De invloed van het drainagesysteem is groter dan de drainerende werking van de Dommel. Hierdoor vindt uitsluitend verplaatsing naar het zuiden plaats. Het drainagesysteem vangt de verontreiniging af. Hiermee wordt de verontreiniging gesaneerd. Hoe lang er nog nalevering plaatsvindt, is binnen dit onderzoek niet beoordeeld;
- door het verschil in maaiveldhoogte tussen het plangebied en het zuidelijker gelegen Neckerspoel heeft de grondwaterstroming lokaal altijd al een zuidelijke richting gehad. Te meer omdat in het verleden de Gender ten zuiden van het gebied stroomde met een drainerende werking. Na demping en omleiding van de Gender is dit effect deels opgeheven. Na aanleg van het busplein Neckerspoel en de onderdoorgangen met drainage is dit effect verder verstrekt door de aantrekking van grondwater door het drainagesysteem;
- uit modelanalyse blijkt dat de onttrekking van de TU/e een invloed heeft gehad op de deels oostelijke verspreiding. Er kan gesteld worden dat de onttrekking de drainerende werking van de Dommel op het grondwater in de deklaag heeft versterkt. De invloed van verspreiding naar het zuiden is ter hoogte van de Montgomerylaan overgaan in zuidelijke richting. De kelder van de Rabobank heeft een oostelijk stromingsrichting afgezwakt door de ligging tussen de verontreiniging en de Dommel c.q. onttrekking TU/e. Bij de aanleg van de kelder Rabobank kan wel tijdelijk aantrekking hebben plaatsgevonden in zuidoostelijke richting door bronbemalingen;
- door het drainagesysteem wordt verontreinigd grondwater binnen de streefwaarden afgevoerd en geloosd op het riool. De pluim Kruisstraat wordt hiermee gesaneerd. Hiervoor is een deelsaneringsplan opgesteld en worden de gehalten VOCl gemonitord.

Doordat inzicht is verkregen in het stromingspatroon is toekomstige monitoring van de pluim in het kader van het gebiedsgericht grondwaterbeheer eenvoudiger geworden. Voor de pluim is nu een verwachtingspatroon bekend waardoor risico's beter te bepalen zijn. De gebiedsgrens is in het noorden afgebakend door de waterscheiding. Deze dient voor input in het gebiedsgericht grondwaterbeheer nog geverifieerd te worden middels grondwaterstandmetingen in een groter gebied. Gezien de ligging van het plangebied ten noorden van het centrum zullen toekomstige invloeden vooral vanuit het zuiden plaatsvinden, hier vinden de meeste bemalingen plaats. Indien ten noorden van de pluim een verandering in de grondwaterstroming plaatsvindt, dient rekening gehouden te worden met aantrekking van de verontreiniging, te meer omdat bij noordelijke verplaatsing een grotere kans bestaat dat deze in de drainerende werking van de Dommel terechtkomt. Dit is een no-go gebied omdat de zone langs de Dommel onderdeel is van het Nationaal Natuurnetwerk (voorheen EHS). Gezien de slechte doorlatendheid van de bodem zullen kortdurende bemalingen van enkele weken tot maanden de pluim niet noemenswaardig verplaatsen.

7.3 Aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek leiden tot concrete aanbevelingen en aanknopingspunten voor vervolgstudie. De aanbevelingen zijn hieronder beschreven.

- Met het vaststellen van de grondwaterscheiding ten noorden van de pluim Kruisstraat is de begrenzing van het noordelijk centrumgebied afgebakend voor het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer. Voordat de waterscheiding als harde grens wordt gebruikt in het gebiedsgericht grondwaterbeheer is het raadzaam deze waterscheiding te verifiëren middels peilbuismetingen. De huidige beschikbare peilbuizen geven een onvoldoende betrouwbaar beeld. Rond de Kruisstraat zijn veel (ondiepe) peilbuizen geclusterd, terwijl op gebiedsniveau de peilbuizen onvoldoende dekking geven. Om een betrouwbaar beeld te krijgen dienen strategische peilbuizen geplaatst te worden. Bij het plaatsen van de filters van de peilbuizen dient rekening gehouden te worden met de aanwezige leemlagen.
- Door de ligging van het plangebied ten noorden van het centrum van Eindhoven zullen toekomstige invloeden op de grondwaterstroming vooral vanuit het zuiden plaatsvinden, hier vinden de meeste ontwikkelingen in de ondergrond en dus bemalingen plaats. Indien er buiten de grens van de waterscheiding een verandering in de grondwaterstroming plaatsvindt door een bemaling of onttrekking, dient rekening gehouden te worden met mogelijke verplaatsing van de verontreiniging. Gezien de slechte doorlatendheid van de bodem zullen kortdurende bemalingen van enkele weken- of maanden de pluim niet noemenswaardig verplaatsten.

- De resultaten van dit onderzoek kunnen in een vervolgstudie gebruikt worden om het huidige grondwatermodel voor Eindhoven te actualiseren. Met name het drainagesysteem is nu op hoofdlijnen in kaart gebracht. Door de ligging verder in kaart te brengen aan de hand van tekeningen en veldbezoek kan de invloedssfeer hiervan op de freatische stromingsrichting nauwkeuriger in kaart worden gebracht.
- Doordat met het onderzoek nu inzicht is verkregen in de invloed van het drainagesysteem op de grondwaterstromingsrichting kan dit gebruikt worden bij het vaststellen van een verwachtingspatroon voor andere pluimen in Eindhoven binnen het gebiedsgericht grondwaterbeheer. Hierbij kan gedacht worden aan de VOCl-verontreiniging Witte Dame ten zuiden van het gedraineerd gebied. Mogelijk stroomt de verontreinigingspluim hier lokaal ook afwijkend door de invloed van de drainage.
- Nu de invloed van de drainage op het freatisch grondwater is vastgesteld, is het interessant om te bepalen wat de invloed op het grondwater in het eerste watervoerend pakket is. Dit om te weten of bijvoorbeeld bij de aanleg van WKO systemen in het eerste watervoerend pakket de drainage deze systemen beïnvloed.

7.4 Discussie

De resultaten van het onderzoek zijn verkregen uit analyse van de beschikbare informatie. Veel informatie is op aanvraag ontvangen, andere informatie is aangevraagd maar binnen dit onderzoek niet verkregen. Wanneer meer informatie verkregen zou zijn, zou er een meer gedetailleerd beeld geschetst kunnen worden van de onderzoekssituatie. Voor het doel van dit onderzoek bleek dit echter niet noodzakelijk, en gezien de tijd ook niet haalbaar. De gefaseerde aanpak bleek effectief doordat in vroeg stadium informatie is aangevraagd en verkregen.

Bijlage 1

Bronvermelding

16675, S. N. (1 juli 2013). *Circulaire bodemsanering*. Staatscourant Nr. 16675.

A.H.M.Schreurs, R.P. Heijer, & R.L.T.A. Wijnhoven. (2015). *GM-0157039, revisie 02*. Eindhoven: Grontmij Nederland B.V.

Arcadis. (2011). *Geohydrologisch onderzoek nieuwe stationspassage Eindhoven*. n.b.: Arcadis.

Arts, N., & van den Broek, B. (2003). *De Aarcheologie van het riviervak de Gender in Eindhoven, Jaarboek Eindhoven nr.5*. Gemeente Eindhoven.

Beeld, S. E. (2015, 02 2). Opgehaald van Eindhoven in beeld.

beeld, S. E. (2015, Februari 2). *Stichting Eindhoven in beeld*. Opgehaald van www.eindhoveninbeeld.nl: <http://www.eindhoveninbeeld.nl/overzicht.php?groep2=35&subcat2=226>

Beeld, S. E. (2015). *www.eindhoveninbeeld.nl*. Opgehaald van Eindhoven in Beeld: <http://www.eindhoveninbeeld.nl/foto.php?foto=7110&sel=groep>

Bodem, B. (2012). *Deelsaneringsplan Kruisstraat Eindhoven*. Udenhout: Kamermans, in. C.M.

Bodem, S. K. (Februari 2007. tweede druk.). *Vluchtige chloorkoolwaterstoffen (VOCI) in bodem. SKB Cahier*.

bronnen, D. v. *Kelders en Tunnels*. Gemeente Eindhoven, Eindhoven.

bv, I. T. (2003). *Meetrapportage en Evaluatie 2003*. Arnhem: IF Technology bv.

Chlor, E. (2012, 05 15). Opgehaald van www.eurochlor.org: http://www.eurochlor.org/media/62658/per-dry-clean-info-sheet_dutch.pdf

Comissie, D. E. (2013, 05 21). http://www.beswic.be/nl/news_board/new_substances. Opgehaald van European Network - Belgian Safe Work Information Center (BeSWIC) - BELGIUM: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:108:0001:0005:NL:PDF>

Dees, A. (2015). *Plan van Aanpak Onderzoek Stromingspatroon Eindhoven*. Eindhoven: Grontmij B.V.

Diversen. (2014, 05 8). *Wikipedia*. Opgehaald van <http://nl.wikipedia.org/wiki/Tetrachlooretheen>, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Trichlooretheen>, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Tetrachlooretheen>, <http://nl.wikipedia.org/wiki/Trichlooretheen>

Eindhoven, G. (2013). *NAZCA. Gemeentelijk Digitaal Ondergrondbestand*.

Eindhoven, G. (2015, februari 2). <http://www.eindhoven.nl/stad/historie-1/geschiedenis.htm>. Opgehaald van www.eindhoven.nl: <http://www.eindhoven.nl/artikelen/Het-ontstaan-van-Groot-Eindhoven.htm>

Eindhoven, G. (2015, 6 1). *www.http://eindhoven.notudoc.nl/*. Opgehaald van www.eindhoven.nl: http://eindhoven.notudoc.nl/cgi-bin/showdoc.cgi?action=view/id=947302/Van_het_raadslid_dhr._R._Reker__LPF__over_is_wateroverlast_in_Eindhoven_acceptabel_.pdf

et.al., M. v. (2015, 5 8). http://www.delfststoffenonline.nl/OverigeInformatie/Literatuur_en_links/. Opgehaald van <http://www.delfststoffenonline.nl>: http://www.delfststoffenonline.nl/OverigeInformatie/Literatuur_en_links/Full_text/MJvdMetal_Grondsoorten_en_Delfstoffen_bij_Naam_%282eDruk,DWW+NITG,2003%29.pdf

Gemeente Eindhoven. (2015, Maart). *NAZCA*. Eindhoven, Noord Brabant, Nederland.

ir A.H.M. Schreurs, d. R. (2012). *Gebiedsgericht grondwaterbeheer, waar staan we nu*. Waalre-Eindhoven: Tijdschrift BODEM.

Kamermans, i. C. (2012). *Deelsaneringsplan Kruisstraat Eindhoven*. Udenhout: BK Bodem.

Lecturis. (2015, 5 7). *www.lecturis.nl*. Opgehaald van www.lecturis.nl: <http://www.lecturis.nl/drukker-voor-kunst.html>

Lecturis. (2015, 5 7). *www.lecturis.nl*. Opgehaald van www.lecturis.nl: <http://www.lecturis.nl/drukker-voor-kunst.html>

Mileu, I. B. (1995). *Nader Historisch Onderzoek ten behoeve van een locatie aan de Kruisstraat 68 te Eindhoven*. Son: Inpijn Blokpoel.

Naudin-Ten Cate, R., Tjooitink, T., & Wentink, M. (2000). *Cultuurtechnisch Vademecum*. Doetinchem, NL: Elsevier.

Nipshagen, A., & Praamstra, T. (2007). *Vluchtige chloorkoolwaterstoffen (VOCI) in bodem. SKB Cahier*, 19.

Oranjewoud. (2005). *Saneringsplan Kruisstraat 68-68A*. Eindhoven: Oranjewoud.

Oranjewoud. (2006). *Aanvullend onderzoek Kruisstraat 68-68A te Eindhoven*. Eindhoven: Oranjewoud B.V.

RIWA, R. v. (1946). *Geohydrologisch onderzoek ten behoeve van eenige spoorwegonderdoorgangen ter plaatste van de overwegen Fellenoord en Elisabethlaan te Eindhoven*. n.b.: Rijksinstituut voor drinkwatervoorziening (RIWA).

SKB. (2014, 11 22). <http://soilpedia.nl/Wikipaginas/dnapl.aspx>. Opgeroepen op 04 22, 2015, van www.soilpedia.nl: <http://soilpedia.nl/Wikipaginas/dnapl.aspx>

Soilpedia. (2015, 5 21). <http://soilpedia.nl/Wikipaginas>. Opgehaald van www.soilpedia.nl: <http://soilpedia.nl/Wikipaginas/category/wikipaginas>

Tauw. (2013). *Stationsgebied Eindhoven*. Tauw.

TNO. (2002).

Bijlage 2

Onderzoekshistorie verontreinigingen

- Onderzoek indicatief onderzoek 1-11-1987 OG Gemeente Eindhoven**
 De grond en het grondwater zijn niet zodanig verontreinigd dat er een risico bestaat voor de volksgezondheid en het milieu. Er bestaat derhalve geen beletsel of beperking voor de bouwplannen.
 Geen zintuiglijke verontreinigingen aangetroffen; boven- en ondergrond niet verontreinigd; grondwater matig verontreinigd met zink en licht verontreinigd met lood, nikkel, 1,1,1-trichloorethaan, trichlooretheen en tetrachlooretheen.
- Nader onderzoek 1 01-04-1992 OG Lecturis**
 In het grondwater zijn sterke verontreinigingen met aromaten en gechlloreerde koolwaterstoffen aangetroffen. De omvang van de grondwaterverontreiniging met gechlloreerde koolwaterstoffen in horizontale richting (noordelijk) en in verticale richting is nog niet vastgesteld.
- Nader onderzoek 2 01-06-1994 OG Lecturis**
 Het is onwaarschijnlijk dat de sterke verontreiniging met VOCL in het grondwater afkomstig is van het chemicaliëndepot van drukkerij Lecturis. De beschikbare informatie wijst eerder op een bron op het adres Kruisstraat 68a/68b (wasserij).
 Grond niet onderzocht; grondwater sterk verontreinigd met trichlooretheen en tetrachlooretheen.
- Nader onderzoek 3 01-02-1995 OG Lecturis**
 Zintuiglijk waarnemingen: grondwater was troebel. Grondwater: In de gehele omgeving van het terrein van de vml. drukkerij Lecturis is het grondwater verontreinigd met VOCL. De verontreiniging bevindt zich op een diepte tussen de 3 en 25 m-mv. Er zijn 2 duidelijk kernen: 1. Tuin Kruisstraat 68A (vml. chemische wasserij) -> sterk conc. per 2. noordoosten terrein Lecturis (vml. opslag en verwerking poetsdoeken, vaten e.d. -> sterk conc. per en tri
 Conclusie : nader onderzoek
- Verkennd onderzoek 1 17-03-1995 OG?**
 Bovengrond: licht Zn, PAK en EOX ondergrond: licht EOX grondwater: sterk VOCL
- Nader onderzoek 4 25-03-1997 OG Milieudienst regio Eindhoven**
 Zintuiglijk tot 0,3 a 1.2 m-mv puin, slakjes en kolenresten waargenomen. Grond : VOCL >S, zware metalen, PAK >S en >T Grondwater : Pb >T en VOCL >I Totale hoeveelheid verontreinigd grondwater met vnl. per geschat op ca. 25.000 m3 (bodembraai 5 tot 10 m-mv). Resultaat SUS : geval van ernstige bodemverontreiniging, urgent Conclusie: nader onderzoek.
- Nader Onderzoek 5 17-02-1998 OG Milieudienst regio Eindhoven**
 Binnen de verontreiniging zijn 2 kernen. 1. Kruisstraat 64 (westelijke kern) 2. Kruisstraat 68 (oostelijke kern) Totale hoeveelheid verontreinigd (per) grondwater: ca. 37.500 m3 Conclusie: horizontaal afgeperkt, verticaal nog niet -> nader onderzoek
- Nader Onderzoek 6 05-08-1999 OG Milieudienst regio Eindhoven**
 De VOCL-verontreiniging t.p.v. vml. chemisch wasserij aan de Kruisstraat 68A en langs de Kruisstraat (ontstaan door lekkage van het riool) gaat in oostelijke en zuidoostelijke richting over in de VOCL verontreiniging langs Montgomerylaan (waarschijnlijk ontstaan door lekkage riolering) en de voormalige drukkerij aan de Montgomerylaan 7, er is sprake van een aangesloten VOCL-verontreiniging. Conclusie : opstellen SP
- Nader Onderzoek 7 02 6-12-2004 OG Gemeente Eindhoven, Dienst Stedelijke Ontwikkeling en Beheer**
 Zintuiglijke waarnemingen: geen Bovengrond: n.v.t. Ondergrond: n.v.t. Gewogen asbest concentratie.: n.v.t. Grondwater: per, tri en cis > I vinylchloride, 1,1,1-trichloorethaan en 1,1,2-trichloorethaan > S
 Conclusie Milieudienst:
 De omvang van de grondwaterverontreiniging lijkt sinds 1999 niet te zijn toegenomen. Geadviseerd wordt het grondwater gedurende meerdere jaren periodiek te monitoren, om vast te kunnen stellen of sprake is van verspreiding van de verontreiniging of van een stabiele situatie.

- **Onderzoek saneringsplan 1 09-12-2005 Milieudienst Regio Eindhoven**
Voor sanering van de bronlocaties hebben chemische oxidatie en stimulering van biologische afbraak de voorkeur. Voor de sanering van de pluim komt in aanmerking natuurlijke afname, grondwateronttrekking en het stimuleren van anaërobe afbraak.
- **Nader onderzoek 8 22-11-2006 OG ?**
Er is sprake van een ernstig geval van bodemverontreiniging. Er is geen noodzaak om de sanering met spoed uit te voeren.
- **Verkennd onderzoek NEN 5740 2 12-11-2007 OG?**
ziwa: bg en og met kooltjes, koolas en puin; bg is lv met cu, hg, pb, zn en PAK; og is niet verontreinigd; gw is sv met tetrachlooretheen en lv met zn; conclusie. MDRE is dat onder voorwaarden de bouwvergunning kan worden verleend.
- **Historisch onderzoek 1 13-01-2009 OG?**
Historisch onderzoek op locatie: Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 Broekseweg 19a) te Eindhoven
Historie locatie: Periode 1944-onbekend, Omschrijving Bleekwaterfabriek, Bedrijfsnaam L.J. de Roos/ Bleekwaterfabriek Ella
Locatie voldoende onderzocht: ja, zie opmerkingen
Vervolgactie: voldoende onderzocht, zie opmerkingen
Statuslocatie: niet verontreinigd, zie opmerkingen
Resultaten Gevelinspectie: Huidig gebruik: stoep,
Gebruik omgeving: wegen en een plantsoen
Asbest: niet waargenomen
Terreinverhardingen buitenterrein: stoeptegels
Peilbuis op de locatie aanwezig/zichtbaar: niet waargenomen
Opmerkingen:
De locatie is opgezocht met behulp van luchtfoto's en kaarten. Er is een overzichtstekening uit 1944 aanwezig, maar de intekening op de huidige kadastrale kaart is een schatting omdat de situatie compleet veranderd is. Het gebouw was 20 meter lang en 8,5 meter breed. Er is sprake van een ernstige verontreiniging met VOCl. De benodigde vervolgactie hiervoor is al opgenomen in het HO van locatie Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 13) CSO rapportnummer 08K163.120.
- **Historisch onderzoek 3 20-01-2009 OG?**
Historisch onderzoek op locatie: Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 13) te Eindhoven
Historie locatie: Periode 1943-onbekend, Omschrijving Boenwaswerkplaats, Bedrijfsnaam W. van den Broek
Locatie voldoende onderzocht: nee
Vervolgactie: opstellen saneringsplan
Statuslocatie: ernstig, niet spoedeisend
Resultaten Gevelinspectie:
Huidig gebruik: wegen
Gebruik omgeving: wegen
Asbest: nee
Terreinverhardingen buitenterrein: asfalt
Peilbuis op de locatie aanwezig/zichtbaar: niet waargenomen
Opmerkingen:
De locatie is opgezocht met behulp van luchtfoto's en oude kaarten. De intekening op de huidige kadastrale kaart is onnauwkeurig, doordat de situatie compleet veranderd is. Het gebouw was 17 meter lang en 7,5 meter breed. De Boenwaswerkplaats is een mogelijke bron van de vinylchloride-verontreiniging zoals gevonden in het NO van 06-12-2004.
- **Historisch onderzoek 2 20-01-2009 OG?**
Historie locatie: Periode 1943-onbekend, omschrijving carrosseriefabriek, Bedrijfsnaam van Bergen
Locatie voldoende onderzocht: nee
Vervolgactie: opstellen saneringsplan

Statuslocatie: ernstig verontreinigd
Resultaten Gevelinspectie:
Huidig gebruik: parkeervakken van hotel 'Holiday Inn'
Gebruik omgeving: parkeren, hotel en straat
Asbest: niet waargenomen
Terreinverhardingen buitenterrein: klinkers, beton
Peilbuis op de locatie aanwezig/zichtbaar: niet waargenomen
Opmerkingen:

De locatie is opgezocht op oude luchtfoto's en oude kaarten. Er is een overzichtskaart uit 1943 aanwezig, maar de intekening op de huidige kadastrale kaart is een schatting omdat de situatie compleet veranderd is. Het gebouw was 17 breed en 24 meter lang. Er is sprake van een ernstige verontreiniging met VOCl. De carrosseriefabriek zou hiervan de oorzaak kunnen zijn. De benodigde vervolgactie hiervoor is al opgenomen in het HO van locatie Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 13) CSO rapportnummer 08K163.120.

- **Historisch onderzoek 4 10-02-2009 OG?**

Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 30)
Historie locatie: Periode 1930-onbekend, Omschrijving Benzine Service Station, Bedrijfsnaam N.V. Maatschappij tot detailverkoop van Petroleum, 'De Automaat'

Locatie voldoende onderzocht: nee, zie opmerkingen

Vervolgactie: uitvoeren oriënterend onderzoek, zie opmerkingen

Statuslocatie: potentieel ernstig

Resultaten Gevelinspectie:

Huidig gebruik: grote weg, mogelijk net de middenberm

Gebruik omgeving: wegen

Asbest: nee

Terreinverhardingen buitenterrein: asfalt

Peilbuis op de locatie aanwezig/zichtbaar: niet waargenomen

Opmerkingen:

De locatie is opgezocht met behulp van luchtfoto's en oude kaarten. De locatie is ongeveer bekend, maar de intekening op de kadastrale kaart is een schatting, omdat de situatie compleet veranderd is. Het gebouw waar het benzineservicestation gevestigd was, was 20 meter lang en 8 meter breed. Het gebouw was noordnoordoostelijk georiënteerd. De benzinetanks bevonden zich voor het gebouw (ten noordnoordoosten).

Het is onbekend of bij de eerdere bodemonderzoeken het benzineservicestation specifiek is onderzocht. Daarom een hiernaar een oriënterend onderzoek nodig.

Er is sprake van een ernstige verontreiniging met VOCl. De benodigde vervolgactie hiervoor is al opgenomen in het HO van locatie Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 13) CSO rapportnummer 08K163.120.

- **Oriënterend bodemonderzoek 1 18-05-2009 OG?**

Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 30)
Historie locatie: Periode 1930-onbekend, Omschrijving Benzine Service Station, Bedrijfsnaam N.V. Maatschappij tot detailverkoop van Petroleum, 'De Automaat'

Locatie voldoende onderzocht: nee, zie opmerkingen

Vervolgactie: uitvoeren oriënterend onderzoek, zie opmerkingen

Statuslocatie: potentieel ernstig

Resultaten Gevelinspectie:

Huidig gebruik: grote weg, mogelijk net de middenberm

Gebruik omgeving: wegen

Asbest: nee

Terreinverhardingen buitenterrein: asfalt

Peilbuis op de locatie aanwezig/zichtbaar: niet waargenomen

Opmerkingen:

De locatie is opgezocht met behulp van luchtfoto's en oude kaarten. De locatie is ongeveer bekend, maar de intekening op de kadastrale kaart is een schatting, omdat de situatie compleet veranderd is. Het gebouw waar het benzineservicestation gevestigd was, was 20 meter lang en 8 meter breed. Het gebouw was noordnoordoostelijk georiënteerd. De benzinetanks bevonden zich voor het gebouw (ten noordnoordoosten).

Het is onbekend of bij de eerdere bodemonderzoeken het benzineservicestation specifiek is onderzocht. Daarom is hiernaar een oriënterend onderzoek nodig.

Er is sprake van een ernstige verontreiniging met VOCl. De benodigde vervolgactie hiervoor is al opgenomen in het HO van locatie Fellenoord hoek Veldmaarschalk Montgomerylaan (vml Fellenoord 0 vml Broekseweg 13) CSO rapportnummer 08K163.120.

Onderzoek petroleumtank 6000L:

Grond: niet onderzocht

Grondwater: licht verontreinigd met Mo en Ba, geen brandstofcomponenten in verhoogde concentraties aangetoond.

- **Onderzoek: Kruisstraat 68 en 68a te Eindhoven 28-11-2012 OG?**

Onderzoek Kruisstraat 68 en 68a 18-11-2015 BK Bodem bv, adviseur

Met deze monitoring is vastgesteld dat de concentraties aan VOCl de norm structureel overschrijden. Opgemerkt wordt dat tijdens en na de regenval sprake is van een significant verschil in de aangetoonde gehalten in de bergingskelder. Geconcludeerd kan worden dat er verdunning van de verontreiniging plaatsvindt door regenval. Als gevolg van deze verdunning na regenval overschrijdt het gehalte aan VOCl in de bergingskelder de lozingsnorm niet.

Het water in de kelder is 6 keer bemonsterd en geanalyseerd. Gemiddeld ligt het gehalte aan VOCL uitgedrukt in het gehalte chloor op 18 ug/l. Gemiddeld ligt het gehalte dus onder de lozingsnorm.

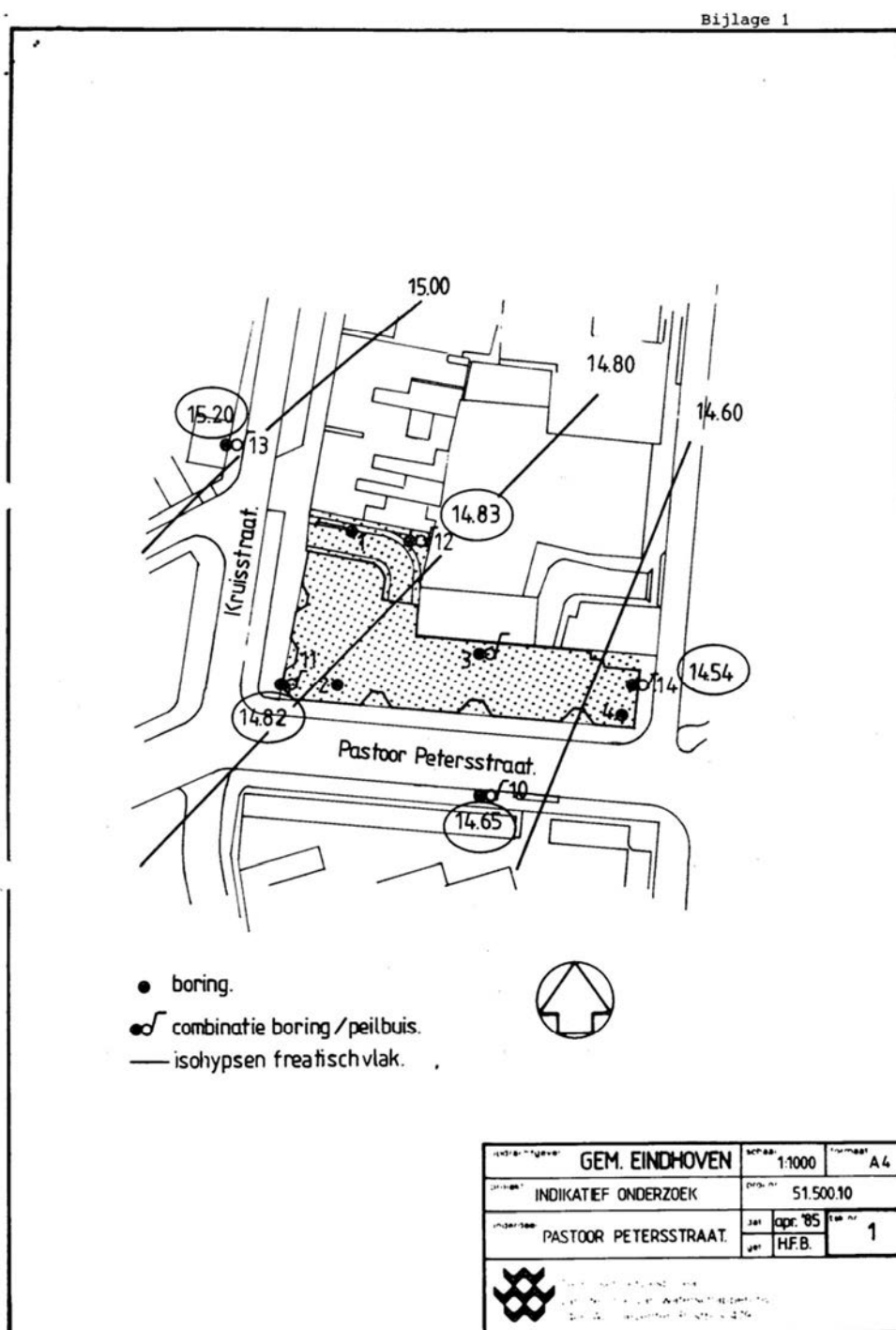
Bijlage 3

Lokale Grondwaterstanden en Isohypsens

Bijlage

Tabel 0.1 Grondwaterstanden 1985 (Tauw rapport 51500.10/RO-01, juli 1985)

Locatie: Hoek Pastoor Petersstraat-Kruisstraat (31-05-1985) Voorjaar	
Peilbuis	GWS in m+NAP
10	14.65
11	14.83
12	14.84
13	15.03
14	14.54

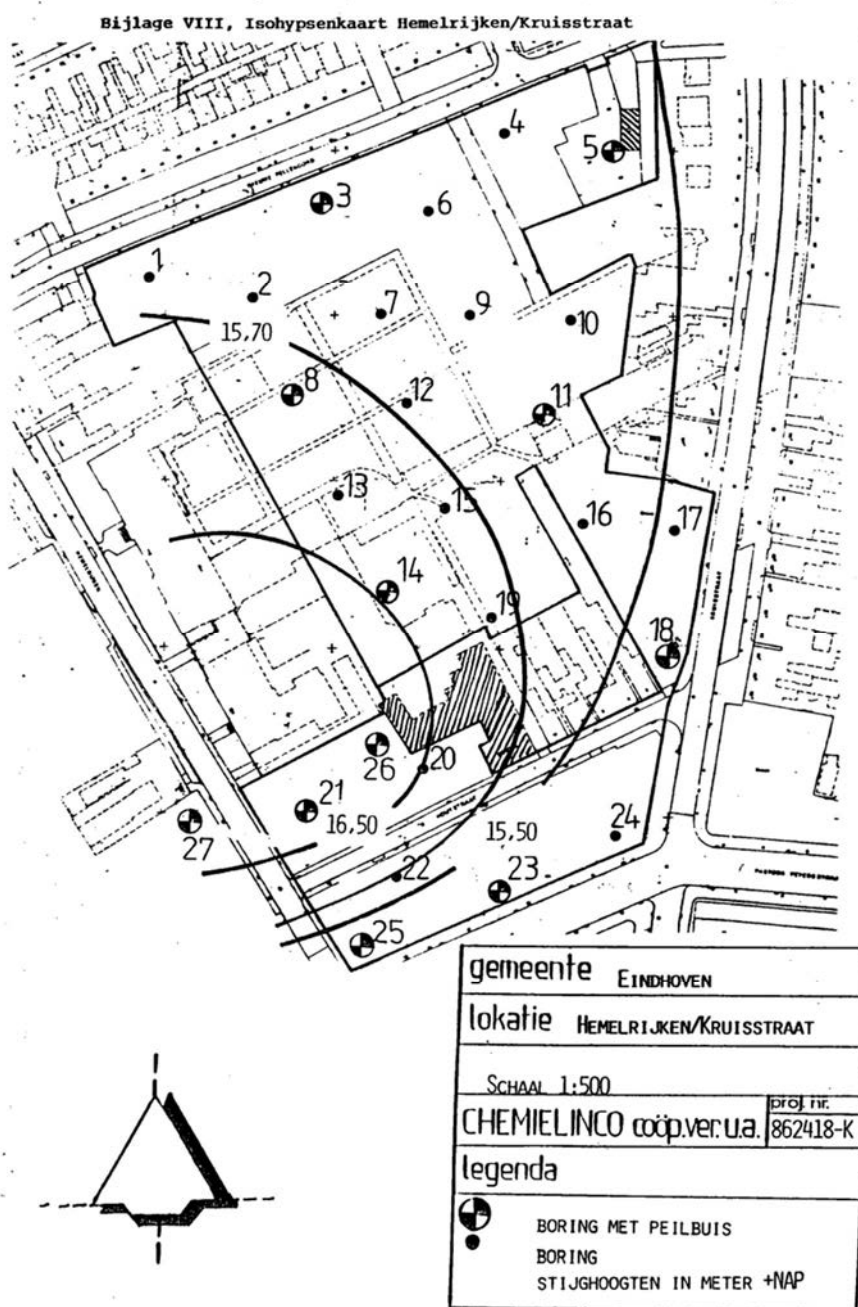


Tabel 0.2 Grondwaterstanden 1987 (Chemielinco rapport 862418-K, april 1987)

Locatie: Hemelrijken-Pastoor Peterstraat-
Kruisstraat- Nieuwe Fellenoord

(11-03-1987) Voorjaar

Peilbuis	GWS in m+NAP
3	15.60
5	15.52
8	15.70
11	15.55
18	15.46
25	15.45
26	15.69
27	16.54 Max



Tabel 0.3 Grondwaterstanden 2006 (Oranjewoud rapport 8764-158804, maart 2007)

Locatie: Kruisstraat-Montgomerylaan-Fellenoord-Neckerspoel (juli-september 2006) Zomer

Peilbuis	GWS in m+NAP
69-1	14.613
69-2	14.616
69-3	14.599
28 diep	14.702
28 ondiep	14.591
73-1 ondiep	14.577
73-2 ondiep	14.410
Pb 102	14.386
700-1	14.315
700-2	14.315
700-3	14.315
115A diep	14.172
115A ondiep	14.085
801 ondiep	14.013
801 diep	14.021
800	14.003 min
802	13.964
803	14.381
900	14.871
61	14.889

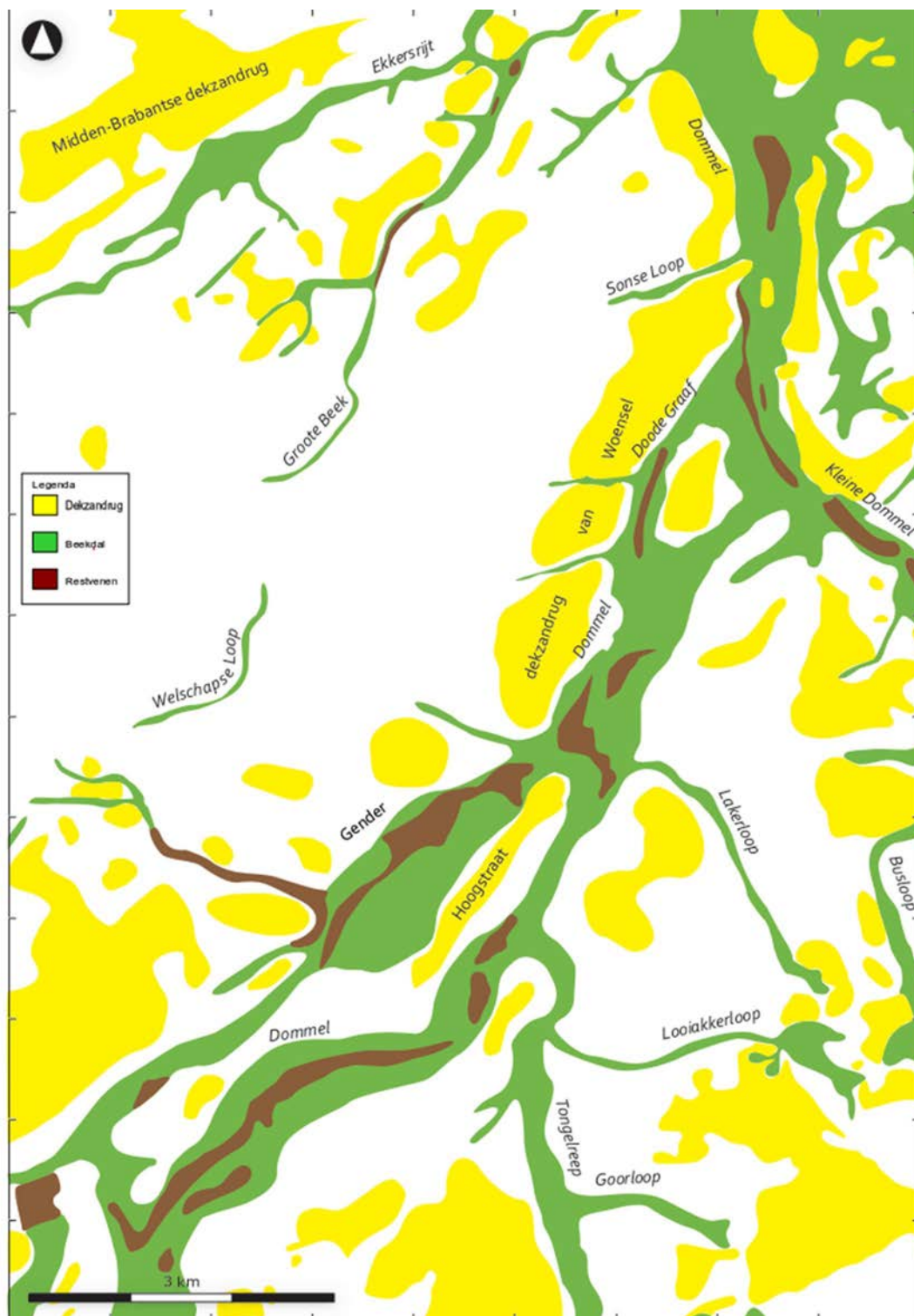
Tabel 0.4 Grondwaterstanden 2014 (BK rapport 142004, oktober 2014)

Locatie: Noordelijk centrum gebied	(juli 2014) Zomer
Peilbuis	GWS in m+NAP
<i>9-13 m-mv</i>	
1	15,60
2	16,11
1.2	15,71
3.2	14,76
PB02	15,65
101	15,38
202	15,61
211	15,40
506	15,83
508	15,33
510	15,36
512	15,26
610	15,47
613	15,42
<i>13-17 m-mv</i>	
1.1	15,72
3.1	15,76
308	15,34
505	15,84
507	15,30
509	15,28
607	15,20
609	15,27
612	15,47
Diep	14,32
<i>17-22 m-mv</i>	
511	15,26
602	15,34
604	15,30
605	15,79
606	15,16
608	15,21
Middeldiep	13,56
<i>> 22 m-mv</i>	
702	15,28
703	15,35



Bijlage 4

Geomorfologie



Figuur 0.1 Geomorfologie van Eindhoven(Gemeente Eindhoven)

Bijlage 5

Onttrekkingsgegevens 1976-2010

Ehv1976, 13-5-2015, Page 1-1

FID	Shape *	Naam	putten	diepte	lozing	x	y	vergrunning	1976	1977
0	Point	Philips Nat.Lab	2	24 - 80	open water	159920	380320	94000	291400	199900
1	Point	Pompstation Aalsterweg	17	24 - 83	(-)	161260	380200	15000000	9500000	9500000
2	Point	Pompstation Aalsterweg diep	12	180 - 279		0	0	0	7779900	6114000
3	Point	Complex Vredeoord	14	35 - 90	open/riolering	159660	385520	4785000	5063200	4551000
4	Point	Complex Acht	10	32 - 90	open/riolering	157390	386000	1272000	21800	0
5	Point	Pompstation Welschap	10	220 - 336	(-)	157200	384500	5000000	0	0
6	Point	Pompstation Klotputten	7	200 - 280	(-)	157200	384500	2500000	0	0
7	Point	Beatrix Plant Engineering	2	26 - 80	open water	158420	382610	200000	2228100	1963200
8	Point	Evoluon				0	0	190000	207400	227800
9	Point	Deli HTL Tabak Mij.	2	35 - 75	riolering	163650	382830	65000	107800	137800
10	Point	Campina Melkunie	7	30 - 91	open/riolering	163030	382800	900000	1563600	1180300
11	Point	Ontr.Mathildelaan	12	30 - 91	riolering	159790	384250	3172000	3267800	3055400
12	Point	TU Eindhoven	1	3 - 15	open water	161880	384300	3347000	2850900	1378800
13	Point	Air Liquide				0	0	3000000	0	0
14	Point	Gemeenteslachthuis				0	0	531000	536900	554200
15	Point	Pompstation Groote Heide	10	178 - 316	(-)	164820	378600	10000000	2525000	2577700
16	Point	Interbrew Valkenswaard	3	15 - 26	riolering/(-)	157825	373180	700000	193200	164300
17	Point	Rentex Morgenlicht	1	-48	riolering	161540	387630	77800	0	0
18	Point	Geestelijke gezondheidszorg	5	41 - 80	open water	159130	386540	55000	0	0
19	Point	Maxima med centrum	2	35 - 75	retour	161900	384940	160000	0	0
20	Point	Leo Schellens	1	-22	riolering	161800	382980	60000	0	0
21	Point	Heuvelgalerie	1	25 - 85	retour	161500	383300	500000	0	0
22	Point	Philips competence	1	30 - 86	retour	161500	384400	290000	0	0
23	Point	TU Eindhoven koudeopslag	2	28 - 80	retour	161800	384300	6500000	0	0
24	Point	Pompstation Son	27	154 - 249	(-)	158050	393130	8000000	7220800	6063100

Ehv1976, 13-5-2015, Page 1-2

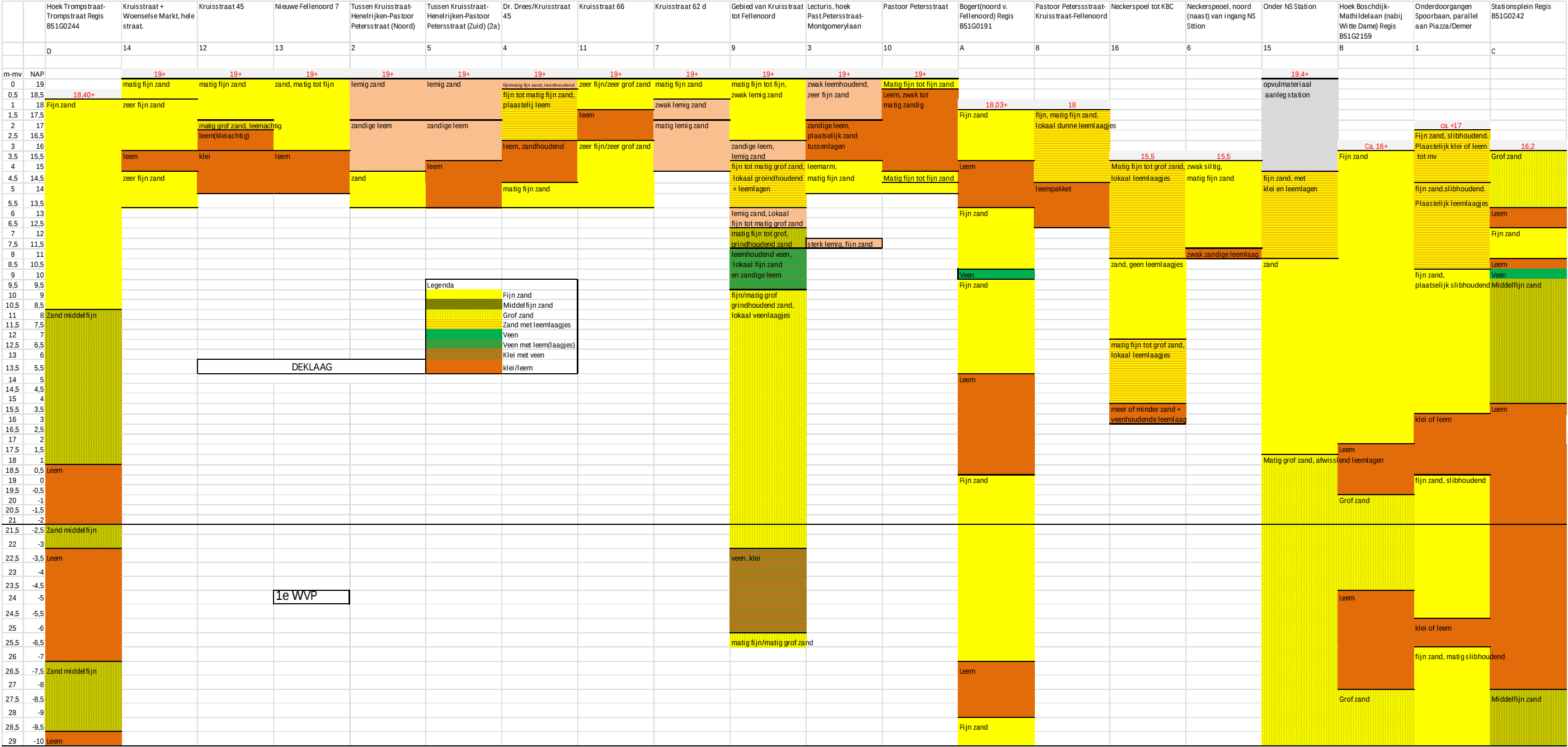
1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
152800	142800	138400	121700	157100	166000	145400	139600	198500	174600	213900	246600	155800	200100	188200
9500000	9500000	9500000	9500000	9500000	9500000	9500000	9500000	9370821,5	10141221	9461354	9890153	8585233,5	7065465	7001095
7299100	6173600	6232100	5474900	6441600	4750700	4097800	5312800	6243878,5	5965679	6979346	7001147	7649466,5	8079135	6898705
4282100	4220600	3799100	4313500	4240000	3695100	3752000	3991600	4167900	4366100	4293500	4330300	4372800	4089800	3913800
0	0	0	0	0	0	666700	380900	791900	880900	579100	527500	181400	66400	18100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2058600	2337800	2398200	2110500	2227600	2284000	2500500	2450200	2781800	2900800	2987300	3350100	94900	37000	25200
191500	169000	173200	156500	230500	282900	240800	239100	220900	318400	392000	304900	67900	187600	176100
75400	91900	100100	94400	91000	79000	76800	80000	67700	66700	61200	60100	72300	64500	66800
1319500	1308000	1155700	845300	856600	853700	857900	922100	804000	1280800	1571000	2070400	1470100	1123100	1190000
3127100	2893900	3085900	1774400	1179000	796300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1858200	1506100	949200	2085800	1864500	1554600	1629500	1735800	1841100	2007500	1916300	2009100	2362300	1426900	1671300
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3040200	1015600	0
569500	533000	532800	541000	225400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1507100	2120000	2400700	2532900	2932500	3678200	3949400	3526600	3812100	3239000	5208200	6552600	7485800	8816200	8689000
181200	207300	178500	189000	189200	214100	205100	261200	240200	274500	295900	411800	455200	487300	419300
0	0	0	0	60100	58100	61900	64500	65200	77800	82600	84600	84800	90600	72100
0	0	0	0	51900	67900	34400	26600	56700	55300	69700	87000	90300	93600	84900
0	0	0	0	8100	2400	700	300	3300	2200	0	5600	4800	6600	3300
0	0	0	0	60700	58900	57400	58900	53200	56900	56200	58700	44700	48800	41100
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7223200	8461400	7995900	8231900	8789100	9371100	8084500	7197600	8000000	8606400	8382200	9009800	9150000	8947300	7777100

Ehv1976, 13-5-2015, Page 1-3

1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010
135400	82400	20800	9000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6457874	5108913,5	4842064	4952000	4732000	5000000	5000000	4182800	5000000	4727031	4638829,9	4051715	7715395	8472762	5000000
6694426	6062786,5	5131536	5248000	5015000	3795000	3932600	0	1347900	0	0	0	0	0	1347900
3697800	3196900	3638400	3324700	2589000	2404600	2448600	2223000	2198800	2130323	2161467	1702910	1182723	242259	1000000
53200	345300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1670900	3719000	4994000	3952000	4712000	4681300	3970800	4025100	3171500	3861756	3961297	3770833	2658396	2304276	3171500
0	0	0	0	0	1349700	1797600	6842300	6698400	5762268	6386739	6251117	2266058	2372565	6698400
10100	1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
231200	208200	237600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70500	82500	65400	62000	57000	35000	67300	63400	67400	99063	100915	106856	132906	142055	67400
927700	1095200	994700	691600	648800	640900	671300	0	639400	755392	714496	797650	838328	799906	639400
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1820200	1417600	872300	561600	954300	1152300	1010300	1504800	1412700	216200	140299	13398	7852	6714	100000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8354800	8412800	9400400	9801800	8896000	8067500	7905700	7111300	7224400	7152788	7702060	7251874	8374425	8344425	7224400
394600	414400	382900	403500	438400	428100	450200	458300	475200	501631	510699	525654	549390	521125	475200
69300	68700	65100	65200	60400	64800	66100	72000	74300	0	0	0	0	0	74300
75900	77900	87900	89600	55200	38600	22500	21100	8900	0	0	0	0	0	8900
1600	0	0	74200	412000	178000	696000	465000	226000	0	0	0	0	0	226000
34000	37500	26900	31000	43000	48000	50700	57100	48900	0	0	0	0	0	48900
11000	95900	163400	190500	124100	195300	244700	174100	175200	0	0	0	0	0	175200
0	0	0	193300	308800	217200	169000	308000	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2000	0	146000	112200	102400	103200	0	0	0	0	0	103200
8779400	7655100	6503000	5743900	7450400	7617900	7359200	7687900	7779900	0	0	0	0	0	7779900

Bijlage 6

Schematisatie boorprofielen



Bijlage 7

Topografische kaarten en luchtfoto's

Index voor de locatie (X, Y) 161671, 384319

Product naam	Jaar	Pagina
Legenda Bonneblad		2
Legenda TOP50 kaart		4
Legenda TOP25 kaart		5
PERCELEN	2012	
PANDGRENZEN	2012	
LUCHTFOTONL	2012	
LUCHTFOTONL	2011	
LUCHTFOTONL	2010	
TOP50KAART	2009	
LUCHTFOTONL	2009	6
TOP50KAART	2007	
LUCHTFOTO	2006	7
TOP25KAART	2003	
TOP25KAART	1991	8

Product naam	Jaar	Pagina
TOP25KAART	1984	9
TOP25KAART	1973	
TOP25KAART	1963	10
LUCHTFOTO	1961	11
LUCHTFOTO	1960	
TOP25KAART	1953	12
BONNEBLAD	1943	13
BONNEBLAD	1929	
BONNEBLAD	1928	
BONNEBLAD	1912	
BONNEBLAD	1901	
BONNEBLAD	1900	14
NET	1830	15
KRAYENHOFFKAART	1809	16

Report geselecteerd: 11 kaartlagen, periode 1809 tot 2009 (Lagen in grijs zijn niet geselecteerd)

Totaal beschikbaar*: 25 kaartlagen, periode 1809 tot 2012

* Aantal lagen beschikbaar in de Dotka collectie op 19 feb 2015. Ga naar www.dotkadata.com voor een actueel overzicht.

Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
 Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
 Oppervlakte: 3,24 km²

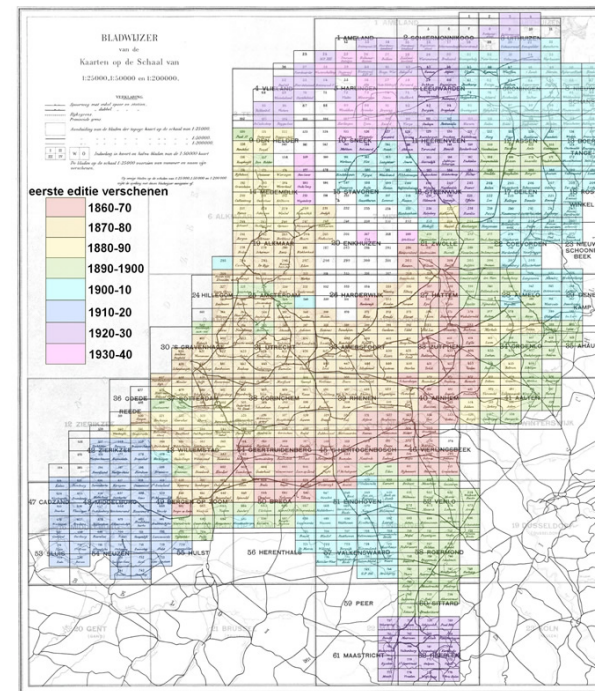
Orderdetails

Ordernummer: 20123293
 Opdrachtgever: Martin van der Hop
 Projectnummer: 341600

Legenda - Bonneblad (1/2) schaal 1:25.000



Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad, 5612 AZ Eindhoven
 Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
 Oppervlakte: 3,24 km²

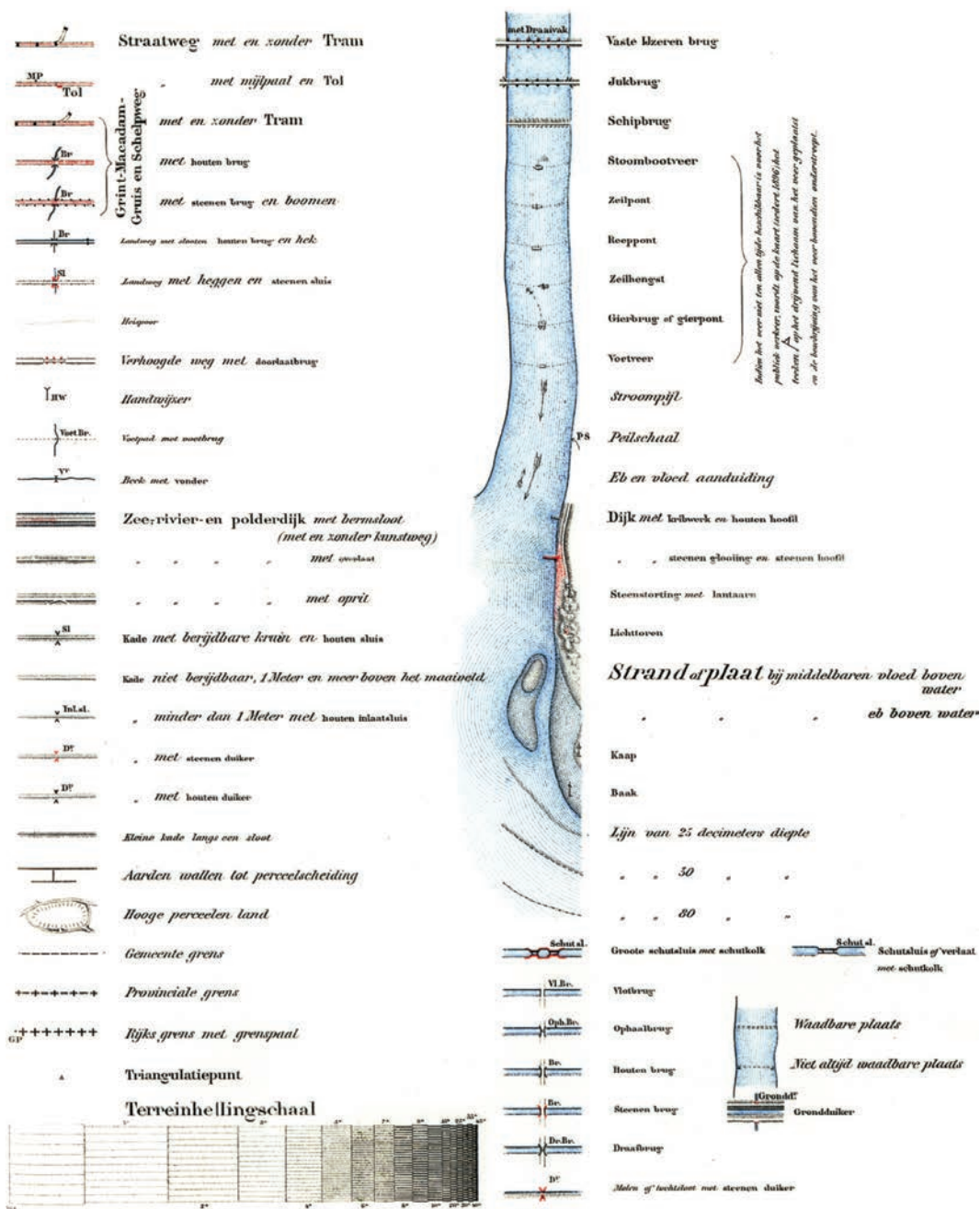
Orderdetails

Ordernummer: 20123293
 Opdrachtgever: Martin van der Hop
 Projectnummer: 341600

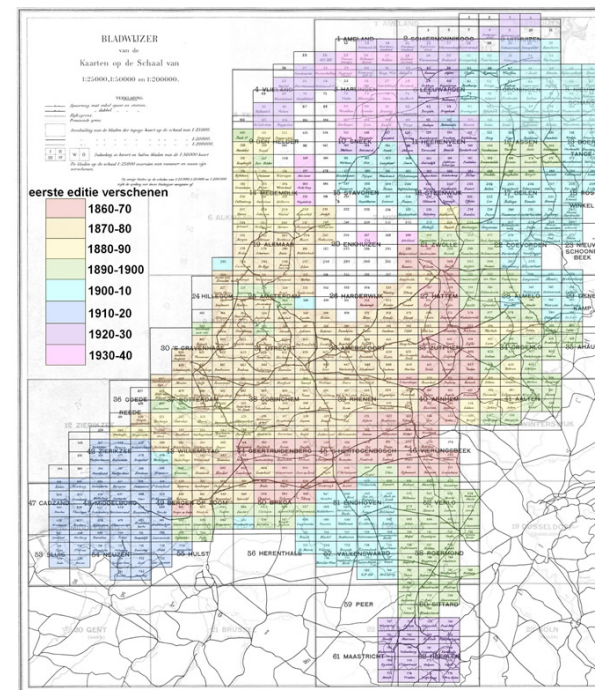


Tel.: +31 (0)55 578 5688
 Fax: +31 (0)55 578 5699
 www.dotkadata.com
 Dotka Report is een product van Dotka Data BV
 Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 2 van 16

Legenda - Bonneblad (2/2) schaal 1:25.000



Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad, 5612 AZ Eindhoven
 Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
 Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
 Opdrachtgever: Martin van der Hop
 Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
 Fax: +31 (0)55 578 5699
 www.dotkadata.com
 Dotka Report is een product van Dotka Data BV
 Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 3 van 16

Legenda - TOP50 kaart schaal 1:50.000

Legenda Legend

- bebouwd gebied**
a huizenblok b huizen
c wandelgebied
d muur
e groot gebouw
f hoogbouw
g kassen
h industriegebied

- wegen**
autosnelweg

- hoofdweg:
met gescheiden rijbanen
7 m of breder
4-7 m breed
smaller dan 4 m

- regionale weg:
met gescheiden rijbanen
7 m of breder
4-7 m breed
smaller dan 4 m

- lokale weg:
met gescheiden rijbanen
7 m of breder
4-7 m breed
smaller dan 4 m

- straat
overige weg
weg met losse of
slechte verharding
onverharde weg

- fietspad
pad, voetpad
weg in aanleg
weg in ontwerp

- viaduct
mini-ronde

- tunnel
beweegbare brug
brug op pijlers

- spoorwegen**
spoorweg: enkelspoor
spoorweg: dubbelspoor
spoorweg: driesporig
spoorweg: viersporig
a station b laadperron

- tram

- metro a metrostation

- hydrografie**
waterloop:
smaller dan 3 m
3-6 m breed
breder dan 6 m

- a schutsluis b brug
c vonder
a grondduiker b stuw
c duiker d sluis

- built-up area**
residential block house
pedestrian precinct
wall
large building
high-rise building
greenhouses
industrial area

- roads**
motorway

- main road:
dual carriageway
7 m wide or over
4-7 m wide
less than 4 m wide

- regional road:
dual carriageway
7 m wide or over
4-7 m wide
less than 4 m wide

- local road:
dual carriageway
7 m wide or over
4-7 m wide
less than 4 m wide

- street
other road
loose or
light surface road
unmetalled road

- cycle-track
path, footpath
road under construction
planned road

- viaduct
small roundabout

- tunnel
movable bridge
bridge on piers

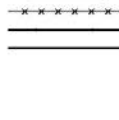
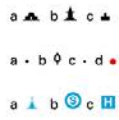
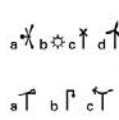
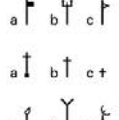
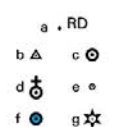
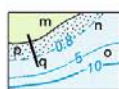
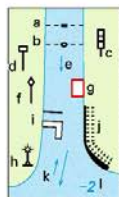
- railways**
railway: single track
railway: double track
railway: three tracks
railway: four tracks
a station b loading-bay

- tramway

- underground station

- watercourse:**
less than 3 m wide
3-6 m wide
6 m wide or over

- lock bridge
foot-bridge
culvert siphon weir
culvert sluice



- a pontveer
b voetveer
c peilschaal
d kilometerraailbord
e stroomrichting
f baak g dok
h lichtopstand
i aanlegsteigers
j versterkt talud
k eb/vloed aanduiding
l dieptegel

- m hoogwaterlijn
n laagwaterlijn
o dieptelijnen
p droogvallende grond
q krib, golfbreker

- getrianguleerde punten**
a RD-steen
b GPS-kennetpunt
c toren, hoge koepel
d kerk met toren
e markant object
f watertoren g vuurtoren

- overige symbolen**
a kerk zonder toren
b toren, hoge koepel
c kerk met toren
d markant object
e watertoren f vuurtoren

- a gemeentehuis
b postkantoor
c politiebureau
d kapel
e kruis
f begraafplaats
g vlampijp
h wegwijzer
i telescoop
j windmolen
k watermolen
l windmolentje
m windturbine
n oliepompinstallatie

- a seilmast
b zendmast
c hunebed
d monument
e gemaal
f paal b markante boom
g boom d opslagtank
h kampeertrein
i sportcomplex
j ziekenhuis

- a schietbaan
b afstering
c hoogspanningsleiding
d geluidswering

- ferry
ferry for pedestrians
water-level gauge
kilometre sign
direction of flow
beacon dock
light beacon
landing-stages
reinforced slope
indication of tides
sounding

- high water mark
low water mark
bathymetric contours
tidal flat
jetty, breakwater

- wegen-informatie**
wegnummering
a tankstation
b parkeerplaats
c carpoolplaats
d afritnummer
a aantal rijstroken
b kilometerpaal
c wegafsluiting

- grenzen**
rijksgrans
provinciegrens
gemeentegrens
grens nationaal park

- relief**
a dijk: 2,5 m of hoger
b dijk: 1-2,5 m hoog
kade, wal: 0,5-1 m hoog

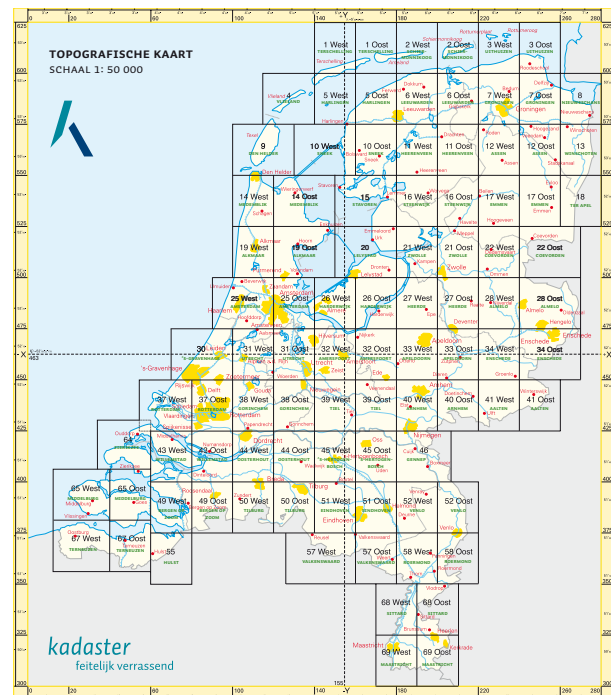
- a berijdbare dijk
b ingraving
hoogtelijnen
hoogtepunt
a steile rand
b helling

- bodemgebruik**
a weide met sloten
b bouwland met greppels
c boomgaard
d fruitkwekerij
e boomkwekerij
f weide met populieren
g loofbos
h naaldbos
i gemengd bos
j griend
k heide
l zand
m dras en riet
n heg en houtwal

- road-information**
road numbering
filling-station
parking
carpool
number of exit
lane-information
kilometre post
road closing
boundaries
national boundary
provincial boundary
municipal boundary
boundary National Park
relief
dike: 2.5 m high or over
dike: 1-2.5 m high
earth bank: 0.5-1 m high
dike with road
cutting
contours
spot height
escarpment
slope

- vegetation**
meadow with ditches
arable land with trenches
orchard
orchard (low)
tree nursery
meadow with poplar
deciduous forest
coniferous forest
mixed forest
osier
heath
sand
marsh and reed
hedge and hedge-bank

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad, 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 4 van 16

Legenda - TOP25 kaart schaal 1:25.000

	BEBOUWING a bebouwd gebied b gebouwen c hoogbouw d kas		ROADS a autosnelweg b hoofdweg met gescheiden rijbanen c hoofdweg d regionale weg met gescheiden rijbanen e regionale weg f lokale weg met gescheiden rijbanen g lokale weg h weg met losse of slechte verharding i onverharde weg j straat/overige weg k voetgangersgebied l fietspad m pad, voetpad n weg in aanleg o viaduct p aquaduct q tunnel r vaste brug s beweegbare brug t brug op pijlers		RAILWAYS a spoorweg: enkelspoor b spoorweg: meersporig c station d (snel)tramweg e sneltramhalte f metro bovengronds g metrostation		HYDROGRAFIE a waterloop: smaller dan 3 m b waterloop: 3-6 m breed c waterloop: breder dan 6 m d schutsluis e stuwen f koedam g duiker h grondduiker i afsluitbare duiker j bron, wel k afvalwaterzuiveringsbekkens		HYDROGRAPHY a watercourse: less than 3 m wide b watercourse: 3-6 m wide c watercourse: 6 m wide or over d lock e weirs, sluices f dam g culvert h culvert siphon i sluice culvert j spring, well k sewage treatment tanks																																																																																																																											
--	---	--	---	--	---	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



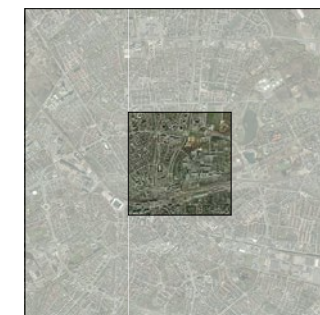
LUCHTFOTONL

Gepubliceerd 2009
Schaal 1:10.000

Bron: Cyclomedia
Detail opname: 0.1 m

LuchtfotoNL is een product van Cyclomedia Technologie BV. De luchtfoto's zijn als stereofoto's opgenomen door Aerodata International Survey, waar ook het auteursrecht thuishoort. LuchtfotoNL is beschikbaar vanaf 2009 en wordt jaarlijks ingewonnen. De foto's hebben een 10 cm detail, waarmee tot 1:1000 (huisniveau) haarscherpe beelden geleverd worden.

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 6 van 16

LUCHTFOTO

Gepubliceerd 2006
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 0.4 m

Groot archief van luchtfoto's opgenomen vanaf 1932 voor het maken van topografische kaarten. In opdracht van het Kadaster, voorheen de Topografische Dienst, is vanaf de jaren 30-40 heel Nederland om de tien jaar gefotografeerd. Vanaf 1981 is Nederland zelfs om de vier jaar of vaker gefotografeerd. Opgenomen met analoge zwart-wit camera's, vanaf ca. 2006 daarna met digitale camera's.

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600





TOP25KAART

Gepubliceerd 1991
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 2.5 m

1:25.000 uniforme, landsdekkende topografische kartering, uitgevoerd door Kadaster. De kaarten hebben een oorspronkelijk kaartbeeld van 40 x 50 cm, wat overeenkomt met 10 x 12,5 km in het terrein. Langs de landgrens en de kust liggen kaarten met een afwijkend formaat. Alle TOP25 kaarten zijn in RD projectie (EPSG:28992) en gedigitaliseerd. Legenda's zijn apart beschikbaar vanaf pagina 2.

Overzichtskaart



Locatiedetails

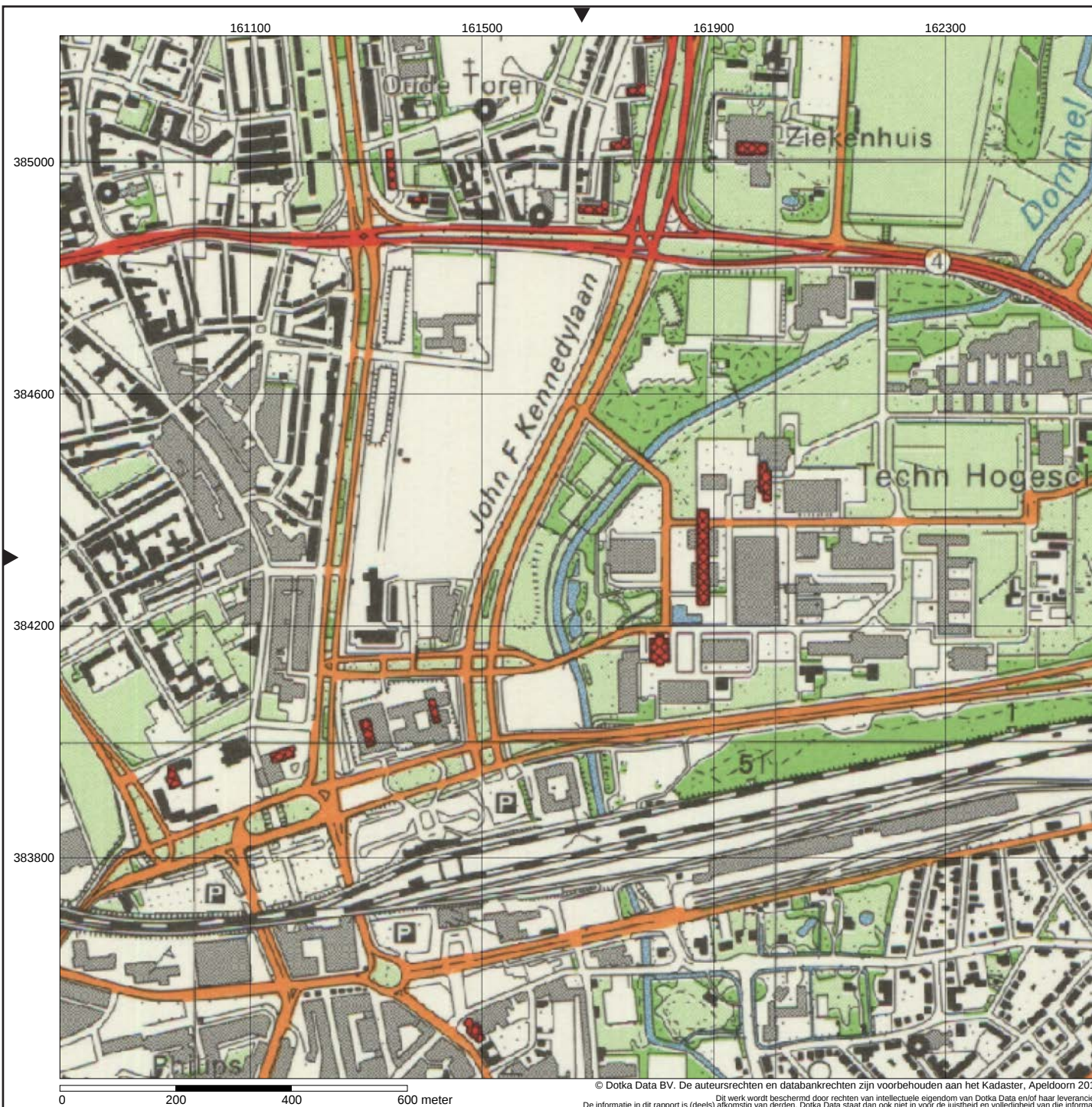
Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 8 van 16



TOP25KAART

Gepubliceerd 1984
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 2.5 m

1:25.000 uniforme, landsdekkende topografische kartering, uitgevoerd door Kadaster. De kaarten hebben een oorspronkelijk kaartbeeld van 40 x 50 cm, wat overeenkomt met 10 x 12,5 km in het terrein. Langs de landgrens en de kust liggen kaarten met een afwijkend formaat. Alle TOP25 kaarten zijn in RD projectie (EPSG:28992) en gedigitaliseerd. Legenda's zijn apart beschikbaar vanaf pagina 2.

Overzichtskaart



Locatiedetails

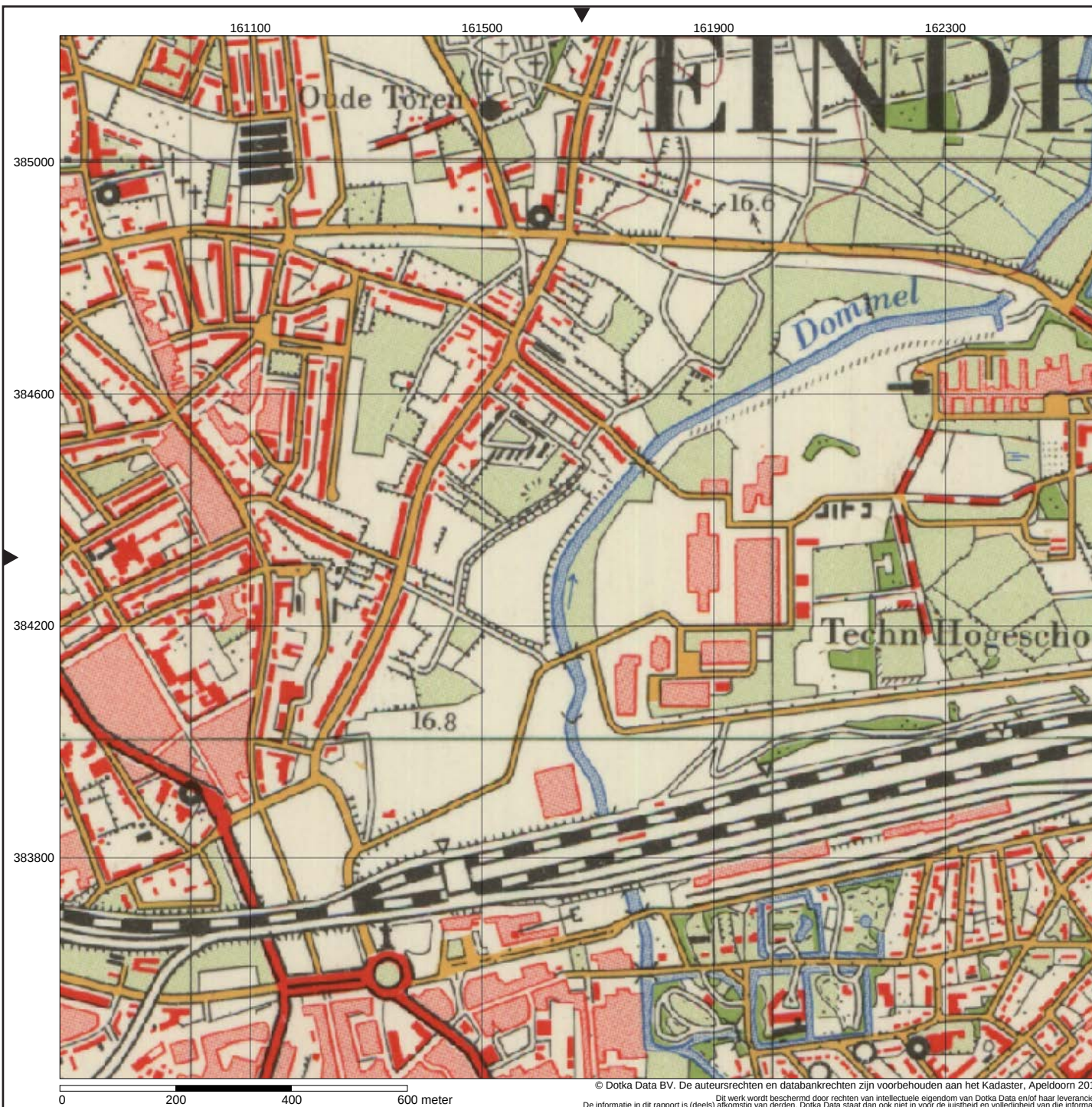
Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 9 van 16



TOP25KAART

Gepubliceerd 1963
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 2.5 m

1:25.000 uniforme, landsdekkende topografische kartering, uitgevoerd door Kadaster. De kaarten hebben een oorspronkelijk kaartbeeld van 40 x 50 cm, wat overeenkomt met 10 x 12,5 km in het terrein. Langs de landgrens en de kust liggen kaarten met een afwijkend formaat. Alle TOP25 kaarten zijn in RD projectie (EPSG:28992) en gedigitaliseerd. Legenda's zijn apart beschikbaar vanaf pagina 2.

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 10 van 16



LUCHTFOTO

Gepubliceerd 1961
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 0.5 m

Groot archief van luchtfoto's opgenomen vanaf 1932 voor het maken van topografische kaarten. In opdracht van het Kadaster, voorheen de Topografische Dienst, is vanaf de jaren 30-40 heel Nederland om de tien jaar gefotografeerd. Vanaf 1981 is Nederland zelfs om de vier jaar of vaker gefotografeerd. Opgenomen met analoge zwart-wit camera's, vanaf ca. 2006 daarna met digitale camera's.

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 11 van 16



TOP25KAART

Gepubliceerd 1953
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 2.5 m

1:25.000 uniforme, landsdekkende topografische kartering, uitgevoerd door Kadaster. De kaarten hebben een oorspronkelijk kaartbeeld van 40 x 50 cm, wat overeenkomt met 10 x 12,5 km in het terrein. Langs de landgrens en de kust liggen kaarten met een afwijkend formaat. Alle TOP25 kaarten zijn in RD projectie (EPSG:28992) en gedigitaliseerd. Legenda's zijn apart beschikbaar vanaf pagina 2.

Overzichtskaart



Locatiedetails

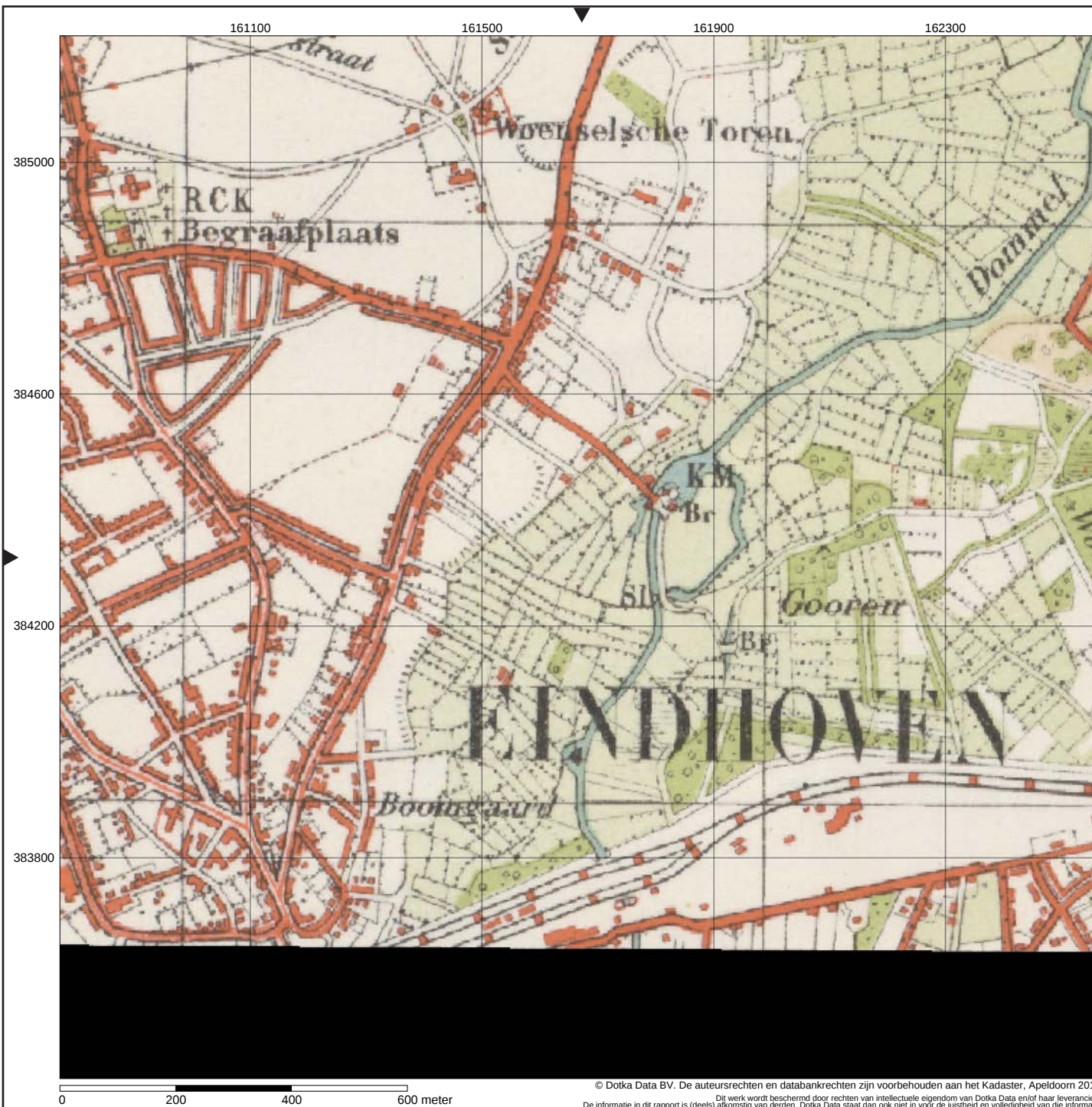
Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 12 van 16



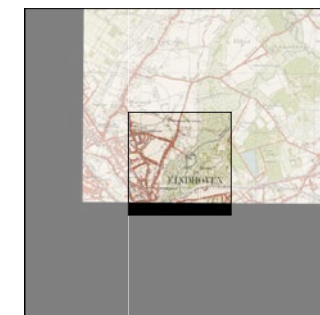
BONNEBLAD

Gepubliceerd 1943
Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster
Detail opname: 2.5 m

Serie Topografische kaarten uit de periode ± 1865 - 1940. Het is de eerste in kleur gedrukte kaartserie op schaal 1:25.000, en wordt vanwege de gehanteerde Bonne-projectie ook wel 'Bonnebladen' genoemd. Aanvankelijk werden alleen de stroken terrein waarin de verdedigingslijnen lagen gekarteerd, langs de grote rivieren en rond Amsterdam. Pas rond 1884 werd de serie landsdekkend, bestaande uit 776 bladnummers waarvan 706 werkelijk gedrukt zijn, de overige bladen beslaan alleen water. Alle Bonnenbladen zijn omgezet naar RD projectie (EPSG:28992).

Overzichtskaart



Locatiedetails

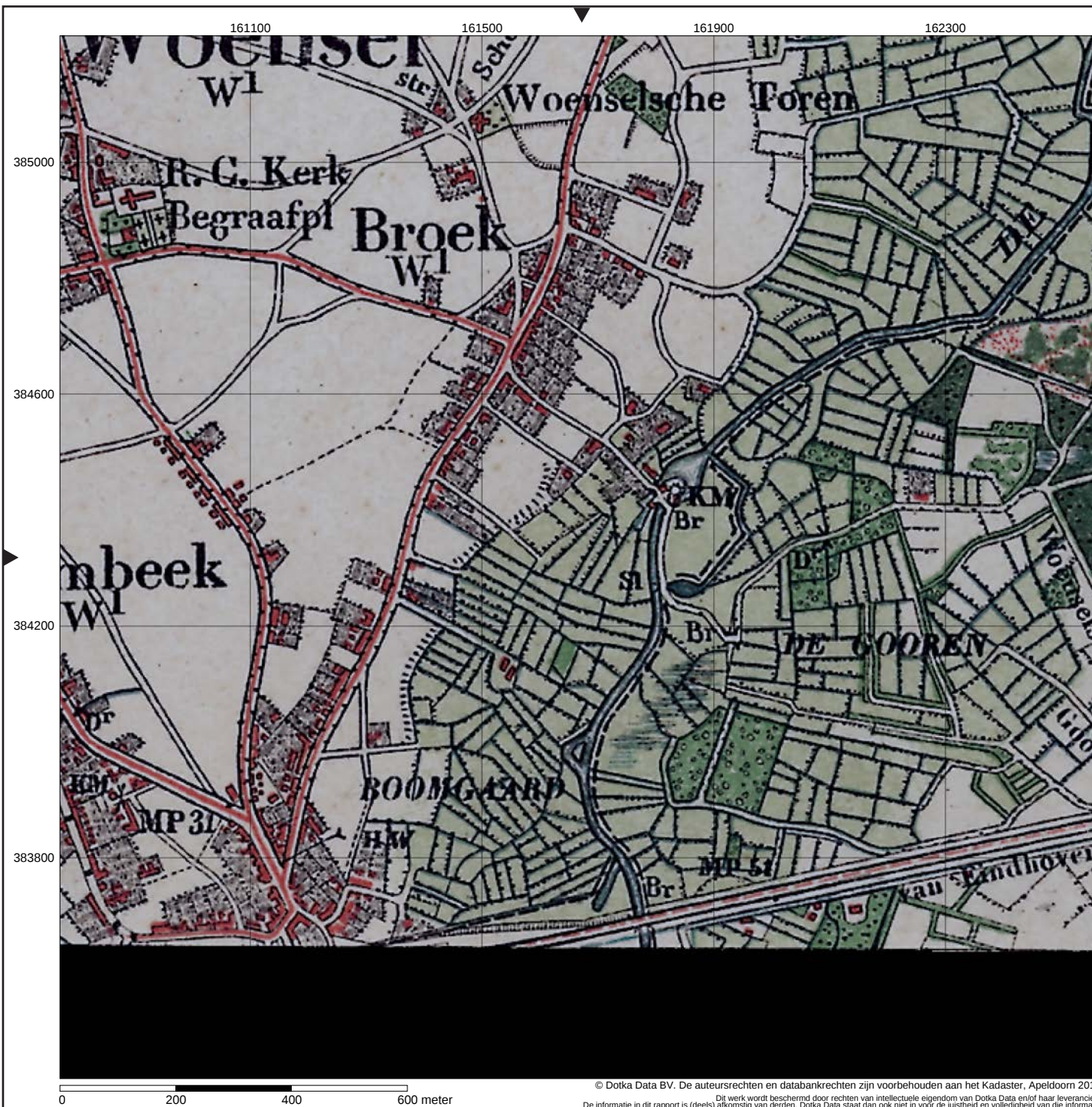
Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven
Locatie RD (X, Y): 161671, 384319
Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293
Opdrachtgever: Martin van der Hop
Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688
Fax: +31 (0)55 578 5699
www.dotkadata.com
Dotka Report is een product van Dotka Data BV
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 13 van 16



BONNEBLAD

Gepubliceerd 1900

Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster

Detail opname: 2.5 m

Serie Topografische kaarten uit de periode ± 1865 - 1940. Het is de eerste in kleur gedrukte kaartserie op schaal 1:25.000, en wordt vanwege de gehanteerde Bonne-projectie ook wel 'Bonnebladen' genoemd. Aanvankelijk werden alleen de stroken terrein waarin de verdedigingslijnen lagen gekarteerd, langs de grote rivieren en rond Amsterdam. Pas rond 1884 werd de serie landsdekkend, bestaande uit 776 bladnummers waarvan 706 werkelijk gedrukt zijn, de overige bladen beslaan alleen water. Alle Bonnenbladen zijn omgezet naar RD projectie (EPSG:28992).

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven

Locatie RD (X, Y): 161671, 384319

Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293

Opdrachtgever: Martin van der Hop

Projectnummer: 341600



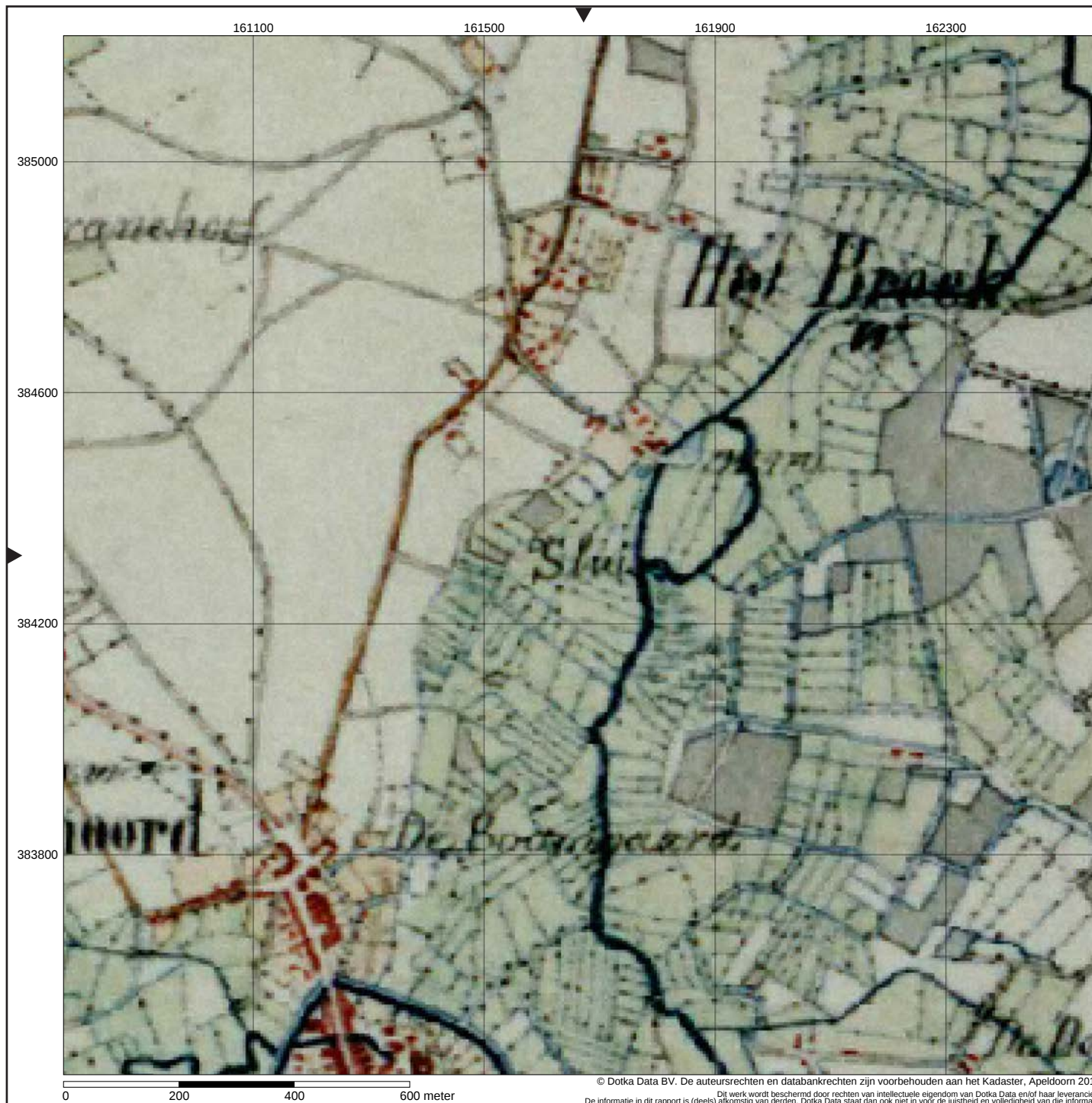
Tel.: +31 (0)55 578 5688

Fax: +31 (0)55 578 5699

www.dotkadata.com

Dotka Report is een product van Dotka Data BV

Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 14 van 16



NET

Gepubliceerd 1830

Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster

Detail opname: 5 m

Kaartserie 1:50.000 van uitgewerkte veldminuten uit de periode 1830-1850. In 1843 werd officieel opdracht voor de vervaardiging van een kaartserie genaamd de Topographische en Militaire Kaart (T.M.K.). Ter voorbereiding gingen Militaire Verkenner te paard het terrein in om de op kadastrale plans ontbrekende terreindetails in te tekenen. Het resultaat was een zogenaamde ruwe veldminuut, die later in het net werden getekend; dit resulteerde in nettekeningen, aanvankelijk op schaal 1:25.000, later direct verkleind naar schaal 1:50.000. De nettekeningen 1:50.000 dienden daarna als model voor de gravure op steen van de later te produceren T.M.K. De Nettekeningen zijn gedigitaliseerd in kleur op de originele schaal 1:50.000.

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven

Locatie RD (X, Y): 161671, 384319

Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293

Opdrachtgever: Martin van der Hop

Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688

Fax: +31 (0)55 578 5699

www.dotkadata.com

DotKa Report is een product van DotKa Data BV

Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 15 van 16



KRAYENHOFFKAART

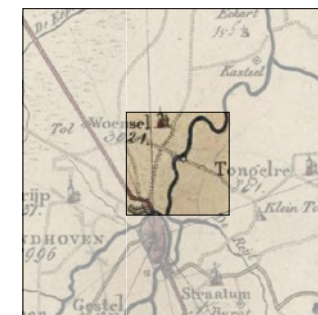
Gepubliceerd 1809

Schaal 1:10.000

Bron: Kadaster

Detail opname: 10 m

Overzichtskaart



Locatiedetails

Dutmalapad , 5612 AZ Eindhoven

Locatie RD (X, Y): 161671, 384319

Oppervlakte: 3,24 km²

Orderdetails

Ordernummer: 20123293

Opdrachtgever: Martin van der Hop

Projectnummer: 341600



Tel.: +31 (0)55 578 5688

Fax: +31 (0)55 578 5699

www.dotkadata.com

Dotka Report is een product van Dotka Data BV

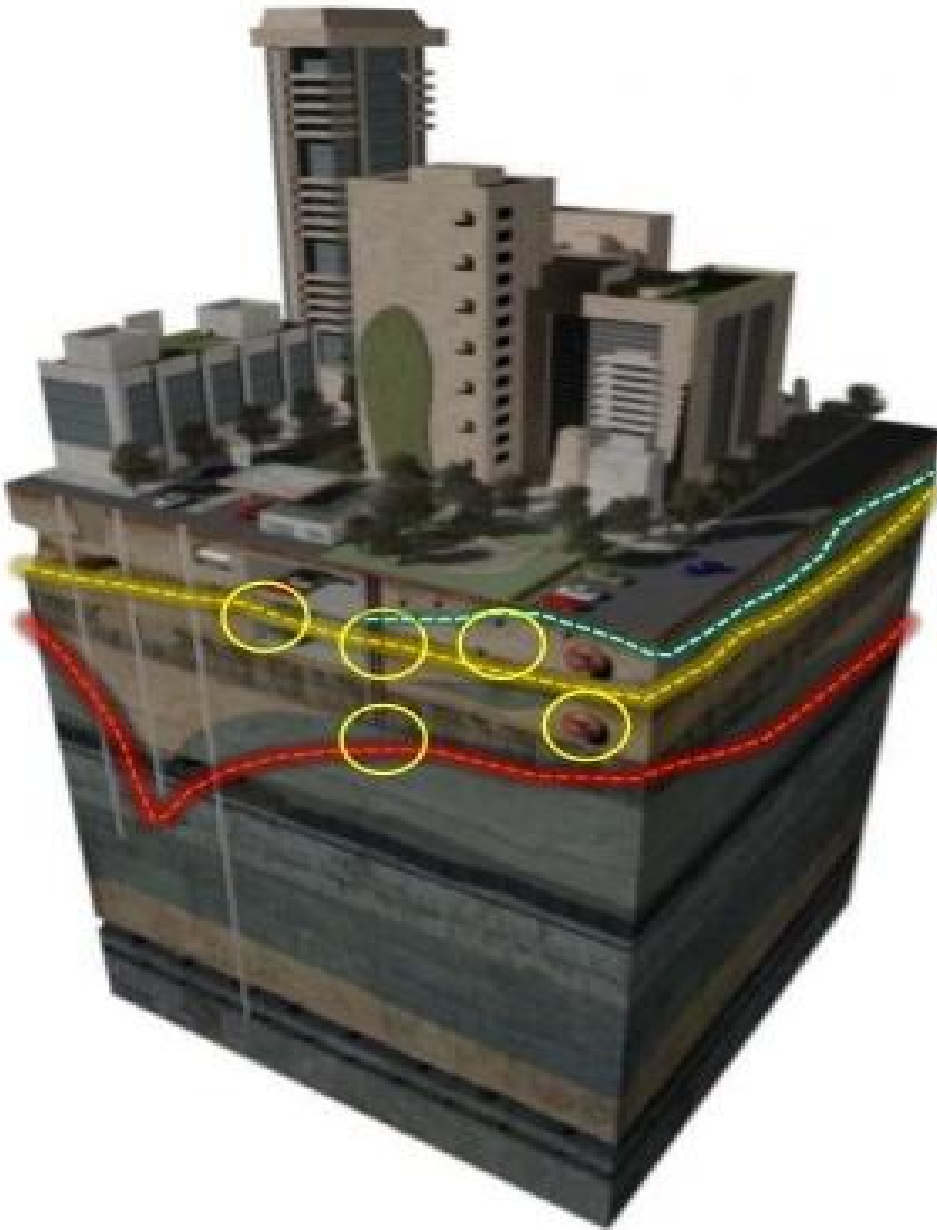
Versie 1.4 - 19 feb 2015 - pagina 16 van 16

Bijlage 8

Plan van Aanpak

Onderzoek Stromingspatroon Centrum Eindhoven

Plan van Aanpak



 Grontmij

 Hogeschool
VHL
University of Applied Sciences

• Goedkeuring

Hogeschool van Hall Larenstein

Larensteinselaan 26a
6882 CT Velp
Postbus 9001
6880 GB Velp
T +31 26 369 56 40
W www.hogeschoolvhl.nl

Grontmij Nederland B.V.

Zernikestraat 17
5612 HZ Eindhoven
Postbus 1265
5602 BG Eindhoven
T +31 88 811 66 00
E info@grontmij.nl
W www.grontmij.nl

Student

Land- en Watermanagement (Deeltijd)
A. Dees (Ab)
S 820424102
T +31 88 811 57 84
E ab.dees@grontmij.nl

Interne begeleider

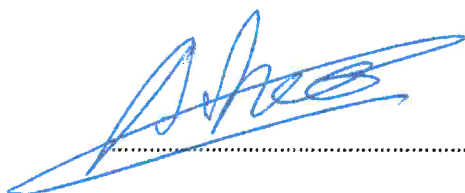
Ir. P. Groenhuijzen (Peter)
T +31 26 369 56 83
E peter.groenhuijzen@wur.nl

Externe Begeleider

Ing. R.L.T.A. Wijnhoven (Roel)
T +31 88 811 51 35
E roel.wijnhoven@grontmij.nl

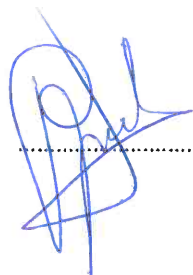
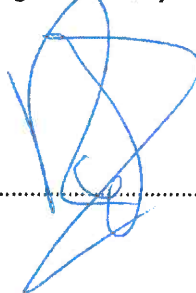
Voor akkoord onderzoeksplan, d.d. 17-03-2015:

A. Dees



Ir. P. Groenhuijzen

Ing. R.L.T.A. Wijnhoven



• Inhoudsopgave

1	Inleiding project Gebiedsgericht Grondwaterbeheer	2
2.	Leeswijzer	4
3.	Projectopdracht	5
3.1	<i>Projectproces</i>	7
3.2	<i>Tussenresultaten</i>	6
3.3	<i>Projectactiviteiten & Methode</i>	8
4.	Kwaliteit	10
5.	Projectorganisatie	11
5.1	<i>Planning</i>	11
5.2	<i>Projectteam</i>	11
6.	Projectafbakening	12
7.	Risico's	13
7.1	<i>Risico's en oplossingen</i>	13
7.2	<i>Risico analyse naar model Roel Grit</i>	14
Bijlage 1:	Detail planning	15

1 • Inleiding

Achtergrond

De afgelopen jaren heeft gebiedsgericht grondwaterbeheer zijn intrede gedaan in Nederland. Waar voorheen grondwaterproblematiek sectoraal werd aangepakt kenmerkt gebiedsgericht grondwaterbeheer zich door een integrale aanpak van vraagstukken. In deze benadering worden thema's als stedelijke ontwikkelingen, ondergrondse voorzieningen, waterkwantiteit en waterkwaliteit integraal aangepakt. Deze benadering kan bijdragen aan oplossingen voor complexe binnenstedelijke vraagstukken waar bijvoorbeeld grondwaterverontreinigingen ontwikkelingen zoals warmte-koude opslag (WKO) in de ondergrond in de weg staan. (Schreurs en Heijer. 2012)

De ondergrond in de binnenstad van Eindhoven wordt steeds intensiever gebruikt voor verschillende functies en opgaven. Dit zijn bijvoorbeeld ondergronds parkeren en (verdieping van) tunnels en onderdoorgangen maar ook ontwikkelingen zoals warmte- koude opslag (WKO). Ook vinden er steeds meer ontwikkelingen plaats waarbij tijdelijke ingrepen noodzakelijk zijn. Denk hierbij aan (retour)bemalingen, en tijdelijke bouwkuipen voor bouwactiviteiten en werkzaamheden aan kabels en leidingen in de ondergrond. De aanwezige bodem- en grondwaterverontreinigingen vormen hierbij een steeds terugkerend risico die voor extra kosten en tijdsvertraging zorgen bij realisatie van projecten in de ondergrond. Met name in het stedelijk gebied is sanering van deze pluimen een zeer kostbare aangelegenheid. Met de aanpak van het gebiedsgericht grondwaterbeheer worden deze pluimen niet actief separaat gesaneerd maar wordt het geheel van pluimen bewaakt en gemonitord. Verplaatsing van de pluimen is dan binnen de

toegestane grenzen mogelijk. Dit biedt ruimte voor enige bewegingsvrijheid in de ondergrond en minder bureaucratie. Hierdoor worden kostbare maatregelen voorkomen terwijl de risico's voor verontreiniging zoals verspreiding en blootstelling beter te controleren zijn.

Wettelijk kader.

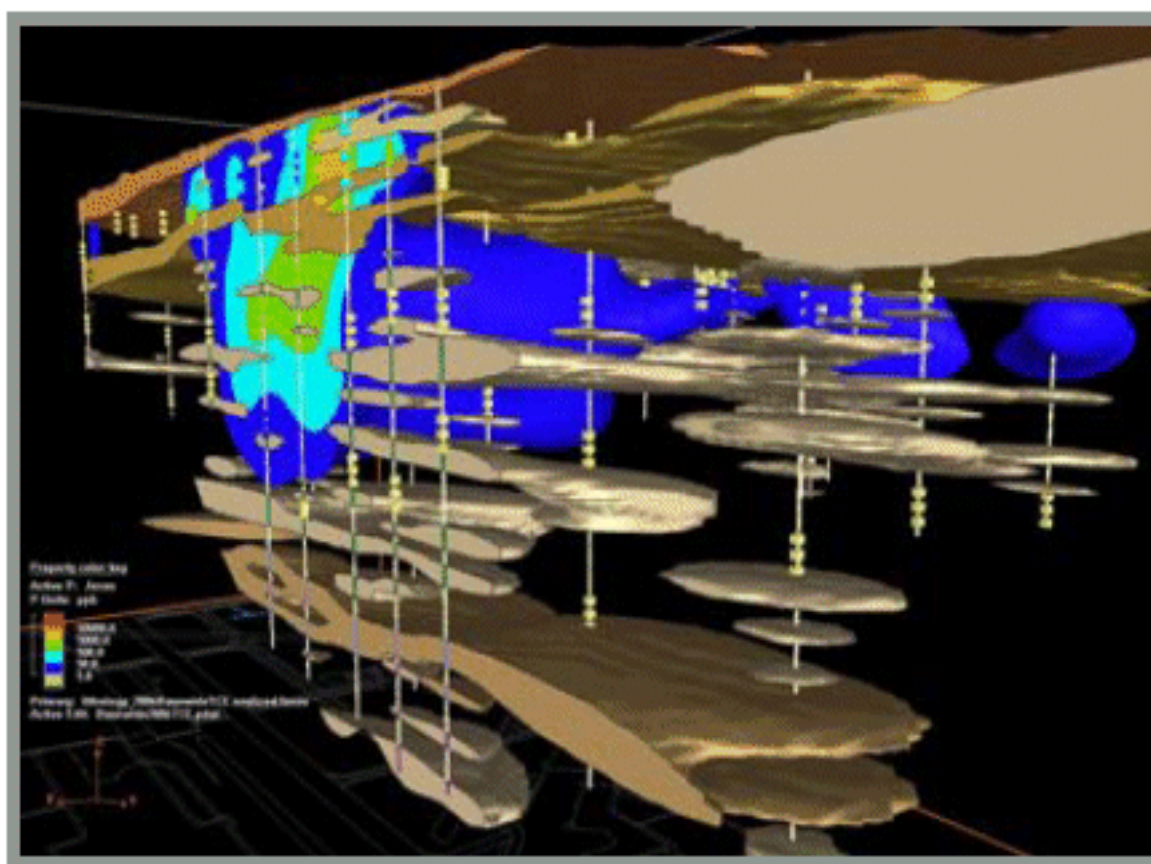
Waar het gaat om ontwikkelingen in de ondergrond vallen deze binnen een aantal regelingen, wetten en kaders die de wetgever heeft vastgesteld. Voor de situatie in het plangebied onderscheiden we hier de Wet bodembescherming (Wbb), de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW), de Grondwaterrichtlijn (GWR) en de Waterwet (WW). Wanneer er ingrepen in de ondergrond plaatsvinden dient hiermee rekening gehouden te worden. Deze regelingen, wetten en kaders vormen ook de randvoorwaarden voor het gebiedsgericht grondwaterbeheer.

Probleembeschrijving

Grontmij is in opdracht van de gemeente Eindhoven en Philips op zoek naar de mogelijkheden om gebiedsgericht grondwaterbeheer in de binnenstad van Eindhoven toe te passen. Mede op basis van de onderzoeksresultaten kan de gemeente en Philips bepalen of het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de binnenstad daadwerkelijk meerwaarde heeft. Tijdens de verkenning van de mogelijkheden door Grontmij is gebleken dat de informatie uit het huidige grondwatermodel niet toereikend is om het gedrag van een aantal specifieke verontreinigingen voldoende te bepalen. Het blijkt namelijk dat enkele verontreinigingspluimen niet het verwachte stromingspatroon volgen maar een afwijkend patroon. Deze verontreinigingspluimen bestaan met name

uit VOCI (vluchtige chloorkoolwaterstoffen). Nader onderzoek is daarom nodig om de factoren van dit afwijkend patroon te bepalen en ook inzichtelijk te maken waar welke factoren het stromingspatroon kunnen beïnvloeden. Dit onderzoek zal er op gericht zijn de factoren die deze pluimen beïnvloeden in kaart te brengen om een verwachtingspatroon op te kunnen stellen. Dit verwachtingspatroon wordt vertaald naar een advies over hoe om te gaan met de specifieke verontreinigingen binnen het gebiedsgericht grondwaterbeheer.

Dit advies kan meegenomen worden als risicobeheersing door partijen zoals de gemeente Eindhoven, Philips en ontwikkelaars bij de voorbereiding en uitvoering van projecten in de ondergrond. Ook kunnen met de resultaten van het onderliggend onderzoek de exacte gebiedsgrenzen van het gebiedsgericht grondwaterbeheer beter worden vastgelegd. Verder is inzicht in het stromingspatroon essentieel voor het opstellen van een monitoringsplan. Tenslotte vormen de resultaten een vertrekpunt voor meerdere vervolgstudies en mogelijk het opstellen van een 3D model van onder- en bovengrond voor de binnenstad.



Figuur 1 Doorkijk naar 3D model

2 • Leeswijzer

Leeswijzer:

Hoofdstuk	Geeft antwoord op de vraag
1 Inleiding	Waar (in welke omgeving) speelt het project zich af en wat is de context.
2 Leeswijzer	Een overzicht van de hoofdstuk indeling met inhoud beschrijvingen.
3 Projectopdracht	Waaruit bestaat de opdracht? Wat gaat er onderzocht worden.
3.1 <i>Projectproces</i>	Hoe is het project gefaseerd.
3.2 <i>Tussenresultaten</i>	Welke tussenresultaten worden er opgeleverd.
3.3 <i>Activiteiten & Methode</i>	Welke activiteiten vinden er plaats volgens welke methode.
4 Kwaliteit	Hoe wordt de kwaliteit van de (tussen)resultaten en het eindresultaat gewaarborgd.
5 Projectorganisatie	Wie is er bij het onderzoek betrokken.
5.1 <i>Planning</i>	Wanneer gaat wie wat doen.
5.2 <i>Projectteam</i>	Wie zijn er betrokken.
6 Projectgrenzen	Wat wordt onderzocht en wat zijn de fysieke projectgrenzen.
7 Risico's	Welke risico's bestaan er voor het project.
Bijlagen	Hoe is het project gepland

Tabel 1 Leeswijzer

3 • Projectopdracht

Het onderzoek

De ondergrond in de binnenstad van Eindhoven wordt steeds intensiever gebruikt voor verschillende functies en opgaven. De aanwezige bodem- en grondwaterverontreinigingen vormen hierbij een steeds terugkerend risico die voor extra kosten en tijdsvertraging zorgen bij de ontwikkeling en realisatie van projecten in de ondergrond. Met name in het stedelijk gebied is sanering van deze pluimen een zeer kostbare aangelegenheid. Met de aanpak van het gebiedsgericht grondwaterbeheer worden deze pluimen niet actief separaat gesaneerd maar wordt het geheel van pluimen bewaakt en gemonitord. Verplaatsing van de pluimen is dan binnen de toegestane grenzen mogelijk. Dit biedt ruimte voor enige bewegingsvrijheid in de ondergrond en minder bureaucratie. Hierdoor worden kostbare maatregelen voorkomen terwijl de risico's voor verontreiniging zoals verspreiding en blootstelling beter te controleren zijn.

Het onderzoek wordt uitgevoerd binnen de context van het gebiedsgericht grondwaterbeheer in Eindhoven. Onderhavig onderzoek vormt een belangrijke schakel tussen het huidige haalbaarheidsonderzoek en, indien besloten wordt het gebiedsgericht grondwaterbeheer op te gaan stellen, de nadere uitwerkingen. Voor het vaststellen van de gebiedsgrenzen, de technische uitwerking in een monitoringsplan en het vaststellen van de gebiedsgrenzen en begrenzing tot waar eventuele pluimen kunnen en mogen stromen is onderhavig onderzoek van belang. Voor bovengenoemde aspecten dient tenslotte goed inzicht te worden verkregen in het stromingspatroon van de aanwezige pluimen in het gebied.

De focus zal liggen op het onderzoeken van met name de verontreinigingspluimen zoals die aanwezig zijn in het freatisch pakket. In deze laag vinden de meeste ontwikkelingen plaats (en hebben plaatsgevonden) die de grondwaterstromingen beïnvloeden. De begrenzing van het studiegebied in verticale richting wordt hier tot circa 20 m-mv bepaald door de aanwezige scheidende lagen. Plaatselijk kan dit variëren doordat de ondergrond in het gebied sterk geroerd is. Het centrum van het onderzoeksgebied bevindt zich op de locatie Kruisstraat op de grens van de wijken Hemelrijken en Gildebuurt. De topografische begrenzing zal grofweg bestaan uit de Kleine Dommel aan de oostzijde en de binnenring aan de westzijde van het studiegebied.

Binnen deze grenzen zullen de factoren onderzocht worden die van invloed zijn op de aanwezige pluimen en in hoeverre deze factoren van invloed zijn op het gedrag van deze pluimen.

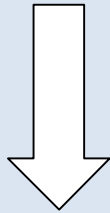
3 • Projectopdracht

De onderzoeksvraag

De opdracht is samengevat in de onderzoeksvraag. Deze wordt vervolgens verdeeld in deelvragen welke samen de hoofdvraag beantwoorden. De deelvragen kunnen eventueel als hoofdstukindeling voor het onderzoeksrapport gehanteerd worden. De hoofd- en deelvragen in dit onderzoek zijn als volgt geformuleerd:

Hoofdvraag:

Hoe kunnen de resultaten van het onderzoek naar het afwijkend stromingspatroon in het noordelijk centrumgebied van Eindhoven bijdragen aan het opstellen van gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de binnenstad van Eindhoven?



Deelvragen:

- 1. Wat is gebiedsgericht grondwaterbeheer en wat betekent dit voor de binnenstad van Eindhoven?*
- 2. Wat is het wettelijk kader van gebiedsgericht grondwaterbeheer?*
- 3. Wat is de huidige opbouw van de ondergrond van het plangebied?*
- 4. Welke factoren beïnvloeden het stromingspatroon en in welke mate?*
- 5. Hoe kunnen deze factoren inzichtelijk gemaakt worden?*
- 6. Hoe kunnen de resultaten van dit onderzoek vertaald worden naar een advies dat gebruikt kan worden bij toekomstige activiteiten en in de planvorming hiervan, en naar een doorkijk naar de toekomst?*

3.1. Project proces

In onderstaande figuur is het project schematisch weergegeven. Het voorstel is een gefaseerde aanpak waarin elke fase afgesloten wordt met akkoord voordat aan de volgende fase gestart wordt.

Voor elke fase is het doel en de bijbehorende activiteiten in grote lijnen beschreven. In paragraaf 3.3 zijn de activiteiten verder uitgewerkt.

	Fase 1: Inventarisatie fase, informatiewinning	Fase 2: Uitwerkingsfase, analyse van informatie en doorrekenen van scenario's.	Fase 3: Afrondingsfase, rapportage en advies.
Processtap	- Startoverleg - Inventarisatie basisgegevens - Interviews betrokkenen en deskundigen	Analyse en visualisatie	Rapportage
Doel	- Gezamenlijk verkennen opdracht - Vastleggen grenzen opdracht - Tussentijdse overlegmomenten vastleggen	Informatie bundelen en beoordelen op relevantie in concept rapport	Opstellen advies t.b.v. monitoring gebiedsgrenzen gebiedsgericht grondwaterbeheer
Activiteiten	- Inventarisatie informatiebronnen - Opstellen vragenlijst t.b.v. interviews - Afspraken maken voor interviews	- Visualisatie van data (GIS) - Beschrijvend onderzoek - Data doorrekenen in geohydrologisch model	- Samenstellen rapport - Doorkijk naar de toekomst
Tools	- NAZCA - REGIS/DINO-loket - Diverse websites - Veldwerkzaamheden	- GIS - Geohydrologisch model	
Producten	- Vragenlijst - Gegevens over bodemopbouw, historisch, ophogingen, gedempte waterlopen, stromingspatronen van het grondwater, obstakels inde ondergrond	- Thematische kaarten met gebiedskenmerken (bodemopbouw, grondwaterstanden, ondergrondse bebouwing, preferente stroombanen) - Conceptrapport	Adviesrapport inclusief GIS kaarten en berekeningen
Besluit	Akkoord Plan van Aanpak	Akkoord conceptrapport	Akkoord definitief rapport

Tabel 2 Proces

3.2. Tussenresultaten

In de loop van het project worden 3 tussenresultaten opgeleverd. Dit zijn het Plan van aanpak (PvA), een concept eindrapport en

het definitieve eindrapport. Elk product wordt beoordeeld door zowel de interne en externe begeleider en van feedback voorzien.

3.3 Project Activiteiten & Methode

In tabel 3 op de volgende pagina is een overzicht gemaakt van de te raadplegen informatiebronnen en hoe deze verwerkt worden. De methode die gebruikt wordt om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is informatieverzameling en deskstudy middels archiefonderzoek, interviews, terreininspectie en meten van grondwaterstanden, analyseren van data middels vastleggen en visualiseren in kaarten van gegevens in een geografisch informatie systeem (GIS) en onderlinge samenhang van aspecten. De mate van beïnvloeding van bepaalde aspecten wordt indicatief berekend middels het doorrekenen met een grondwatermodel.

Van alle gegevens wordt wederom een analyse uitgevoerd en de resultaten worden beschreven met een advies naar het gebiedsgericht grondwaterbeheer en een doorkijk naar toekomstige mogelijkheden voor het in kaart brengen van de onder- en bovengrond in een 3D model.

Voor alle data geldt dat deze in de juiste context en tijd geplaatst wordt. Bijvoorbeeld een onttrekking die 20 jaar geleden beëindigd is heeft nu geen actieve invloed meer. Als de verontreiniging zich echter in dezelfde tijd ontwikkeld heeft kan dat wel een verklaring zijn voor de verspreiding destijds. Vanwege de grote hoeveelheid informatie wordt er vooraf bepaald in welke mate dit van invloed is op het stromingspatroon. Dit door de gegevens wekelijks te bespreken met interne deskundigen en zodoende een prioritering aan te brengen.

Overzicht van activiteiten en methodiek:

Input	Bron	Doel	Methode
Grondwater peilbuizen (freatisch pakket)	REGIS	Regionaal isohypsenpatroon	Deskstudy
	Grondwatermeetnet gem. Eindhoven/Waterschap De Dommel	Lokaal isohypsenpatroon	Opvraging Waterschap/ Deskstudy
	Aanvullende peilbuizen	Lokaal isohypsenpatroon	Veldwerk
Drainages	Archief gemeente	Invloed op grondwaterstand/stroming	Externe deskstudy Σ
	Rapport Wareco	Invloed op grondwaterstand/stroming	Deskstudy Σ
Bodemopbouw	REGIS	Regionale kartering bodemopbouw	Deskstudy
	Nazca	Lokale kartering bodemopbouw (scheidende lagen/leemlenzen)	Deskstudy
	Rapport Inpijn-Blokpoel (Luuk-Postmes)	Lokale kartering bodemopbouw(scheidende lagen/leemlenzen)	Deskstudy
Verontreinigings-contouren	Nazca	Verspreidingspatroon (datering)	Deskstudy
	Onderzoek Tauw	Verspreidingspatroon	Deskstudy
Onttrekkingen	Gemeentearchief (TU-terrein, NS-station)		Externe deskstudy Σ
Kaart en beeld materiaal	www.eindhoveninbeeld.nl	Antropogene invloeden (ophogingen, dempingen)	Deskstudy
	www.watwaswaar.nl	Antropogene invloeden (ophogingen, dempingen)	Deskstudy
Grote leidingen Rioleringsgegevens	Gemeente (Luuk Postmes). Rapport Inpijn-Blokpoel.	Invloed van preferente stroombanen, lekken	Deskstudy Σ
Bouwwerken in de ondergrond	Gemeentelijk archief	Invloed op stromingsrichting	Externe deskstudy
	Interviews met ambtenaren van afdeling handhaving/toezicht (Edith Rutten)	Niet gedocumenteerde informatie achterhalen die mogelijk van invloed is op grondwaterstroming	Interviewvragen opstellen/Afspraken maken
Oppervlaktewater	Waterschap (peilen Dommel, IJzeren man)	Invloed oppervlaktewater op grondwater, fluctuaties.	Deskstudy
Σ = Doorrekenen in grondwatermodel			

Tabel 3 Activiteiten & Methodiek

4 • Kwaliteit

ISO certificering

Binnen deze opdracht is het Grontmij kwaliteitsstelsel van toepassing. Grontmij heeft duidelijke doelstellingen gedefinieerd gekozen voor een structurele benadering van kwaliteitsborging, duurzaamheid en maatschappelijke verantwoordelijkheid. De Grontmij Integriteitscode vormt het raamwerk voor dit beleid en is gekoppeld aan de algemene voorschriften van de FIDIC, OECD en aan de ISO-normen. Het beleid van Grontmij bevat duidelijke gedragscodes en voorschriften voor:

- gezondheid, veiligheid en milieu;
- kwaliteitsmanagement (met name ISO-9001, ISO-14001);
- de werving van medewerkers en hun ontwikkelingsmogelijkheden;
- belangenconflicten;
- eerlijke concurrentie en goede inkoop;
- maatschappelijke verantwoordelijkheid;
- handhaven of verbeteren van Grontmij's goede reputatie.

De betrouwbaarheid van de geleverde diensten heeft hoge prioriteit. Onze kwaliteitsmanagementsystemen ISO-9001 en ISO-14001 worden ook gebruikt om ervoor te zorgen dat projectmanagement- en rapportageprocedures goed functioneren. Een programma voor het bewaken van de klanttevredenheid loopt al vele jaren. Wij zijn van mening dat kwaliteit niet alleen van toepassing moet zijn op de dienst die aan de klant wordt geleverd, maar ook op de algemene normen en waarden, een mensvriendelijke werkomgeving en wederzijds respect.

Informatievoorziening

Alle informatie die in het kader van het project wordt verzameld en bewerkt of verwerkt, wordt op een traceerbare wijze vastgelegd en gedocumenteerd. Informatie gaat op deze wijze niet verloren en is steeds snel beschikbaar binnen het projectteam. Alle digitale projectinformatie wordt op een overzichtelijke wijze, in meerdere kaartlagen, opgeslagen in een Geografisch Informatie Stelsel (GIS).

Projectbeheersing

Samen met de opdrachtgever sturen wij op een goede balans tussen bestede tijd en kwaliteit. Dit doen wij door transparant te zijn in onze aannames bij het maken van deze offerte en een strakke sturing op tijd, kwaliteit, geld, organisatie, informatie en risico's. Wij treden hierin pro-actief op met het belang van het project en de opdrachtgever voor ogen.

Duurzaamheid

Grontmij heeft duurzaamheid hoog in het vaandel staan. Een belangrijk onderdeel van ons beleid op het gebied van maatschappelijk verantwoord ondernemen is ons energiemanagerprogramma met ambitieuze doelstellingen voor CO2-reductie. Wij zijn mede ontwikkelaar van verschillende duurzaamheidsprotocollen, onder andere wat duurzame inkoop betreft.

5 • Projectorganisatie

5.1 Planning

Bijlage I bevat een uitgewerkte planning voor het hele project. De uiterste einddatum voor oplevering van het eindrapport is door de onderwijsinstelling (VHL) gesteld op 4 juni 2015. Deze planning is haalbaar, echter dit vraagt wel flexibiliteit van opdrachtnemer en opdrachtgever. Van de opdrachtgevers verwachten wij dat ze in hun agenda tijd vrij kunnen maken voor het verstrekken van informatie en het doornemen van tussenresultaten. Er wordt maximaal inzet getoond om de (deel) producten tijdig aan te leveren. Samen met de interne begeleider houdt ik, mede in het kader van het risicomanagement, continu het kritieke pad van de projectplanning in de gaten. In onderstaande tabel is een globale planning en tijdsbesteding opgenomen.

Tabel 4 Projectplanning		
Week	Datum	Activiteit
<i>Voortraject</i>		
Week 2	9 jan	Startoverleg
Week 3	15 jan	Onderzoeksvoorstel definitief
Week 3-6		Opstellen onderzoeksplan (PVA)
Week 6	6 feb	Opleveren concept-onderzoeksplan (PVA)
<i>Uitvoeringstraject</i>		
Week 6-9		Verzamelen data/interviews
Week 10		Tussentijds overleg
Week 10-14		Verwerking data/opstellen kaarten in GIS en analysegegevens
Week 14		Tussentijds overleg
Week 14-20		Opstellen advies en uitwerking in eindproduct(en)
Week 19/20		Tussentijds overleg
Week 19	8 mei	Opleveren concept-eindproduct
<i>Oplevering</i>		
Week 20	4 jun	Opleveren eindproduct

5.2 Projectteam

Het projectteam bestaat uit een uitvoerend medewerker en een begeleidend adviseur. De uitvoerend medewerker is Ab Dees, afstuderend student van hogeschool van Hall Larenstein met ondersteuning van Roel Wijnhoven, adviseur bij Grontmij B.V. met ruime ervaring binnen het werkveld bodem en grondwater. Vanuit de onderwijsinstelling is er een begeleidend docent geselecteerd, binnen deze opdracht zal Peter Groenhuijzen deze rol vervullen.

De verantwoordelijkheid voor het project ligt bij de uitvoerend medewerker. Deze dient de afstudeeropdracht uit te voeren conform het goedgekeurde onderzoeksplan. Ook draagt hij zorg voor het maken van afspraken t.b.v. informatiewinning, (tussentijds) overleg en tijdige oplevering van (tussen) resultaten.

Tijdens het project wordt inhoudelijke ondersteuning en begeleiding geleverd waar nodig door Roel Wijnhoven (externe begeleider) en worden middelen en gegevens beschikbaar gesteld om het afstuderen mogelijk te maken. Peter Groenhuijzen (interne begeleider) begeleidt het onderzoek vanuit hogeschool van Hall Larenstein op procesniveau en geeft sturing waar nodig, waarbij het onderzoeksplan als uitgangspunt dient. Het onderzoeksplan en (concept) eindresultaat worden door de interne- en externe begeleider beoordeeld.

6 • Projectafbakening

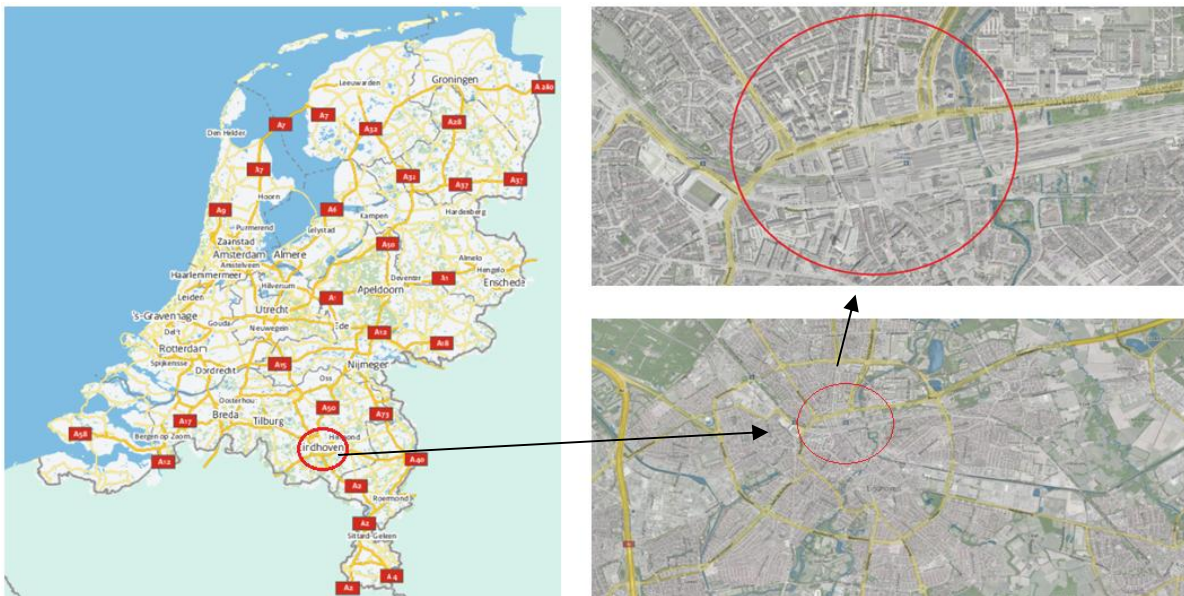
Informatievoorziening

Het onderzoek is er op gericht om een verklaring te vinden voor het afwijkend grondwaterstromingspatroon in het plangebied. Om dit te bereiken wordt er informatie verzameld en geïnventariseerd welke betrekking heeft op mogelijke obstakels of juist verspreiding van grondwater. Omdat in het verleden de ondergrond in het gebied sterk geroerd is zal dit naast natuurlijke invloeden vooral ook bestaan uit antropogene invloeden. Veel informatie is gedocumenteerd maar niet verzameld en inzichtelijk. Deze informatie is beschikbaar uit de informatie bronnen zoals omschreven in tabel 3. Ook zijn er veel gegevens opgeslagen in de hoofden van medewerkers die betrokken zijn geweest bij ontwikkelingen in de ondergrond. Dit is waardevolle informatie die kan bijdragen aan een beter begrip van de werkelijke situatie. Het kan bijvoorbeeld antwoord geven op de vraag wat voor grondsoort waar is gebruikt en wat voor omstandigheden er zijn aangetroffen in de ondergrond. Middels interviews zal deze informatie naar boven gehaald worden en

verwerkt in de analyse.

Fysieke projectgrenzen

Het onderzoek richt zich met name op verontreinigingspluimen zoals die aanwezig zijn in het freatisch pakket. In deze laag vinden de meeste ontwikkelingen plaats (en hebben plaatsgevonden) die de grondwaterstroming beïnvloed. De directe aanleiding is de sterke afbuiging van de pluim ter hoogte van de Kruisstraat. Deze beweegt zich in eerste instantie in de verwachte richting (noordwestelijk) met de bekende grondwaterstroming mee maar buigt dan sterk af in tegengestelde richting (zuidoost). Het onderzoeksgebied is dan ook ingesteld met deze pluim als centrumlocatie. De begrenzing van het studiegebied in verticale richting wordt hier tot circa 20 m-mv bepaald door de aanwezige scheidende lagen. Plaatselijk kan dit variëren doordat de ondergrond in het gebied sterk geroerd is. De begrenzing in horizontale richting zal bestaan uit de Kleine Dommel aan de oostzijde en de binnenring aan de westzijde van het studiegebied.



Figuur 2 Locatie Plangebied

7 • Risico's

7.1 Risico's en oplossingen

Het uitvoeren van een project brengt risico's met zich mee. Zo is zonder een duidelijke planning en afbakening van de projectgrenzen het project niet goed te overzien en kan zo makkelijker uit de planning lopen. Dit leidt tot vertraging, hogere kosten en niet het gewenste eindresultaat. Om deze risico's in kaart te brengen is er voor dit project een risico analyse uitgevoerd. Hierbij zijn de mogelijke risico's in kaart gebracht. Deze inventarisatie is ondersteund door het model van Roel Grit, hierin worden de risico's vertaald naar een score. Hierin is ook inzichtelijk welk onderdeel het meeste risico met zich meebrengt. Dit geeft de mogelijkheid om al in vroeg stadium op deze onderdelen bij te sturen.

Een deel van de opdracht bestaat uit informatiewinning. De hoeveelheid informatie kan dusdanig groot worden dat er een surplus aan informatie ontstaat; teveel om te verwerken. Een oplossing hiervoor is het maken van een voorselectie waarin onderscheid gemaakt wordt tussen relevante en minder relevante informatie. Om dit te bepalen worden de gegevens wekelijks

besproken met interne deskundigen en wordt op basis daarvan een prioritering bepaald.

Voor de aanlevering van informatie is het project deels afhankelijk van derden. Hierdoor bestaat het gevaar dat informatie niet tijdig aangeleverd wordt. Om dit voor te zijn is het tijdig aanvragen van informatie noodzakelijk en ook de consequenties hiervan benoemen in het Plan van Aanpak. Dit kan bijvoorbeeld zijn een onvolledig eindproduct.

Voor de opdracht is een goede planning erg belangrijk. Hierdoor is het mogelijk extra werkzaamheden ook in te plannen zonder dat de kernopdracht in gevaar komt. Ook is het hierdoor mogelijk milestones te bepalen wanneer tussenresultaten worden opgeleverd. Tijdens deze milestones wordt de opdracht gezamenlijk met de opdrachtgever besproken en vindt tussentijdse afstemming plaats.

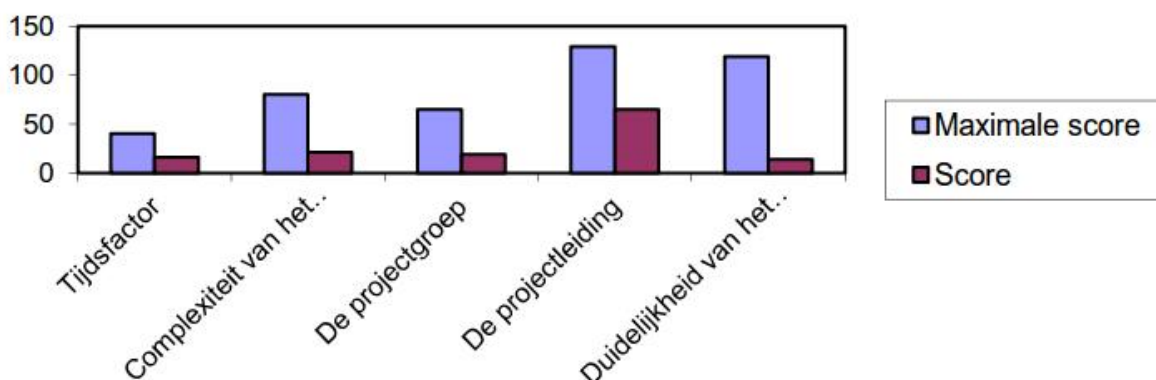
Ondanks een uitgebreide analyse is het mogelijk dat het onderzoek niet resulteert in een eenduidige eindconclusie. Mogelijk is er aanvullend onderzoek nodig om het einddoel te behalen, namelijk input in het gebiedsgericht grondwaterbeheer om de gebiedsgrenzen hiervan te bepalen en zodoende deze grenzen te kunnen monitoren.

7.2 Risicoanalyse

In onderstaande tabel is een samenvatting van de risicoanalyse opgenomen naar model van Roel Grit uit zijn boek "Projectmanagement". Uit dit Microsoft Excel model wordt een score bepaald uit verschillende factoren zoals de tijdsfactor, de complexiteit van het project, de samenstelling van de projectgroep, de projectleiding en de duidelijkheid van het project voor de betrokken deelnemers.

Uit deze analyse blijkt dat de tijdsfactor en projectleiding een belangrijk item is voor dit project (de hoogste procentuele score). Er moet derhalve een sterke focus ligging op de planning en tijdige bijsturing moet plaatsvinden waar nodig. Voor het project is het belangrijk goede afspraken te maken omtrent de communicatie en aanlevering van gegevens door de betrokken partijen. Een mogelijke vertraging in dit proces kan leiden tot uit de planning lopen van het project. Een beheersmaatregel vormt hierbij dat een wekelijks overleg met de begeleider plaats vindt om zowel de planning als inhoudelijke aspecten te bespreken.

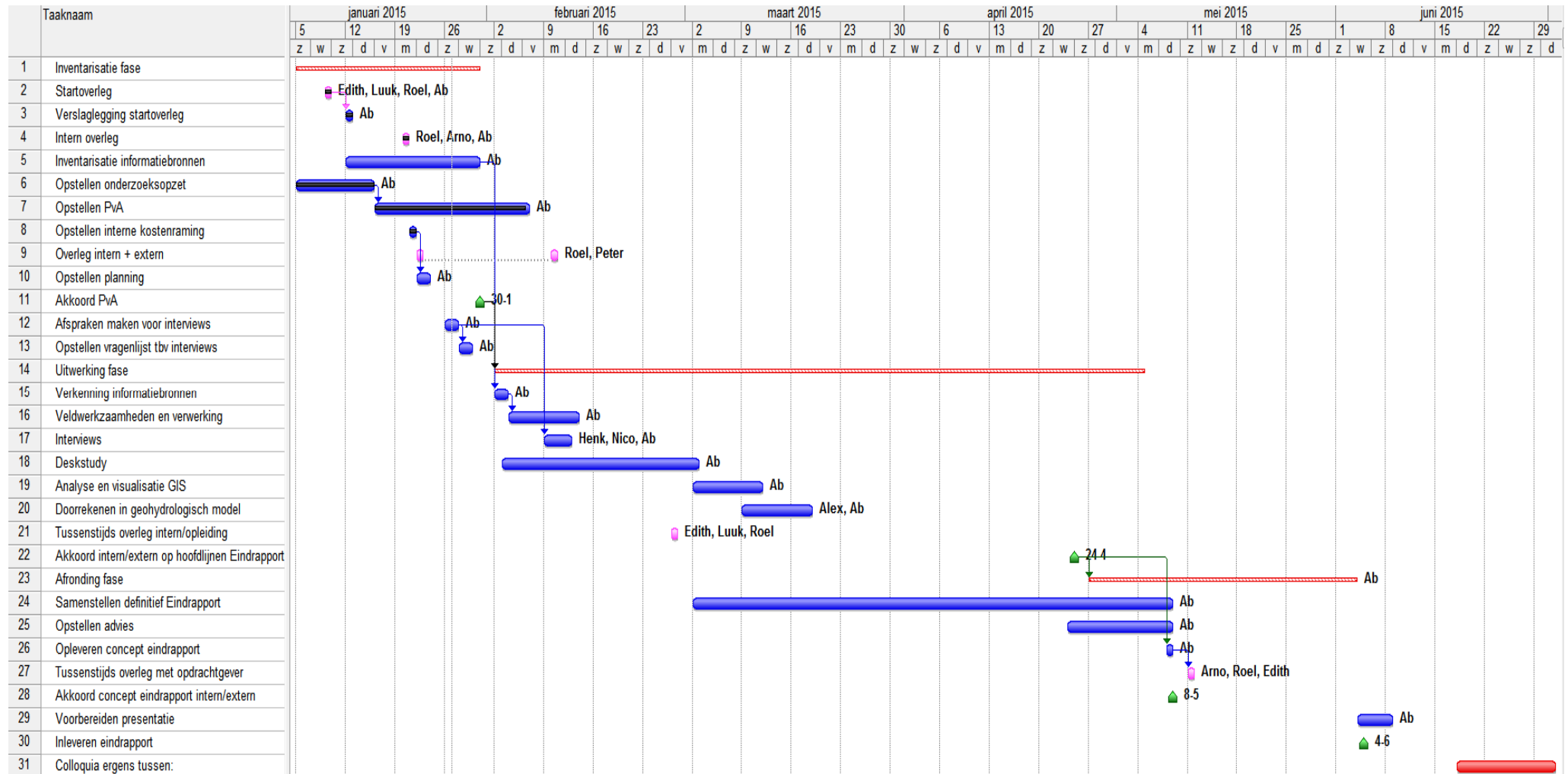
Maximale score versus werkelijke score



Tabel 4 Risicoanalyse naar model Roel Grit

Categorie (met maximale risicoscore versus werkelijke risicoscore)					Procentuele score
Tijdsfactor	Maximaal	40	Score	16	40%
Complexiteit van het project	Maximaal	80	Score	21	26%
Het projectteam	Maximaal	65	Score	19	29%
De projectleiding	Maximaal	129	Score	65	50%
Duidelijkheid van het project	Maximaal	119	Score	14	12%

Bijlage 1 • Detailplanning



Figuur 3 Detailplanning

Bijlage 9

Reflectie op persoonlijk functioneren

Reflectie op het persoonlijk functioneren.

Terugkijkend blijkt de opdracht: een uitdagende afstudeeropdracht te vinden, zeer goed geslaagd. De opdracht om het grondwaterstromingspatroon te onderzoeken bleek vooral uitdagend doordat deze vooraf lastig was af te bakenen in concrete werkzaamheden. Ondanks de planning in specifieke activiteiten was vooraf lastig te bepalen welke aspecten mogelijk de meeste invloed hebben gehad op het stromingspatroon en bij welke invloeden de prioriteit moest liggen om deze nader te bestuderen en analyseren. Gaandeweg het onderzoek is dit duidelijk geworden. Dit leidde er ook toe dat sommige aspecten vrij diep zijn uitgezocht terwijl dit voor het einddoel niet noodzakelijk bleek. Zo zijn de aangetroffen waarden aan VOCl in het plangebied op detail in kaart gebracht door deze te verzamelen uit verschillende onderzoeken. Deze informatie was achteraf wel bruikbaar als achtergrond informatie. Ook het modelmatig berekenen van de invloeden heeft de nodige tijdsinvestering gekost door het model te leren kennen aan de hand van tutorials.

Tijdens het onderzoek is zeer zelfstandig te werk gegaan. Dit is erg leerzaam, maar brengt ook het risico met zich mee te verzanden in details en onnodig veel tijdverlies daardoor. Met die reden is hierop feedback gevraagd aan de interne begeleider. Om dit risico te beperken is frequenter overleg met de interne begeleider ingepland. Afsproken is om de werkzaamheden wekelijks te bespreken en prioritering van de werkzaamheden vast te stellen. Naast de planning op hoofdlijnen zijn regelmatig detailplanningen gemaakt. Door het opstellen van planningen zijn niet alleen deadlines bewaakt maar is ook bewuster nagedacht over de uit te voeren werkzaamheden. Op procesniveau is drie maal overleg geweest met de VHL interne begeleider. Dit bleek zeer nuttig om de hoofdlijnen te bewaken.

Hieronder de voornaamste leermomenten uit het proces van afstuderen:

Volgende keer weer:

- Zelfstandig te werk
- Veel kennis in huis bij Grontmij en daar ook gebruik van gemaakt door bij verschillende expertises te raad te gaan.
- In vroeg stadium aanvragen van gegevens.
- Regelmatig overleg, voor beeldvorming en het ontdekken van andere invalshoeken.

Voornaamste leerpunten:

- Vooraf zeer bewust nadenken over planning, waardoor de opdracht begint te leven, wat betreft inhoud en omvang.
- Het regelmatig uitzoomen van inhoud naar hoofdlijn. Zo blijft de verhouding scherp binnen het onderzoek, tussen diepgang en omvang.