2478-42

MER

Uitbreiding infiltratie Epe

Kan gehouden worden
Ontvangen op
13 FEB. 2012
WERKKOPIE
Provincie Gelderland

Achtergronddocument modelaanpassing en modelberekeningen

Vitens
Vitens
mei 2011
Definitief

MER

Uitbreiding infiltratie Epe

Achtergronddocument modelaanpassing en modelberekeningen

dossier : D3466-01-001
registratienummer : LW-AF20110713
versie : definitief

Vitens
Vitens
mei 2011
Definitief

INHOUD BLAD

1	INLEIDING	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Opdracht en doel modelberekeningen	3
1.3	Begeleidingsgroep	3
1.4	Leeswijzer	3
2	AANPASSINGEN VELUWEMODEL T.B.V. MER UITBREIDING INFILTRATIE EPE	4
2.1	Uitsnede van het Veluwemodel	4
2.2	Werkwijze aanpassingen uitsnedemodel	4
2.3	Basisaanpassingen modeldata	5
2.3.1	Modelperiode en discretisatie	5
2.3.2	Neerslag en verdamping	5
2.3.3	Onttrekkingen	6
2.3.4	Bodemopbouw en anisotropie laag 2 t/m 5	7
2.3.5	Oppervlaktewater: sloten	9
2.3.6	Oppervlaktewater: detailontwatering/drainage	11
2.4	Gevoeligheidsanalyse en aanvullende aanpassingen	12
2.4.1	Aanvullende aanpassing bodemopbouw en anisotropie	13
2.4.2	Aanvullende aanpassing beken	13
2.4.3	Aanvullende aanpassing drainage binnen gebied 7	13
3	TOETSING KWALITEIT AANGEPAST MODEL	14
3.1	Inleiding	14
3.2	Modelversies voor de vergelijking	14
3.3	Toetsingscriteria voor beoordeling geschiktheid	14
3.4	Validatiedataset	15
3.5	Statistische toetsing kwaliteit modelversies	15
3.6	Toetsing kwaliteit modelversie aan toetsingscriteria	18
3.6.1	Wisselse en Tongerense Veen	18
3.6.2	Directe omgeving drinkwaterwinning	19
3.6.3	Bebouwde kom van Epe	22
3.6.4	Verval over het kleischot	24
3.7	Conclusie	25
4	REFERENTIE EN ALTERNATIEVEN MER	27
4.1	Definiëring referentie en alternatieven	27
4.2	Aanpassingen aan model	27
4.3	Resultaat	28
5	SAMENVATTING MODELAANPASSING	30
6	LITERATUURLIJST	32
7	COLOFON	33

BIJLAGEN

Bijlage 1
Bijlage 1.1 Modelgebied
Bijlage 1.2 Memo kleischotten
Bijlage 1.3 Locatie kleischotten
Bijlage 1.4 Slotensysteem in rivermodule modellaag 1 en 2
Bijlage 1.5 Bodemmetingen waterschap Veluwe
Bijlage 1.6 Informatie beken, infiltreerd, is opgeleid of valt droog in 2003
Bijlage 1.7 Stedelijke drainage, modellaag 1
Bijlage 1.8 Greppeldrainagesysteem gebied 1, 7 en 8 en beken gebied 8
Bijlage 1.9 Bodemhoogte van de beken (m-mv)
Bijlage 2
Bijlage 2.1 Locatie ijkdataset en afgevallen peilbuizen
Bijlage 2.2 Deelgebieden peilbuizen en locaties
Bijlage 2.3 Kenmerken ijkdataset
Bijlage 3
Bijlage 3.1 Beschrijving gevoeligheidsanalyse
Bijlage 3.2 Resultaten gevoeligheidsanalyse
Bijlage 3.3 Type verschil model-meting gegroepeerd
Bijlage 3.4 Onderbouwing extra aanpassingen
Bijlage 3.5 Verschil model-meting, uitsnedemodel+
Bijlage 3.6 Verschil model-meting, uitsnedemodel+-
Bijlage 4
Bijlage 4.1 Tijdreeksen gegroepeerd per gebied (bijlage 2.2)
Bijlage 4.2 Uitsnedemodel+, gemiddelde grondwaterstand, m-mv
Bijlage 4.3 Uitsnedemodel+, gemiddelde hoogste grondwaterstand, m-mv
Bijlage 4.4 Uitsnedemodel+, gemiddelde laagste grondwaterstand, m-mv
Bijlage 4.5 Uitsnedemodel+, gemiddelde stijghoogte modellaag 4, m+NAP
Bijlage 4.6 Uitsnedemodel+, gemiddelde kwel/infiltratie over onderkant modellaag 2, mm/dag
Bijlage 4.7 Uitsnedemodel+, gemiddelde aan- en afvoer uit oppervlaktewater, mm/dag
Bijlage 4.8 Uitsnedemodel+, droog moment aan- en afvoer uit oppervlaktewater, mm/dag
Bijlage 5
Bijlage 5.1 Maatregelen GGOR Wisselse en Tongerense veen
Bijlage 5.2 Resultaten referentie: infiltratie 2,2 Mm3 per jaar
Bijlage 5.3 Resultaten alternatief 1: infiltratie 4 Mm3 per jaar
Bijlage 5.4 Resultaten alternatief 2: infiltratie 5 Mm3 per jaar
Bijlage 5.5 Resultaten alternatief 3: infiltratie 6 Mm3 per jaar
Bijlage 5.6 1-jaars verblijftijdzone vanaf de winning voor alle berekeningen
Bijalge 5.7 25-jaars verblijftijdzone vanaf de winning voor alle berekeningen

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Vitens heeft in 2008 de Overeenkomst Duurzame Drinkwatervoorziening Gelderland afgesloten met de provincie Gelderland om de inrichting van de drinkwaterinfrastructuur in Gelderland te laten voldoen aan drie criteria:

- Acceptabele verdroging;
- Voldoen aan vereisten KRW;
- Totaal vergunningenbestand Vitens in Gelderland naar 160 Mm^3/jaar.

Bij het opstellen van het maatregelenprogramma zijn per winning mogelijke maatregelen vergeleken op basis van een aantal criteria. Eén van de maatregelen is om de infiltratie van beekwater nabij de winning Epe uit te breiden. DHV heeft in 2009 in opdracht van Vitens de mogelijkheden voor uitbreiding verkend. Op basis daarvan is besloten dat uitbreiding kansrijk is. DHV heeft vervolgens in 2010 een startnotitie opgesteld voor de MER. Ten behoeve van het vergelijken van de effecten van de alternatieven in het MER is het noodzakelijk te beschikken over een grondwatermodel met voldoende betrouwbaarheid. Het bestaande grondwatermodel van de Veluwe (Modelleeromgeving Veluwe, NITG 02-073-B, TNO, 2002) is te grof en heeft in het interessegebied te grote afwijkingen.

1.2 Opdracht en doel modelberekeningen

Vitens heeft op 7 september 2010 DHV opdracht verleend om het Veluwemodel aan te passen, zodat de werkelijkheid in de omgeving van de infiltratie beter benaderd wordt. Het doel van de opdracht is om het Veluwemodel 2002 aan te passen, zodat het geschikt is voor berekeningen voor het MER uitbreiding infiltratievoorziening Epe.

1.3 Begeleidingsgroep

Het aanpassen van het model is in nauw overleg met een begeleidingsgroep uitgevoerd. De uit te voeren modelaanpassingen zijn voorbesproken en het resultaat is gezamenlijk vastgesteld. In de begeleidingsgroep waren naast de opdrachtgever Vitens, Waterschap Veluwe en Provincie Gelderland vertegenwoordigd.

1.4 Leeswijzer

In het voorliggende werkdocument is beschreven in welke stappen het model geoptimaliseerd is. In hoofdstuk 2 zijn de aanpassingen aan het model weergegeven. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van het nieuwe model, de gevoeligheidsanalyse en het uiteindelijke resultaat. In hoofdstuk 4 worden de scenarioberekeningen voor het MER gepresenteerd. Hoofdstuk 5 bestaat uit een samenvatting die in het MER gebruikt kan worden als onderbouwing en toelichting bij de bepaling van de grondwatereffecten van de uitbreiding van de infiltratie bij Epe.

2 AANPASSINGEN VELUWEMODEL T.B.V. MER UITBREIDING INFILTRATIE EPE

2.1 Uitsnede van het Veluwemodel

Uitgangspunt voor de modellering is de bestaande modelleeromgeving Veluwe, en de daarbij door TNO opgestelde versie van Modflow met aanpassing van de anisotropie-module. Voor een volledige beschrijving van het Veluwemodel wordt verwezen naar: Modelleeromgeving Veluwe (TNO, 2002). De belangrijke kenmerken van het Veluwemodel zijn:

- Het modelnetwerk van het Veluwemodel is 250 m * 250 m;
- De linkeronderkant van het model heeft de coördinaten X: 125000 en Y: 425000;
- Het heeft 360 bij 360 cellen (90 bij 90 km2);
- Het bestaat uit 5 lagen;
- Het beslaat de periode 1954 t/m 2001;
- Alle tijdstappen zijn een maand.

Ten behoeve van MER uitbreiding infiltratie Epe is een uitsnede gemaakt van het Veluwemodel, versie 2002. Dit uitgesneden model wordt in deze studie het "uitsnedemodel" genoemd, bijlage 1.1 geeft het modelgebied weer.

2.2 Werkwijze aanpassingen uitsnedemodel

De hypothese bij deze opdracht is dat het model beter de werkelijkheid kan benaderen door de kleischotten en het oppervlaktewatersysteem beter op te nemen in de modelschematisatie. De eerste stap van de modelaanpassing betreffen een aantal basiswijzigingen. In paragraaf 2.3 worden deze basiswijzigingen in de modeldata achtereenvolgens beschreven:

- Modelperiode en ruimtelijke discretisatie;
- Neerslag en verdamping;
- Grondwateronttrekkingen;
- Bodemopbouw en anisotropie;
- Het oppervlaktewatersysteem.

Het resultaat van deze basisaanpassing is modelversie 'uitsnedemodel'.

De rekenresultaten van modelversie 'uitsnedemodel' zijn vergeleken met metingen en er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Op basis daarvan is in overleg met de begeleidingsgroep besloten om voor drie parameters aanvullende aanpassingen uit te voeren, namelijk voor:

- Anisotropie/ doorlaatvermogen;
- Oppervlaktewatersysteem beken;
- Oppervlaktewatersysteem drainage.

Dit zijn aanvullende aanpassingen op de basisaanpassingen. Deze aanvullende aanpassingen zijn beschreven in paragraaf 2.4 en hebben geleid tot modelversie 'uitsnedemodel+'.

2.3 Basisaanpassingen modeldata

2.3.1 Modelperiode en discretisatie

Het uitsnedemodel start met een stressperiode van 100 jaar. Dit is noodzakelijk omdat het effect van aanpassingen in het winningsregime van Vitens op de omgeving zich zeer langzaam instelt. De beginvoorwaarde voor de stijghoogte is de met het Veluwemodel berekende stijghoogte op 28 december 1989. In de eerste stressperiode is de gemiddelde neerslag en verdamping (1990-2009) opgelegd in het model. Daarna presenteert het model de periode 1990 t/m 2000 met tijdstappen van een maand en 2001 t/m 2009 met tijdstappen van een decade (3 stressperioden per maand). Het model start later in de tijd dan het Veluwemodel omdat dit de rekentijd van het model beperkt.

Het uitsnedemodel beslaat het gebied tussen de X-coördinaten 182.000 en 206.000 en de Y-coördinaten 475.000 en 502.000 (volgens het Rijksdriehoekstelsel), zie ook bijlage 1.1. De omvang van het uitsnedemodel is dus 24 bij 27 kilometer. De winning vindt zich op minimaal 13 km van de rand van het model. De effecten van de winning op de rand van het uitsnedemodel bedragen op basis van eerder uitgevoerde stationaire berekeningen (studie DHV 2008) maximaal circa 1,5 cm. Het uitsnedemodel heeft cellen van 25 bij 25 m. Modellaag 2 is opgedeeld in 2 lagen. De bovenste 33 % van laag 2 blijft laag 2 en de onderste 66 % van laag 2 is opgenomen in laag 3. Het doorlaatvermogen is met dezelfde verhouding verdeeld over de twee lagen.

De stijghoogten op de randen zijn overgenomen uit het Veluwemodel. De stijghoogten op de rand zijn opgelegd (fixed head) en niet-stationair berekend in het Veluwemodel voor elke tijdstap.

2.3.2 Neerslag en verdamping

De neerslag en verdamping zijn bepaald met behulp van een onverzadigde zone bakjesmodel. Het bakjesmodel berekent hoeveel water via de onverzadigde zone het grondwater aanvult en welk deel van de neerslag kan verdampen. De parameters die hierbij een rol spelen zijn: de grondgebruikskaart (LGN), meteostationgegevens, de gemiddelde grondwaterstand en de bodemkaart. Deze gegevens zijn afkomstig van het NHI en het KNMI.

Vanwege de dikke onverzadigde zone op de Veluwe werkt de grondwateraanvulling op de Veluwe anders dan in een polderlandschap. Hiervoor is een vertraging over de grondwateraanvulling uitgevoerd. De methode die Gehrels beschrijft (Gehrels, 1990 en TNO, 2002) is aangehouden om de grondwateraanvulling op de Veluwe te berekenen.

DHV heeft deze werkwijze zo veel mogelijk gevolgd. De berekende resultaten zijn enigszins anders, dit kan liggen aan de recentere LGN-kaart, bodemkaarten en/of andere interpolatie tussen de meteorologische stations.

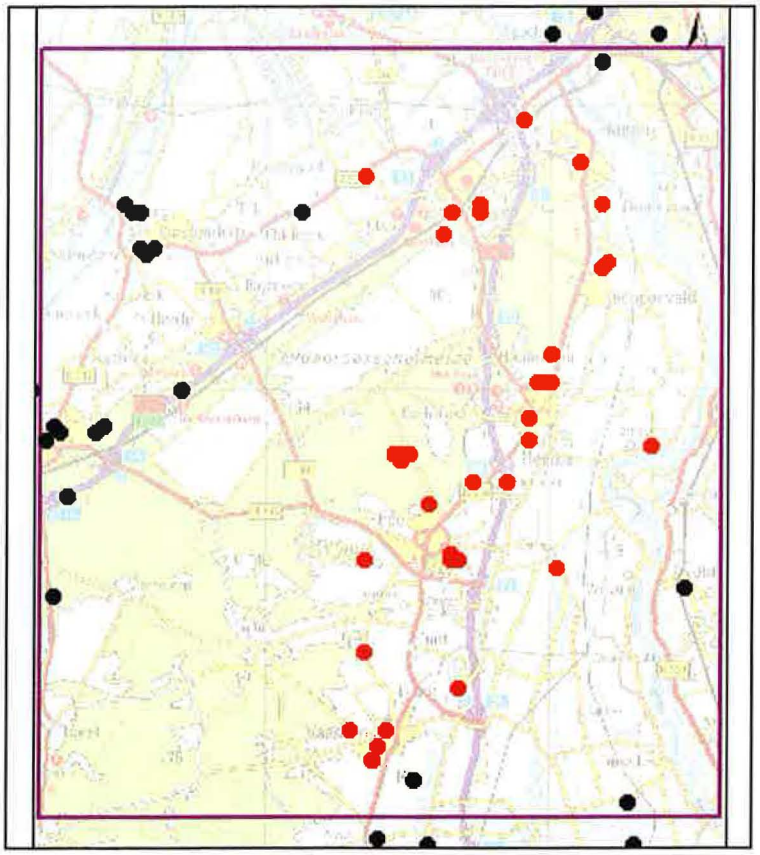
Afbeelding 1 geeft de berekende grondwateraanvulling berekend door DHV en door Gehrels weer per gewastype bij het neerslagstation Beekbergen voor een locatie met een diepe grondwaterstand. De berekende grondwateraanvulling is vergelijkbaar (maximale afwijking is 5 %). Ook is gecheckt of de neerslag over de gehele periode hetzelfde is als in het oorspronkelijke model. Ook dat is het geval. Dit geeft het vertrouwen dat de berekende grondwateraanvulling plausibel is.

Grondwateraanvulling mm/jaar								
		PAWN Bodemfysische eenheid						
		14	8	10	9	13		
NHI-code		Grof zand	Leemarm zand	Zwaklemig fijn zand op grof zand	Zwaklemig fijn zand	Sterk lemig zand	Gemiddeld	Gehrels [1995]
1	Grasland	519	454	490	456	453	474	483
2	Mais	551	491	523	494	488	509	515
11	Loofbos	462	411	432	410	409	425	445
12	Naaldbos	417	333	383	332	328	358	357
14	Heide	543	504	523	505	503	516	495

Afbeelding 1 Berekende grondwateraanvulling Gehrels en DHV

2.3.3 Onttrekkingen

De Provincie en Vitens hebben een overzicht van de onttrekkingen voor de jaren 2001 t/m 2009 aangeleverd voor het gebied rondom de winning van Epe (afbeelding 2). Voor het gedeelte van het Veluwemodel waar geen nieuwe gegevens ontvangen zijn voor de periode 2001 t/m 2009 is uitgegaan van de onttrekkingshoeveelheden van 2000 zoals is opgenomen in het Veluwemodel.



Afbeelding 2 Locaties waar ontrekkingsgegevens gewijzigd of toegevoegd zijn (rood) en waar niet (zwart)

Deze aangeleverde onttrekkingen zijn opgenomen in het uitsnedemodel op de volgende wijze:

- Per put is bepaald in welke laag het filter aanwezig is. Als de put in meerdere lagen aanwezig is dan is het debiet recht evenredig met het aandeel van het filter over de lagen verdeeld;
- Als de filterdiepte niet bekend is dan is verondersteld dat de onttrekking in de eerste watervoerende laag zit (dit komt enkele malen voor in het bestand van de Provincie, modellaag 2);
- De onttrekkings- en infiltratiegegevens van de Provincie zijn gegevens per kwartaal. De onttrekkingen variëren daarom per kwartaal in de periode 2001 t/m 2009. De netto onttrekkingshoeveelheden zijn toegekend (onttrekkingshoeveelheid – infiltratiehoeveelheid);
- De onttrekkings- en infiltratiegegevens van Vitens zijn gegevens per maand. De onttrekkings- en infiltratiehoeveelheden voor de winning Epe variëren daarom per maand in de periode 2001 t/m 2009. De infiltratie bij Epe is apart opgenomen en toegekend aan modellaag 2.

2.3.4 Bodemopbouw en anisotropie laag 2 t/m 5

Globale bodemopbouw

De schematisatie van de ondergrond in het grondwatermodel is ten opzichte van het oorspronkelijke model niet gewijzigd. De deklaag is gemodelleerd in laag 1. Het doorlaatvermogen van laag 1 is het watervoerende deel van de deklaag (horizontale doorlaatvermogen) en de weerstand (onderkant van laag 1) betreft de verticale weerstand van de deklaag.

In het uitsnedemodel zijn 6 modellagen opgenomen. Elke modellaag bestaat uit een watervoerende laag en een scheidende laag. In tabel 1 is de laagindeling weergegeven inclusief de gehanteerde parameterwaarden ter plaatse van de infiltratievoorziening bij Epe.

Tabel 1 Bodemopbouw nabij winning Vitens

Laag nr.	Bodemschematisatie	c-waarde (dagen)	kD waarde (m^2/d)/ k-waarde (m/d)	Dikte laag (m)
1	Deklaag* (Westland en Betuwe)	12	0,1/1	0,1
2	WVP 1 (bovenste 33 %)	2	100/20**	5
3	WVP 1 (onderste 66 %) SDL 1 (Eemklei)	14	200/20**	10
4	WVP 2 SDL 2 (Kedichem, Drente, Urk)	10	800/27**	30
5	WVP 3 SDL 3 (Tegelen, Maassluis)	>30.000	2.000/20**	100
6	WVP4 SDL 4 (Oosterhout)	oneindig	1.000/20	50

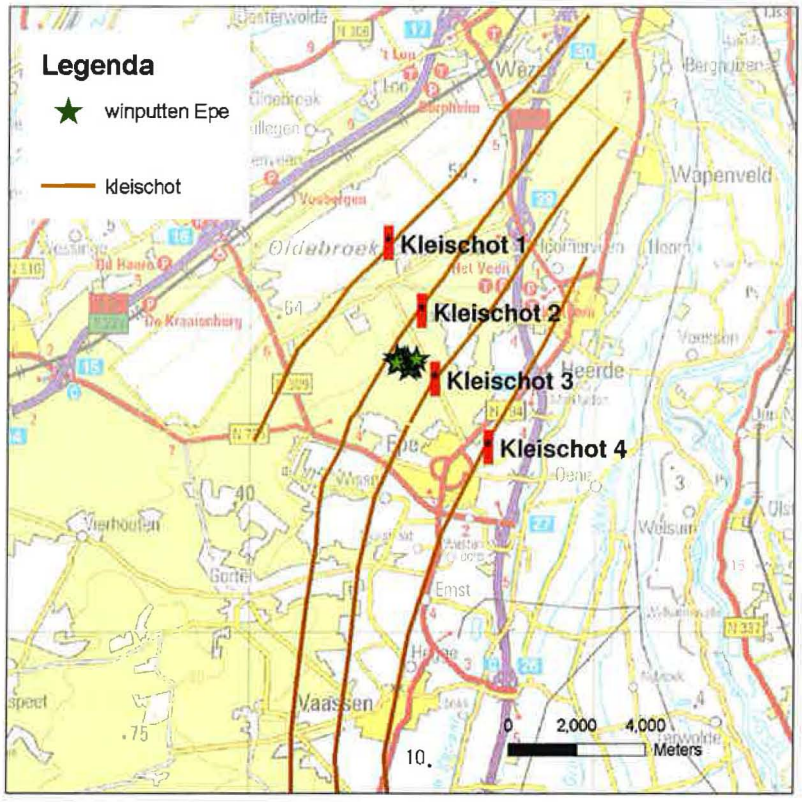
** doorlaatvermogen en doorlatendheid wordt in een gedeelte van het modelgebied gereduceerd door een anisotropiefactor (orde grootte 0,08).

Anisotropie

Het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten 1, 2 en 3 wordt op de Veluwe sterk beïnvloed door de aanwezigheid van lokale kleischotten. De aanwezigheid van de kleischotten is nader geïnventariseerd. Op basis van de inventarisatie is in een overleg (28 oktober 2010) een aanpak vastgesteld hoe de kleischotten in het uitsnedemodel dienen te worden opgenomen. De onderbouwende

memo is opgenomen in bijlage 1.2. Anisotropie zit verwerkt in de modellagen 2, 3, 4 en 5 (tot aan Tegelen en Maassluis).

- De totale anisotropie is globaal goed, de door het uitsnedemodel (zonder kleischotten) berekende waterscheiding ligt op de goede plek en de maximale opbolling midden op de Veluwe klopt ook redelijk. Om deze reden is besloten niet teveel af te wijken van de totale anisotropie uit het oorspronkelijke model. De anisotropie van de oostflank van de Veluwe is opnieuw verdeeld in het horizontale vlak. Er zijn enkele plekken waar de aanwezigheid van kleischotten is aangetoond (verval tussen 2 peilbuizen of middels een pompproef) of zeer waarschijnlijk is. Op deze plekken is een laag doorlaatvermogen opgenomen dat wij representatief achten voor een kleischot (in het model is een breedte van 50 m aangehouden voor een kleischot). Het doorlaatvermogen van het kleischot is berekend op basis van het gemeten verval over het kleischot. Omdat ter plaatse van de bekende kleischotten het doorlaatvermogen verminderd is zal de anisotropiefactor van de tussenliggende gebieden iets verhoogd moeten worden. De verhoging is zodanig, dat de totale anisotropie in de Veluwe ongeveer gelijk zal blijven. Afbeelding 3 en bijlage 1.3 geven weer waar de kleischotten gelegen zijn.
- Kleischot 2 krijgt een doorlaatvermogen van 10 m^2/dag. De kleischotten 1, 3 en 4 krijgen een doorlaatvermogen van 61 m^2/dag. De anisotropiefactor is 1;
- Voor het gebied tussen de kleischotten is een anisotropiefactor van 0,08 opgenomen in het model.



Afbeelding 3 Kleischotten die gedetailleerd opgenomen zijn in het model

2.3.5 Oppervlaktewater: sloten

Om het oppervlaktewatersysteem gedetailleerd in te voeren in het uitsnedemodel zijn de onderstaande gegevens gebruikt:

- Shape watergangen: t10vec_incl_breedte_diepte_plangebied.shp; (legger, 18-2-2010, Waterschap);
- Shape streefpeilen: ggor2005.shp (18-2-2010, Waterschap);
- Shape bodemmetingen in de hoofdwatergangen: nijv_bodemhoogte.shp (5-3-2010), bodemmetingen.shp (30-7-2010) en bodem_overig.shp (30-7-2010), allen van het Waterschap;
- Shapes met informatie waar beken opgeleid zijn en waar deze droog vallen (aangedragen door gebiedsdeskundigen van het Waterschap, 16-11-2010);
- AHN-bestand geleverd (15-7-2010) dor Vitens. Dit AHN-bestand bestaat gedeeltelijk uit informatie op 25*25 m schaal en gedeeltelijk uit informatie op 100*100 m schaal.

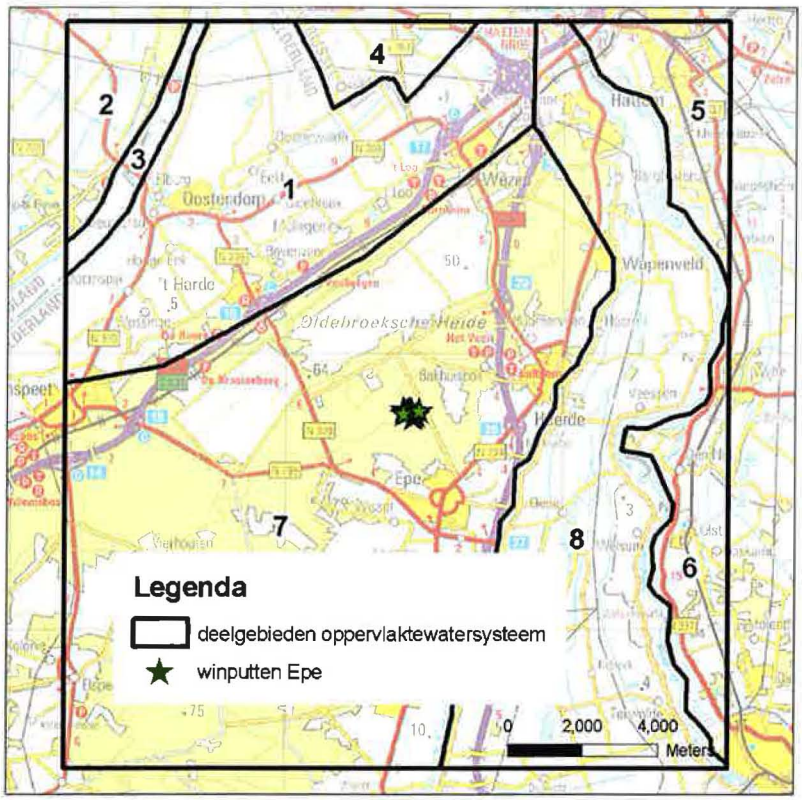
Bijlage 1.4 geeft het ingevoerde oppervlaktewatersysteem in modellaag 1 en modellaag 2 weer. Bijlage 1.5 geeft weer waar bodemmetingen uitgevoerd zijn. Bijlage 1.6 geeft weer waar beken opgeleid zijn en/ of infiltreren volgens de gebiedsdeskundigen van het Waterschap. De shape 'watergangen', geeft informatie over de breedte, diepte en bodemhoogte van het oppervlaktewatersysteem. Het oppervlaktewatersysteem in deze shape bestaat uit hoofdwatergangen, enkele sloten en greppels. Deze kenmerken van het oppervlaktewatersysteem zijn gebaseerd op kentallen van het Waterschap. Door het Waterschap is de bodem ter plaatse van de hoofdwatergangen opnieuw ingemeten. Deze informatie is betrouwbaarder (mededeling Waterschap) dan de informatie uit de watergangen shape. De gemiddelde afwijking tussen de gemeten bodemhoogte en de standaardbodemhoogte is per deelgebied bepaald. Ter plaatse van locaties waar geen bodemmetingen zijn uitgevoerd is de standaardbodemhoogte aangehouden, deze is met deze gemiddelde afwijking per deelgebied gecorrigeerd.

Oranjewoud heeft onlangs een grondwaterstudie voor het Tongerense Veen (GGOR-project) uitgevoerd in de modelsoftware Triwaco. In deze studie zijn dezelfde gegevens van het oppervlaktewater (en kentallen) gebruikt. Op de Veluwe zijn buiten de vrij afwaterende beken weinig greppels of andere oppervlaktewateren aanwezig. Volgens Kees van Immerzeel (de modelleur van Oranjewoud voor het GGOR-project) kan de invloed hiervan als verwaarloosbaar worden beschouwd (telefonische mededeling). De beken zijn als lijnelementen in Triwaco opgenomen. De kenmerken van de beken in het uitsnedemodel zijn daar waar aanvullende informatie bekend is aangepast, anders is uitgegaan van de gegevens van het Veluwemodel. In overleg met de gebiedsdeskundigen van het Waterschap en op basis van het overleg dd 28 oktober 2010 is vastgesteld dat de beken vooral een afwaterende werking hebben. Daarom is in overleg gekozen om de beken in deze studie in de drainagemodule te modelleren in plaats van als een aan- en afvoerende beek.

In afbeelding 4 wordt een indeling in modelgebieden gegeven naar de verschillende bronbestanden voor oppervlaktewater. In tabel 2 wordt dit samengevat. Vervolgens wordt dit tekstueel per gebied toegelicht.

Tabel 2 Indeling van oppervlaktewatersysteem naar modelgebieden (zie afbeelding 4)

modelmodule	kenmerken	Vrij afwaterende gebieden (gebied 7)	Peilgestuurde gebieden (overige gebieden)
River module water aan en afvoerend	Type watergang	Niet aanwezig	Hoofdwatergang en sloten
	Peil	Niet aanwezig	Zomer-/winterpeil of streefpeil
	Bodemhoogte	Niet aanwezig	Ingemeten hoogte tenzij deze niet ingemeten is dan standaarddiepte t.o.v. maaiveld + gemiddelde ophogingsfactor
	weerstand	Niet aanwezig	1 dag
Drain module alleen waterafvoer	Type watergang	Hoofdwatergang, sloten en greppels	Greppels
	Bodemhoogte	Ingemeten hoogte tenzij deze niet ingemeten is dan standaarddiepte t.o.v. maaiveld + gemiddelde ophogingsfactor maar minimaal 30 cm-mv (greppels) en 50 cm-mv (hoofdwatergang en sloten)	Doorgaans niet ingemeten, standaarddiepte t.o.v. maaiveld + gemiddelde ophogingsfactor
	weerstand	1 dag	1 dag



Afbeelding 4 Indeling modelgebied naar verschillende bronbestanden voor oppervlaktewater

Legenda wordt uitgelegd in de beschrijving van het oppervlaktewatersysteem

Sloten/ beken in gebied met streefpeilen (alle gebieden behalve 7)
De hoofdwatergangen en enkele sloten zijn in de laaggelegen gebieden 1 en 8 (afbeelding 4) overgenomen in de rivermodule. De greppels in deze gebieden zijn opgenomen als drainage en worden in de volgende paragraaf nader toegelicht. Hieronder worden de kenmerken van het slotensysteem benoemd zoals ze in het model zijn opgenomen:

- De bodemhoogte is overgenomen uit de bodemmetingenshape-file (indien aanwezig) en anders uit de watergangenshape-file overgenomen. De gemeten bodemhoogten zijn vergeleken met de standaard bodemdiepten t.o.v. maaiveld. Hieruit bleek dat in gebied 1 de standaardbodemhoogte gemiddeld 34 cm te laag wordt ingeschat en de standaardbodemhoogte in het gebied 8 gemiddeld 50 cm te laag;
- De conductance van de sloot is bepaald op basis van de diepte, breedte op de bodem en de lengte van de sloot binnen het grid. Uitgegaan is van een intreeweerstand van 1 dag;
- Het zomer- en winterpeil zijn overgenomen uit de streefpeilenshape-file. Daar waar geen streefpeil bekend is, is uitgegaan van het gemiddelde peil t.o.v. de bodemhoogte (berekend op de plekken waar wel een streefpeil bekend is). Voor hoofdwatergangen is dit gemiddelde peil vastgesteld op 77 cm boven de bodemhoogte en voor de enkele sloten 50 cm boven de bodemhoogte;
- Het peil kan niet lager zijn dan de bodem van de sloot, in dat geval is het peil (winter en zomer) de bodemhoogte. De bodemhoogte is nergens hoger dan het maaiveld;
- Het winterpeil wordt opgelegd van 1 oktober tot 1 april, het zomerpeil van 1 april tot 1 oktober. Het Waterschap heeft aangegeven dat het instellen van een hoog of laag oppervlaktewaterpeil afhankelijk is van weeromstandigheden e.d..

De watergangen zijn soms zo diep dat deze door de deklaag heen snijden. Indien dit het geval is, zijn de hoofdwatergangen en enkele sloten opgenomen in laag 1 en laag 2 van het uitsnedemodel. In dat geval is de weerstand van de slootbodem evenredig aan de mate van insnijding verdeeld over laag 1 en laag 2.

In de gebieden 2, 3, 4, 5 en 6 is het oppervlaktewatersysteem overgenomen uit MIPWA (TNO,2007).

Sloten/ beken in vrij afwaterende gebieden
Dit zijn de beken die op de Veluwe ontspringen en afwateren richting de IJssel (zie afbeelding 4, gebied 7). Deze beken ontspringen hoog op de Veluwe en draineren daar het gebied. De verwachting is dat deze beken niet sterk infiltreren maar voornamelijk water afvoeren. Een gedeelte van deze beken is opgeleid, infiltratie zal hier zeer beperkt optreden. Om deze reden is besloten om deze beken op te nemen als drainage in het model. De ontwateringsdiepte is de bodemhoogte en de weerstand bedraagt 1 dag. Langs gedeelten van de beek is de bodemhoogte ingemeten. De gemeten bodemhoogte is gemiddeld 78 cm hoger dan de standaardbodemdiepte t.o.v. maaiveld (uit de watergangenshape). Indien de beken niet opgeleid zijn is aangehouden dat de bodemhoogte minimaal dieper is dan 50 cm-mv.

De beken zijn op enkele plekken opgeleid. Op deze plekken ligt de bodemhoogte boven maaiveld. Vanwege de aanwezigheid van maaivelddrainage zullen deze delen van de beek dus nooit grondwater kunnen afvoeren. Bijlage 1.8 geeft de locatie van de beken weer.

2.3.6 Oppervlaktewater: detailontwatering/drainage

Stedelijk gebied
In stedelijke gebieden (alle deelgebieden, afbeelding 4) vindt beperkte ontwatering plaats via riolering en andere lokale watersystemen. De ontwatering in stedelijk gebied is gebaseerd op de LGN 4-kaart (TNO, 2007) en is in het model ingevoerd als gebiedsdekkende drainage. Bijlage 1.7 geeft de stedelijke drainage weer.

Maaivelddrainage
Binnen het model (alle gebieden, behalve 2, 4, 5 en 6) waar het maaiveld lager is dan 25 m +NAP is maaiveldontwatering opgenomen. Indien de grondwaterstand meer dan 10 cm boven maaiveld stijgt dan stroomt het water via de drainmodule oppervlakkig af. In een straal van 200 m rondom de infiltratieplassen is de maaiveldontwatering verwijderd uit het model.

Greppels binnen gebieden met streefpeilen
Op basis van de watergangenshape zijn greppels aanwezig in gebied 1 en 8, die niet zijn opgenomen in de rivermodule (zie vorige paragraaf). Deze detailontwatering is opgenomen in het uitsnedemodel in de drainagemodule. Tabel 3 geeft de kenmerken van de detailontwatering in het uitsnedemodel weer. In de gebieden 2, 3, 4, 5 en 6 is het drainagesysteem uit MIPWA overgenomen. Bijlage 1.8 geeft de greppeldrainage weer.

Tabel 3 Parameters drainagesysteem waterschap Veluwe gebieden 1 en 8

Kenmerk	Greppels
Bodemhoogte	Bodemhoogte uit watergangenshape, opgehoogd met respectievelijk 34 (gebied 1) en 50 cm (gebied 8). Bodemhoogte bedraagt minimaal 40 cm-mv.
Zomerpeil	Bodemhoogte
Winterpeil	Bodemhoogte
Natte omtrek	Waterdiepte uit legger * 2 + bodembreedte uit legger
Intree weerstand	1 dag

Greppels binnen vrij afwaterende gebieden.
Er zijn weinig greppels aanwezig in gebied 7. De bodemhoogte is gebaseerd op de standaard bodemdiepte t.o.v. maaiveld en opgehoogd met 78 cm (de bodemhoogte is minimaal 30 cm-mv). De weerstand van de slootbodem bedraagt 1 dag.

IJsselpeil en peil Ketelmeer
Het peil in de IJssel en het peil in het Ketelmeer is gebaseerd op MIPWA. Dit betreft het gemiddelde IJsselpeil. De bodemweerstand van de IJssel is aangepast naar 1 dag (in plaats van 62 dagen).

2.4 Gevoeligheidsanalyse en aanvullende aanpassingen

Op basis van de resultaten van het uitsnedemodel is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de volgende parameters:
- Anisotropiefactor;
- Bodemhoogte beken;
- Weerstand beken;
- Doorlaatvermogen modellaag 2 t/m 5;
- Weerstand modellaag 2 en 3.

De gevoeligheidsanalyse wordt beschreven in bijlage 3.1. De verschillen tussen de berekende en de gemeten stijghoogten in laag 2, 3 en 4 van alle gevoeligheidsruns en het uitsnedemodel zijn opgenomen in bijlage 3.2 a t/m j.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat het uitsnedemodel vooral gevoelig is voor aanpassingen in het oppervlaktewatersysteem en in anisotropiefactor/doorlaatvermogen. Een verhoging van de bodemhoogte, afname van de weerstand van de beken, een toename van de anisotropiefactor of weerstand van de

diepere lagen en een afname van het doorlaatvermogen leiden tot hogere grondwaterstanden. De effecten van het uniform aanpassen van parameters zijn ook globaal uniform (overal gaat de grondwaterstand omhoog of omlaag).

Op basis van de gevoeligheidsanalyse is het uitsnedemodel aanvullend aangepast met als resultaat modelversie 'uitsnedemodel+'. Het betreft aanvullende aanpassingen aan:

- Anisotropie/ doorlaatvermogen;
- Oppervlaktewatersysteem beken;
- Oppervlaktewatersysteem drainage.

In navolgende paragrafen worden deze aanpassingen beschreven.

2.4.1 Aanvullende aanpassing bodemopbouw en anisotropie

Op basis van het modelresultaat van het uitsnedemodel en de gevoeligheidsanalyse is bepaald dat de ligging van de kleischotten op sommige plaatsen aangepast moet worden en dat de weerstand van de modellagen 2 en 3 enigszins moet worden verhoogd.

Bijlage 1.3 geeft de aangepaste locaties van de kleischotten weer en op welke wijze het doorlaatvermogen is aangepast. Kleischotten 2 en 3 (afbeelding 3) krijgen een doorlaatvermogen van 10 m^2/dag. Kleischot 4 krijgt een doorlaatvermogen van 20 m^2/dag.

De totale weerstand van modellaag 2 en laag 3 samen is verdubbeld van 25 naar 50 dagen. Dit levert een beperkte verhoging van de grondwaterstand/ stijghoogte in het model op.

2.4.2 Aanvullende aanpassing beken

Door de Provincie is een AHN-bestand aangeleverd (10-1-2011) dat het gehele modelgebied beslaat op een schaal van 25*25 m. Vooral in gebied 7 levert het nieuwe AHN-bestand, daar waar geen bodemhoogtemetingen zijn uitgevoerd, een ander beeld op van de bodemhoogten van de beken.

De bodemhoogtemetingen langs de beken van het Waterschap worden op sommige plekken niet vertrouwd. De bodemhoogtemetingen zijn als volgt aangepast:

- metingen dieper dan 2 m-mv zijn aangepast naar 2 m-mv;
- op locaties waar beken ontspringen, zijn lokaal zeer lage bodemhoogten gemeten (tot 3,5 m-mv). Omdat verwacht wordt dat de beken in deze gebieden juist ondiep gelegen zijn, zijn deze lokale diepere bodemmetingen vervangen door 0,75 m-mv.

Bijlage 1.9 geeft de aangepaste bodemhoogte (m-mv) van de beken in gebied 7 weer.

2.4.3 Aanvullende aanpassing drainage binnen gebied 7

De bodemhoogte van de greppels, de bodemhoogte van stedelijke drainage en de maaivelddrainage is gebaseerd op het AHN-bestand. De bodemhoogten van deze parameters zijn aan het nieuwe AHN-bestand aangepast. De bodemhoogten van de greppels in gebied 7 zijn gelegd op 50 cm-mv en de bodemhoogten van de stedelijke drainage op 1 m-mv (beide getallen zijn een globaal gemiddelde van hoe de bodemhoogten eerst in het model zaten).

3 TOETSING KWALITEIT AANGEPAST MODEL

3.1 Inleiding

De modelversies van het uitsnedemodel zijn vergeleken met elkaar en met het oorspronkelijke Veluwemodel en getoetst aan de metingen. Daarbij is gefocust op een aantal toetsingscriteria die voor het MER belangrijk zijn.

3.2 Modelversies voor de vergelijking

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de modelversies die getoetst zijn.

Model	**Informatie**	**Bijlage waarin model met metingen vergeleken wordt**
Veluwemodel	Niets gewijzigd	3.2b
Uitsnedemodel	Model met basisaanpassingen (zie paragraaf 2.3), resultaat waarmee de gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd	3.2a
Uitsnedemodel+	Uitsnedemodel met extra aanpassingen op basis van gevoeligheidsanalyse. De aanpassingen bestaan uit: nieuwe bodemhoogtes oppervlaktewatersysteem in gebied 7, kleine aanpassingen in de locatie van de kleischotten en een verhoging van de anisotropiefactor (zie hoofdstuk 2.4, voor gedetailleerde weergave van de aanpassingen)	3.5
Uitsnedemodel+/-	Uitsnedemodel met extra aangepast oppervlaktewatersysteem, maar met uniforme anisotropie	3.6

3.3 Toetsingscriteria voor beoordeling geschiktheid

Het doel van de modelaanpassing is te komen tot een model dat geschikt is voor de grondwatereffectberekeningen in het MER Veiligstellen Drinkwaterwinning Epe. Om het model voor het MER te kunnen gebruiken zijn de volgende criteria belangrijk:

1. De grondwaterstand in het Wisselse en Tongerense Veen dient redelijk benaderd te worden (de beken mogen niet droog vallen). Dit gebied kenmerkt zich door hoge grondwaterstanden met een geringe dynamiek;
2. Met tijdreeksanalyse is het effectgebied van de winning in kaart gebracht. Het effectgebied dat het model berekent dient hiermee overeen te komen;
3. De grondwaterstand in Epe dient redelijk benaderd te worden, zodat risico op wateroverlast betrouwbaar berekend kan worden;
4. Op meerdere plekken is een groot verval in stijghoogte tussen 2 peilbuizen gemeten. De aanname is dat dit optreedt door de aanwezigheid van kleischotten (zie bijlage 1.2). De kleischotten zijn in het model ingevoerd. Het model dient dit verval nu te simuleren;
5. Het is wenselijk dat de verschillen tussen de gemeten en de berekende grondwaterstanden zo klein mogelijk zijn en dat de afwijking twee kanten op gaan, dus dat het model zowel te lage

grondwaterstanden als te hoge grondwaterstanden berekent. Het streven is om verschillen in de orde grootte van maximaal 50 cm te bereiken.

Met behulp van deze vijf toetsingscriteria is het aangepaste model beoordeeld.

3.4 Validatiedataset

Om het model te verifiëren is een validatiedataset bestaande uit gemeten grondwaterstanden en stijghoogten opgezet. Deze dataset is als volgt tot stand gekomen:

- Alle in het digitale grondwaterarchief DINO beschikbare stijghoogtemetingen en metingen van Vitens binnen het modelgebied zijn verzameld;
- Uit deze dataset zijn tijdreeksen met een bijna volledige meetreeks van 2001 tot en met 2008 geselecteerd. De peilbuizen mogen metingen missen in het jaar 2001 of in het jaar 2008;
- De metingen zijn globaal op het oog gecontroleerd op uitbijters, onverklaarbare afwijkingen van het globale beeld. Indien 1 meting in een reeks afwijkend is dan is deze meting verwijderd uit de meetreeks. Als er langere perioden zijn met afwijkingen dan is de meetreeks verwijderd uit de ijkdataset;
- Van de overgebleven tijdreeksen zijn de gemiddelde grondwaterstanden en stijghoogten berekend. Tevens is de hoogste en de laagste grondwaterstand bepaald. De dynamiek van de peilbuismeting is gedefinieerd als de hoogste minus de laagste grondwaterstand. Dit is gedaan omdat op de Veluwe de reactie op een neerslagoverschot vaak traag is en een dynamiek gebaseerd op GHG en GLG-waarden daarom beperkt inzicht geeft;
- Alle metingen zijn toegekend aan een modellaag door de onderkant van het waarnemingsfilter te vergelijken met de onderkant van de modellagen;
- Uiteindelijk zijn er 122 filters met waarnemingen die aan de criteria voldoen. Dit zijn doorgaans meetreeksen met 2 metingen per maand.

Bijlage 2.1 en 2.2 geven de locaties van peilbuizen in de ijkdataset en de afgevallen peilbuizen weer. Bijlage 2.3 presenteert de algemene kenmerken en de gemeten gemiddelde grondwaterstand (GG), hoogste grondwaterstand en laagste grondwaterstand van de peilbuizen in de validatieset. Voor laag 2 geldt dat er veel peilbuizen zijn met waarnemingen in deze laag. Voor de diepere lagen geldt dat de meeste peilbuizen zich op of aan de flanken van de Veluwe bevinden.

3.5 Statistische toetsing kwaliteit modelversies

De berekende grondwaterstanden en stijghoogten van het uitsnedemodel zijn vergeleken met de metingen. Tabel 4 presenteert de verschillen tussen de berekende waarden met de verschillende modelversies en de metingen (2001 tot en met 2008 voor de modellagen 2, 3, 4, 5 en 6). De afwijkingen in modellaag 1 zijn niet gegeven omdat in deze modellaag slechts 2 waarnemingsputten beschikbaar zijn.

Tabel 4 Afwijking tussen modellen en metingen [m] met de standaarddeviatie van 2001 t/m 2008

Watervoerende pakket	**1**	**1**	**2**	**3**	**4**	**Aantal peilbuizen afwijking < 50 cm laag 2, 3, 4**
Modellaag	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	
Aantal peilbuizen	77	20	12	6	5	
Stijghoogte Veluwemodel	-0.19+/- 0.60		-1.06 +/- 1.07	-0.31+/- 1.36	1.39 +/- 1.83	51 %
Stijghoogte uitsnedemodel	0.33 +/- 0.64	0.31 +/- 0.91	-0.79 +/- 1.00	-0.24 +/- 1.5	1.50 +/- 1.84	63 %
Stijghoogte uitsnedemodel+	0.18 +/- 0.44	-0.09 +/- 0.50	-0.70 +/- 0.94	0.03 +/- 1.57	1.51 +/- 1.65	69 %
Stijghoogte uitsnedemodel+/-	0.33 +/- 0.56	0.03 +/- 0.60	-0.61 +/- 1.07	0.03 +/- 1.49	1.55 +/- 1.64	58 %
Dynamiek Veluwemodel	-0.33 +/- 0.42		-0.20 +/- 0.29	-0.73 +/- 0.63	0.05 +/- 0.14	63 %
Dynamiek uitsnedemodel	-0.26 +/-0.43	0.01 +/- 0.48	-0.14 +/- 0.38	-0.64 +/- 0.50	0.07 +/- 0.14	84 %
Dynamiek uitsnedemodel+	-0.13 +/- 0.29	-0.07 +/- 0.34	-0.20 +/- 0.27	-0.42 +/- 0.29	0.06 +/- 0.13	83 %
Dynamiek uitsnedemodel+/-	-0.19 +/- 0.38	-0.08 +/- 0.31	-0.13 +/- 0.31	-0.33 +/- 0.36	0.07 +/- 0.13	71 %

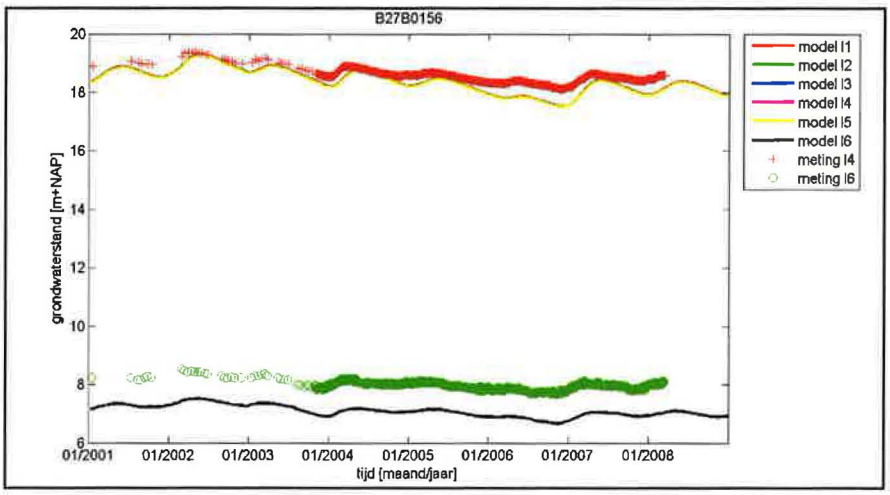
* Positief betekent dat het modelresultaat te droog is en negatief dat het modelresultaat te nat is.

** Positief betekent dat er te weinig dynamiek en negatief dat er te veel dynamiek wordt berekend met het uitsnedemodel. Dynamiek is de hoogste grondwaterstand minus de laagste grondwaterstand op die locatie in de periode 2001 t/m 2008.

Modelversie die het beste overeenkomt met de metingen.

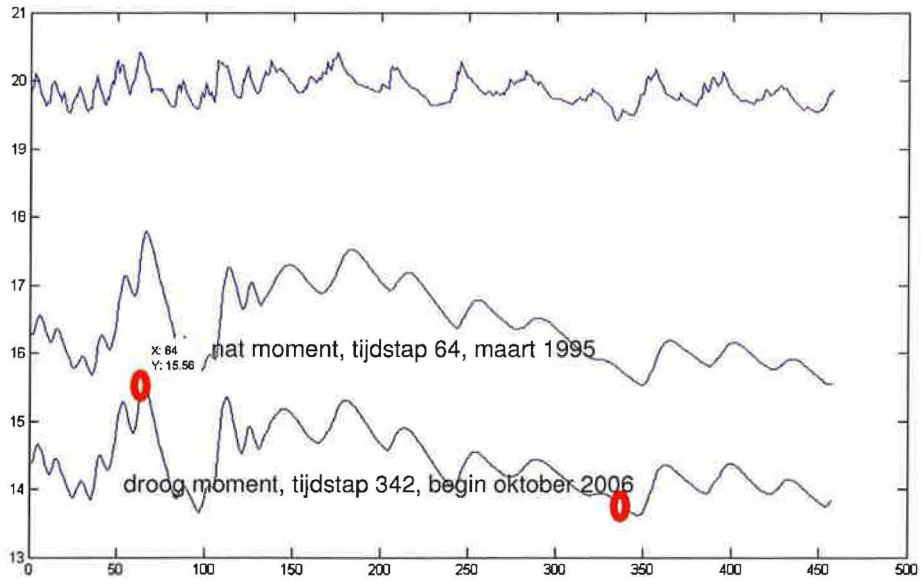
Globaal kan gezegd worden dat de modelversies te lage grondwaterstanden (dus een te droge situatie) berekenen voor laag 2 en 6 en te hoge grondwaterstanden voor laag 4. De standaarddeviatie is echter groot, dat houdt in dat de afwijkingen tussen de modellen en de gemeten grondwaterstand lokaal groot kunnen zijn en in beide richtingen. Het uitsnedemodel berekent dus in alle lagen lokaal te hoge en te lage grondwaterstanden. Qua dynamiek geldt dat het uitsnedemodel vooral voor laag 2 en 5 teveel dynamiek berekent, in de andere lagen is de orde van grootte redelijk.

Modellaag 6 (watervoerend pakket 4) wordt aan de bovenkant afgesloten door een dikke kleilaag met een hoge weerstand (>30.000 dagen). De stijghoogte in dit pakket zal daarom ook sterk beïnvloed worden door de vaste stijghoogten op de randen van het uitsnedemodel (spreidingslengte laag bedraagt 5,5 km, modellengte is 24 km). Een verbetering van de resultaten in deze modellaag is daarom waarschijnlijk niet realistisch. Een voorbeeld hoe de stijghoogte in modellaag 6 berekend wordt is geïllustreerd in afbeelding 5.



Afbeelding 5 Peilbuis op de Veluwe, 1000 m ten zuidwesten van het pompstation (model: uitsnedemodel+)

Bijlage 4.2 t/m 4.5 geven de berekende grondwaterstanden en stijghoogte weer voor de gemiddelde, hoogste en laagste grondwaterstand. Deze zijn berekend over de modelperiode 2001 t/m 2009 op basis van tijdstappen van decaden. In bijlage 4.6 en 4.7 wordt de kwel en infiltratie over de onderrand van modellaag 2 weergegeven en de aan en afvoer van het totale oppervlaktewatersysteem voor de gemiddelde situatie. Bijlage 4.8 geeft de aan- en afvoer weer van het oppervlaktewatersysteem tijdens een droog moment, voor bepaling zie Afbeelding 6.



Afbeelding 6 Vaststelling nat en droog moment tijdens modelperiode o.b.v. 3 locaties rondom winning en Wisselse en Tongerense veen.

3.6 Toetsing kwaliteit modelversie aan toetsingscriteria

In paragraaf 3.3 zijn vijf criteria benoemd waaraan het model getoetst wordt. Deze paragraaf beschrijft de modelresultaten per toetsingscriterium. Het laatste toetsingscriterium is reeds behandeld in paragraaf 3.5.

3.6.1 Wisselse en Tongerense Veen

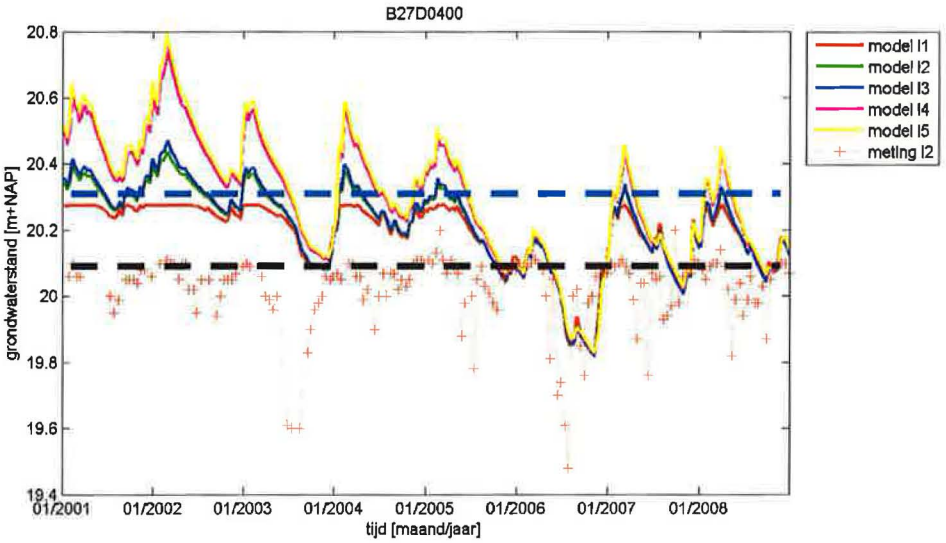
Ten zuiden van de winning ligt het Wisselse en Tongerense Veen. Uit de metingen in de peilbuizen en het veldbezoek blijkt dat de grondwaterstand in dit gebied hoog is (praktisch tot aan maaiveld) en dat de dynamiek van het grondwater door de aanwezigheid van beken en uittreding van grondwater aan maaiveld gering is.

De afvoer van de beken kan in het model alleen plaatsvinden als de grondwaterstand hoog genoeg (boven de bodem van de beken) berekend wordt. De bodem van de beken is op basis van de aangeleverde data (bodemmetingen, inschatting van bodemdiepte t.o.v. maaiveld en het AHN (25*25 m schaal)) zo nauwkeurig mogelijk verwerkt. In het MER is een eventueel effect op de afvoer van de beken een beoordelingscriterium.

Model	Vergelijking tussen metingen en model
Veluwemodel	De grondwaterstand wordt gemiddeld circa goed berekend. De berekende dynamiek van de grondwaterstand is circa 60 cm te groot.
uitsnedemodel	De grondwaterstand wordt te laag berekend (circa 50 cm), dit heeft het effect dat de grondwaterstand te dynamisch berekend wordt (circa 50 cm teveel dynamiek).
uitsnedemodel+	De grondwaterstand wordt enigszins te laag berekend (gemiddeld 20 cm). De dynamiek van de berekende grondwaterstand is ook gemiddeld 20 cm te groot.
uitsnedemodel+/-	De grondwaterstand wordt circa 40 cm te laag berekend, dit heeft het gevolg dat de dynamiek van de grondwaterstand ook circa 40 cm te groot berekend wordt.

De resultaten van de modelversie uitsnedemodel+ zijn beter dan de eerdere modelberekeningen. Ook blijkt dat het aanpassen van de ligging van het kleischot een gunstig effect heeft. Afbeelding 7 geeft een tijd-stijghoogtelijn van het model uitsnedemodel+ in het Wisselse en Tongerense Veen weer.

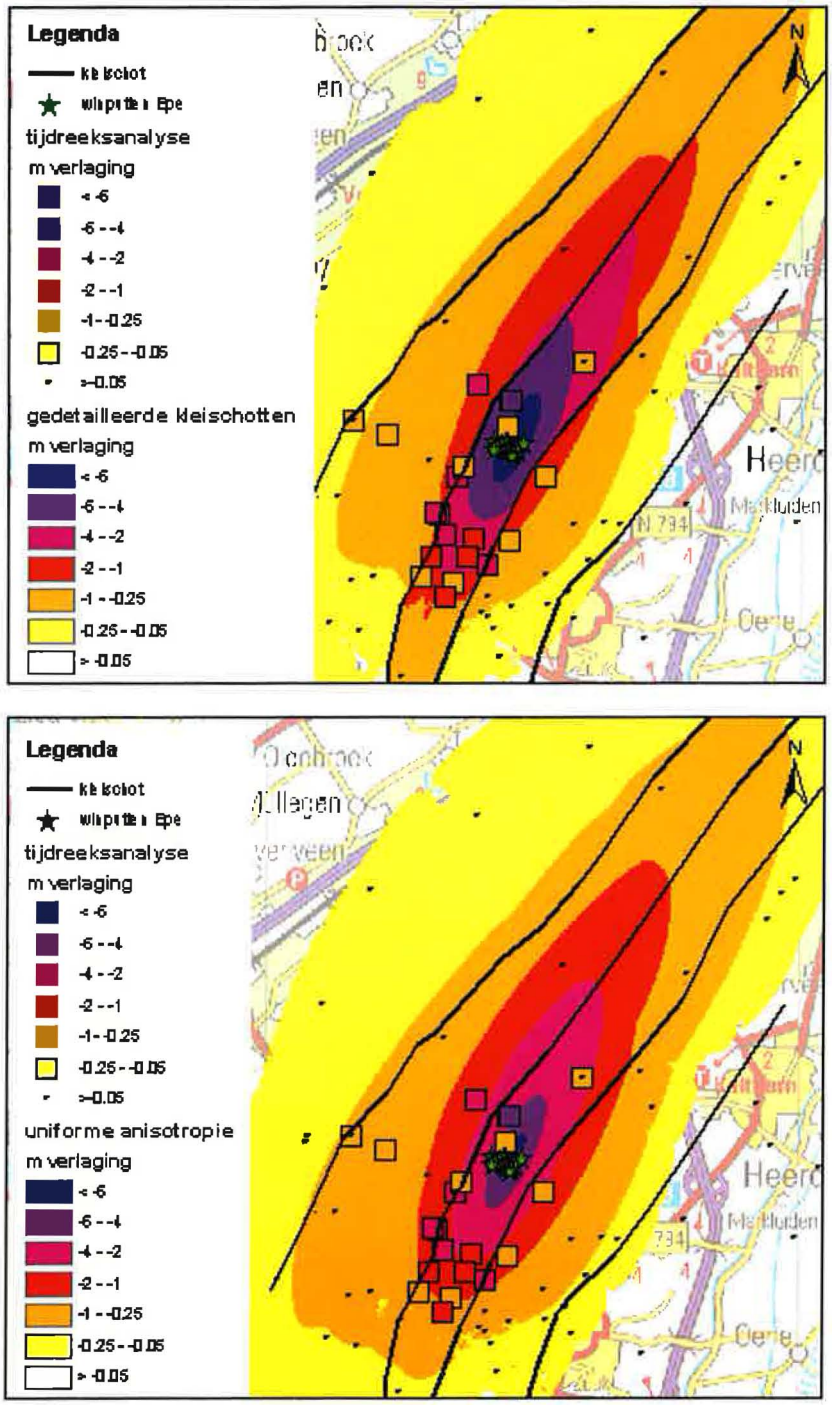
Uit afbeelding 7 blijkt duidelijk dat de berekende grondwaterstand de overgang van natte perioden, waarin grondwaterstanden worden gefixeerd door de maaiveld- en detailontwatering, naar droge perioden, waarin de grondwaterstand wel kan wegzakken goed simuleert. Ook blijkt dat het maaiveldniveau dat opgenomen is in het model niet geheel overeenkomt met het niveau op de meetlocatie. Het verschil op deze locatie bedraagt circa 25 cm. Dit verschil ligt binnen de beoogde afwijking van 50 cm en komt doordat het oppervlaktewatersysteem is ingebracht op basis van regionale gegevens met een gridgrootte van 25*25 m en de meetlocatie 1 punt betreft. Wel blijkt uit de calibratie en de aanpassingen aan het model dat het model gevoelig is voor de wijze waarop het oppervlaktewatersysteem in het model is gebracht. Indien het model in de toekomst verder geoptimaliseerd dient te worden is de aanbeveling om het oppervlaktewatersysteem geheel gedetailleerd in te meten.



Afbeelding 7 Tijdstijghoogtelijn in Wisselse en Tongerense veen (model: uitsnedemodel+), de lijnen geven het ontwateringsniveau weer (zwarte lijn = meting en blauwe lijn = model).

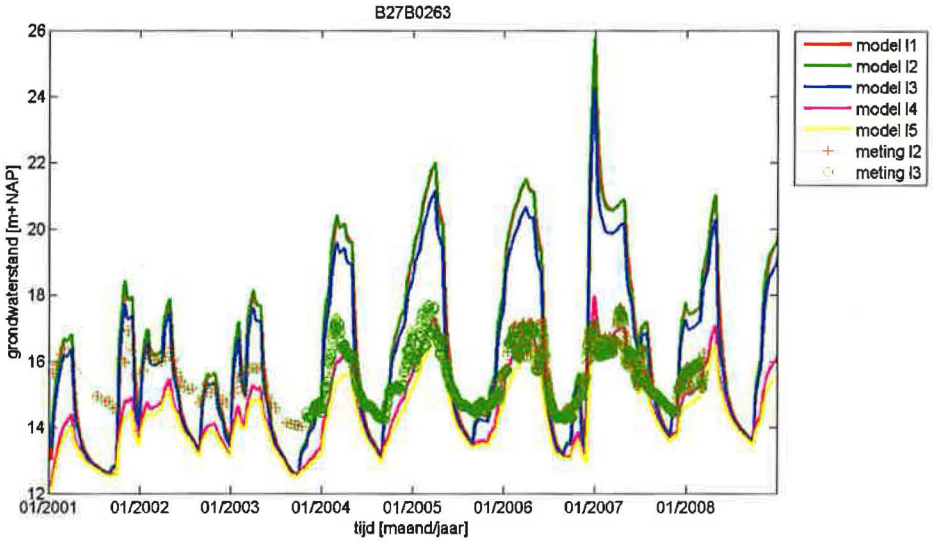
3.6.2 Directe omgeving drinkwaterwinning

De invloed van de winning wordt sterk bepaald door de anisotropie in het gebied. Met tijdreeksanalyse is op basis van metingen bepaald waar een effect van de winning statistisch betrouwbaar uit metingen kan worden vastgesteld en hoe groot dat effect is. In afbeelding 8 is het effect van de winning zoals berekend in de modelruns uitsnedemodel+/- (uniforme anisotropie) en uitsnedemodel+ (gedetailleerde anisotropie) vergeleken met het effect van de winning op de stijghoogte dat op basis van de tijdreeksanalyse is berekend.



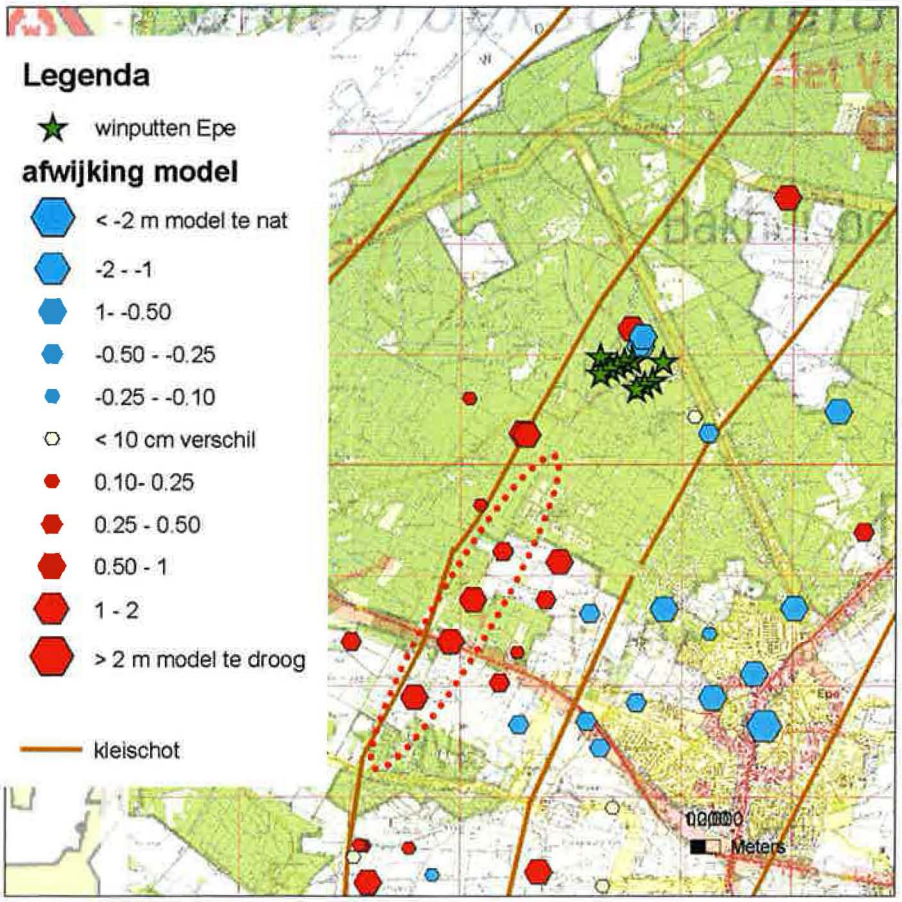
Afbeelding 8 Effectgebied van winning in 1990 berekend met model en tijdreeksanalyse met gedetailleerde kleischotten en uniforme anisotropie

Uit afbeelding 8 blijkt dat het effectgebied van de winning door het toevoegen van kleischotten sterker binnen de kleischotten wordt vastgehouden. Uit de vergelijking tussen de modelresultaten en de tijdreeksanalyse wordt geconcludeerd dat het effect van de winning berekend met beide modellen redelijk met de resultaten van de tijdreeksanalyse overeenkomt. Afbeelding 9 geeft een tijdstijghoogtelijn van de stijghoogte, gemeten en berekend met het model weer in de directe omgeving van het pompstation.



Afbeelding 9 Tijd-stijghoogtelijn nabij pompstation (model: uitsnedemodel+)

Ten zuidwesten van de drinkwaterwinning (afbeelding 10) ligt tussen de twee kleischotten met een laag doorlaatvermogen een rij peilbuizen waarbij allemaal fors te lage grondwaterstanden worden berekend (50-80 cm te laag). Uit de modelresultaten blijkt dat door het invoeren van de twee kleischotten het gebied tussen deze twee kleischotten weinig gevoelig is voor het verlagen van het doorlaatvermogen. Aan weerszijden van de kleischotten wordt de grondwaterstand wel redelijk benaderd. Een verklaring zou kunnen zijn dat het kleischot aan de westkant van de rij peilbuizen hier lokaal meer gespreid is over een bredere zone waardoor de stijghoogte niet zo trapsgewijs afneemt als op andere plekken, maar juist wat geleidelijker.



Afbeelding 10 Ligging rij peilbuizen waar de stijghoogte te laag berekend wordt

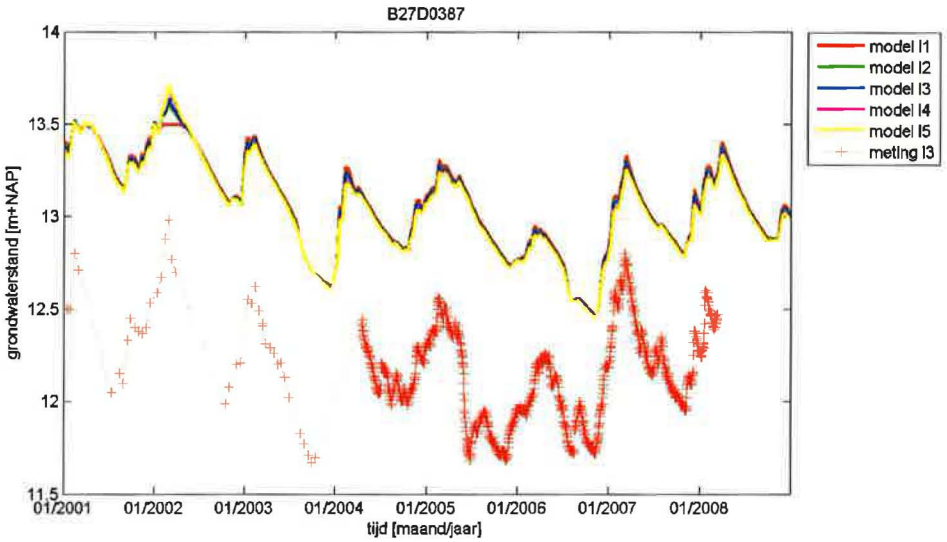
3.6.3 Bebouwde kom van Epe

In de bebouwde kom van Epe wordt de grondwaterstand doorgaans te hoog berekend met het model (zie onderstaande tabel).

Model	Gemiddelde berekende grondwaterstand voor heel Epe	Gemiddelde berekende grondwaterstand voor heel Epe voor peilbuislocaties met stijghoogte ondieper dan 1 m-mv
Veluwemodel	95 cm te hoog	1,36 m te hoog
uitsnedemodel	44 cm te hoog	87 cm te hoog
uitsnedemodel+	50 cm te hoog	75 cm te hoog
uitsnedemodel+/-	43 cm te hoog	70 cm te hoog

In het westen van Epe berekent het model uitsnedemodel+ circa 25-50 cm te hoge grondwaterstanden, verder naar het oosten neemt het verschil tussen het model en de metingen toe. In het oostelijke gedeelte van Epe liggen twee peilbuizen met een verschil tussen het modelresultaat en de meting van circa 1 m (zie afbeelding 11). De metingen bevatten geen opvallende fouten, beide meetreeksen zijn lange meetreeksen, in één peilbuis worden al vanaf 1950 metingen uitgevoerd (door Vitens). De metingen laten

ook geen gekke uitbijters in de tijd zien. Op basis van het modelresultaat (hoogte en dynamiek) en de lengte van de meetreeksen is het niet aannemelijk dat de verschillen te wijten zijn aan vergeten drainage/ oppervlaktewater in het model of een kleine lokale winning die (illegaal) aanstaat. Het is aannemelijker dat hier lokaal de bodemopbouw afwijkt (bijvoorbeeld dat de grondwaterstand lokaal sterk beïnvloed wordt door kleischotten die niet in het model zijn opgenomen).

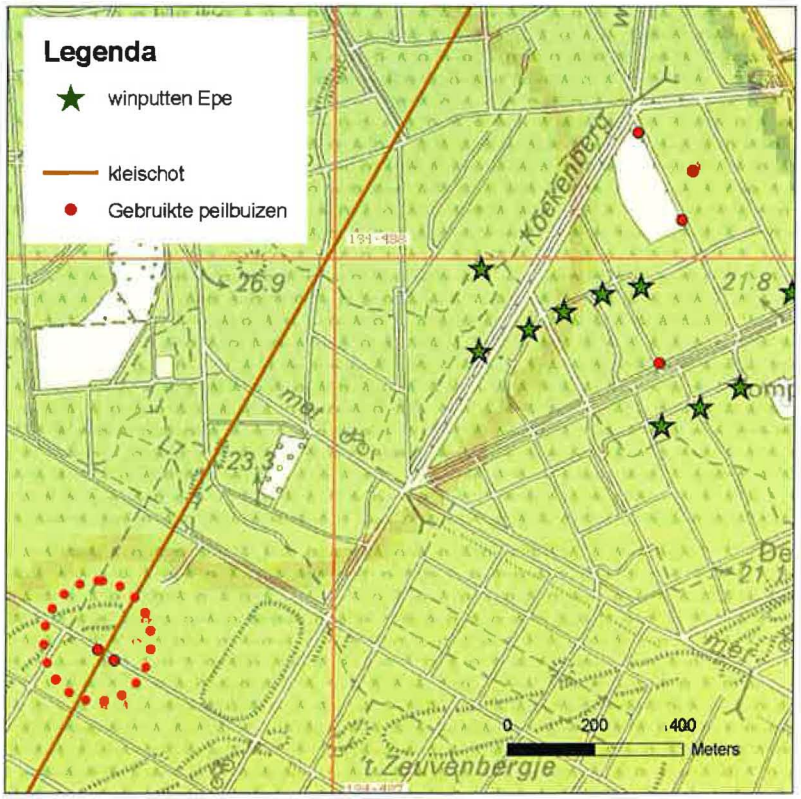


Afbeelding 11 Tijd-stijghoogtelijn in de oostkant van Epe (model: uitsnedemodel+)

Omdat in het MER inzicht gegeven moet worden in het risico op grondwateroverlast in Epe als de infiltratievoorziening wordt uitgebreid, is het lastig dat de grondwaterstand in Epe met het model structureel te hoog berekend wordt. Als de grondwaterstand ten onrechte ondieper wordt berekend door het model dan 1 m-mv, dan is het goed mogelijk dat door een verhoging van de grondwaterstand ten gevolge van de infiltratievoorziening ten onrechte een risico op grondwateroverlast zal blijken uit de modelberekeningen. Om dit probleem te voorkomen wordt aanbevolen in het MER uit te gaan van de gemeten grondwaterstanden en de berekende effecten ten gevolge van de infiltratievoorziening in Epe.

3.6.4 Verval over het kleischot

Ten zuidwesten van de winning is een locatie waar op basis van stijghoogtemetingen is vastgesteld dat er een kleischot aanwezig is (afbeelding 12). In de onderstaande tabel is de berekende stijghoogte vergeleken met de metingen. Het blijkt dat door het gedetailleerd invoeren van een kleischot met een doorlaatvermogen van 10 m^2/dag (uitsnedemodel+) het verval over het lokale kleischot redelijk goed gesimuleerd wordt.



Afbeelding 12 Locatie met kleischot ten zuidwesten van winning

Modelrun	Stijghoogte stroomopwaarts van kleischot	Stijghoogte stroomafwaarts van kleischot	Verschil stijghoogte
Meting	NAP 18,43 m	NAP 17,04 m	1,39 m
uitsnedemodel+/-	NAP 17,2 m	NAP 16,95 m	0,07 m
uitsnedemodel+	NAP 17,62 m	NAP 16,40 m	1,22 m

3.7 Conclusie

In de onderstaande tabel wordt weergegeven hoe de benoemde criteria behaald worden met de verschillende modellen.

Criterium	Veluwemodel	uitsnedemodel	uitsnedemodel+	uitsnedemodel+/-
Aantal peilbuizen afwijking < 50 cm (gemiddelde van stijghoogte en dynamiek uit tabel 3)	57 %	73 %	77 %	65 %
Stijghoogte berekent bij Wisselse en Tongerense veen	Het model berekent teveel dynamiek	Gemiddeld 50 cm te laag	Gemiddeld 20 cm te laag	Gemiddeld 40 cm te laag
Berekende effectgebied van winning met model i.v.m. resultaat tijdreeksanalyse	x	x	Het effectgebied komt net iets minder mooi overeen dan model uitsnedemodel+/-	Het effectgebied komt redelijk overeen
Grondwaterstand in Epe	Model berekent fors te hoge grondwaterstanden i.v.m. overige modellen	Model berekent grondwaterstand te hoog	Model berekent grondwaterstand te hoog	Model berekent grondwaterstand te hoog
Verval over kleischot	x	x	Model berekent 88 % van gemeten verval	Model berekent 5 % van gemeten verval

Uit de analyse volgt dat het aanpassen van het Veluwemodel een significante verbetering heeft opgeleverd. Aanbevolen wordt om het model uitsnedemodel+ voor het MER te gebruiken. In dit model zijn alle basis aanpassingen die beschreven worden in paragraaf 2.3 en de aanvullende aanpassingen die beschreven worden in paragraaf 2.4 verwerkt.

De uitkomsten blijven een modelresultaat. Het model geeft de hydrologische situatie rondom de winning volgens de vooraf geformuleerde betrouwbaarheidscriteria redelijk weer, maar gezien de heterogeniteit van de ondergrond kunnen lokaal (grote) variaties in de stijghoogte voorkomen die het model minder goed/ niet simuleert.

Het model is geschikt om effecten van veranderingen van de winning en infiltratie te berekenen. Dat betreft dus verandering van grondwaterstanden. Doordat de anisotropie van de Veluwe goed is gemodelleerd wordt de ruimtelijke spreiding van effecten goed berekend. De hoogte van berekende grondwaterstandsveranderingen is in overeenstemming met uit metingen bepaalde effecten (tijdreeksanalyse).

Het grondwaterregime in het Wisselse en Tongerense veen wordt goed gemodelleerd. De overgang van natte perioden, waarin grondwaterstanden worden gefixeerd door de intensieve ontwatering naar droge

perioden, waarin de grondwaterspiegel onder het drainageniveau wegzakt, simuleert het model goed. Dat betekent dat effecten van de winning en infiltratie in dit gebied goed worden berekend.

Het model is minder geschikt om de huidige grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld in de bebouwde kom van Epe en in het Wisselse en Tongerense veen op te baseren.

Omdat het model de grondwaterstand in de bebouwde kom van Epe toch nog significant te hoog berekent, bevelen wij aan in het MER naast de modelresultaten ook uit te gaan van de gemeten grondwaterstanden in Epe voor de effectbeschrijving ten aanzien van grondwateroverlast in stedelijk gebied.

4 REFERENTIE EN ALTERNATIEVEN MER

4.1 Definiëring referentie en alternatieven

Het MER wordt uitgevoerd met het doel de netto onttrekking bij het pompstation te verkleinen. Hiervoor zijn een aantal alternatieven gedefinieerd. Deze alternatieven dienen vergeleken te worden met de referentie situatie. De referentie situatie is als volgt:

- Bij de winning wordt 6 Mm^3 grondwater per jaar onttrokken en 2,2 Mm^3 water per jaar geïnfiltreerd;
- De autonome ontwikkelingen in het gebied bestaan alleen uit het uitvoeren van de GGOR-maatregelen bij het Wisselse en Tongerense veen (Oranjewoud, 2009);
- Voor de overige onttrekkingen is uitgegaan van het winningsregime van 2009.

Voor het MER zijn daarom onderstaande situaties doorgerekend (allen inclusief autonome ontwikkelingen):

1. Referentie: (vergunde hoeveelheid) 2,2 Mm^3/jaar infiltratie;
2. Alternatief 1: 4 Mm^3/jaar infiltratie;
3. Alternatief 2: 5 Mm^3/jaar infiltratie;
4. Alternatief 3: 6 Mm^3/jaar infiltratie;

4.2 Aanpassingen aan model

Aanpassing model winning/infiltratie Epe

De winning (onttrekking en infiltratie) is voor de gehele modelperiode aangepast:

- Tijdstap 1 is de inloopperiode van 100 jaar. De gemiddelde onttrekking en infiltratie zijn opgenomen in het model.
- Tijdstap 2 t/m 457 betreft de modelperiode va 1990 t/m 2009. De winning en de infiltratie variëren per maand. Tabel 5 geeft de wijze waarop weer:

Tabel 5 Verdeling van de winning en infiltratiehoeveelheid per jaar over de maanden in procenten

	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Onttrekking %	8,5	7,7	8,4	8,5	8,6	9,4	9,6	8,0	7,7	8,0	7,7	7,9
Infiltratie %	15	15	15	10	5	0	0	0	5	10	10	15

- Voor alle andere putten is uitgegaan van het winningsregime in 2009 voor de gehele modelperiode.

Aanpassing model voor maatregelen Wisselse en Tongerense veen

Door Oranjewoud is een GGOR-studie cluster Noordoost uitgevoerd waarbinnen maatregelen voor het Wisselse en Tongerense veen zijn vastgesteld. Inmiddels zijn de maatregelen enigszins gewijzigd.

Bijlage 5.1 geeft de aangepaste maatregelen in het gebied weer (aangeleverd waterschap Veluwe 2011). De maatregelen bestaan uit:

- Aanpassen ligging van sloten;
- Verondiepen van sloten en greppels;
- Dempen van sloten en greppels;
- Afplaggen en ophogen van enkele gebieden.

In het model is het oppervlaktewatersysteem aangepast.

MODPATH berekeningen

Om het intrekgebied te berekeningen van de winning zijn stroombaanberekeningen uitgevoerd:

- Voorwaartse berekening vanaf de infiltratieplas. Per modelcel zijn a)1 en b)100 startpunten opgelegd, rechtevenredig verdeeld over de modelcel bovenin de tweede modellaag. De output is weggeschreven na 10, 20, 60, 90, 180 dagen, 1, 2, 5, 10, 25, 50 en 100 jaar;
- Voorwaartse berekening vanaf maaiveld. Per modelcel is 1 startpunt opgelegd in het midden van de cel. De output is weggeschreven na 1, 25, 50, 70, 100 en 1000 jaar;
- Terugwaartse berekening vanaf de onttrekkingsputten van Vitens. In een cirkel zijn op verschillende hoogten (>5) 10 startpunten geplaatst rondom de putten. De startpunten zijn over de onttrekkingsputten verdeeld op basis van het winningsregime. De output is weggeschreven na 60 dagen, 1 en 25 jaar.

4.3 Resultaat

In de bijlage zijn voor de referentie situatie (bijlage 5.2) en alternatief 1 t/m 3 (bijlage 5.3 t/m 5.5) de volgende kaarten opgenomen:

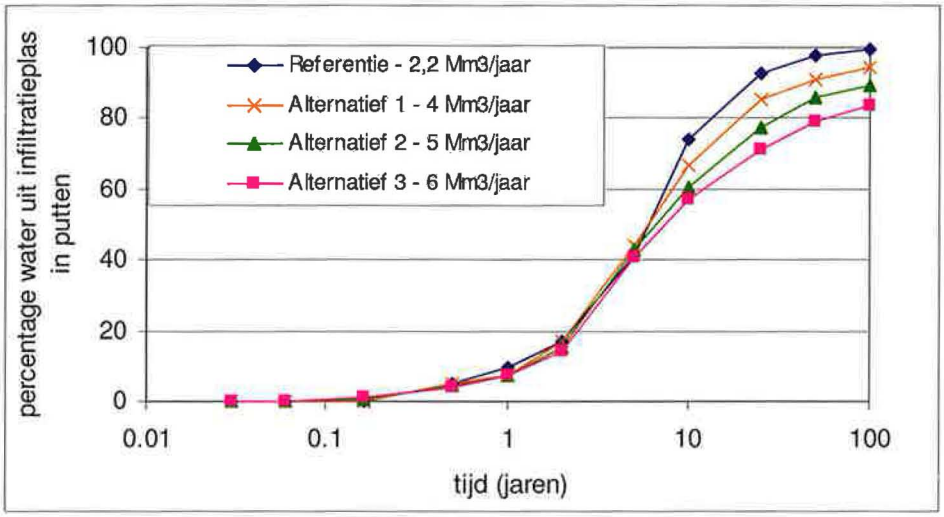
a. Effect op gemiddelde grondwaterstand van winning t.o.v. situatie zonder winning;
b. Effect op gemiddelde grondwaterstand van winning t.o.v. referentie (of referentie situatie zelf);
c. Effect op kwel/infiltratie (onderkant modellaag 2) van winning t.o.v. referentie of referentie situatie zelf, kwantitatief;
d. Effect op kwel/infiltratie (onderkant modellaag 2) van winning t.o.v. referentie situatie, kwalitatief (referentie situatie komt niet voor);
e. Effect op wateraan- afvoer (modellaag 1+2) van winning t.o.v. referentie situatie of referentie situatie zelf, kwantitatief;
f. Effect op wateraan- afvoer (modellaag 1+2) van winning t.o.v. referentie situatie, kwalitatief (referentie situatie komt niet voor);
g. Reistijden vanaf de infiltratievijver (resultaat voorwaartse berekening vanaf infiltratievijver, 1 punt per modelcel omdat 100 punten per cel geen duidelijk beeld geeft);

Bijlage 5.6 en 5.7 geven respectievelijk de 1- en 25-jaars verblijftijdzone vanaf de winning weer (resultaat achterwaartse berekening).

Uit de berekeningen blijkt dat het verhogen van de infiltratie gunstige effecten heeft op de grondwaterstand en stijghoogte (beide worden verhoogd) en de afvoer in de beken (neemt toe). Het effect op de stijghoogte in het bepompte pakket is vrijwel gelijk aan het effectbeeld dat optreedt op de grondwaterstand. Om de opgelegde infiltratiehoeveelheid in het model te kunnen infiltreren is de maaiveldontwatering in een straal van 200 m rondom het infiltratiegebied verwijderd. Mogelijk zal de infiltratievoorziening uitgebreid moeten worden om er voor te kunnen zorgen dat de gewenste hoeveelheid ook daadwerkelijk geïnfiltreerd kan worden en leidt de infiltratie plaatselijk tot vernatting.

Uit de bijlagen die de reistijd van een waterdeeltje vanuit de infiltratievijver weergeven blijkt dat bij een toename van infiltratie het water vanuit de plas over een groter gebied verspreid wordt in de ondergrond. Afbeelding 13 geeft weer hoeveel water vanuit de plas uiteindelijk in de onttrekkingsputten terecht komt in de tijd (voorwaartse berekening gebaseerd op 100 startpunten per modelcel).

Afbeelding 13 percentage van infiltratiewater dat in een onttrekkingsput komt



5 SAMENVATTING MODELAANPASSING

DHV heeft in opdracht van Vitens het Veluwemodel 2002 aangepast met als doel een geschikt model te maken waarmee de grondwatereffectberekeningen voor het MER uitgevoerd kunnen worden. De opdracht is uitgevoerd in nauw overleg met een begeleidingsgroep waarin Vitens, Waterschap Veluwe en Provincie Gelderland vertegenwoordigd zijn. Samen met de begeleidingsgroep zijn een aantal basismodelaanpassingen bepaald, waarmee naar verwachting met het grondwatermodel de fysieke werkelijkheid beter benaderd kan worden. Op basis van een modelvalidatie aan meetgegevens en een gevoeligheidsanalyse zijn vervolgens nog enkele aanvullende modelaanpassingen bepaald. Daarmee is een model ontstaan dat voldoende geschikt is om te gebruiken in het MER.
De volgende modelaanpassingen zijn uiteindelijk uitgevoerd:

- Er is een uitsnede gemaakt uit het Veluwemodel tussen X-coördinaat 182.000 en 206.000 en Y-coördinaat 475.000 en 502.000 (volgens het Rijksdriehoekstelsel). De stijghoogten op de randen zijn overgenomen uit het Veluwemodel. De stijghoogte op de rand zijn fixed en niet-stationair berekend in het Veluwemodel voor elke tijdstap;
- Het model is verdicht in het horizontale vlak (cellen van 25*25 m i.p.v. 250 * 250 m) en in het verticale vlak (laag 2 (een onderdeel van de Formatie van Sterksel, Enschede en Harderwijk) is gesplitst in 2 lagen, waardoor het model bestaat uit 6 i.p.v. 5 lagen);
- Het Veluwemodel beslaat de periode 1954 – 2001 met tijdstappen van een maand. Het aangepaste model simuleert de periode 1990 t/m 2009. De periode 1990 t/m 2000 heeft tijdstappen van een maand en de periode 2001 t/m 2009 tijdstappen van een decade (3 stressperioden per maand);
- Omdat het Veluwemodel slechts doorloopt tot 2001, is de grondwateraanvulling voor de periode 2001-2009 opnieuw bepaald. De methode die Gehrels beschrijft is hiervoor aangehouden;
- De grondwateronttrekkingsgegevens over de periode 2001-2009 zijn verwerkt in het model;
- In overleg met de begeleidingsgroep is, met behulp van alle beschikbare informatie over de ligging van de kleischotten, een kaart vastgesteld met de vermoedelijke ligging van vier kleischotten. In het model is het doorlaatvermogen ter plekke van de kleischotten verlaagd en tussen de kleischotten verhoogd. Daarnaast is in het hele model de weerstand van modellagen 2 en 3 verdubbeld van ongeveer 25 naar ongeveer 50 dagen;
- De bodemhoogtes van watergangen zijn op basis van metingen van het waterschap aangepast. Om infiltratie vanuit watergangen te voorkomen zijn de watergangen in de vrij afwaterende gebieden in de drainagemodule geschematiseerd. In de gebieden met een streefpeil zijn de hoofdwatergangen in de riviermodule opgenomen en zijn de greppels opgenomen als drainage.

Het aangepaste model is getoetst aan een aantal criteria, die belangrijk zijn in het MER. In onderstaande tabel wordt weergegeven hoe het aangepaste model scoort ten opzichte van het Veluwemodel.

Toetsingscriterium	**Veluwemodel**	**uitsnedemodel+**
Aantal peilbuizen afwijking < 50 cm (gemiddelde van afwijking stijghoogte en afwijking dynamiek)	57 %	77 %
Stijghoogte berekend bij Wisselse en Tongerense veen	Het model berekent teveel dynamiek	Gemiddeld 20 cm te laag
Berekende effectgebied van winning met model i.v.m. resultaat tijdreeksanalyse	X	Het effectgebied komt goed overeen
Grondwaterstand in Epe	Model berekent fors te hoge	Model berekent

	grondwaterstanden	grondwaterstand te hoog
Verval over kleischot	X	Model berekent 88 % van het gemeten verval

De aanpassing aan het Veluwemodel heeft een significante verbetering opgeleverd. Om deze reden is het model uitsnedemodel+ voor het MER gebruikt.

Het model geeft de hydrologische situatie rondom de winning volgens de vooraf geformuleerde betrouwbaarheidscriteria redelijk weer, maar gezien de heterogeniteit van de ondergrond kunnen lokaal (grote) variaties in de stijghoogte voorkomen die het model minder goed of niet simuleert.

Het model is geschikt om effecten van veranderingen van de winning en infiltratie te berekenen. Het model is minder geschikt om de huidige grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld in de bebouwde kom van Epe en in het Wisselse en Tongerense veen op te baseren.

Omdat het model de grondwaterstand in de bebouwde kom van Epe significant te hoog berekent, bevelen wij aan in het MER naast de modelresultaten ook uit te gaan van de gemeten grondwaterstanden in Epe voor de effectbeschrijving ten aanzien van grondwateroverlast in stedelijk gebied.

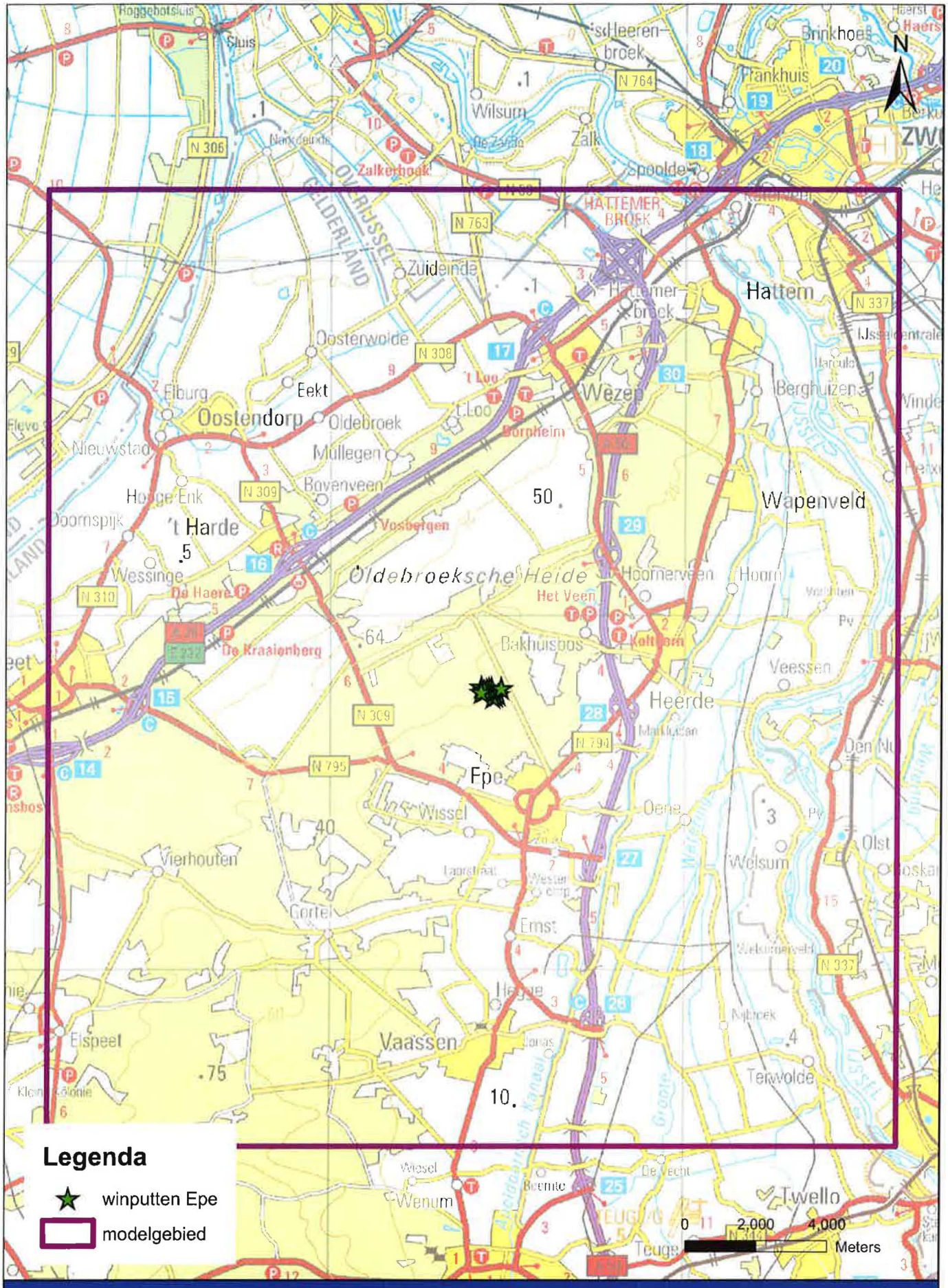
6 LITERATUURLIJST

- Georadar en schuifgolf reflectie seismisch onderzoek bij Epe en Ellecom (TNO, 2000);
- GGOR Studie cluster Noordoost, Waterschap Veluwe, concept hoofdrapport juni 2009, revisie 06 (Oranjewoud, 2009);
- Groundwater level fluctuations, Seperation of natural from anthropogenic influences and determination of groundwater recharge in the Veluwe area, the Netherlands, blz. 188 (Gehrels, 1990;
- Handleiding MIPWA (TNO, 2007);
- Imaging groundwater 'steps'in push moraines by georadar (TNO, R.A. van Overmeeren);
- Modelleeromgeving Veluwe, NITG 02-073-B (TNO, 2002);
- Onderzoek naar de hydrologie van het stuwwallengebied bij Epen nr. 111265 (Bas Kennis, 1990);
- Pompproef Achterste Molen R3509788.D01 (Tauw, 1998);
- Rapportage GGOR Cluster Noordoost Waterschap Veluwe, projectnummer 183670 (Waterschap Veluwe, 2008).

7 COLOFON

Opdrachtgever	:	Vitens
Project	:	MER
Dossier	:	D3466-01-001
Omvang rapport	:	33 pagina's
Auteur	:	Annemieke van Doorn
Bijdrage	:	Evert de Lange
Interne controle	:	Ron Stroet
Projectleider	:	Evert de Lange
Projectmanager	:	Jos Peters
Datum	:	30 mei 2011
Naam/Paraaf	:	Jos Peters

BIJLAGE 1 Modelgebied en parameters



Bijlage 1.1 Modelgebied

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

MEMO

Aan	:	Jolijn van Engelenburg
Van	:	Annemieke van Doorn
Kopie	:	-
Dossier	:	D346-601-001
Project	:	Opzet grondwatermodel voor m.e.r. Epe
Betreft	:	memo kleischotten (versie definitief)
Ons kenmerk	:	LW-AF20100582-MSW
Datum	:	6 december 2010

MEMO: KLEISCHOTTEN RONDOM INFILTRATIEWINNING EPE

Inleiding

In het Veluwemodel dienen de kleischotten nauwkeuriger in het model te worden gebracht. Om een gedetailleerder beeld van de kleischotten te verkrijgen zijn de volgende stappen ondernomen:

- Overleg met Mariëtte van Vlerken (Vitens) 18 augustus 2010
    - Door Vitens en tijdens dit overleg zijn 3 bronbestanden aangeleverd. Deze bronbestanden geven inzicht in de ligging van enkele kleischotten in de directe omgeving van de winning Epe.
        - Pompproef winning: pompproef bij de Achterste Molen bij Wissel (Epe);
        - Rapport: georadar en schuifgolf reflectie seismisch onderzoek bij Epe en Ellecom, 2000, TNO;
        - Rapport: Onderzoek naar de hydrologie van het stuwwallengebied bij Epe, Bas Kennis, 1990.
- Overleg met Teun Spek (provincie Gelderland) 8 september 2010
    - Teun heeft tijdens het overleg een peilbuizen bestand aangeleverd en een interpretatie van waar 3 kleischotten ongeveer gelegen zijn.
- Peilbuizen in het DINO-loket: Bij het DINO-loket zijn peilbuizen opgevraagd. 1990-2008
- Peilbuizen gemeente Apeldoorn opgevraagd
- Peilbuizen in beheer bij Vitens: database van DHV
- Proefschrift Mark Bakker

Op basis van deze broninformatie is de ligging van de kleischotten en de wijze waarop dit in het model dient te worden opgenomen zo goed mogelijk bepaald.

Broninformatie

Literatuuronderzoek

In de literatuuronderzoeken: 1) Onderzoek naar de hydrologie van het stuwwallengebied bij Epe en 2) Pompproef bij de Achterste Molen bij Wissel wordt in beide rapporten een kaart gepresenteerd waarop de meest logische locaties van kleischotten zijn aangegeven. De ligging is vastgesteld op basis van radarmetingen, grondwaterstandmetingen (verval) en op basis van vegetatie. De vochtmennende bomen zijn daar aanwezig omdat de ondergrond lemiger is dan de omgeving en niet omdat daar grondwater uittreedt (de grondwaterstand is circa 6 m-mv). De kaarten omvatten een klein deel van het Veluwemassief. Bij de pompproef is op basis van

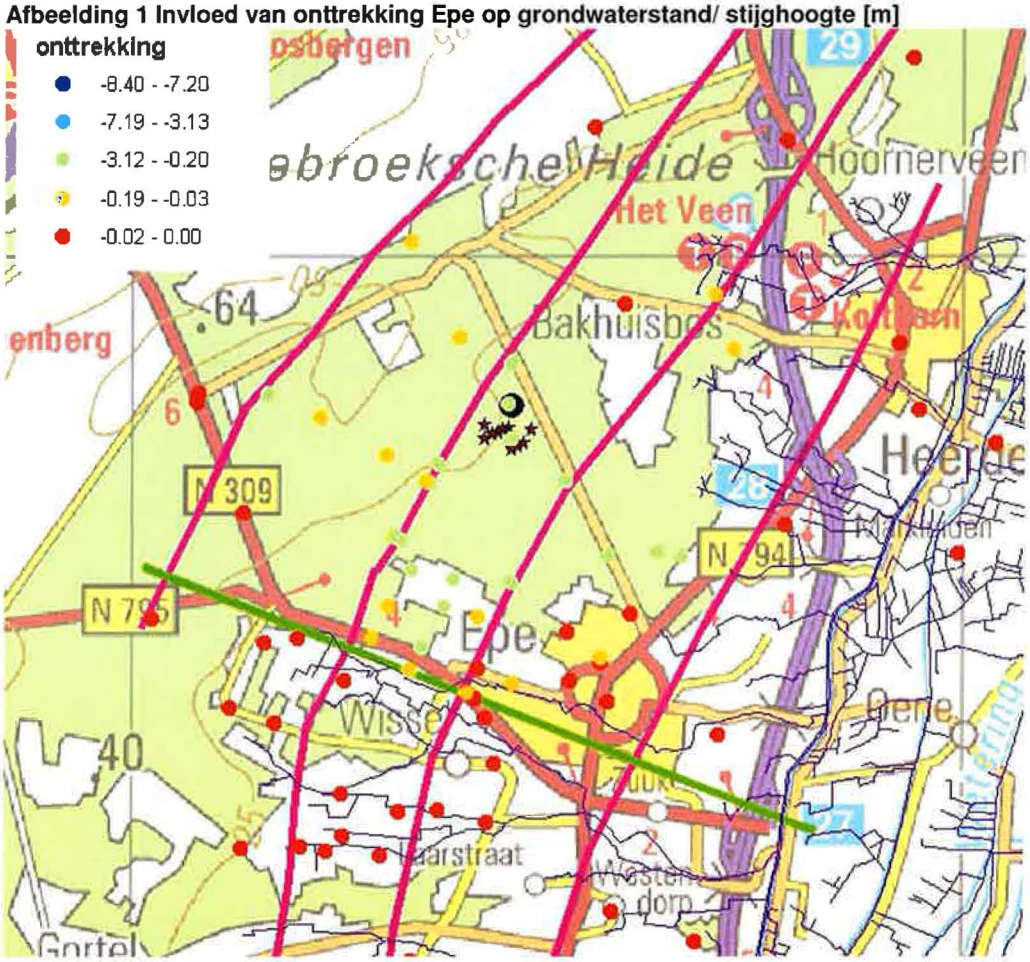
DHV B.V. is onderdeel van de DHV Groep, een advies- en ingenieursbureau dat wereldwijd actief is en kantoren heeft in Europa, Afrika, Azië en Noord-Amerika. Het hoofdkantoor is gevestigd in Nederland. Kamer van Koophandel Gooi- en Eemland nr. 31034767.
Het kwaliteitssysteem van DHV B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001.

grondwaterstandmetingen de weerstand voor twee kleischotten bepaald, namelijk 10.000 en 700 dagen. De twee kaarten worden weergegeven in bijlage 1 en 2.

Grondwaterstandanalyse

Teun Spek heeft een GIS-bestand gemaakt waarin 3 kleischotten zijn ingetekend. De kleischotten zijn ingetekend op basis van kennis uit het veld, vegetatie, luchtfoto-interpretatie en een database uit het DINO-loket met grondwaterstandmetingen voor de periode 1990 t/m 1999. Van alle metingen is de hoogste en laagste grondwaterstand bepaald en vervolgens is het isohypsenbeeld en het verval geïnterpreteerd. De grondwaterstanden en de geïnterpreteerde ligging van de kleischotten worden weergegeven in bijlage 3.

Afbeelding 1 Invloed van onttrekking Epe op grondwaterstand/ stijghoogte [m]



Tijdreeksanalyse

Ter aanvulling zijn de grondwaterstanden uit het DINO-loket en grondwaterstanden aangeleverd door Vitens in Menyanthes verwerkt. Dit levert een bestand op met circa 1000 grondwaterreeksen. Gezien de grootte van de database is de database van de Gemeente Apeldoorn niet meer verwerkt in Menyanthes. Van deze grondwaterreeksen zijn de grondwaterreeksen geselecteerd die in de periode 1993-2008 metingen hebben. Dit levert een bestand op met 568 filters (deze peilbuislocaties komen overeen met de peilbuislocaties die door Teun Spek zijn gebruikt). Deze meetreeksen zijn geanalyseerd met tijdreeksanalyse. Tijdreeksanalyse verklaart de gemeten reeks aan de hand van op te geven verklarende reeksen (als verklarende reeksen zijn gebruikt: de neerslag, verdamping, de onttrekking en de infiltratie. De afvoer van beken is niet als verklarende parameter

opgenomen (vooral bij metingen vlak bij een beek zou deze parameter van belang kunnen zijn). De uitkomsten zijn gecontroleerd op logica en statistische criteria. Uit de analyse volgt dat alleen rondom de winning van Epe grondwaterstanden gemeten worden die met voldoende betrouwbaarheid gerelateerd kunnen worden aan de winning Epe. De meeste van deze grondwaterstandreeksen worden zowel door de onttrekking als door de infiltratie beïnvloed.

Afbeelding 1 geeft de mate van beïnvloeding (meter) van de grondwaterstand door de onttrekking Epe per peilbuis weer. Uit de analyse blijkt dat de winning de grondwaterstand aan weerszijde van de kleischotten beïnvloedt. Dit wijst erop dat een weerstand van 10.000 dagen voor de kleischotten (voor het gehele gebied) groot is.

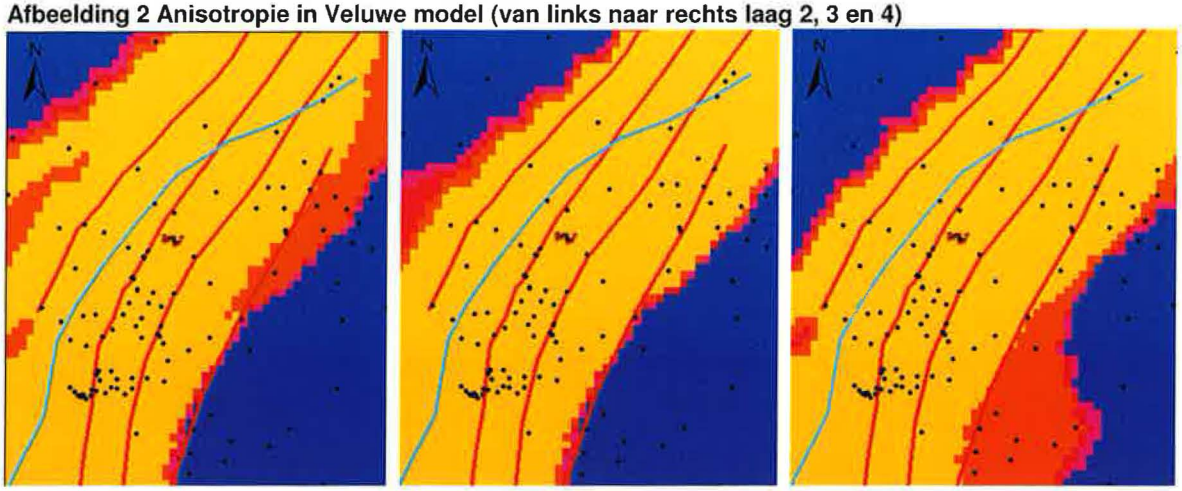
Bovenstaande informatie levert vergelijkbare resultaten op: Op de Veluwe zijn kleischotten aanwezig die een weerstand hebben en waardoor het stromingspatroon beïnvloed wordt. De exacte hoeveelheid, ligging en de weerstand van de kleischotten is moeilijker te bepalen. Op basis van de informatie zijn 3 kleischotten gedefinieerd, maar wellicht zijn er tussen deze kleischotten nog andere kleischotten aanwezig. De weerstand van 10.000 dagen wordt als te hoog beschouwd om op te nemen als gebiedsdekkende weerstand bij een kleischot.

Mogelijk treedt ten gevolge van de winning wel een verandering op in de afvoerfluxen van de beken. De wijze waarop de tijdreeksanalyse is uitgevoerd geeft hier geen antwoord op.

Hoe zit anisotropie nu in het Veluwemodel?

De anisotropie is gebiedsdekkend verwerkt in het Veluwemodel (zie Afbeelding 2). De anisotropie is opgenomen in 3 modellagen (laag 2 t/m 4). Deze lagen beschrijven het zandpakket boven de Formatie van Tegelen en Maassluis. Laag 1 komt overeen met de Westland- en Betuwe formatie, deze is circa 0.1 m dik in het model in de omgeving van Epe. Laag 2, 3, en 4 bestaan voornamelijk uit zand en zijn tezamen 145 m dik bij het pompstation Epe (gemiddelde k-waarde bedraagt 22 m/dag en doorlaatvermogen 3000 m2/dag). De anisotropiefactor ter plaatse van het pompstation bedraagt 0.08 (het doorlaatvermogen loodrecht op de kleischotten bedraagt dus circa 250 m2/dag).

Afbeelding 2 Anisotropie in Veluwe model (van links naar rechts laag 2, 3 en 4)



: 0.08; : 0.25; rode lijn zijn kleischotten; pompstation

De mate van opbolling en ligging van de waterscheiding die het model berekent, komt goed met de metingen overeen. Het voorstel is daarom om de richting en totale anisotropie in het model niet te wijzigen.

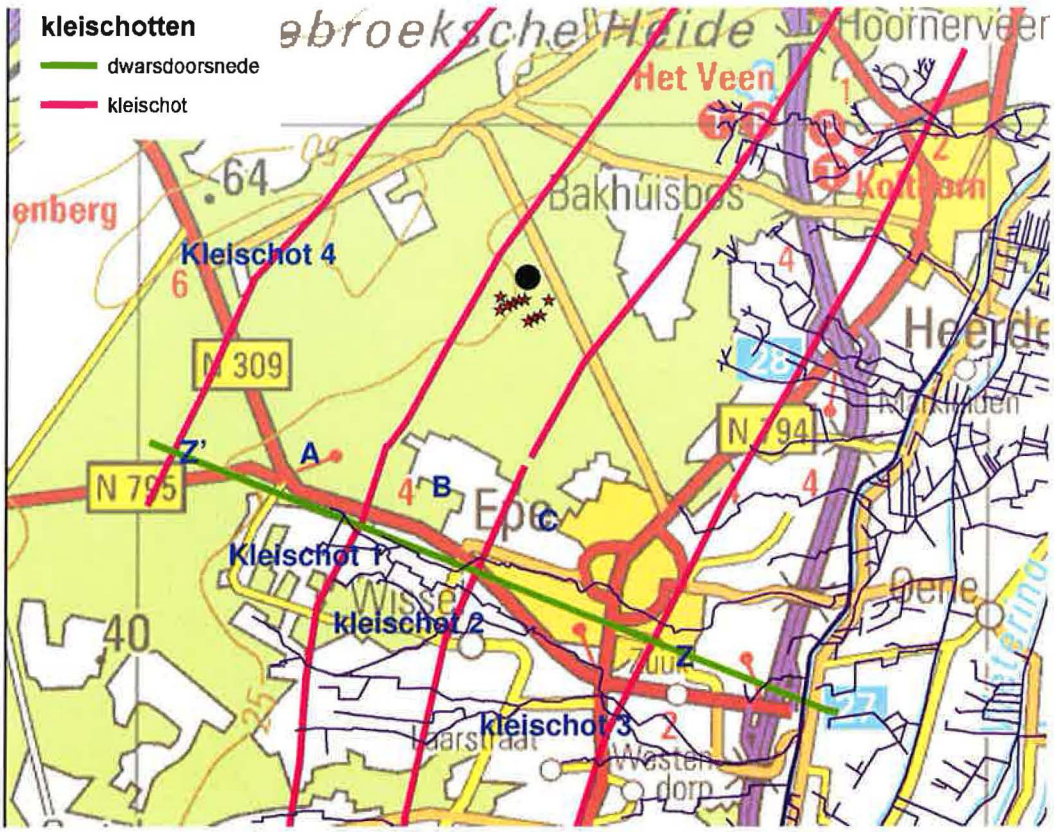
Door de anisotropie te verdelen zal de grondwaterstand meer trapsgewijs afnemen van de waterscheiding naar het IJsseldal. Op basis van de metingen is aangetoond dat op sommige plaatsen de grondwaterstand een "sprong" maakt. Een herverdeling van het doorlaatvermogen over de 3 kleischotten zal het model plaatselijk natter of droger maken maar niet netto natter. Ook blijkt uit de afbeelding dat het grondwaterstand (ter plaatse van de meest zuidelijke bollen) fors te laag berekend wordt nabij sprengen. Het lijkt logisch de weerstand van de bodem van de sprengen te verhogen.

Verwerking kleischotten in model

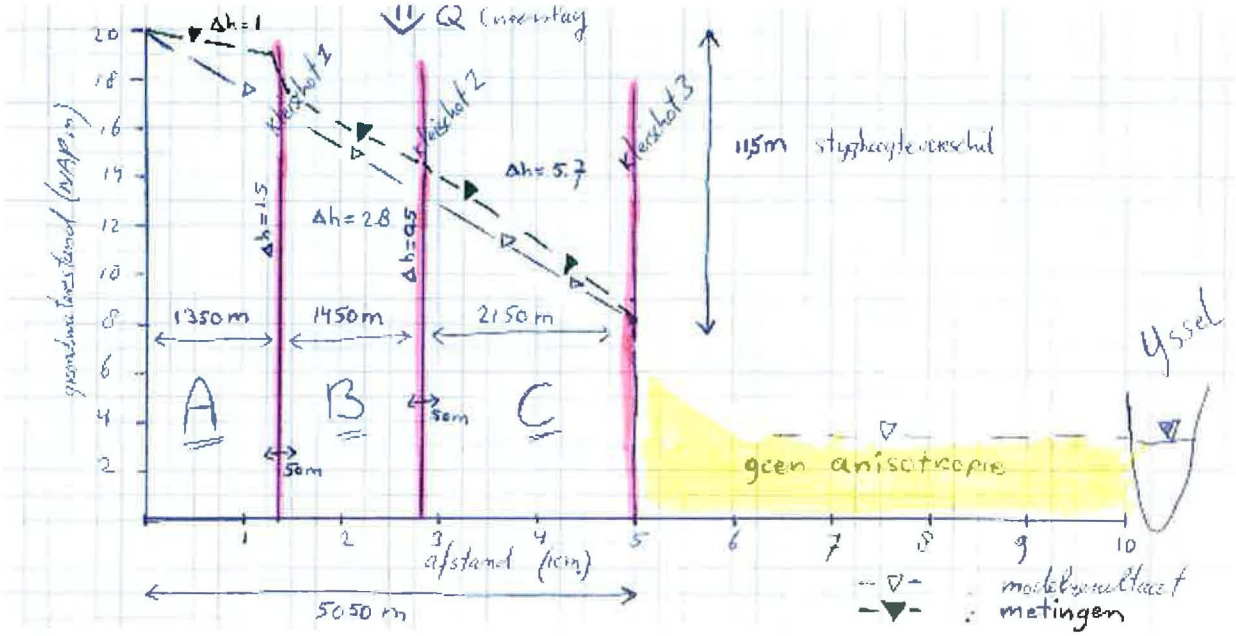
De kD van het watervoerende pakket bedraagt in het model bij het pompstation circa 3000 m2/dag. Richting het zuiden neemt de kD toe en naar het noorden af. De anisotropie in de omgeving van het pompstation bedraagt 0.08. Het doorlaatvermogen loodrecht op de kleischotten bedraagt circa 250 m2/dag. Op enkele plekken is de ligging van een kleischot aangetoond met radar en grondwaterstandmetingen. Deze kleischotten worden overgenomen in het model. Het gebied ten oosten van de waterscheiding kan nu onderverdeeld worden in 6 deelgebieden, namelijk 3 gebieden waar een kleischot ligt en 3 gebieden die daar tussenin liggen (afbeelding 3).

Afbeelding 4 geeft het dwarsdoorsnedeprofiel weer. In het dwarsprofiel is de gemeten grondwaterstand en de berekende grondwaterstand en de afstanden weergegeven. De onderstaande tabel geeft de kenmerken van de dwarsdoorsnede weer. Als er geen andere processen in het dwarsprofiel van invloed zijn dan is het verhang m.b.v. grondwateraanvulling door te vertalen naar een kD per deelgebied.

Afbeelding 3 Indeling en locatie dwarsdoorsnede Z- Z'



Afbeelding 4 Dwarsdoorsnede



	Verval	Afstand tot waterscheiding	Lengte	Wateraanvoer (Q) =afstand tot waterscheiding + 0.5 *Lengte * 0.001 m/dag
Gebied A	1 m	0 m	1350 m	0.68 m2/dag
Gebied B	2.8 m	1400 m	1450 m	2.1 m2/dag
Gebied C	5.7 m	2900 m	2150 m	4.0 m2/dag
Kleischot 1	1.5 m	1350 m	50 m	1.4 m2/dag
Kleischot 2	0.5 m	2850 m	50 m	2.9 m2/dag
Kleischot 3	Niet vastgesteld*	X	X	

* op basis van de metingen is geen duidelijk verval over dit kleischot geconstateerd, daarom is het voorstel de anisotropie bij dit kleischot niet lokaal aan te passen.

De grondwaterstand in de dwarsdoorsnede wordt echter door verschillende processen beïnvloed, namelijk 1) de winning, 2) afvoer door beken 3) afvoer naar modellaag 5 en 4) de dwarsdoorsnede loopt niet oneindig door (de kD varieert sterk in noord-zuid richting). De Q die in de bovenstaande tabel per deelgebied berekend wordt is dus een grote overschatting van de daadwerkelijke Q. Hoeveel deze overschatting is, is niet analytisch vast te stellen. Dit maakt het lastig om een kD per deelgebied te bepalen.

Met behulp van het model kan wel een gemiddelde Q bepaald worden. Dit is de Q die geldt op het punt 2525 m van de waterscheiding.

Q = 250m2/dag *(11.5 m / 5050 m) => 0.57 m2/dag Dit is de gemiddelde Q en wordt bepaald door alle bovengenoemde processen.

Deze Q wordt als basis gebruikt om voor alle deelgebieden een kD-waarde te berekenen. Het pakket is circa 100 m dik tot de scheidende laag.

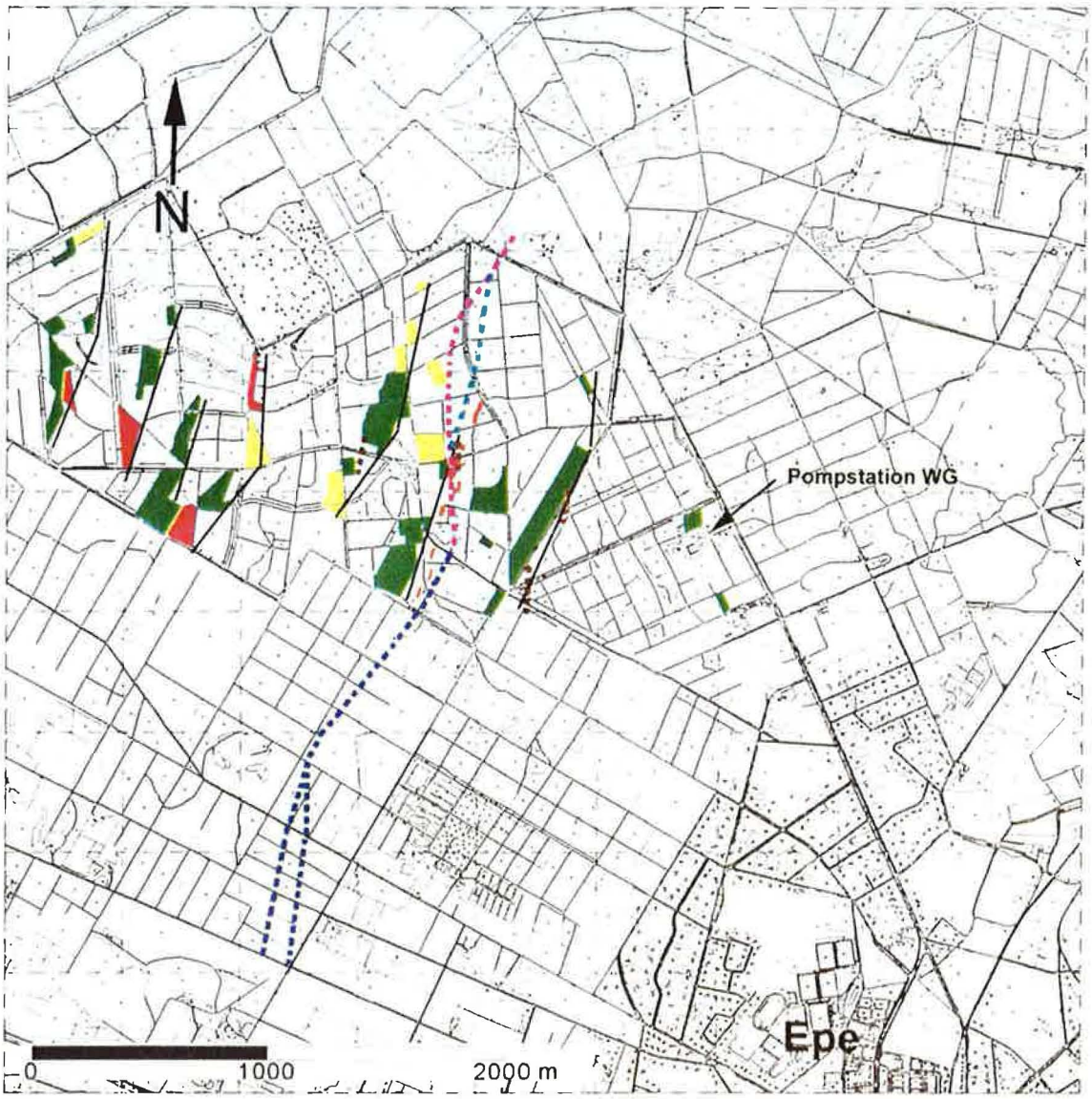
Locatie	Kd	Q = ((afstand tot waterscheiding + helft van lengte gebied)/ afstand vastgestelde Q) *Q	Verhang grondwaterstand	Afstand tot waterscheiding
Gebied A	190 m2/dag	0.14 =(1/2 *1350)/2525*Q_tot	1	1350
Kleischot 1	10 m2/dag	0.29 =(1350+ 1/2 *50)/2525*Q_tot	1.5	1400
Gebied B	233 m2/dag	0.45 =(1400+1/2 *1450)/2525*Q_tot	2.8	2850
Kleischot 2	61 m2/dag	0.61 =(2850+1/2 *50)/2525*Q_tot	0.5	2900
Gebied C	320 m2/dag	0.85 =(2900+1/2 *2150)/2525*Q_tot	5.7	5050
Gemiddelde kD voor de gebieden	260 m2/dag			

De Q is een gemiddelde waarde. De Q vormt wellicht een onderschatting voor deelgebied A, hier vind voornamelijk aanvoer plaats, het gebied ligt een kleischot stroomopwaarts van de winning en er zijn relatief nog weinig beken. Gebied C ligt benedenstrooms, hier bevinden zich meer beken wellicht is de Q hier lager. Dit zou de verschillen in kD kunnen verklaren.

Daarom is op basis van de lengte van ieder deelgebied een gemiddelde kD waarde voor de deelgebieden bepaald. De afspraak is om de onderstaande anisotropiefactor per deelgebied op te nemen en de onderstaande kD-waarden ter plaatse van een kleischot. De kleischotten worden gemodelleerd per gebied van 50 m breed (2 gridcellen).

	kD (m2/dag)	kD-model (laag 2 t/m 4) m2/dag	Anisotropiefactor (laag 2 t/m 4) m2/dag
Gebied A	260	3150	0.083
Gebied B	260	3150	0.083
Gebied C	260	3150	0.083
Kleischot 1	10	3150	1
Kleischot 2	61	3150	1
Kleischot 3	61	3150	1
Kleischot 4	61	3150	1

BIJLAGE 10 OVERLAY-FIGUUR



= grondwatersprong uit voorgaand onderzoek

= aangetoonde scheefstaande kleilagen

= leemkuilen

= verloop grondwatersprong uit geïnterpoleerd grondwaterfiguur

= verloop grondwatersprong uit geïnterpoleerd grondwaterfiguur, rekening houdend met de positie van de leemkuilen

= potentiele positie kleischotten op basis van het voorkomen van vochtminnende boomsoorten

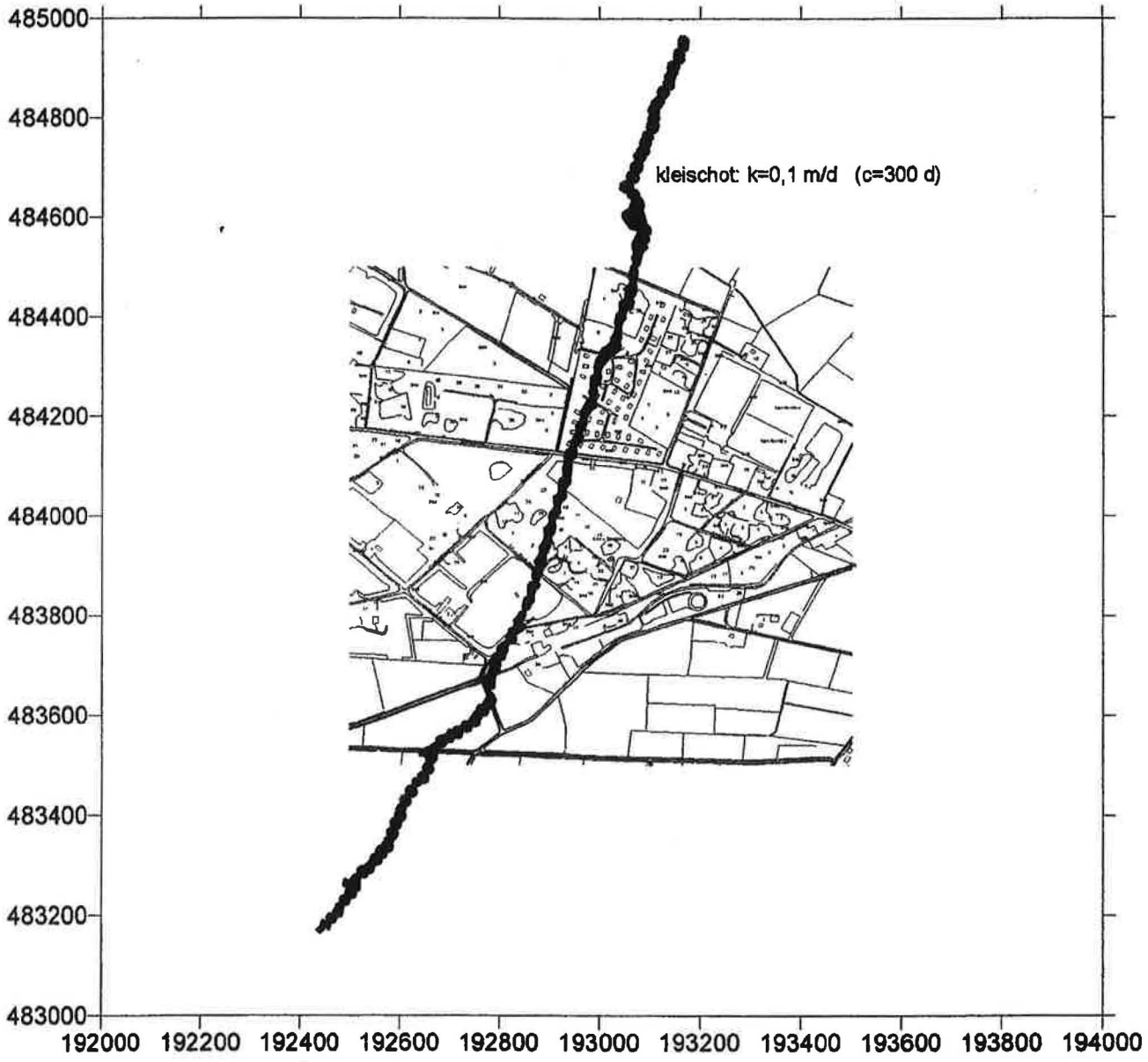
= beuk

= eik

= lariks

Figuur 4b Situering van de kleischotten

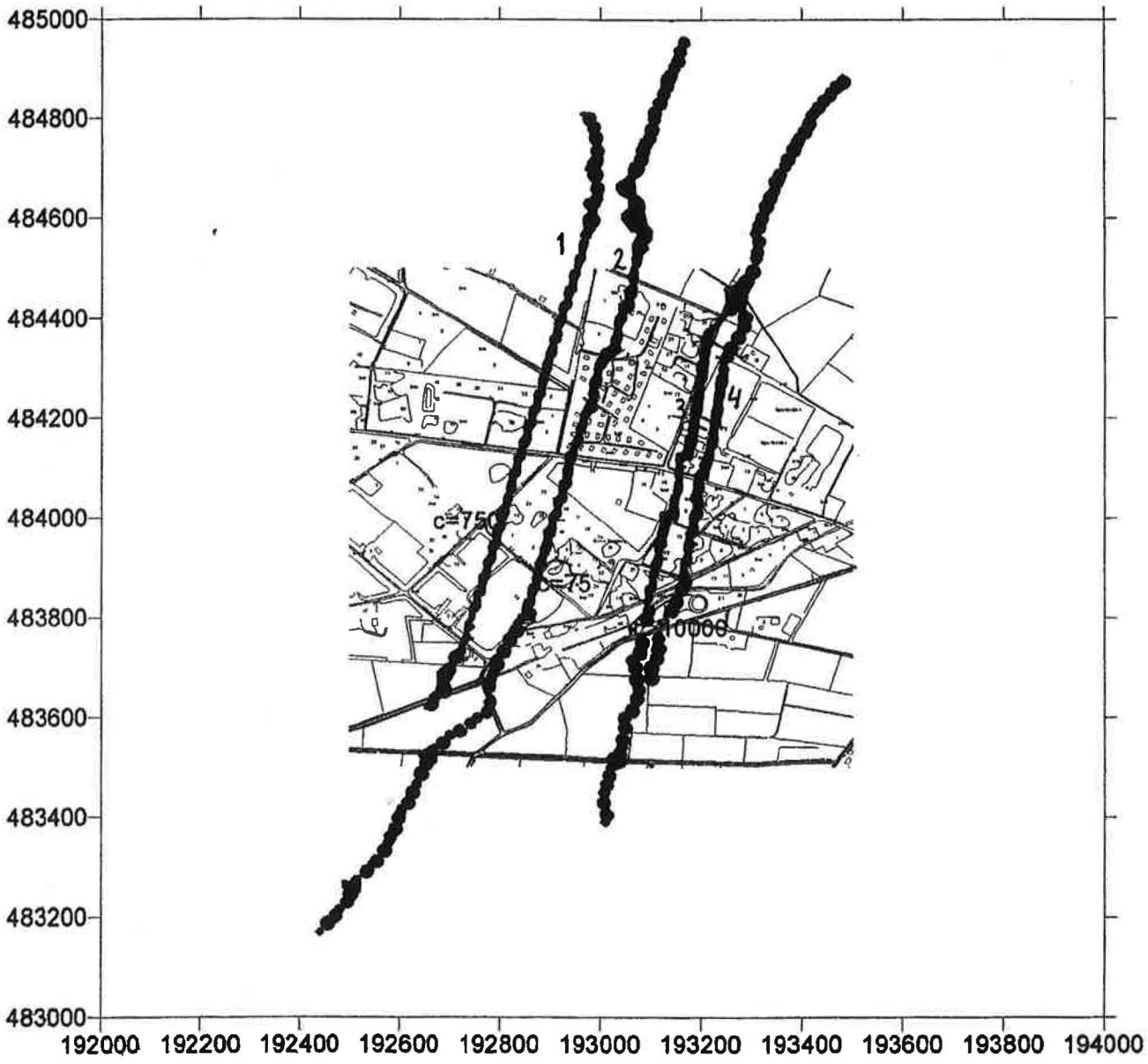
Doorlaatvermogen (kD) in hoofdrichting in modellaag 4
>100 m-mv: 500 m2/d



Figuur 4a Situering van de kleischotten

Bijlage 1.2

Doorlaatvermogen (kD) in hoofdrichting in modellagen 1 t/m 3
0 - 5 m-mv: 5 m2/d
5 - 30 m-mv: 1400 m2/d
30 - 100 m-mv: 4200 m2/d



By contrast, georadar has proved to be particularly useful for high-resolution surveying of the shallow subsurface in the Netherlands (Van Overmeeren 1994*a*). Under favourable conditions, such as those encountered in the coarse-grained push moraines with deep water tables, detailed continuous images are obtained to depths of over 40 m. The efficacy of the georadar technique will become clear in the following account of a survey performed recently in the East of the Netherlands.

The georadar survey

The survey and its objectives

The Epe well field is a water production site in one of the largest push moraines in the East of the Netherlands (Fig. 2). In 1993 georadar profiling was carried out in this area to detect inclined clay barriers and to map the water table and any sudden 'steps' in it. This was done so that the groundwater flow could be modelled to ascertain if and to what extent agriculture and nature in the area suffer from water being abstracted from the well field, and to study the feasibility of a future artificial additional recharge of the aquifer.

The georadar measurements were carried out with the newly developed high-speed pulseEKKO system (Van Overmeeren 1994*b*), towing the antennas in a carriage behind a terrain vehicle, the 'Mule' (Fig. 3). Measurements can be taken at an average speed of about 2 km/hour, allowing the area to be covered extensively in a short time. The system is triggered every 0.5 m by an electronic pulser connected to an odometer.

The water table in push moraines is often found at depths of over 30 m. To obtain georadar images at those depths 25 MHz antennas are usually required, but their

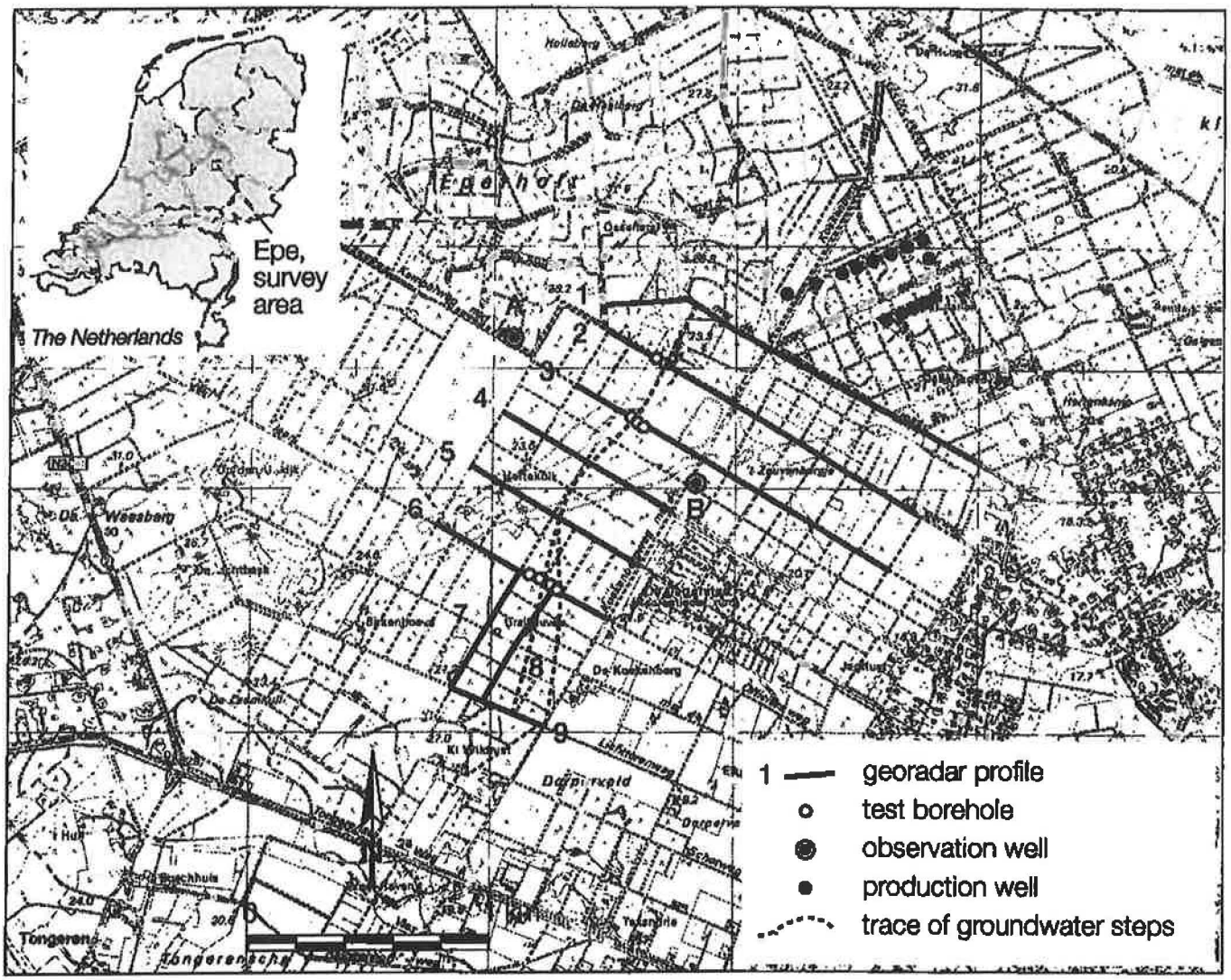
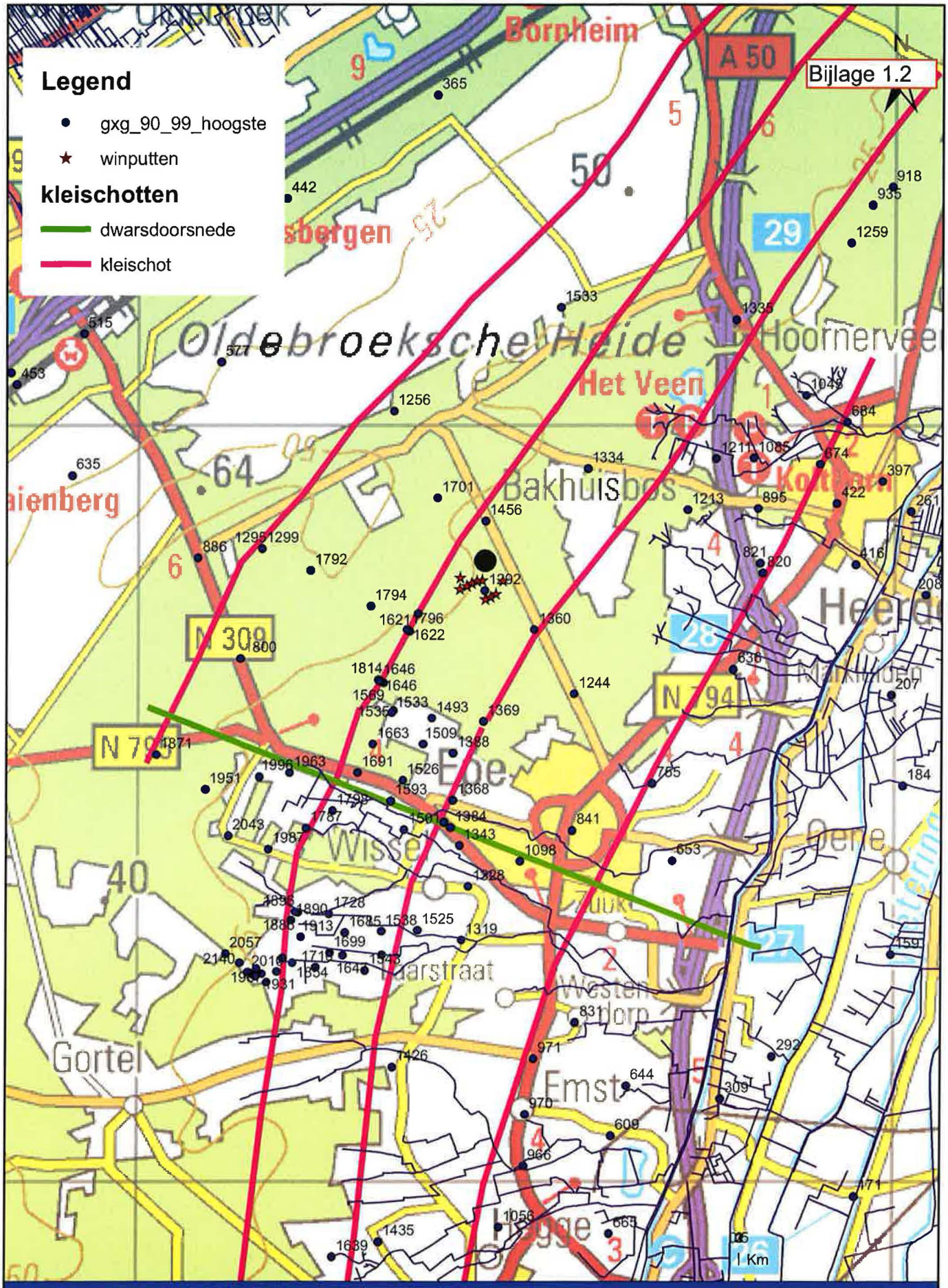


Fig. 2. Map of the area near the Epe well field showing the location of georadar profiles, shallow test wells, and traced groundwater steps.

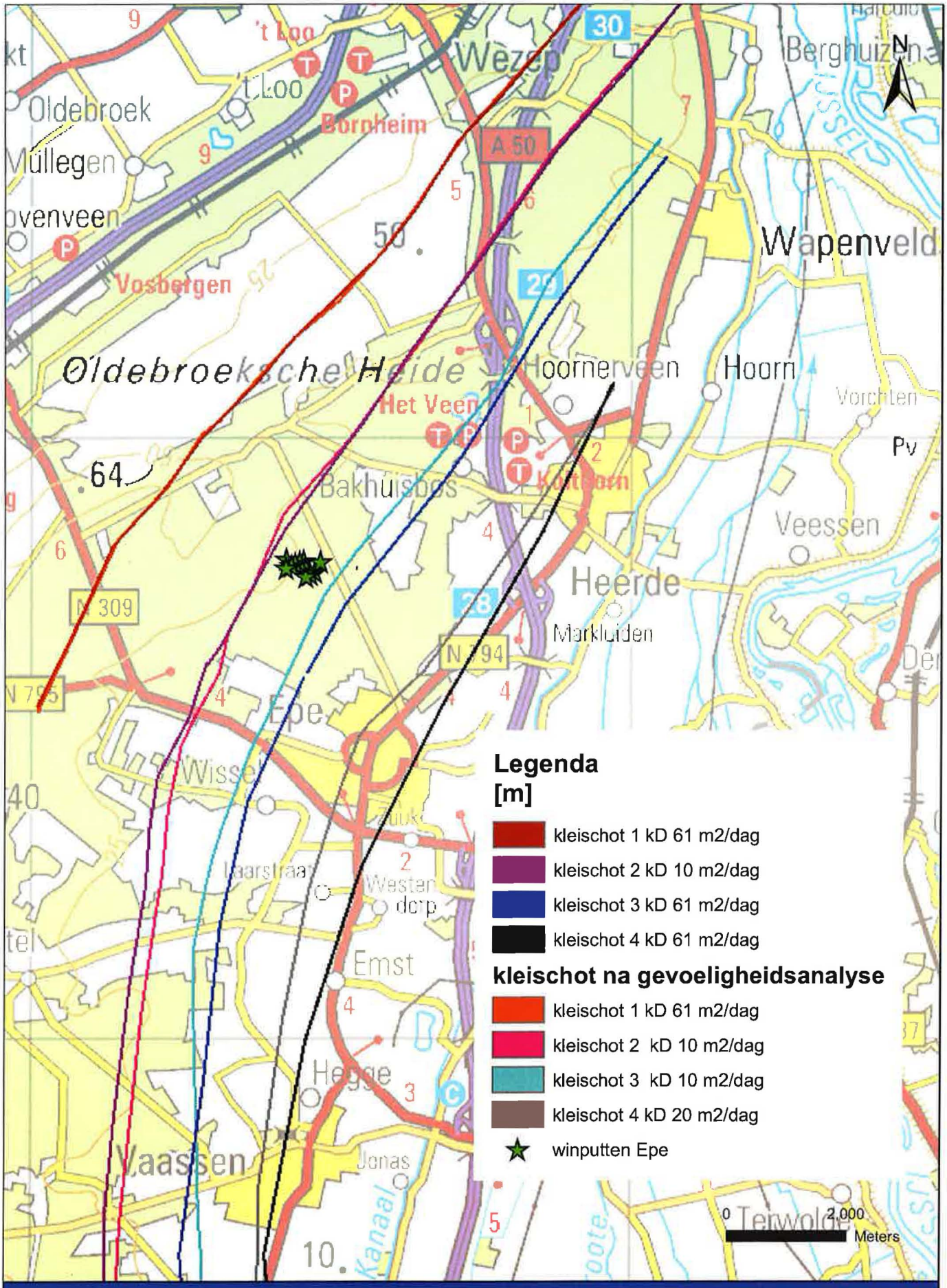


Bijlage 4:ligging kleischotten en laagste grondwaterstanden per peilbuis

Project:	Modelaanpassing infiltratievoorziening Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Bijlage 1.2

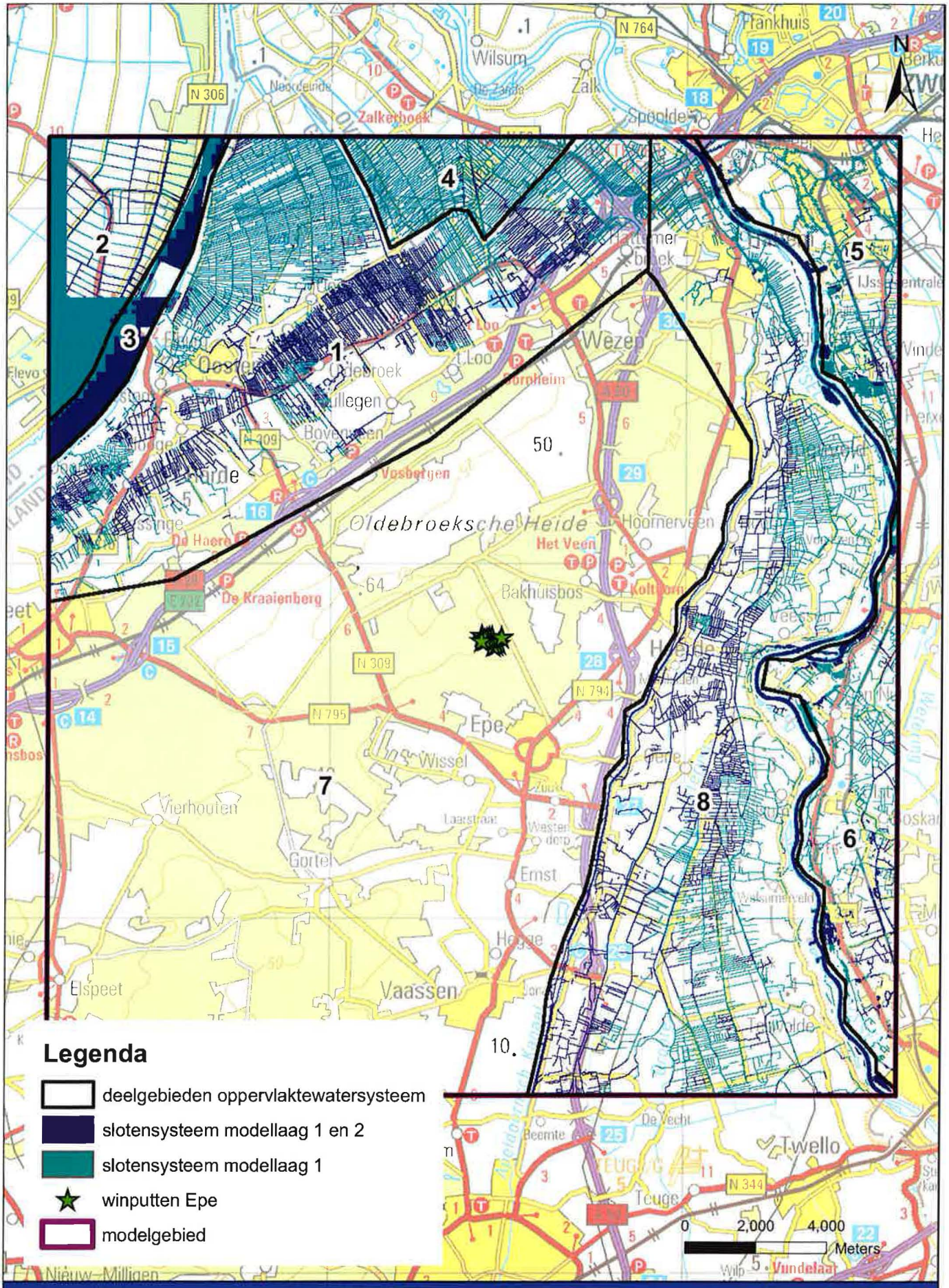
Kaartnr.:	0	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	11-10-2010	Dossiernr.:	B3466-01-001
Versie:	0	Filenaam:	bijlage_0.mxd



Bijlage 1.3 Locatie kleischotten

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

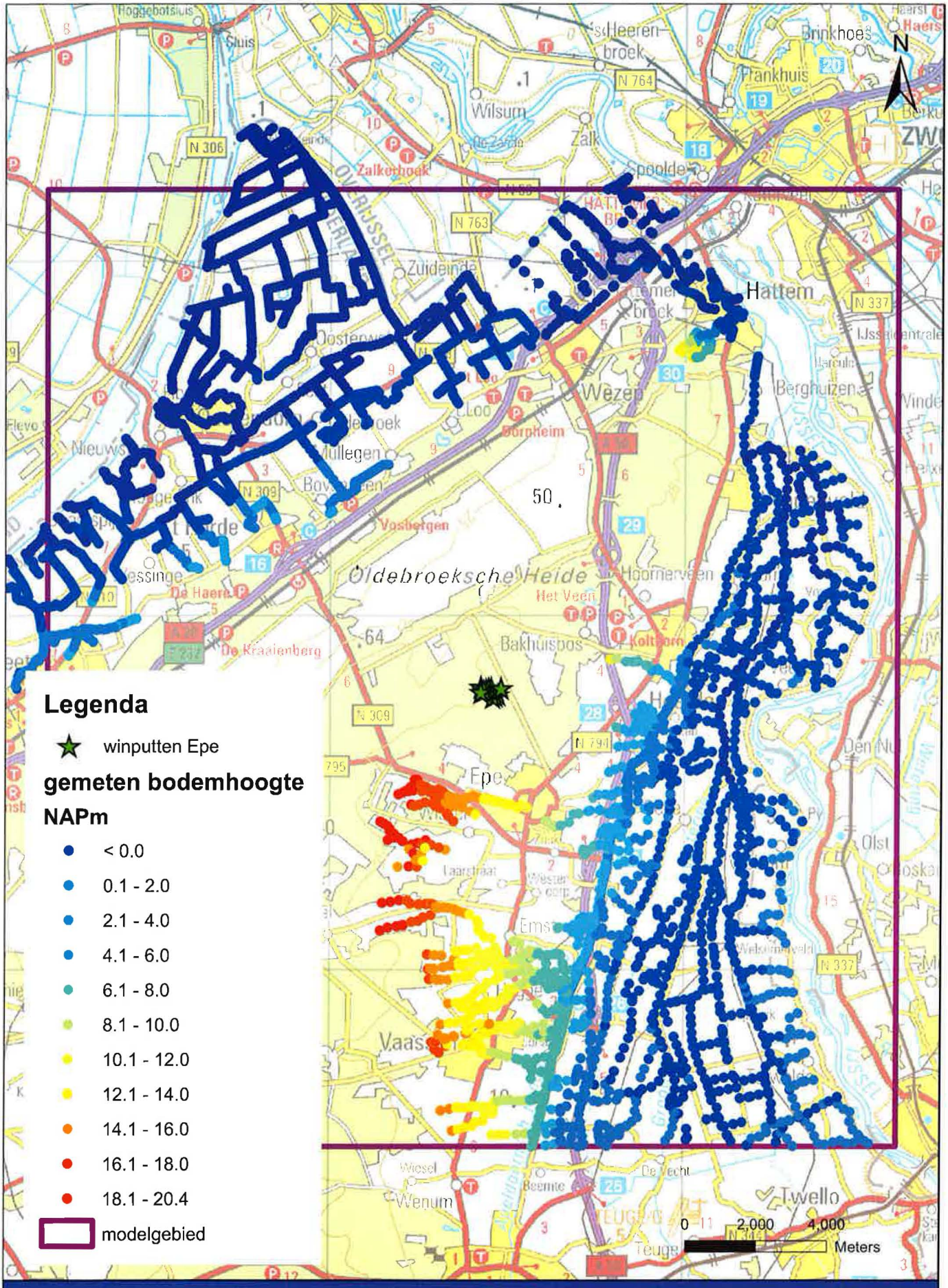
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 1.4 Slotensysteem in rivermodule modellaag 1 en 2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

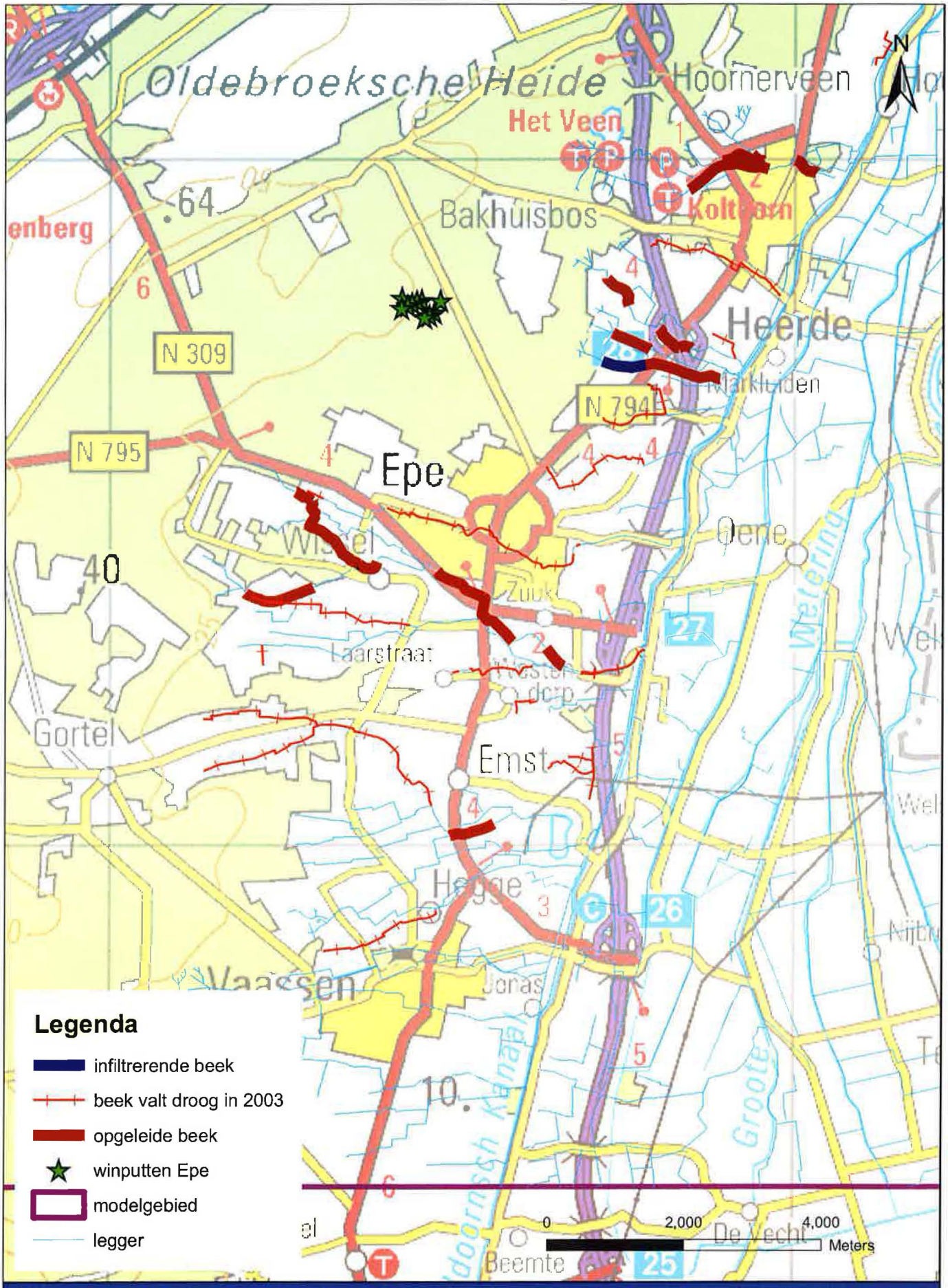
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 1.5 Bodemmetingen waterschap Veluwe

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

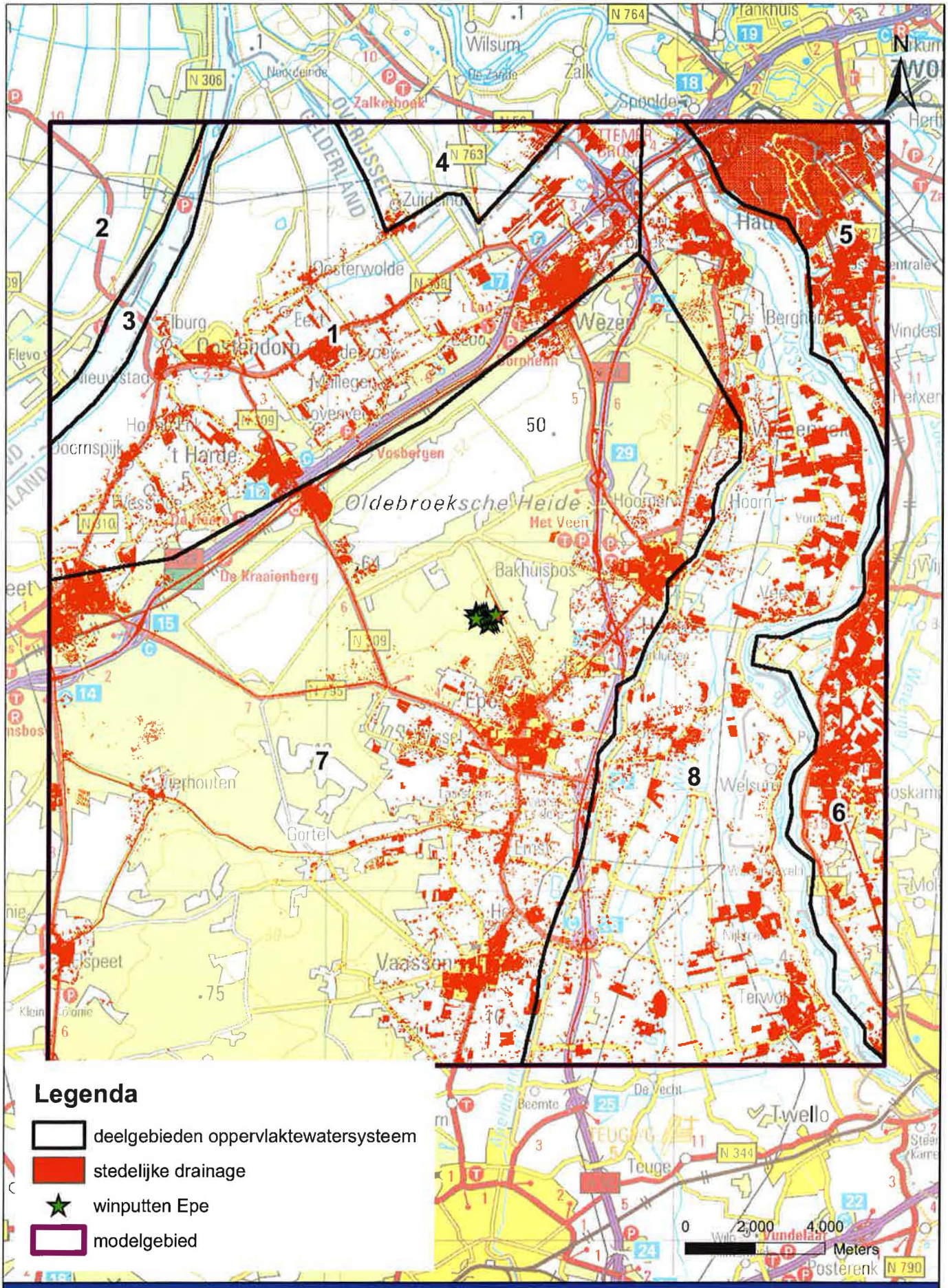
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 1.6 Informatie beken: beek infiltreert, is opgeleid of valt droog in 2003

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

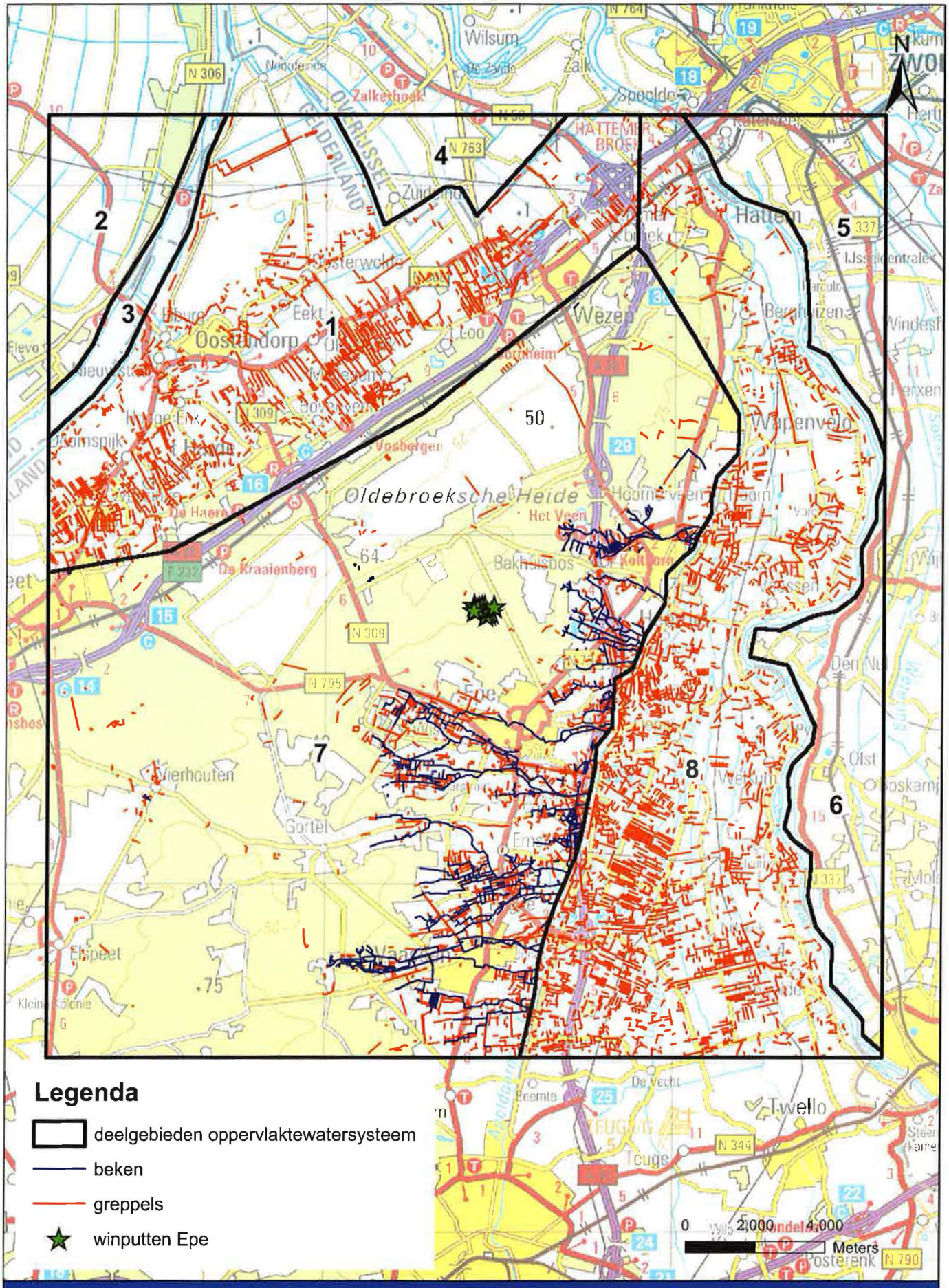
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 1.7 Stedelijke drainage, modellaag 1

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

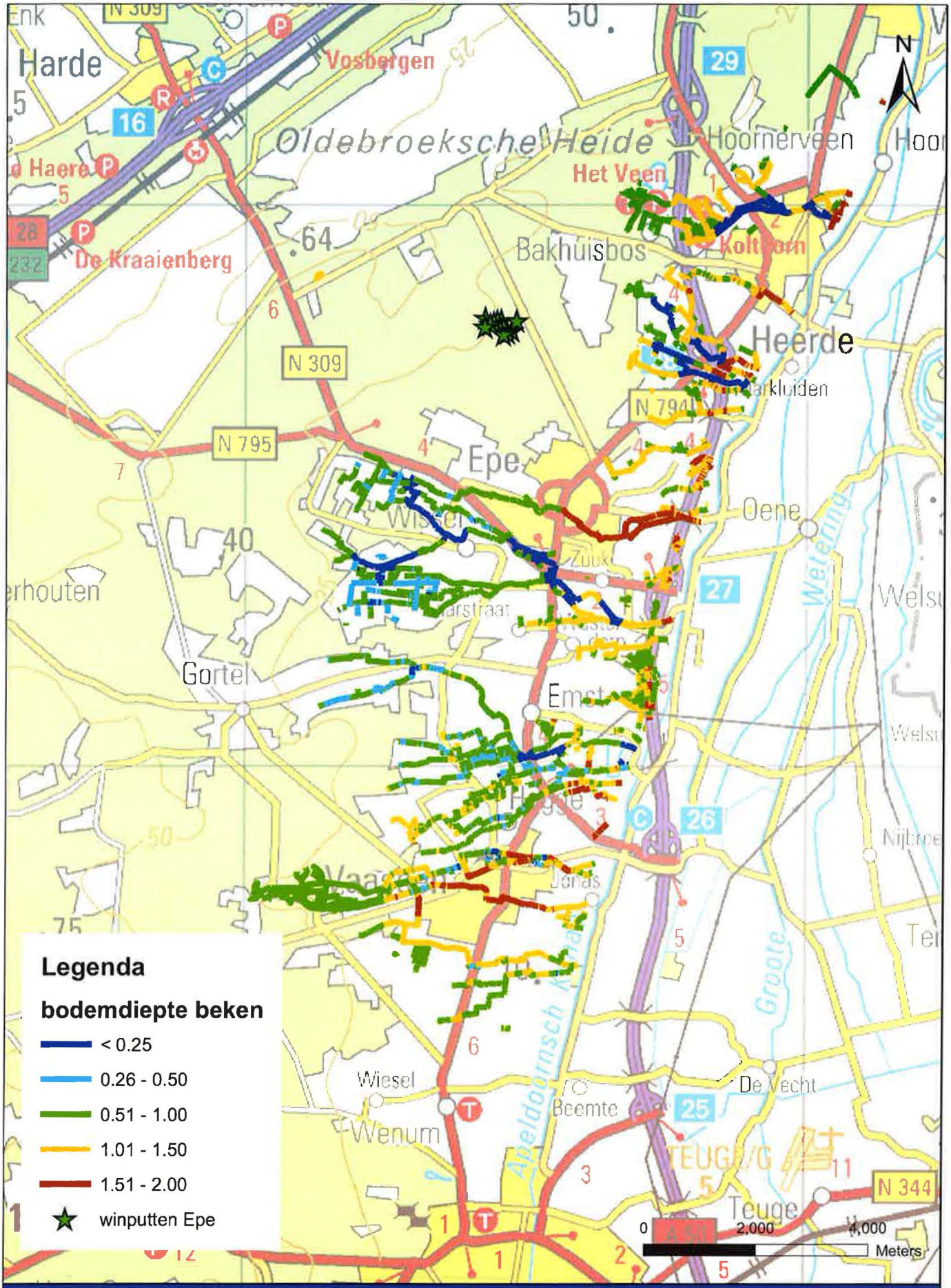
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 1.8 Greppeldrainagesysteem gebied 1, 7 en 8 en beken gebied 7

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

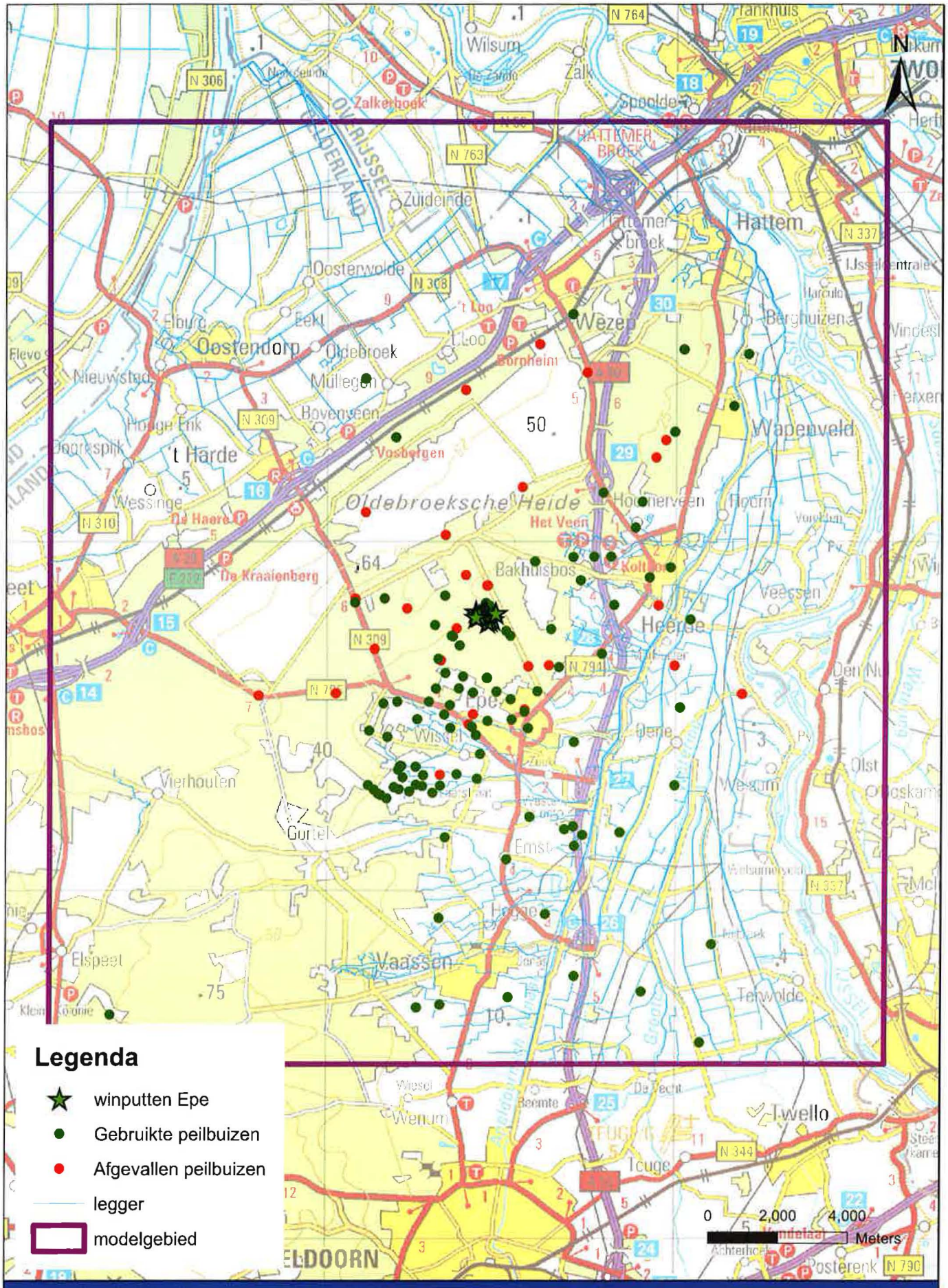


Bijlage 1.9 Bodemdiepte van de beken (m-mv)

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

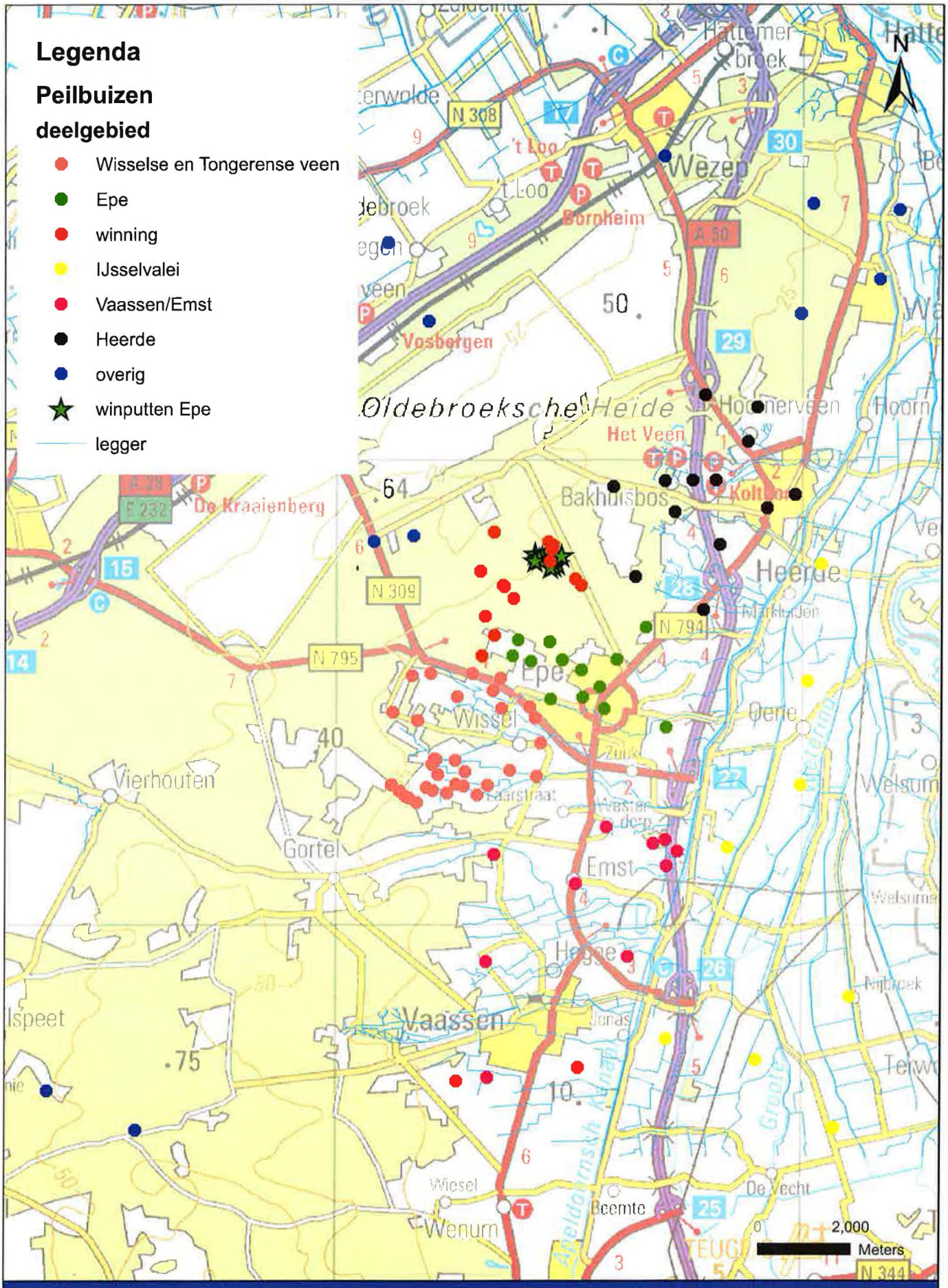
BIJLAGE 2 Locaties en gegevens ijkdataset



Bijlage 2.1 Locaties ijkdataset en afgevallen peilbuizen

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

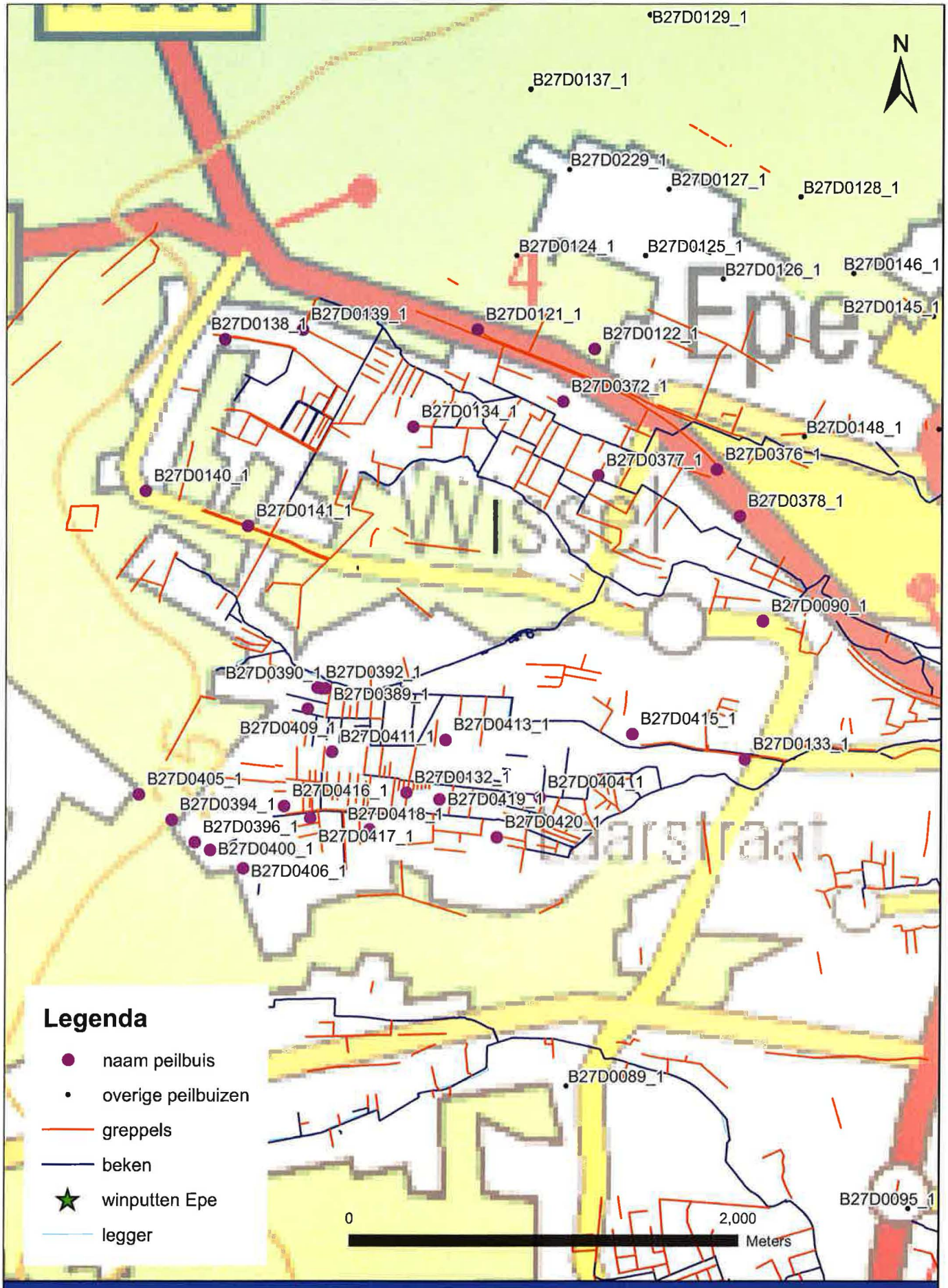
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2a Deelgebieden peilbuizen

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

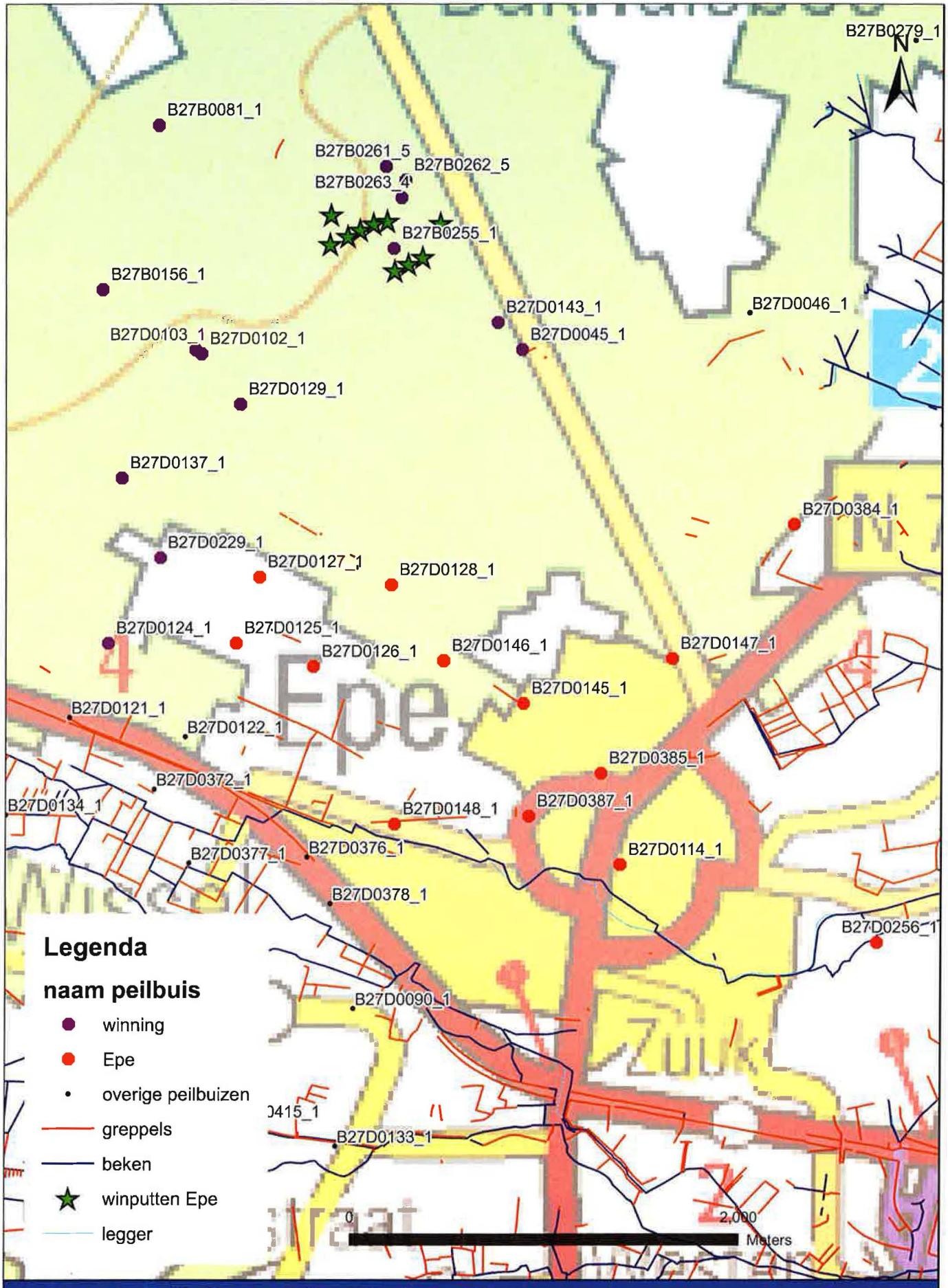
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2b Peilbuizen, rondom Wisselse en Tongerense veen

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

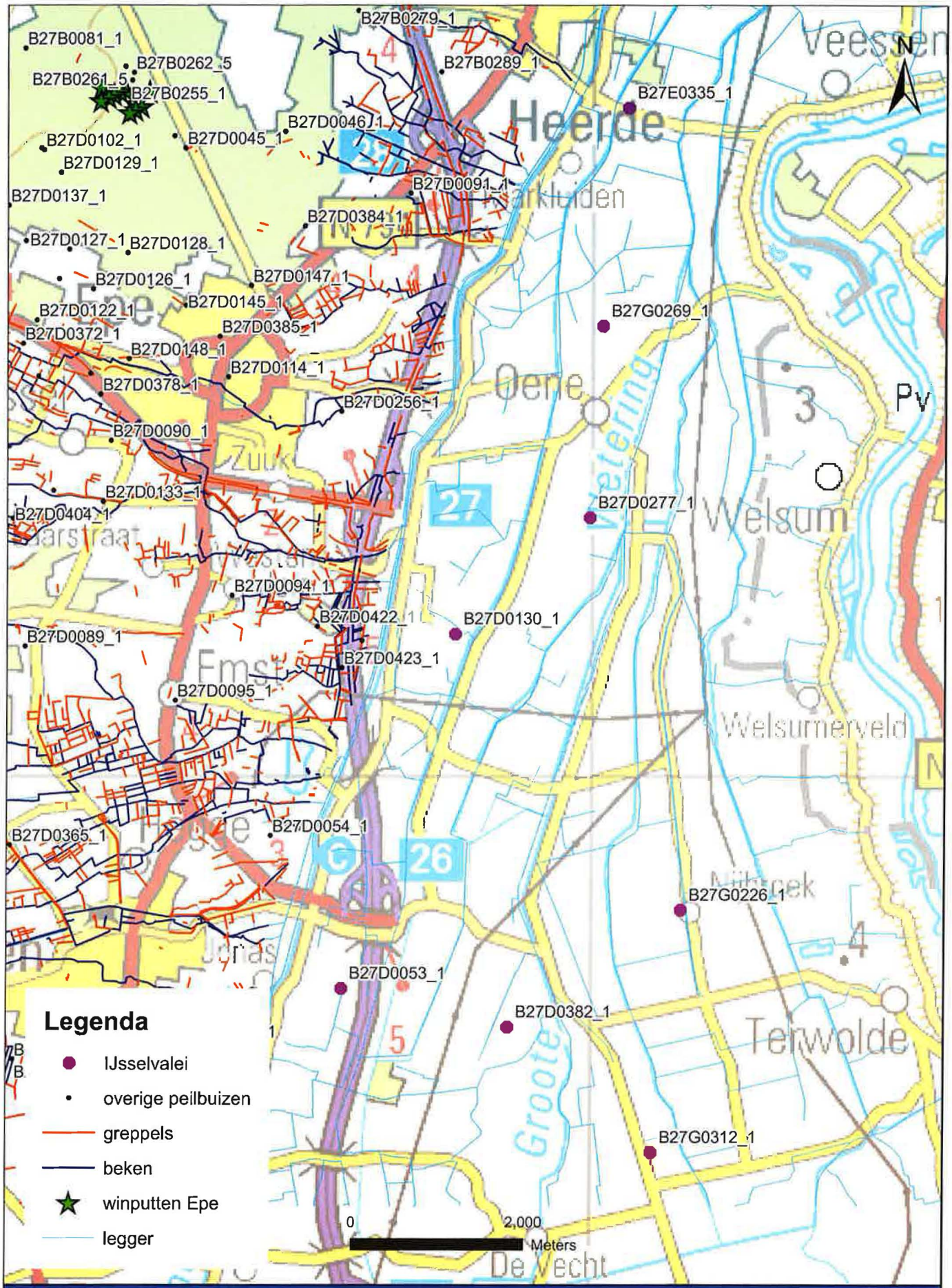
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2c Peilbuizen, rondom winning en Epe

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

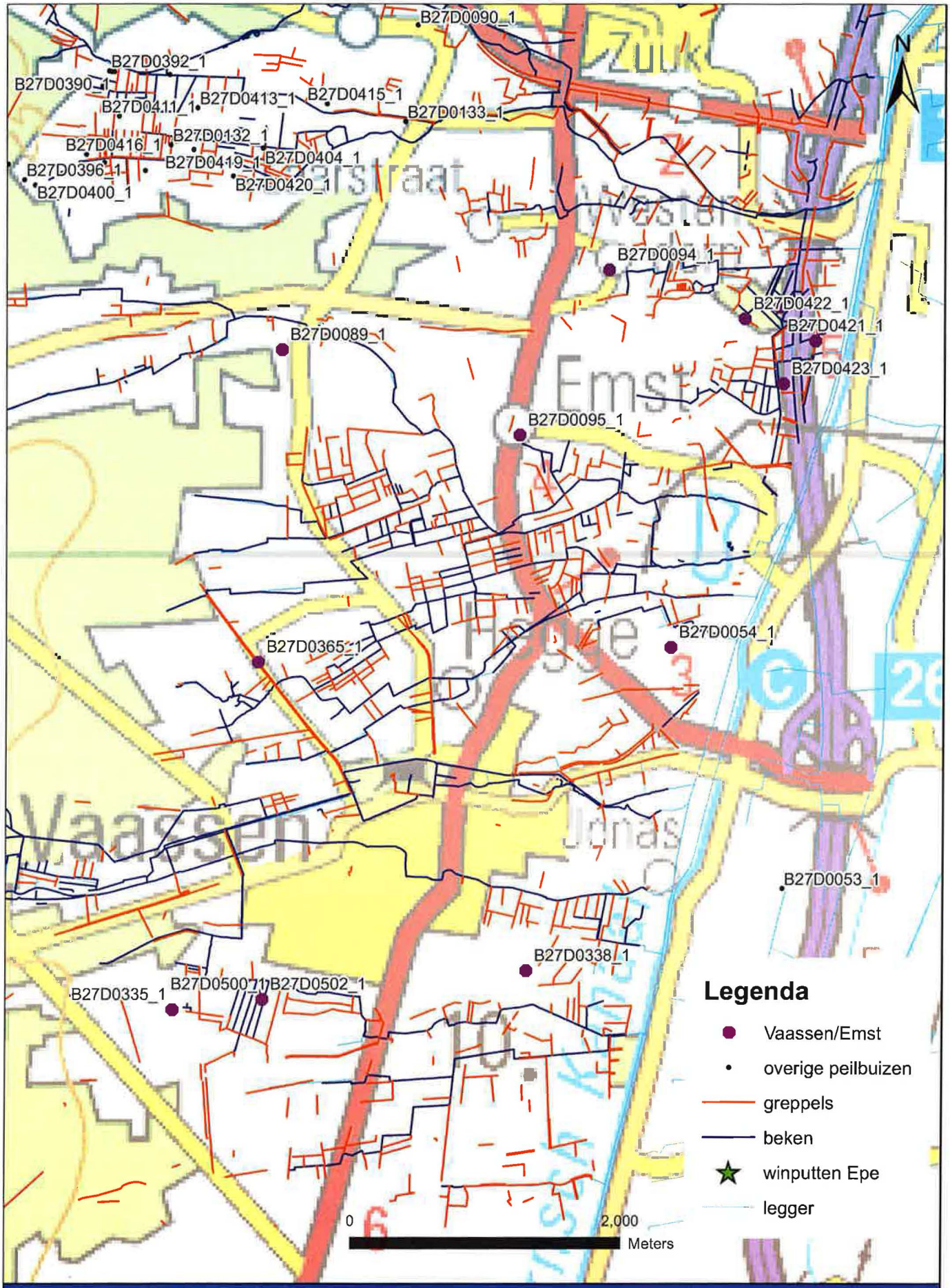
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2d Peilbuizen, in IJsselvalei

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

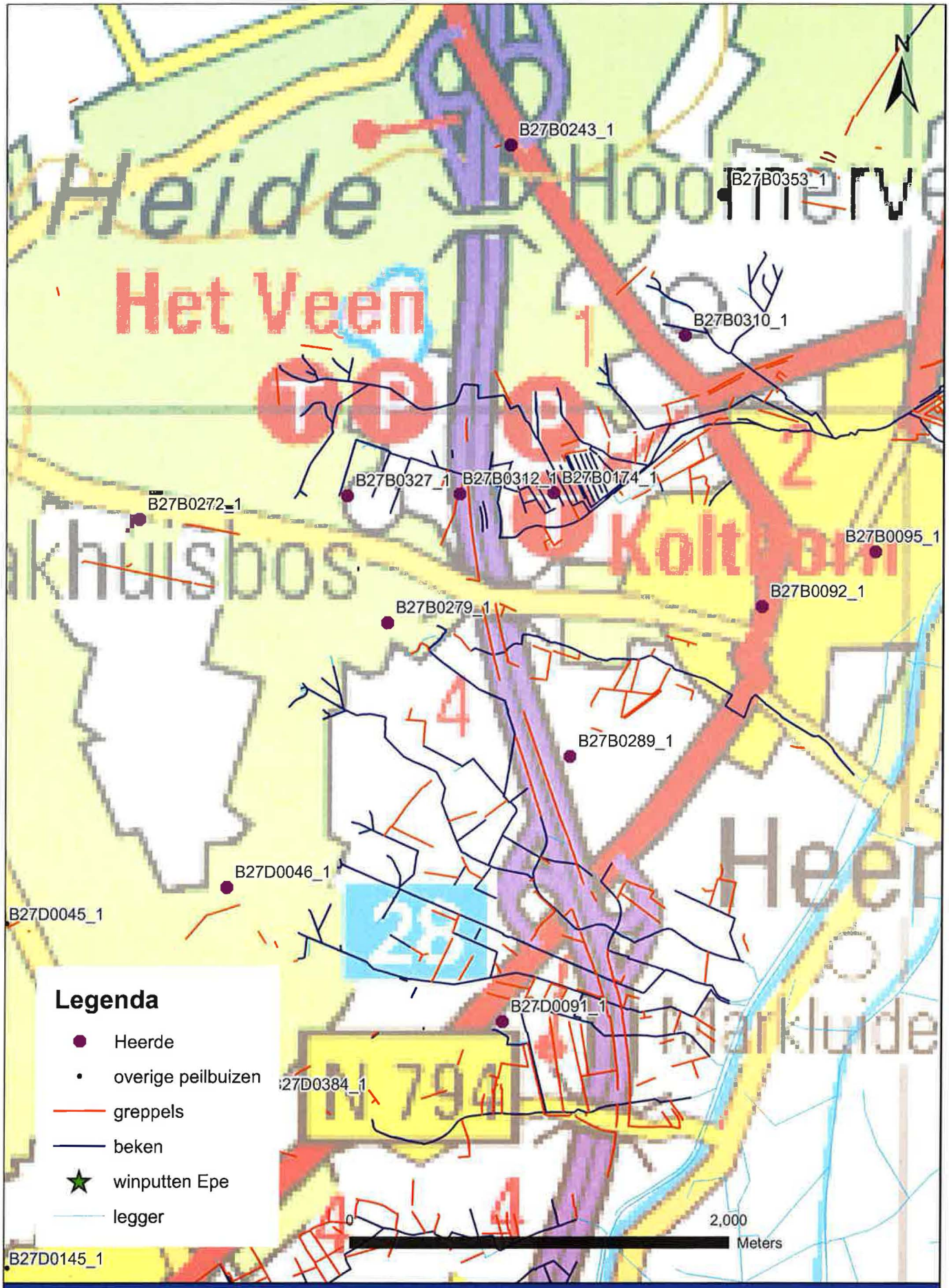
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2e Peilbuizen, rondom Vaassen/ Emst

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

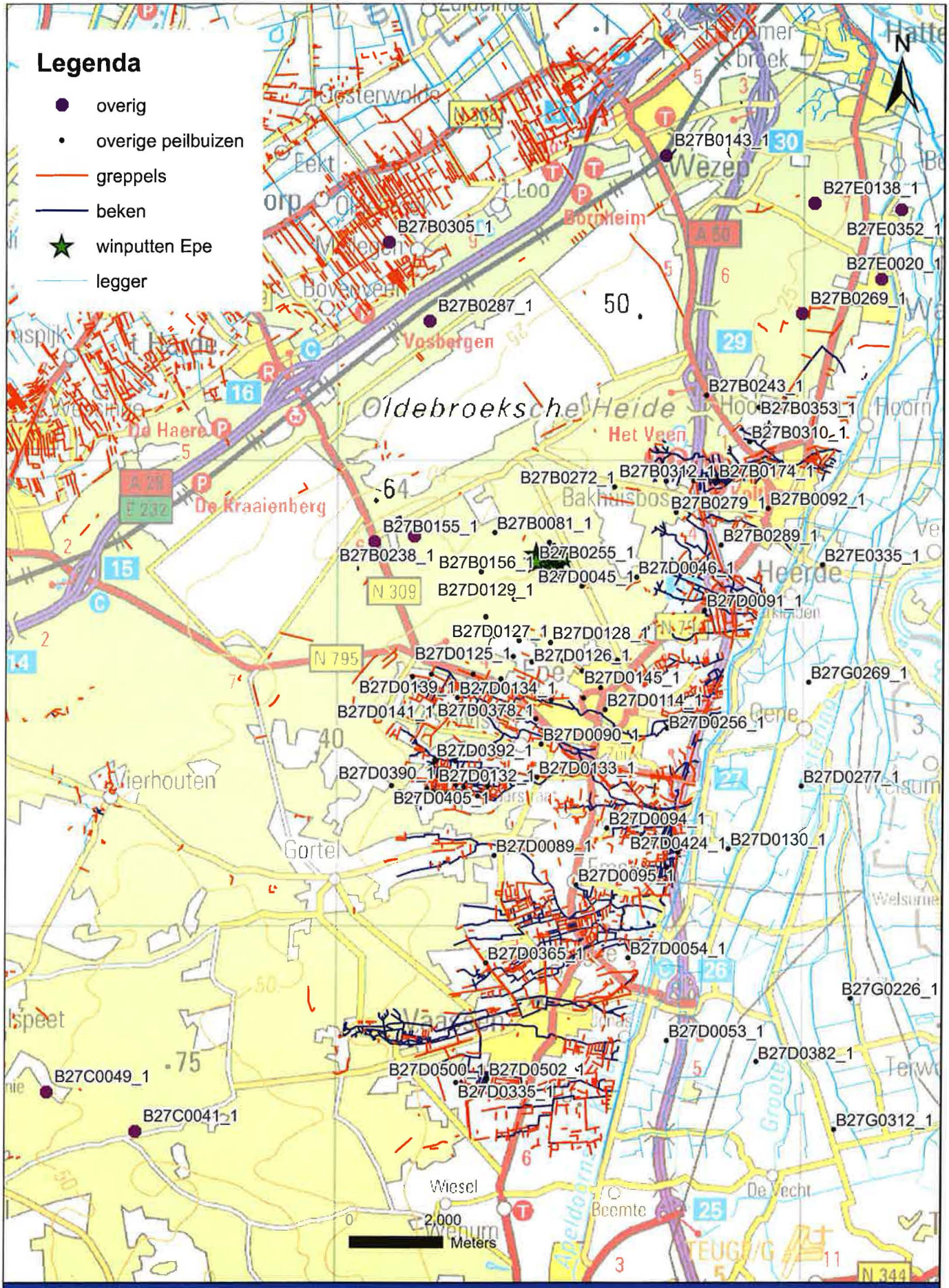
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2f Peilbuizen, rondom Heerde

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 2.2g Peilbuizen overig

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

Bijlage 2.3: Kenmerken IJkdataset

	statistiek meetreeksen						model		statistiek meetreeksen						model
peilbuisnaam	gemiddeld	hoogste	laagste	dynamiek	Xcoord	Ycoord	laag	peilbuisnaam	gemiddeld	hoogste	laagste	dynamiek	Xcoord	Ycoord	laag
B27D0417_1	18.72	18.98	18.46	0.52	192065	482890	2	B27D0421_2	5.79	5.98	5.26	0.72	197065	481825	2
B27D0394_1	22.25	23.23	21.57	1.66	191350	482880	2	B27D0145_1	13.45	14.37	12.93	1.44	195260	485470	2
B27D0406_1	19.86	20.01	19.64	0.37	191720	482630	2	B27D0422_1	6.40	6.85	5.88	0.97	196810	481740	2
B27D0409_1	19.22	19.30	18.99	0.31	192050	483450	2	B27D0146_1	13.74	14.69	13.26	1.43	194850	485690	2
B27D0420_1	15.65	15.97	15.35	0.62	193025	482790	2	B27D0148_1	13.60	14.37	13.10	1.27	194600	484850	3
B27E0352_1	1.37	2.01	0.86	1.15	202070	495370	2	B27D0140_1	20.69	21.56	20.23	1.33	191210	484570	2
B27D0396_2	20.23	20.58	19.93	0.65	191470	482765	2	B27B0255_1	15.14	16.62	13.80	2.82	194590	487810	5
B27D0400_1	20.02	20.20	19.48	0.72	191550	482725	2	B27D0141_1	20.10	20.64	19.75	0.89	191740	484390	2
B27D0415_1	15.62	16.12	15.20	0.92	193720	483320	2	B27B0255_5	7.66	8.19	7.36	0.83	194590	487810	6
B27D0412_1	17.50	18.00	17.11	0.89	192550	483535	2	B27D0138_1	20.27	21.20	19.78	1.42	191620	485350	2
B27D0416_1	19.47	19.63	19.23	0.40	191930	482950	2	B27D0137_1	18.50	19.23	18.16	1.07	193190	486630	2
B27D0418_1	17.42	18.03	17.10	0.93	192370	482830	2	B27D0139_1	19.87	20.45	19.51	0.94	192020	485400	2
B27D0419_1	16.64	16.95	16.38	0.57	192730	482985	2	B27G0269_1	2.51	3.26	2.03	1.23	200120	485230	2
B27D0396_1	20.47	20.75	20.07	0.68	191470	482765	2	B27D0103_1	18.43	19.24	18.04	1.20	193570	487290	2
B27D0404_1	15.57	15.88	15.26	0.62	193245	482995	2	B27D0102_1	17.04	17.88	16.61	1.27	193600	487270	2
B27D0404_2	15.52	15.83	15.22	0.61	193245	482995	2	B27D0423_1	5.24	5.42	4.80	0.62	197095	481260	2
B27D0405_1	21.00	21.58	20.59	0.99	191180	483010	2	B27D0372_1	16.55	17.18	16.19	0.99	193360	485030	2
B27B0263_4	15.54	17.65	14.03	3.62	194630	488070	2	B27D0423_2	5.24	5.42	4.84	0.58	197095	481260	2
B27B0263_5	15.54	17.71	14.02	3.69	194630	488070	3	B27D0376_1	14.31	14.94	13.88	1.06	194150	484680	2
B27B0261_5	16.13	17.20	15.33	1.87	194550	488230	3	B27D0377_1	15.61	16.19	15.10	1.09	193540	484650	2
B27D0389_1	19.26	19.40	18.96	0.44	192140	483555	2	B27D0378_1	13.88	14.70	13.44	1.26	194270	484440	2
B27B0262_5	16.41	19.44	14.58	4.86	194650	488160	3	B27D0229_1	16.55	17.32	16.01	1.31	193390	486220	2
B27B0353_1	11.62	12.22	11.28	0.94	199030	491130	2	B27B0272_1	15.15	15.94	14.73	1.21	195950	489420	2
B27D0389_2	19.25	19.37	18.96	0.41	192140	483555	2	B27D0129_1		17.08	15.65	1.43	193800	487010	3
B27B0327_1	13.72	14.28	13.44	0.84	197050	489545	2	B27D0121_1	17.57	18.10	17.22	0.88	192920	485400	2
B27D0390_1	19.24	19.32	18.97	0.35	192120	483555	2	B27D0122_1	16.24	17.11	15.75	1.36	193520	485300	2
B27D0143_1	14.53	15.45	14.08	1.37	195125	487430	2	B27D0413_1	16.91	17.26	16.57	0.69	192760	483290	2
B27D0384_1	11.82	12.65	11.46	1.19	196650	486390	2	B27D0124_1	17.39	18.10	17.02	1.08	193120	485780	2
B27D0385_1	10.57	11.46	10.01	1.45	195660	485110	2	B27D0125_1	16.18	17.05	15.61	1.44	193780	485780	3
B27D0424_1	5.05	5.21	4.64	0.57	197330	481575	2	B27D0382_1	2.74	3.44	2.20	1.24	199030	477080	2
B27D0387_1	12.14	12.98	11.67	1.31	195290	484890	3	B27D0126_1	14.70	15.81	14.18	1.63	194180	485660	3
B27D0421_1	5.83	6.03	5.34	0.69	197065	481825	3	B27D0127_1	16.09	16.94	15.50	1.44	193900	486120	3
B27D0147_1	11.80	12.83	11.32	1.51	196025	485700	2	B27D0128_1		15.37	13.94	1.43	194580	486080	3
B27D0411_1	19.32	19.38	19.09	0.29	192175	483230	2	B27B0238_1	13.47	14.52	13.11	1.41	191650	488360	5

Bijlage 2.3: Kenmerken IJkdataset

	statistiek meetreeksen						model
peilbuisnaam	gemiddeld	hoogste	laagste	dynamiek	Xcoord	Ycoord	laag
B27B0156_1	18.52	19.37	18.12	1.25	193090	487600	4
B27B0156_3	7.95	8.52	7.66	0.86	193090	487600	6
B27D0134_1	18.22	18.53	17.90	0.63	192590	484900	2
B27B0238_2	7.31	7.93	7.07	0.86	191650	488360	6
B27D0132_1	17.21	17.61	16.91	0.70	192560	483020	2
B27D0133_1	13.51	14.09	13.08	1.01	194300	483190	3
B27D0045_1	14.34	15.41	13.85	1.56	195250	487290	3
B27B0243_1	13.72	14.32	13.46	0.86	197910	491390	2
B27D0046_1	12.69	13.36	12.36	1.00	196420	487480	3
B27E0335_1	2.48	3.12	2.07	1.05	200410	487750	2
B27B0081_1		19.17	17.93	1.24	193380	488440	2
B27E0138_2	7.67	8.14	6.90	1.24	200220	495500	4
B27D0090_1	13.76	14.45	13.32	1.13	194390	483900	4
B27D0091_1	6.93	7.61	6.35	1.26	197880	486770	4
B27D0277_1	2.27	2.86	1.89	0.97	199970	483000	2
B27D0256_1	7.02	7.56	6.59	0.97	197080	484240	2
B27B0305_1	3.74	4.65	3.14	1.51	191100	494670	2
B27E0138_1	7.24	8.12	6.90	1.22	200220	495500	3
B27E0138_3	9.50	10.09	9.27	0.82	200220	495500	5
B27E0138_6	7.84	8.35	7.61	0.74	200220	495500	6
B27B0279_1	12.39	12.70	12.21	0.49	197265	488875	2
B27B0155_1	9.35	10.25	9.00	1.25	190800	488240	4
B27B0155_5	7.16	7.70	6.89	0.81	190800	488240	6
B27B0269_1	9.60	10.47	9.20	1.27	199960	493140	3
B27B0287_1	4.80	5.58	4.58	1.00	191970	492980	2
B27B0310_1	10.78	11.28	10.40	0.88	198830	490390	2
B27D0094_1	9.02	9.88	8.33	1.55	195810	482100	2
B27D0095_1	10.25	10.95	9.86	1.09	195150	480880	2
B27G0312_1	2.39	2.99	1.68	1.31	200710	475620	1
B27D0089_1	14.77	15.55	14.26	1.29	193390	481510	4
B27D0130_1	3.33	3.86	2.60	1.26	198410	481650	3
B27G0226_1	2.65	3.32	1.64	1.68	201040	478440	1
B27G0226_2	2.34	2.91	1.55	1.36	201040	478440	2
B27D0335_1	17.89	18.51	17.51	1.00	192590	476630	2

	statistiek meetreeksen						model
peilbuisnaam	gemiddeld	hoogste	laagste	dynamiek	Xcoord	Ycoord	laag
B27D0338_1	8.91	9.67	8.24	1.43	195210	476920	2
B27D0365_1	15.07	15.89	14.67	1.22	193220	479200	2
B27D0053_1	4.13	4.69	3.73	0.96	197100	477530	3
B27D0054_1	7.21	7.74	6.79	0.95	196270	479310	3
B27D0054_2	6.64	7.17	6.22	0.95	196270	479310	4
B27D0500_1	14.19	14.38	13.89	0.49	193257	476707	2
B27D0502_1	14.16	14.45	13.93	0.52	193259	476707	2
B27C0049_1	16.58	17.44	15.90	1.54	183760	476425	4
B27C0041_1	21.95	22.90	21.13	1.77	185680	475580	4
B27C0049_3	16.83	17.49	15.97	1.52	183760	476425	5
B27B0312_1		13.12	12.27	0.85	197645	489555	2
B27B0095_1		5.20	4.11	1.09	199840	489250	5
B27B0174_1	11.15	11.35	10.89	0.46	198140	489560	3
B27E0020_1	2.37	2.99	1.79	1.20	201650	493880	4
B27B0092_1		5.79	4.60	1.19	199240	488960	4
B27B0289_1		10.08	8.26	1.82	198230	488170	2
B27D0392_1	19.34	19.41	19.06	0.35	192100	483560	2
B27C0041_4	22.02	22.71	21.14	1.57	185680	475580	5
B27D0114_1	9.07	9.87	8.47	1.40	195760	484640	4
B27B0143_1	2.36	3.18	1.92	1.26	197029	496511	2

BIJLAGE 3 Resultaten uitsnedemodel en gevoeligheidsanalyse

Bijlage 3.1 Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheid van het uitsnedemodel voor de diverse parameters is verkend door de onderstaande veranderingen in de parameters toe te passen (tabel 6). In de genoemde bijlage (3.2a t/m 3.2j) wordt het verschil van de stijghoogte in laag 2 gepresenteerd ten opzichte van de modelrun zonder gevoeligheidsaanpassing en de afwijking van de nieuw berekende stijghoogte voor de lagen 2, 3 en 4 ten opzichte van de ijkdataset.

Tabel 6 Gevoeligheidsanalyse

Modelrun	Aanpassing parameter	Resultaat	Gemiddelde verschil met meting laag 2	Gemiddelde verschil met meting laag 4	Bijlage
08det	Uitsnedemodel	Behalve in Epe stijghoogte 50-150 cm te laag, in Epe 50-150 cm te hoog	0.33	-0.79	3.2a
09bas	Veluwemodel 250*250 m	Ter plaatse van beken is het model globaal 50-100 cm te nat			3.2b
88det	Anisotropie ongewijzigd t.o.v. Veluwemodel	langs de flanken van de Veluwe wordt de gemeten stijghoogte beter benaderd	0.21	-0.75	3.2c
09det	kD laag 2, 3, 4 en 5 gedeeld door 2	Verhoging van de stijghoogte, de stijghoogte wordt overal te nat berekend	-0.14	-1.48	3.2d
10det	Berging laag 1 0.15 i.p.v. 0.25	Geen effect op gemiddelde stijghoogte	0.36	-0.76	3.2e
11det	Weerstand beken *3	Vooral een verhoging van de grondwaterstand rondom Epe	0.10	-0.89	3.2f
12det	kD ter plaatse van kleischotten 10 * zo laag	Vooral hoog op de Veluwe neemt de stijghoogte toe	0.42	-0.84	3.2g
13det	Anisotropiefactor tussen kleischotten 2 * zo klein	Tussen de kleischotten neemt de stijghoogte toe circa 50-100 m	0.16	-0.85	3.2h
14det	Bodem beken + 30 cm	Ter plaatse van beken stijghoogte neemt 10 – 20 cm toe	0.19	-0.87	3.2i
15det	c-waarde laag 3 * 30	Langs de flanken van de Veluwe neemt de stijg-hoogte toe, weinig effect in gebied rondom Epe	0.11	-1.00	3.2j

Samenvatting gevoeligheidsanalyse
Het Veluwemodel is gemiddeld te nat. Het model berekent vooral bij de vrij afwaterende beken te hoge grondwaterstanden. In het hogere gedeelte van de Veluwe is het model te droog.

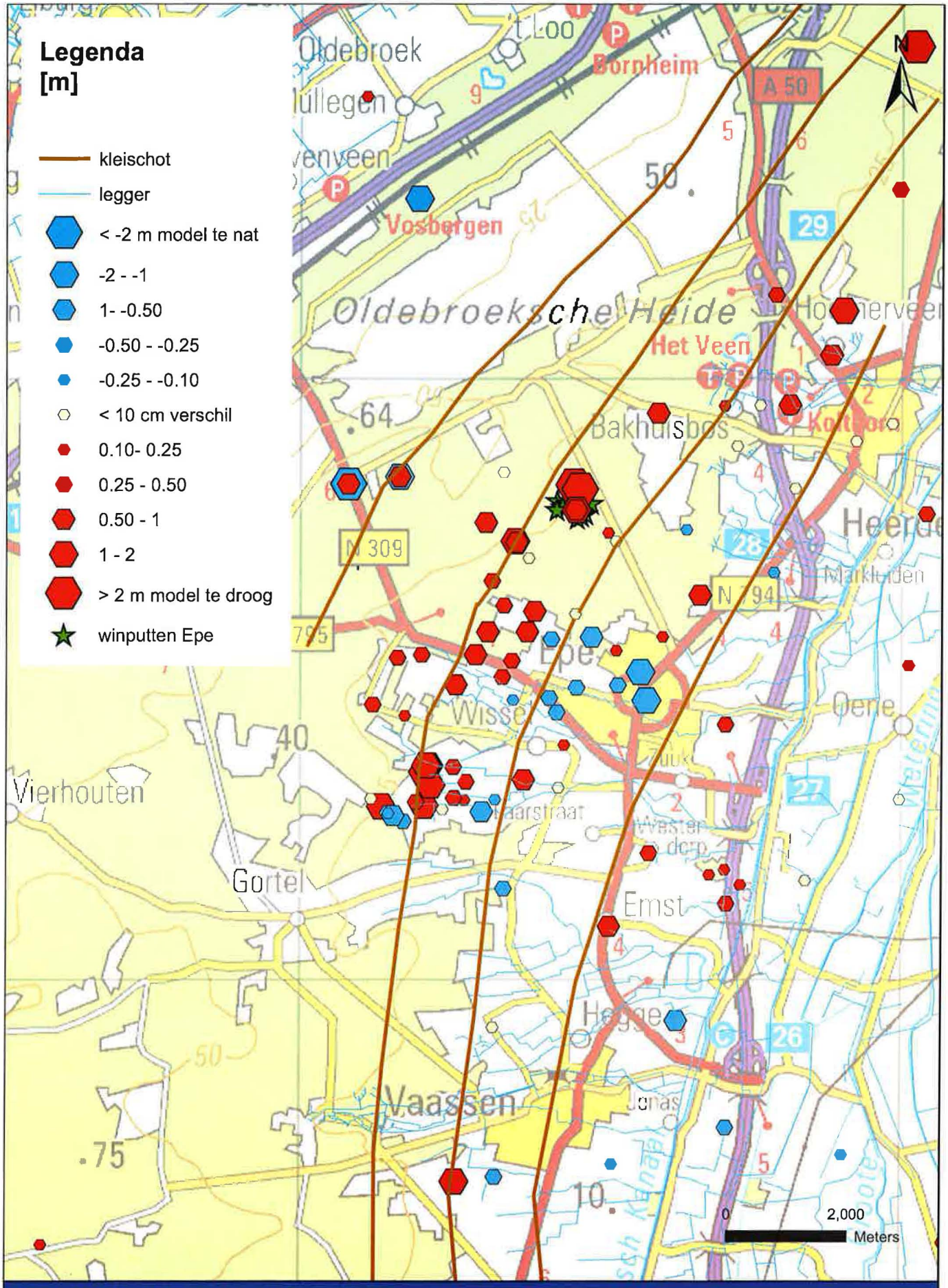
De versie van het model waarin ten opzichte van het Veluwemodel alleen het oppervlaktewatersysteem is verbeterd (model 88det) is ter plaatse van de beken beduidend beter. De berekende grondwaterstanden in de bebouwde kom van Epe zijn nog enigszins te nat, maar beduidend minder dan het Veluwemodel. In de gebieden waar het Veluwemodel te lage grondwaterstanden berekende (het hogere gedeelte van de Veluwe) wordt de afwijking echter groter.

In de overige modellen zijn de kleischotten gedetailleerd ingevoerd, zoals afgesproken (zie bijlage 1.2) en is de anisotropiefactor in de gebieden tussen de kleischotten enigszins verlaagd. Het effect van het inbrengen van discrete kleischotten (model uitsnedemodel) is dat er over de kleischotten een potentiaalverschil wordt berekend, dat op een aantal plaatsen ook is gemeten. Het uitsnedemodel wordt daar dus beter. Uit het resultaat van het uitsnedemodel blijkt verder dat het uitsnedemodel nu in een groter gebied te lage grondwaterstanden berekent. De afwijking is het grootst in gebieden net ten oosten van een kleischot.

Door het doorlaatvermogen te verkleinen (bijlage 3.2 d) of door de totale anisotropiefactor tussen de kleischotten te verkleinen (bijlage 3.2 h) worden de grondwaterstanden op de Veluwe hoger. Vlakbij de winning leveren deze verandering verlaging van de berekende grondwaterstanden op. Dit houdt in dat de grondwaterstand hoger op de Veluwe beter benaderd kan worden. Dit houdt echter ook in dat de grondwaterstand in Epe stijgt.

Het verminderen van de doorlatendheid van de kleischotten (bijlage 3.2 g) heeft ook gevolgen voor de berekende grondwaterstand. Bovenop de Veluwe worden de grondwaterstanden fors hoger en langs de flanken, vooral stroomafwaarts van de kleischotten lager.

Het aanpassen van de drainageweerstand van de beken (bijlage 3.2 f) zorgt ervoor dat in de directe omgeving van oppervlaktewater de grondwaterstand gering stijgt. Dit heeft een gering gunstig effect voor het gebied hoger op de Veluwe maar een negatief effect voor de grondwaterstand berekend in Epe.

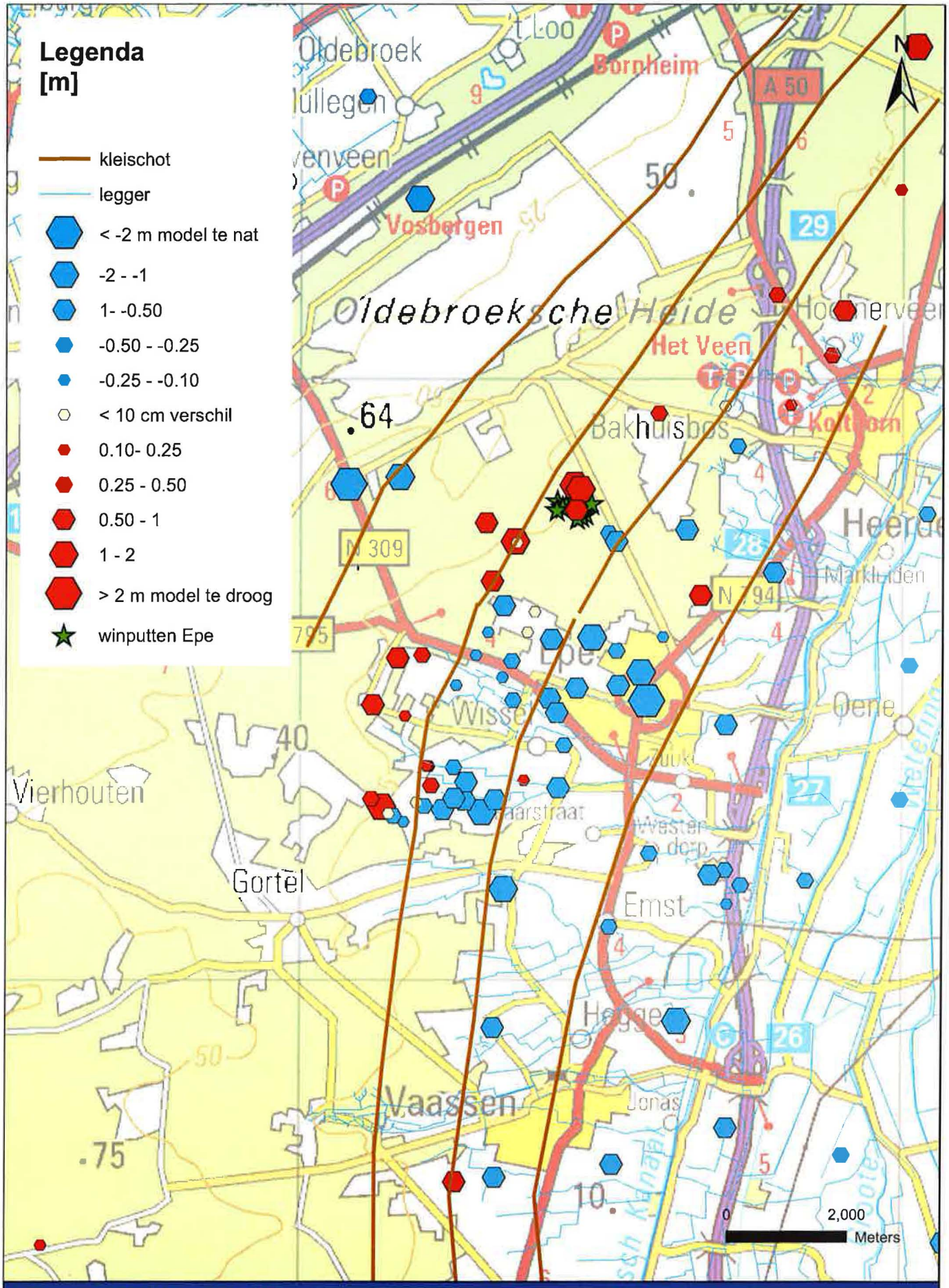


Bijlage 3.2a Uitsnedemodel

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) tussen modelresultaat en meting

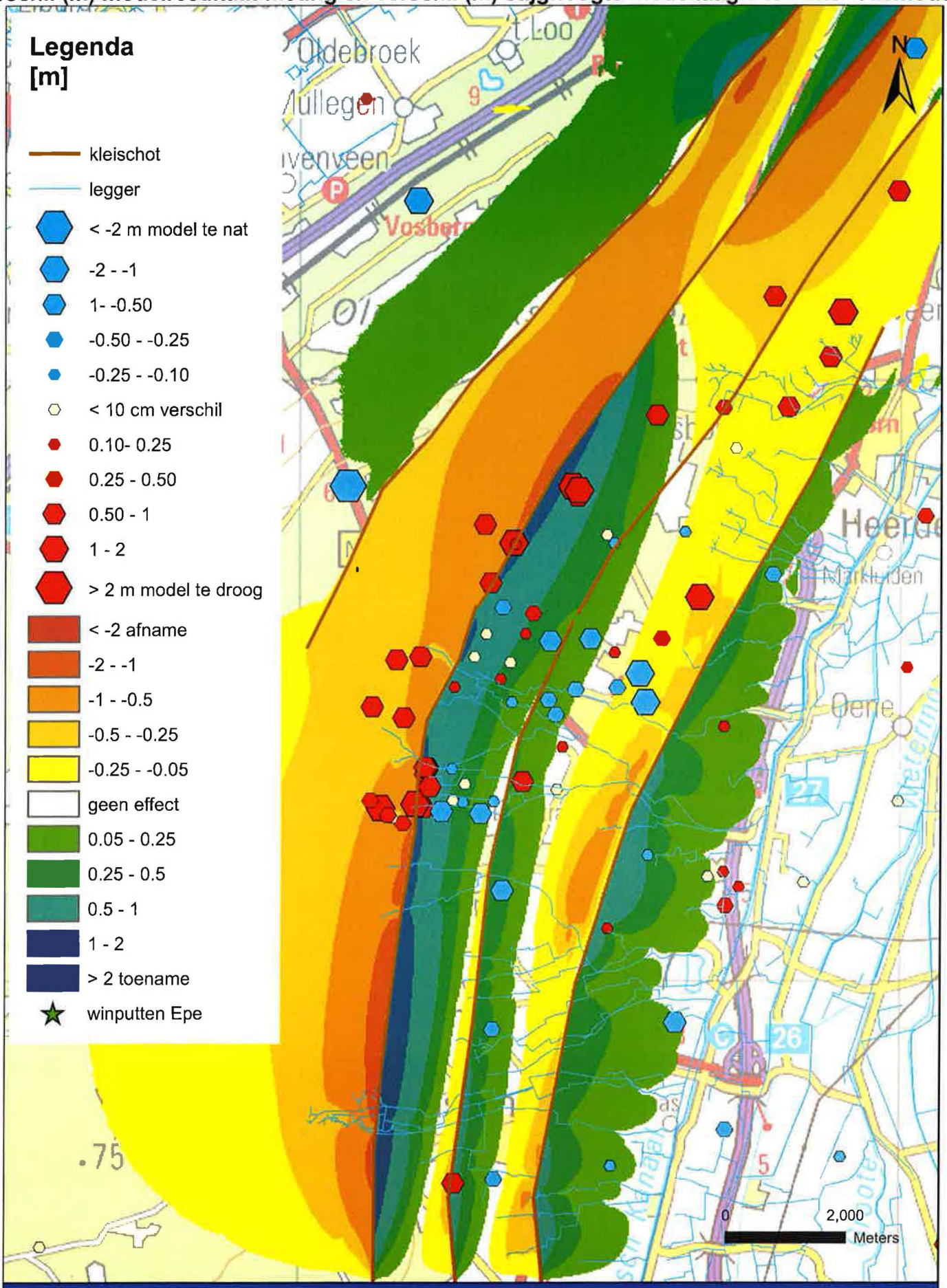


Bijlage 3.2b Veluwemodel

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

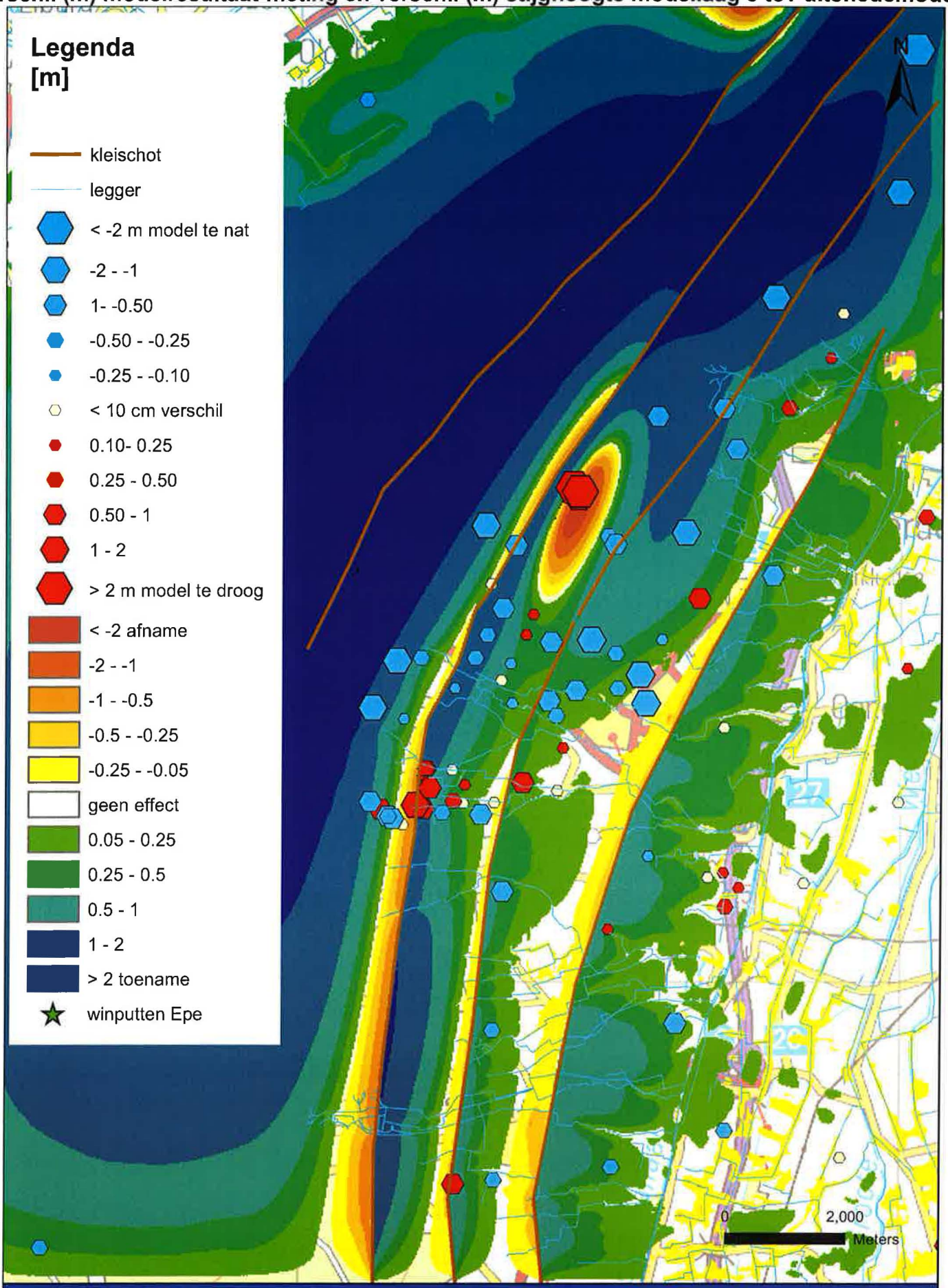


Bijlage 3.2c anisotropie ongewijzigd t.o.v. Veluwemodel

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

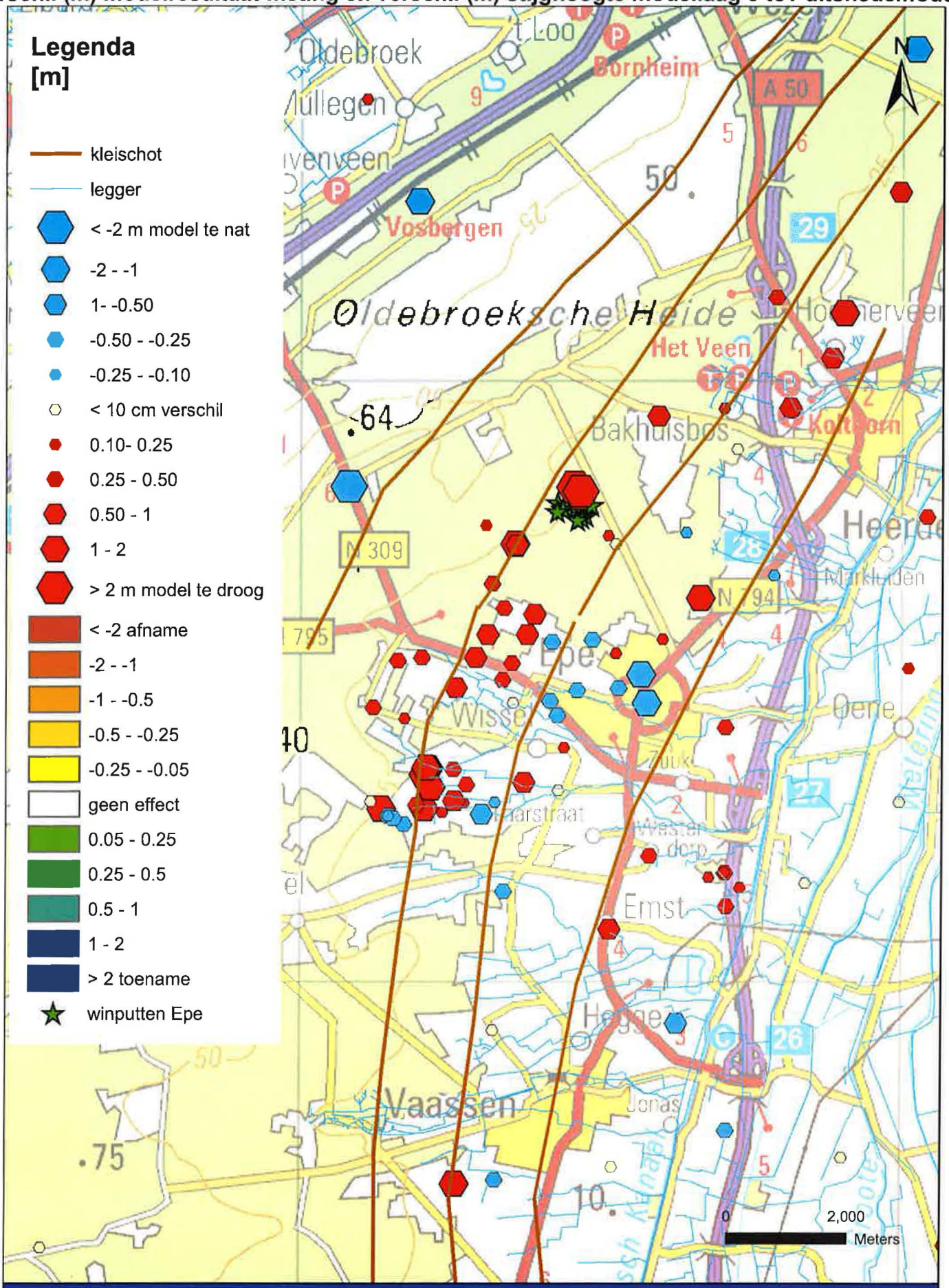


Bijlage 3.2d kD modellaag 2,3,4,5 gedeeld door 2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

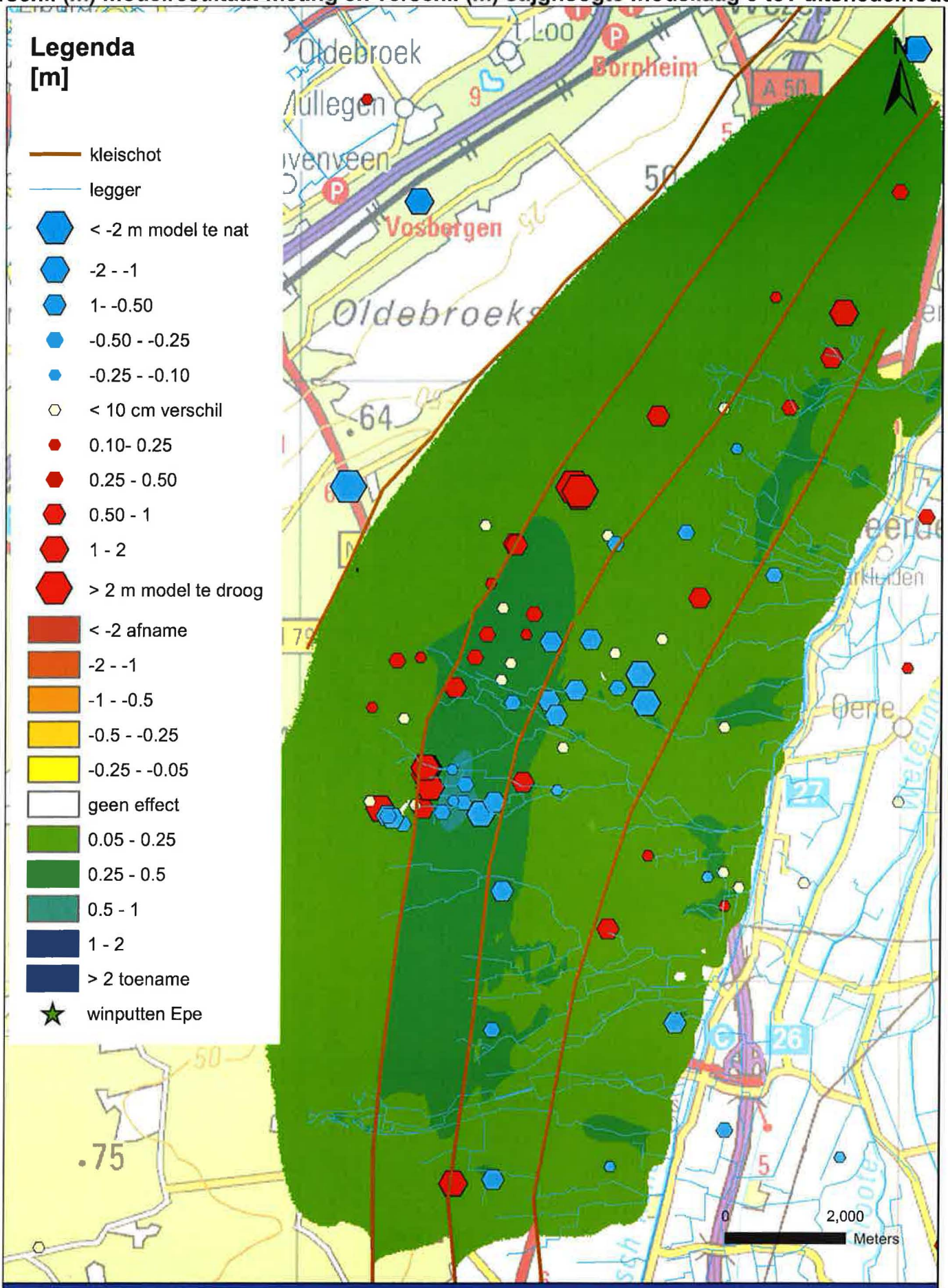


Bijlage 3.2e berging laag 1 0.15 ipv 0.25

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

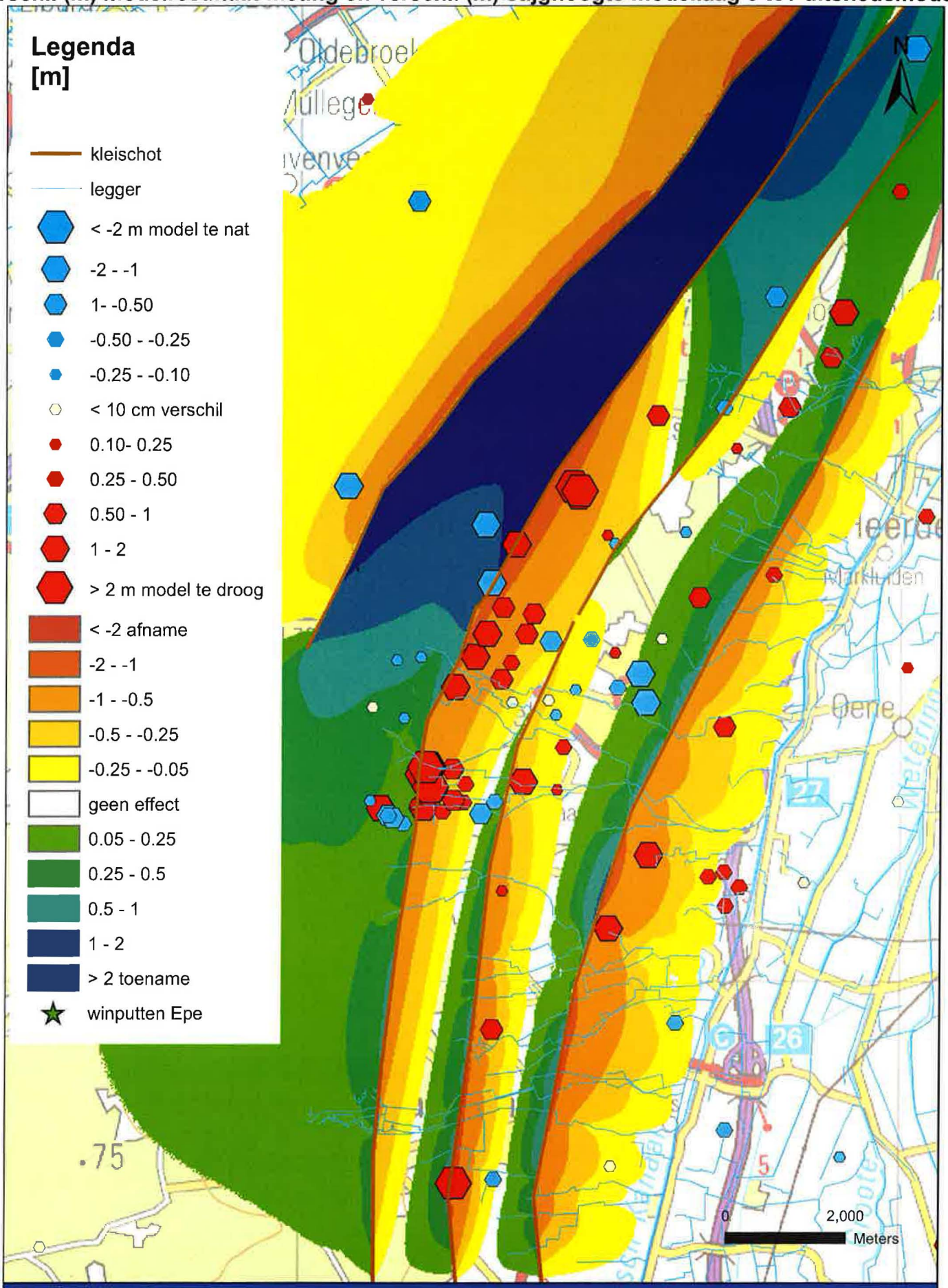


Bijlage 3.2f bodemweerstand beken maal 3

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

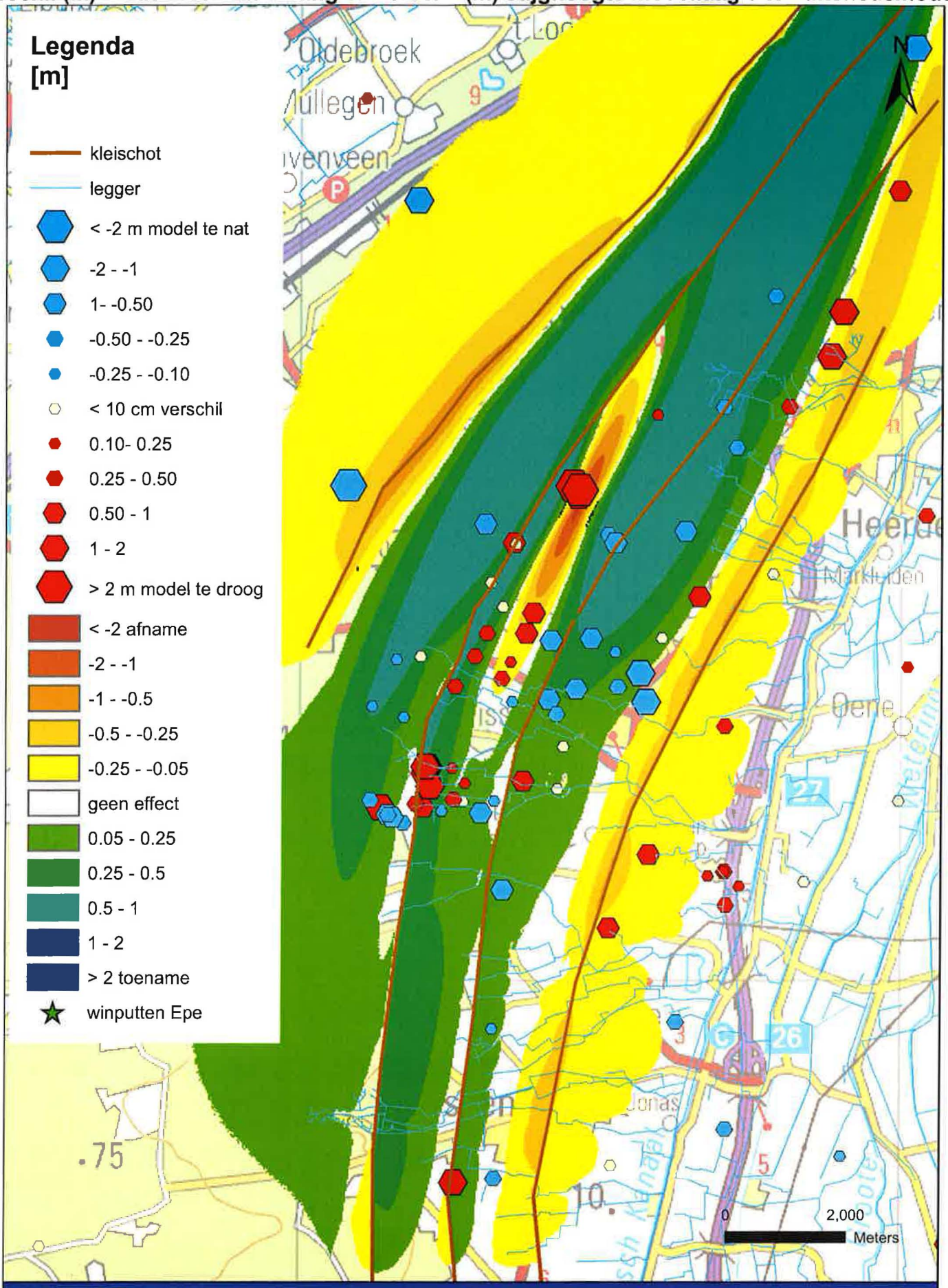


Bijlage 3.2g kD ter plaatse van kleischotten gedeeld door 10

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

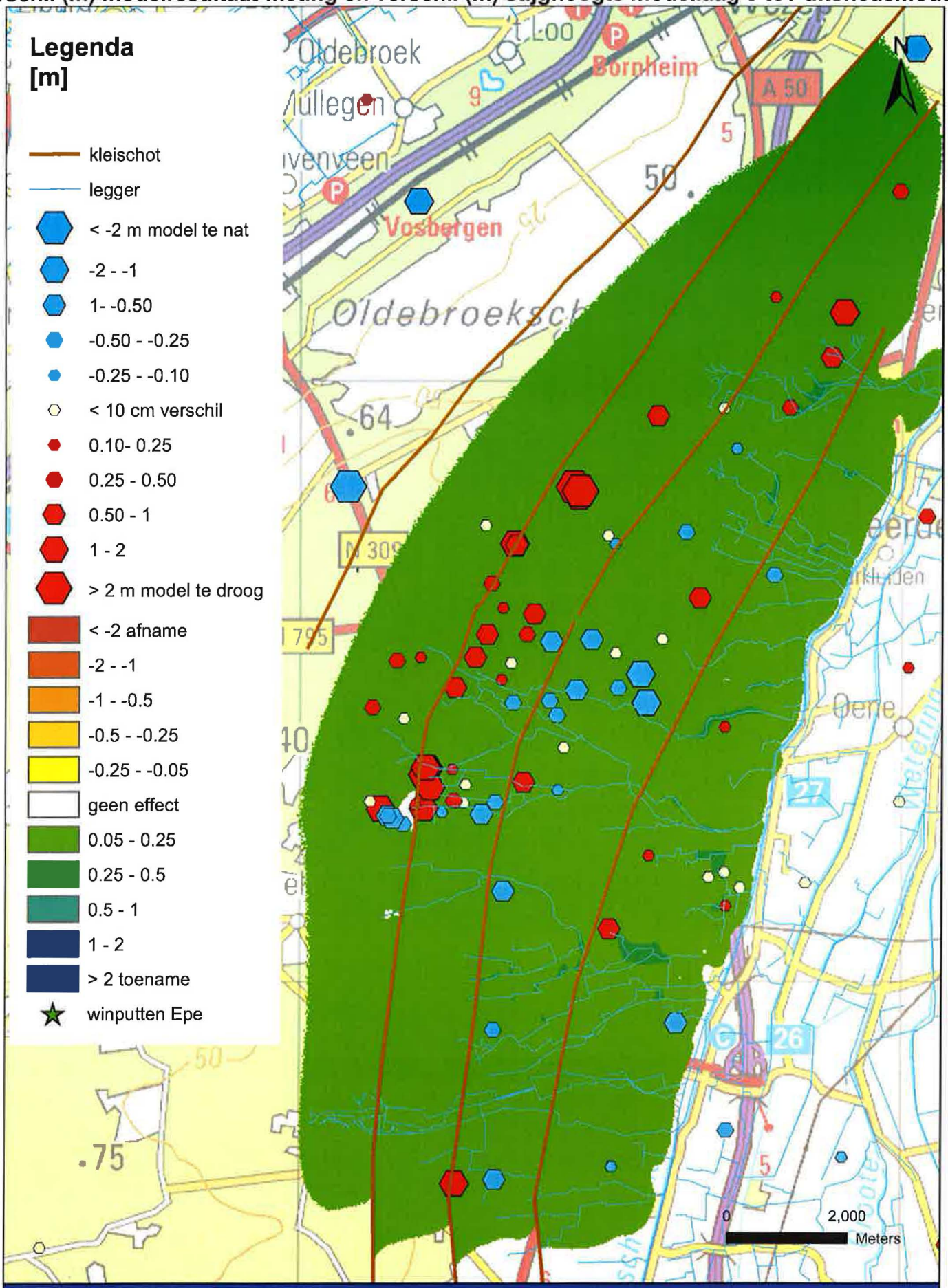


Bijlage 3.2h anisotropiefactor tussen kleischotten gedeeld door 2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel

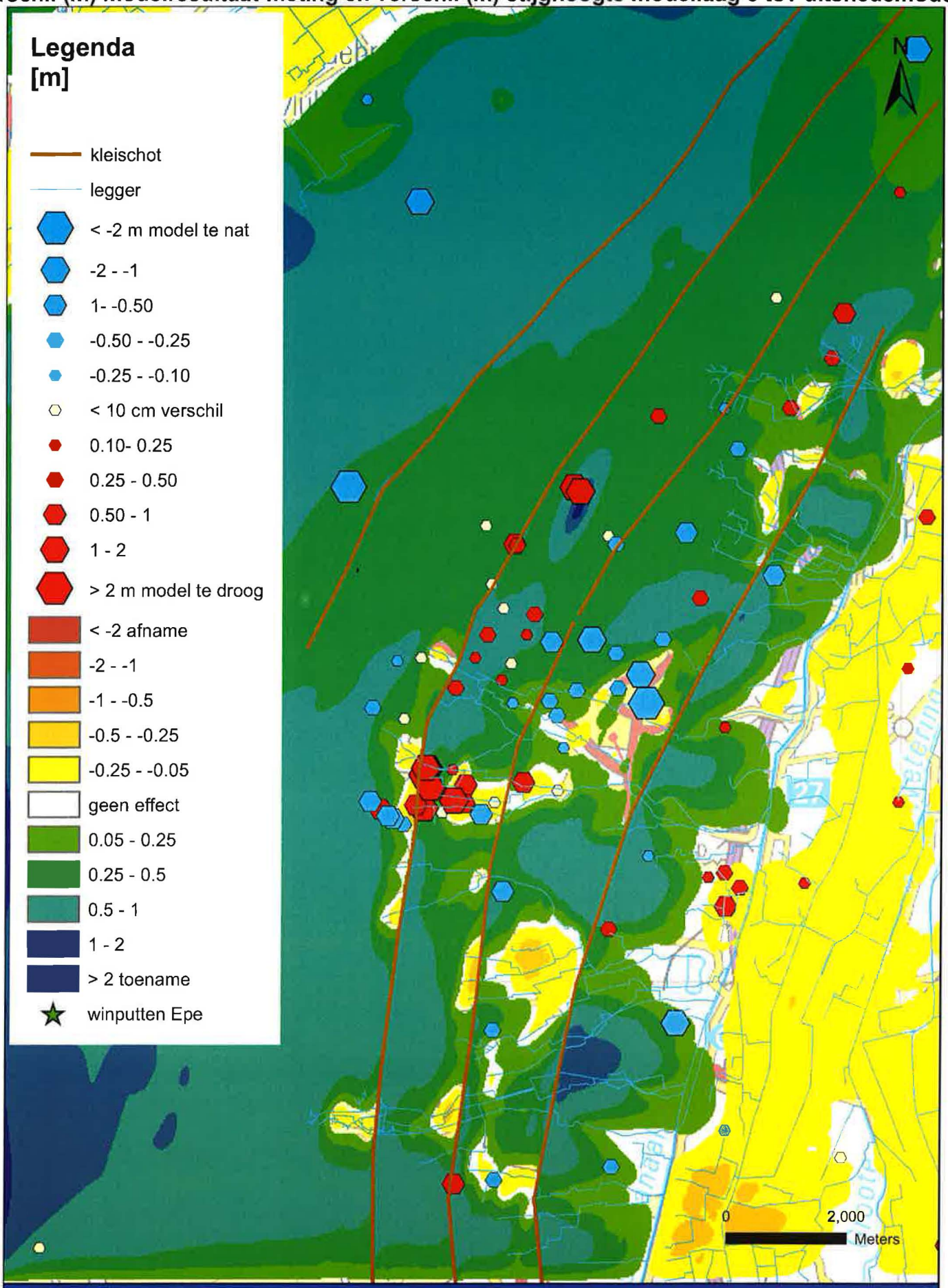


Bijlage 3.2i bodem beken + 30 cm

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

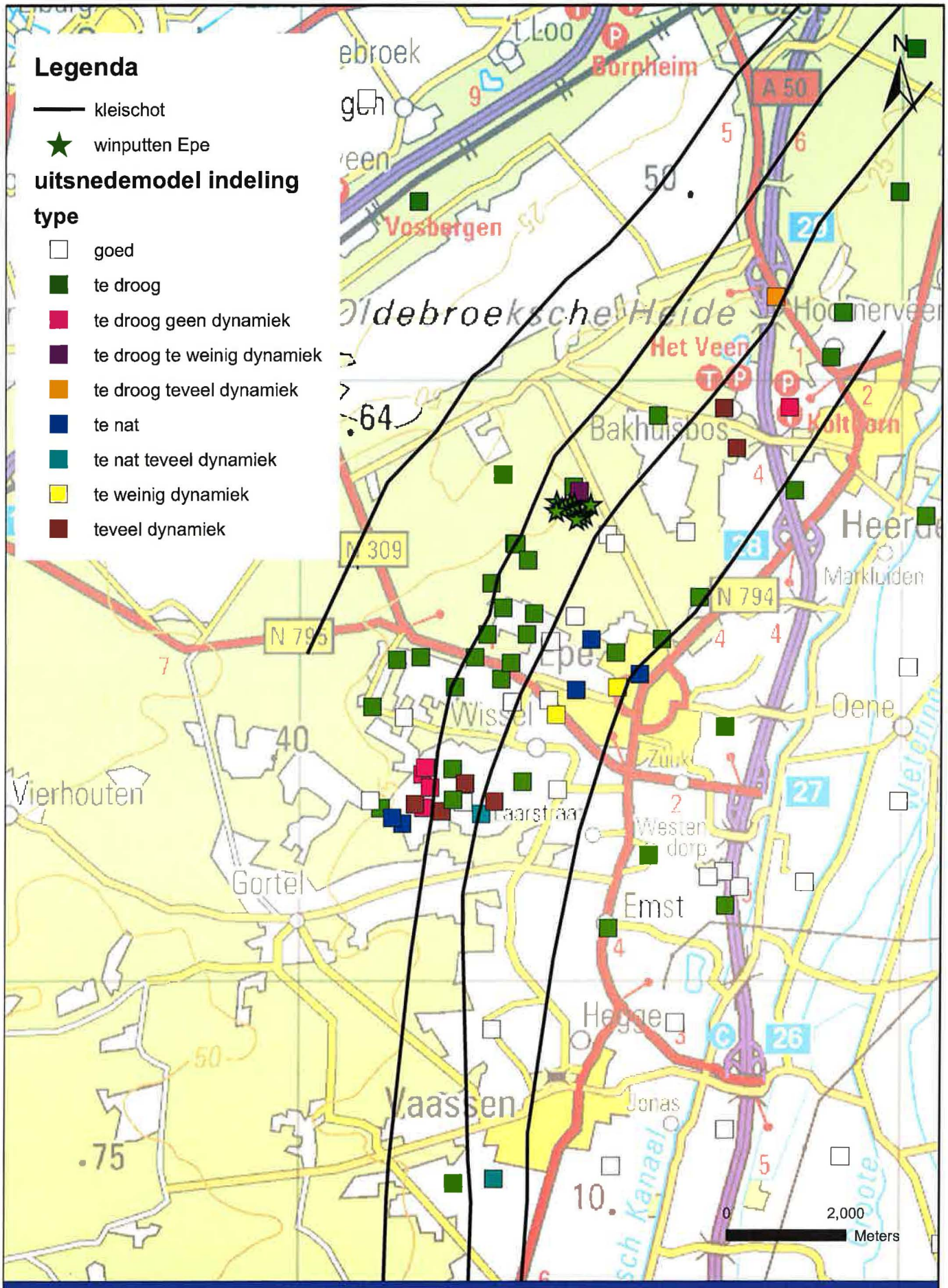
verschil (m) modelresultaat-meting en verschil (m) stijghoogte modellaag 3 tov uitsnedemodel



Bijlage 3.2j c-waarde laag 3 maal 30

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 3.3 Type verschil model-meting uitsnedemodel

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

Bijlage 3.4 Onderbouwing extra aanpassingen voor uitsnedemodel op basis van gevoeligheidsanalyse en modelresultaat uitsnedemodel

Bijlage 3.4 geeft het type verschil tussen het model uitsnedemodel en de metingen weer (grondwaterstand te hoog of te laag, teveel of te weinig dynamiek). Globaal komen de afwijkingen neer op:

- De grondwaterstand op de Veluwe wordt te droog berekend. Het model berekent hierdoor vooral in de omgeving van de vrij afwaterende beken (Wisselse en Tongerense veen) een te lage en daardoor te dynamische grondwaterstand;
- De grondwaterstand in Epe wordt doorgaans te hoog berekend.

Wisselse en Tongerense Veen

Het model berekent doorgaans de grondwaterstand te laag en teveel dynamiek. Op basis van enkele punten bepaald zijn de kenmerken in het model:

- De gemiddelde grondwaterstand wordt berekend op: 1 tot 2 m-mv;
- De beekhoogte bedraagt: 0.5-1,5 m-mv.

Door de lage berekende grondwaterstand functioneert de drainerende werking van de beken in het model te weinig (soms zelfs niet). Op sommige plekken is de gemeten bodemhoogte van de beken dieper onder maaiveld dan 0,5-2 m (dit is gebaseerd op recente metingen van het Waterschap). Deze locaties liggen soms dichtbij locaties waar metingen fors hogere grondwaterstanden aangeven. Een logische aanpassing zou daarom zijn om de bodemhoogte minimaal op 1of 2 m-mv te houden (dan gaat de grondwaterstand lokaal omhoog). Dat komt echter niet overeen met de inmetingen van het Waterschap. Besloten is om lokaal diepere metingen in de dataset aan te passen naar de diepten gemeten in de omgeving (zie hoofdstuk 3 extra aanpassingen) en bodemhoogten dieper dan 2 m-mv te verhogen naar 2 m-mv.

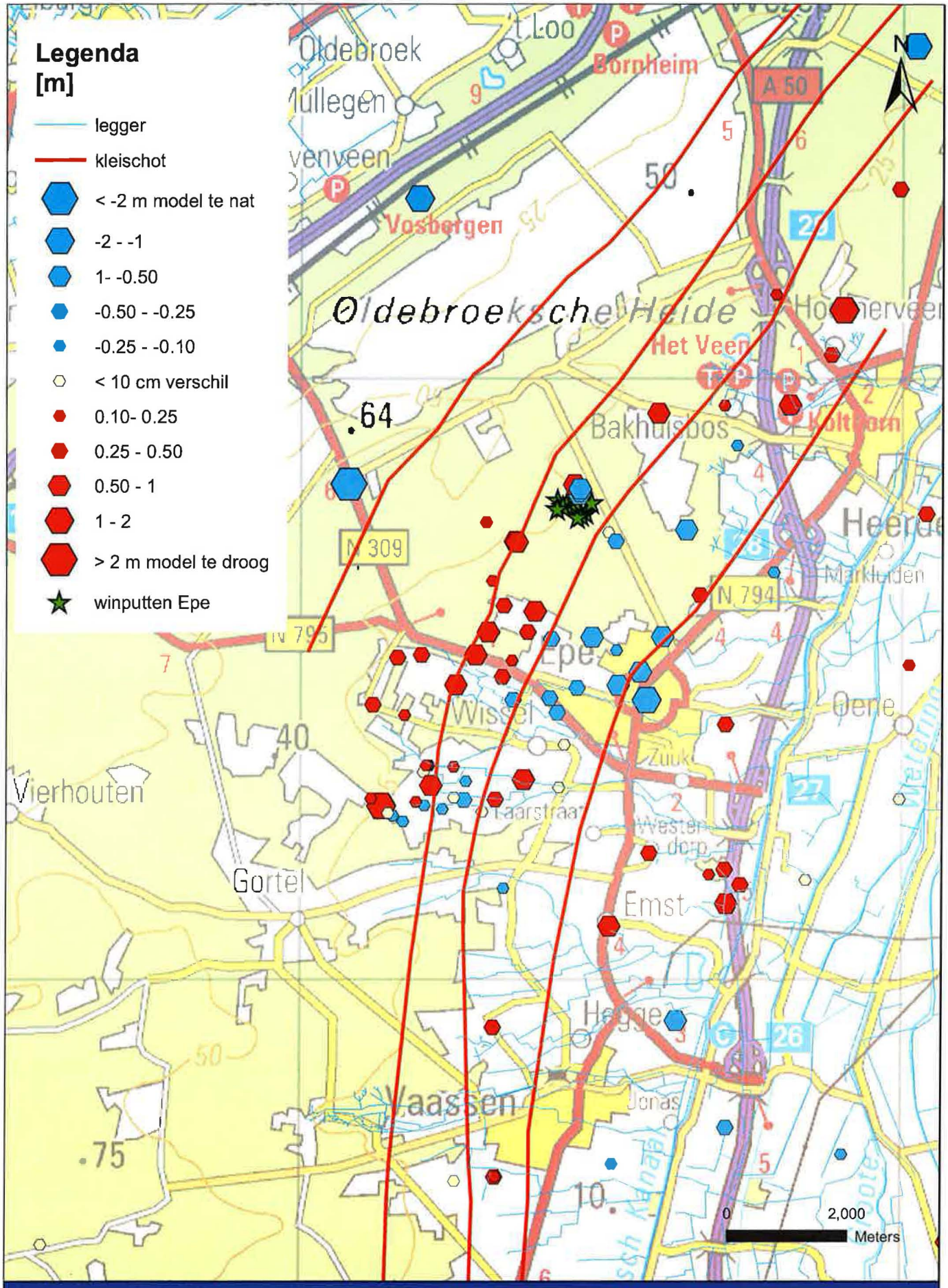
In het Wisselse en Tongerense Veen wordt in de peilbuizen vaak een geringe dynamiek gemeten (roze vierkantjes), de grondwaterstand wordt hier bijna geheel door de beken bepaald (doordat de grondwaterstand in het model doorgaans onder de bodemhoogte berekend wordt kan de grondwaterstand in het model wel fluctueren, dit zal afnemen als het model de grondwaterstand boven de bodemhoogte berekend).

De verwachting is dat de volgende aanpassingen een positief effect hebben op de grondwaterstand en dat de metingen beter benaderd zullen worden door het model:

- Aanpassen bodemhoogte bij lokaal diepere inmetingen en (bodemhoogte > 2 m-mv) naar 2 m-mv.
- Aanpassen ligging en anisotropiefactor van kleischotten;
- Indien nog nodig: aanpassen anisotropie / verlaging kD → verhoging grondwaterstand waardoor de drainage sterker zal werken.

Bebouwde kom Epe

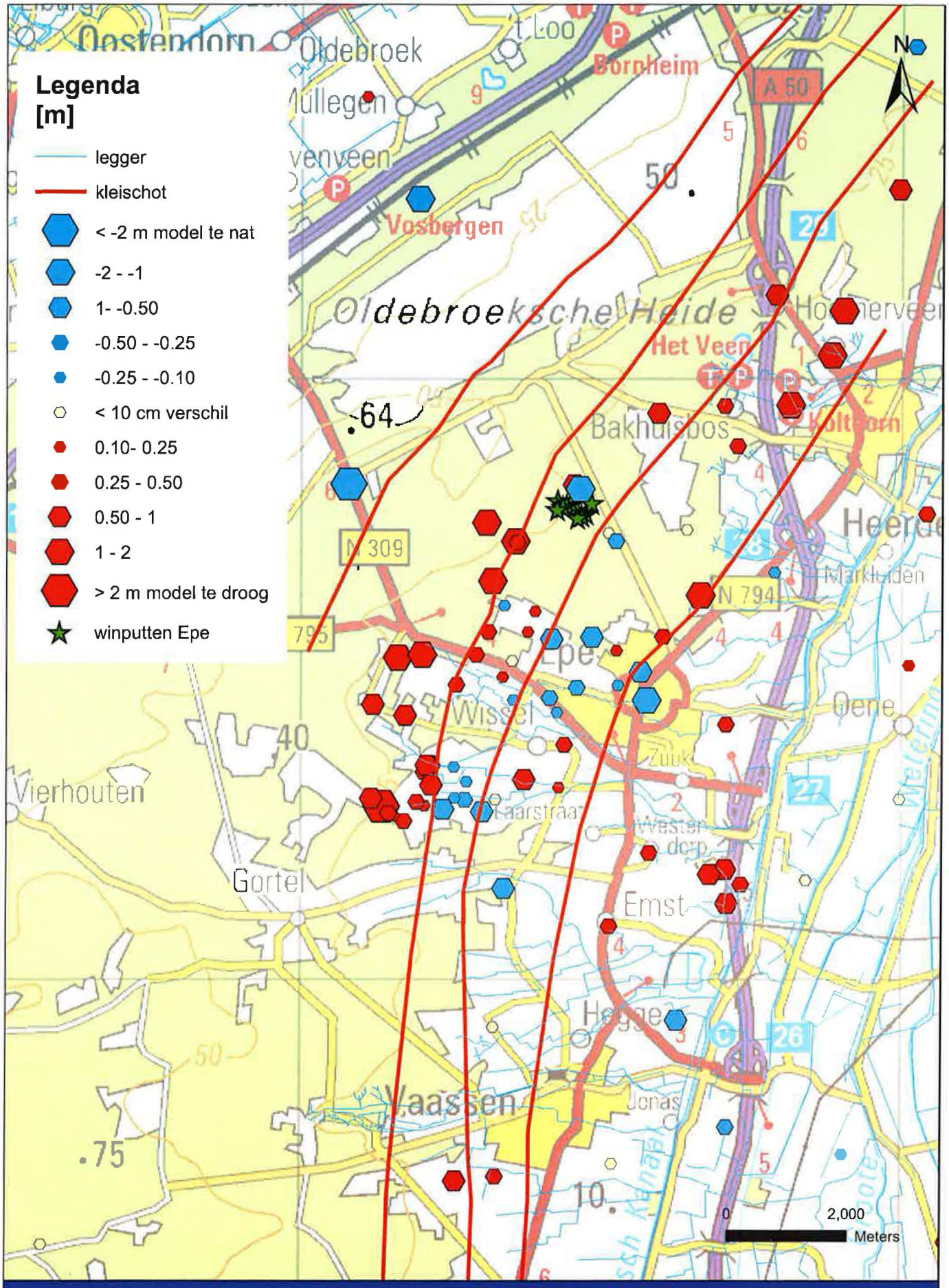
Uit een nadere bestudering blijkt dat het AHN bestand niet overal een resolutie heeft van 25*25 m maar deels van 100*100 m. Het oppervlaktewatersysteem is ingevoerd op basis van het AHN. De eerste actie is om dit aan te passen, mogelijk leidt het aanpassen van het oppervlaktewatersysteem tot betere resultaten in Epe. Een tweede aanpassing is om het kleischot dat door de oostkant van Epe loopt naar het westen te verplaatsen en de weerstand te verhogen.



Bijlage 3.5 Verschil model-meting, uitsnedemodel +

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

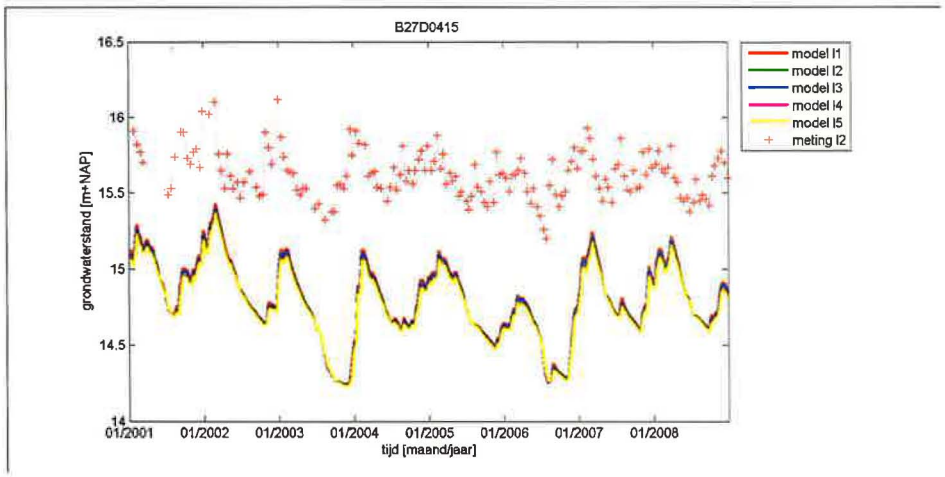


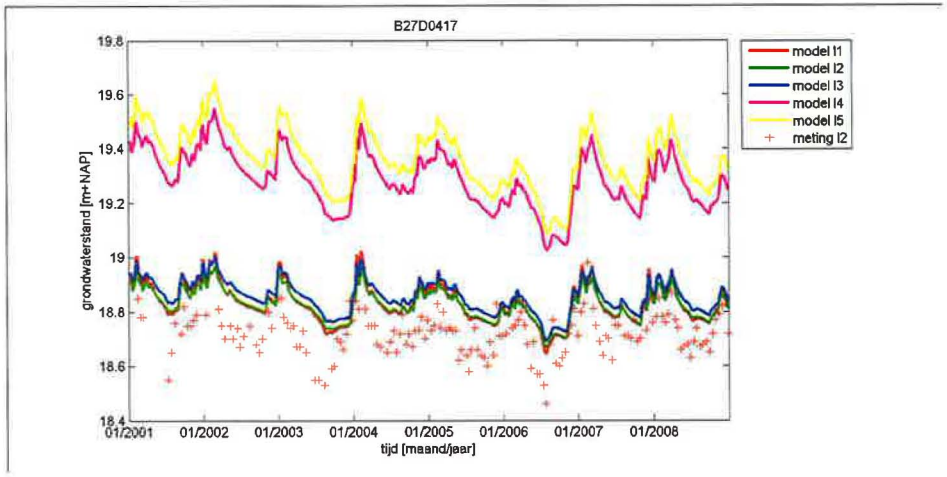
Bijlage 3.6 Verschil model-meting, uitsnedemodel +-

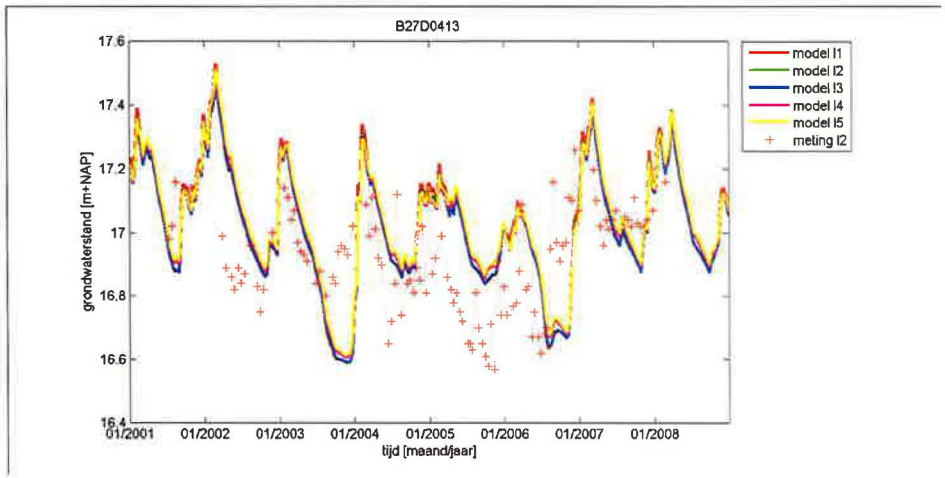
Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

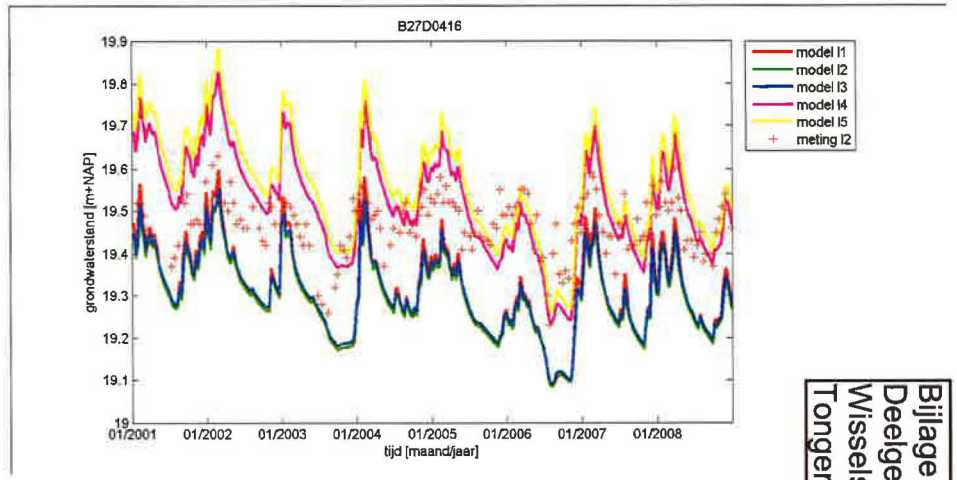
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

BIJLAGE 4 Resultaten aangepast uitsnedemodel

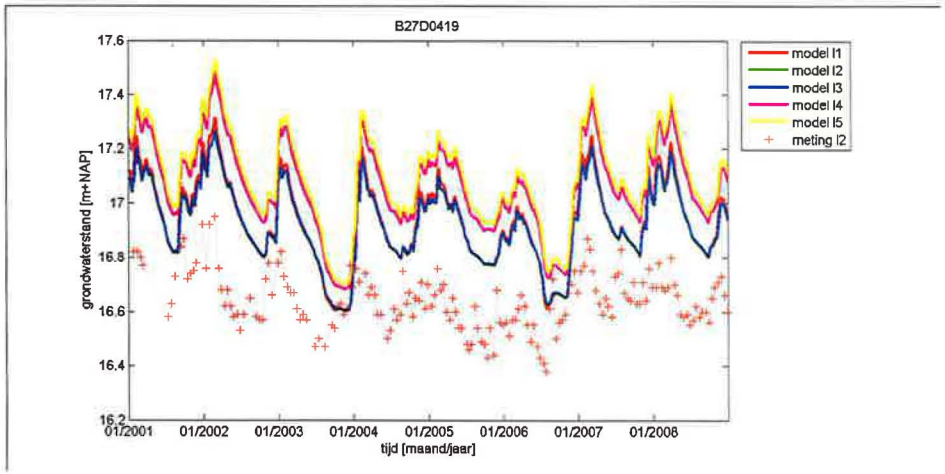


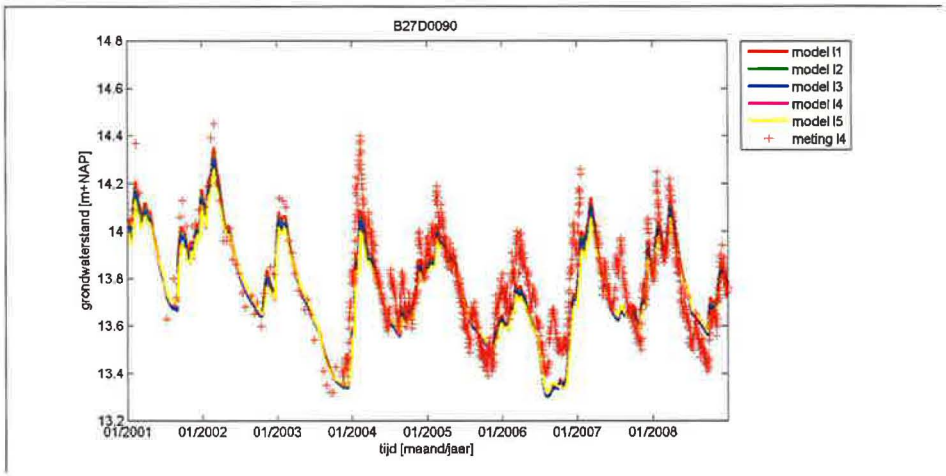


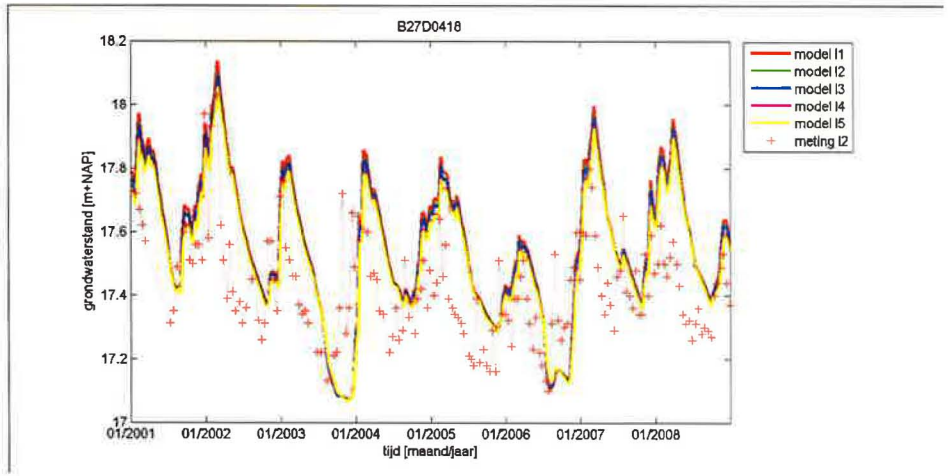


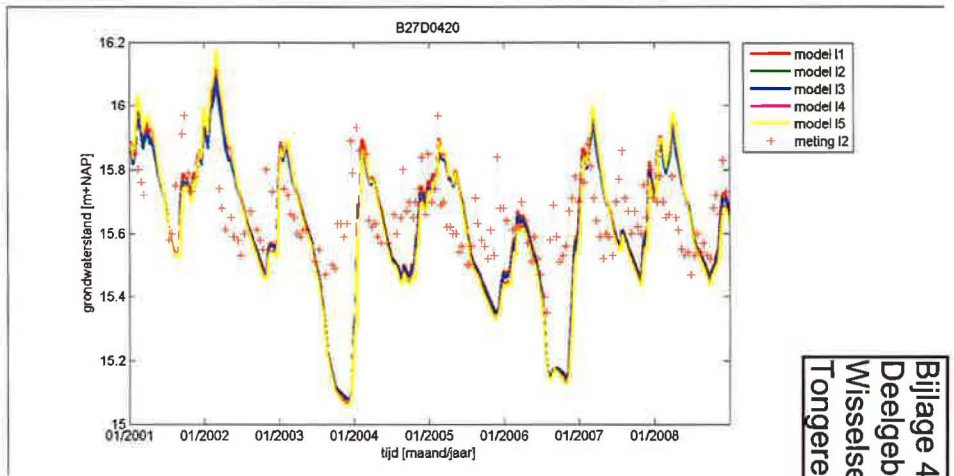


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

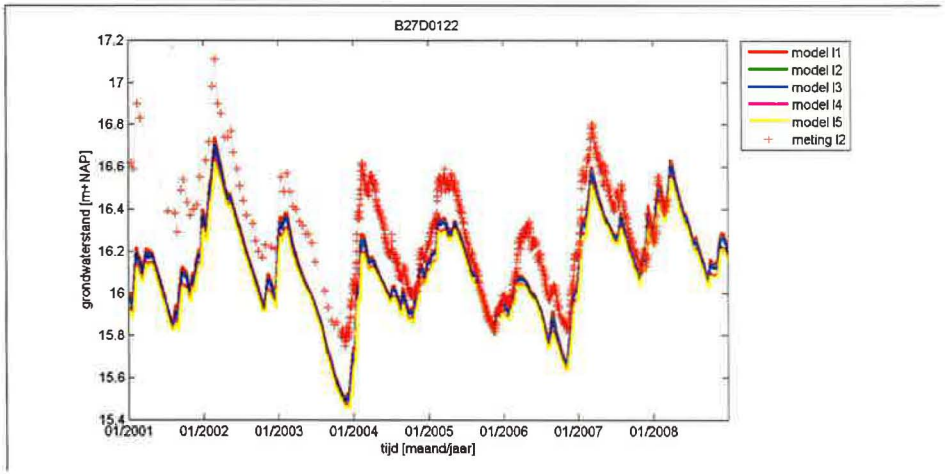


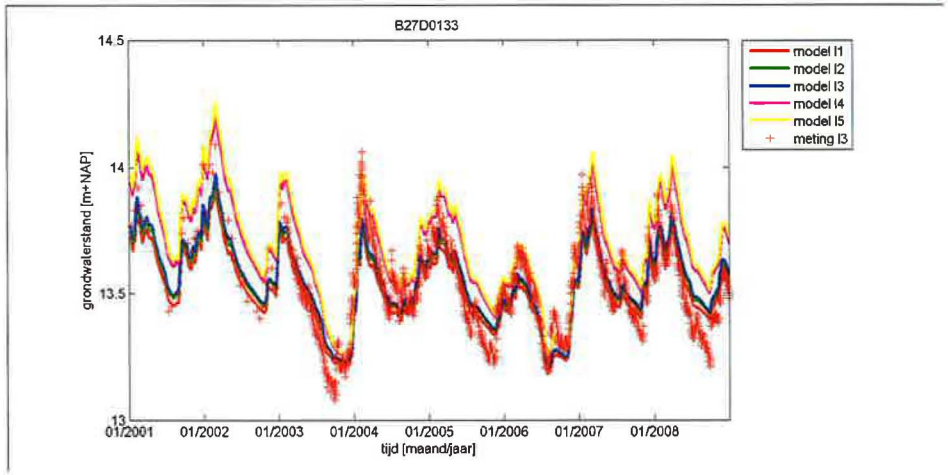


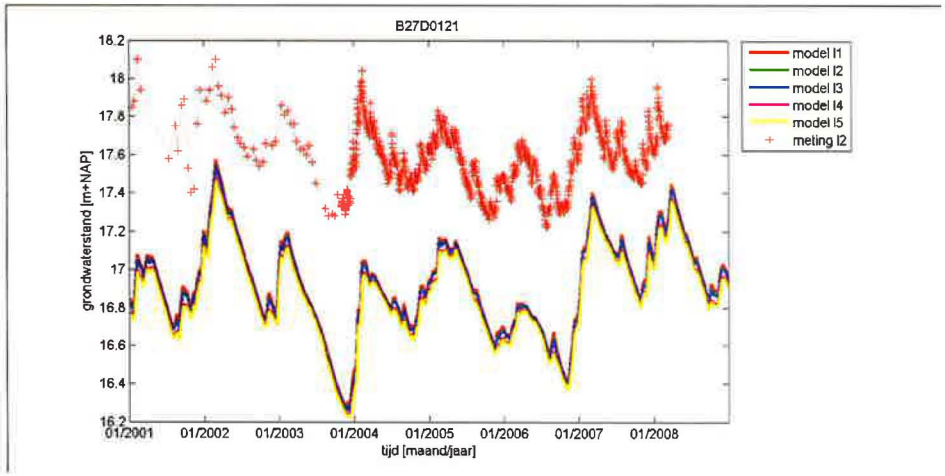


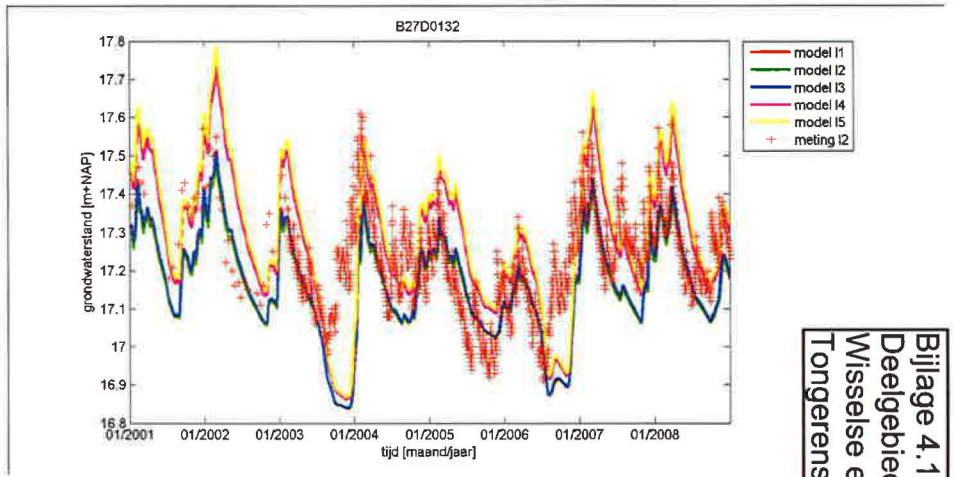


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

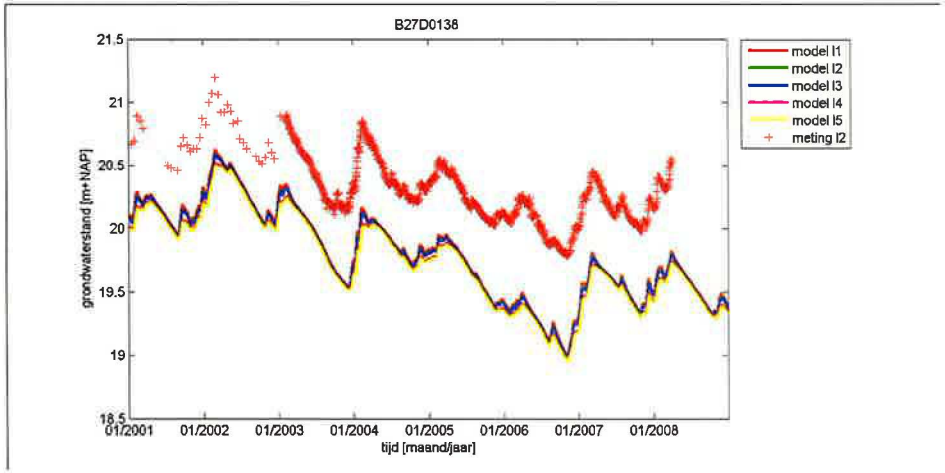


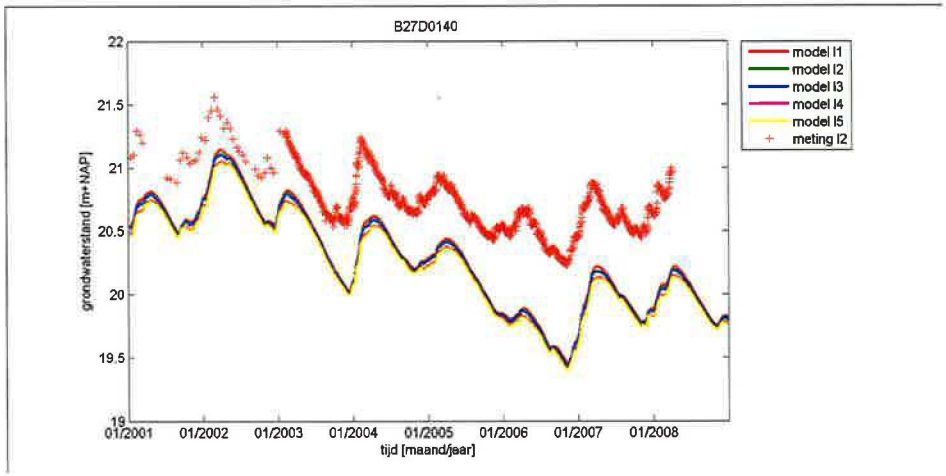


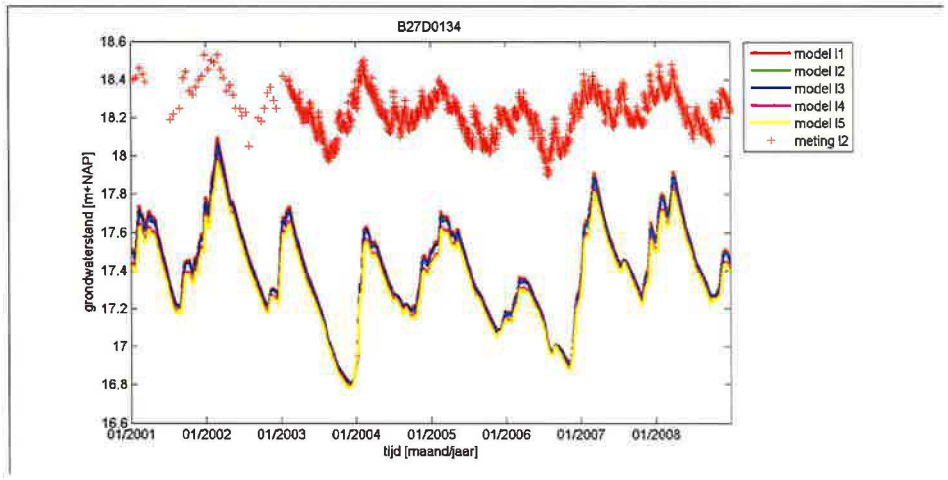


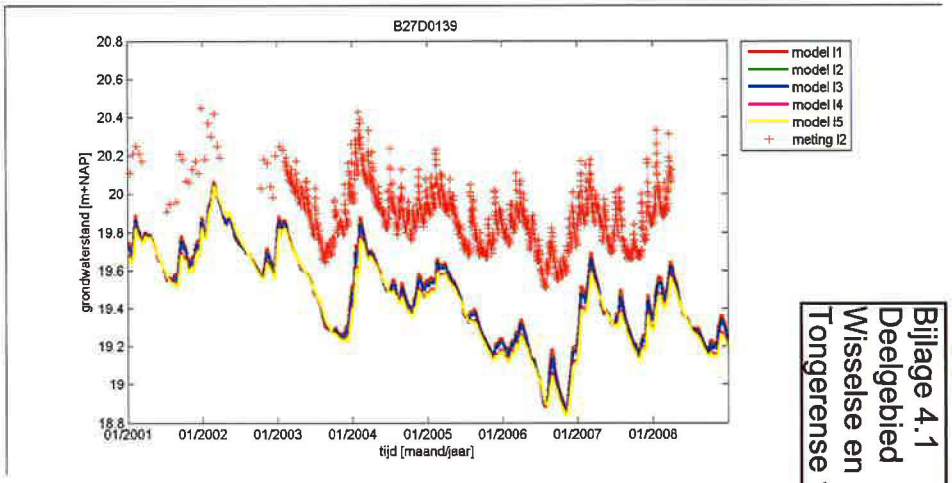


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

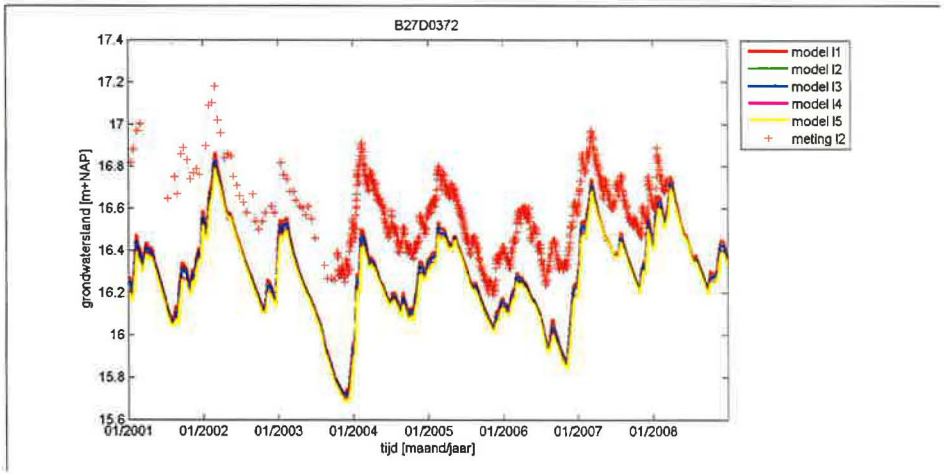


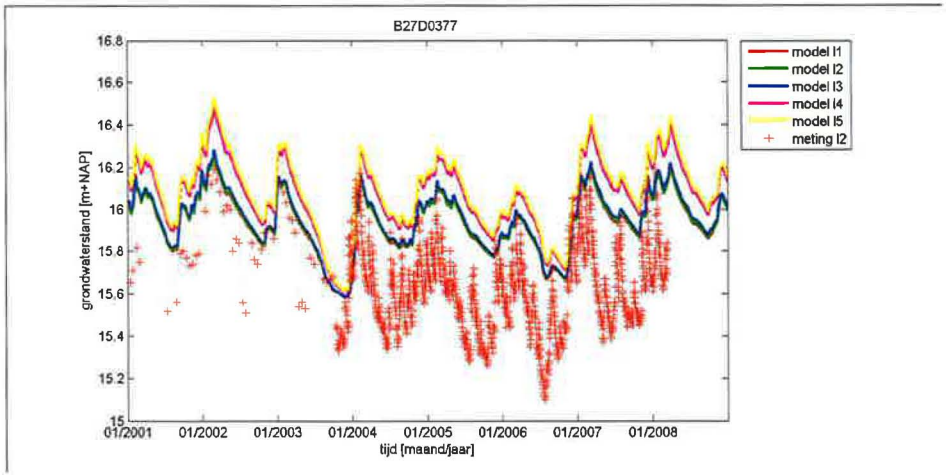


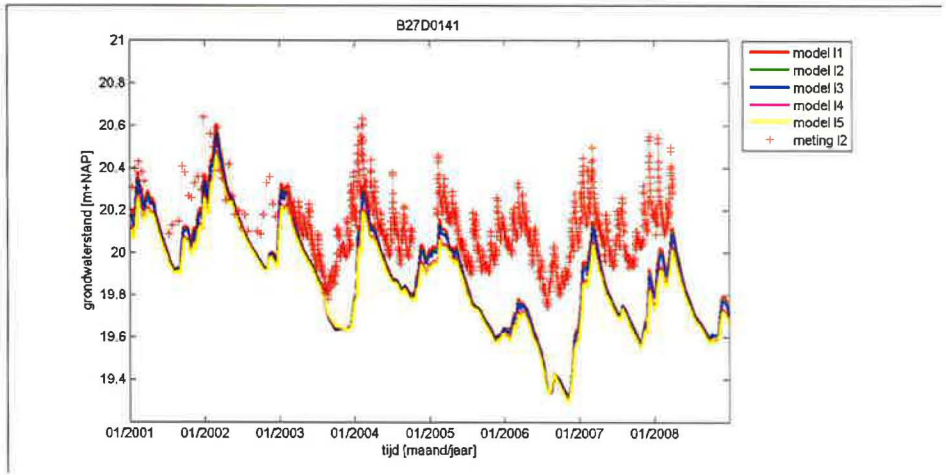


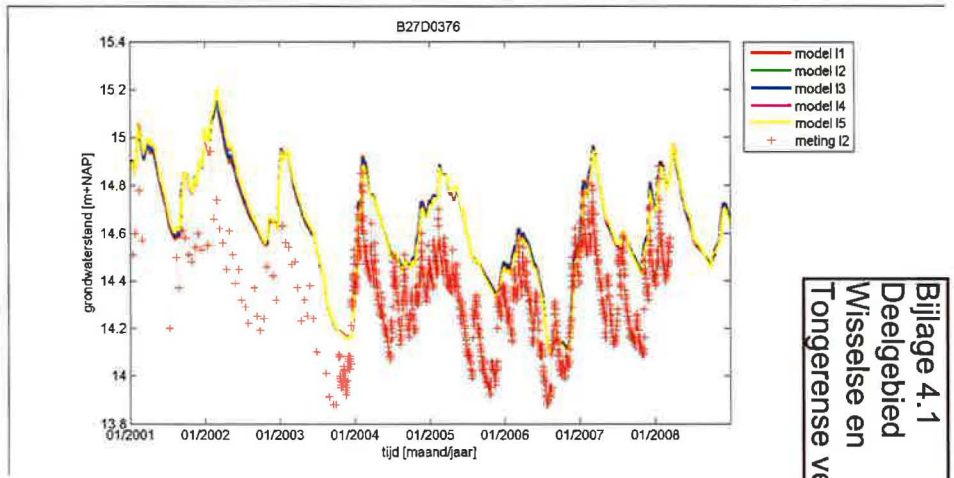


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

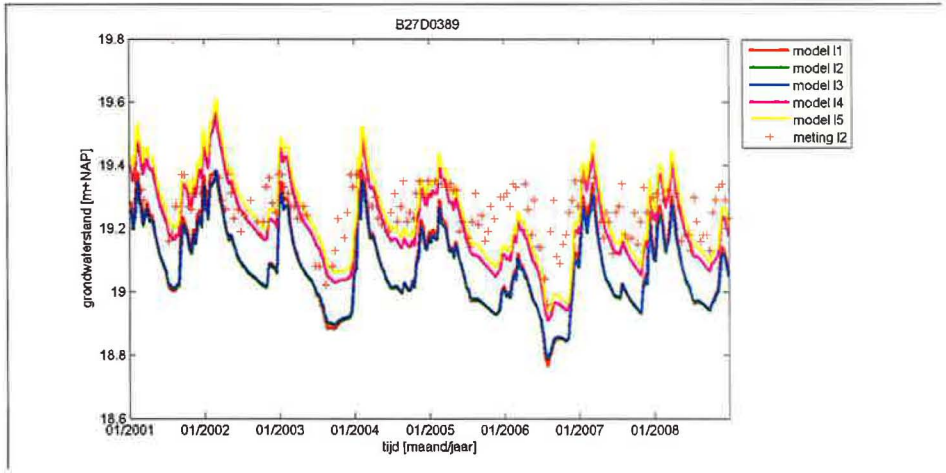


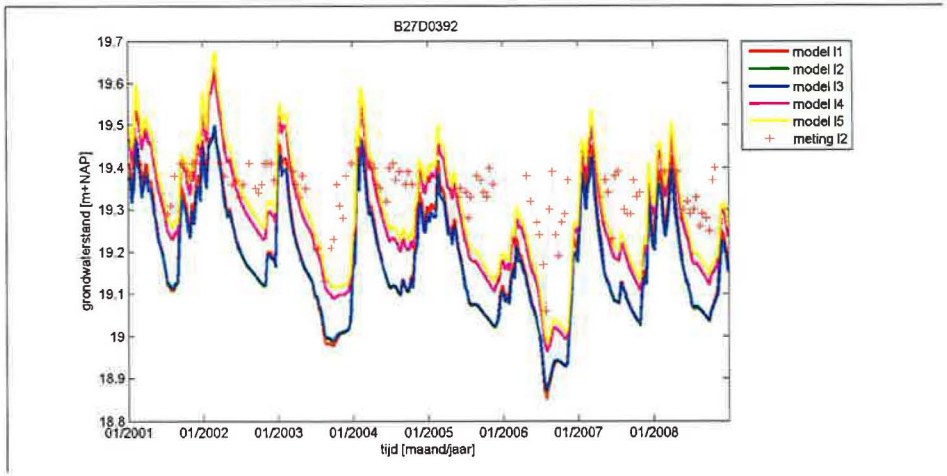


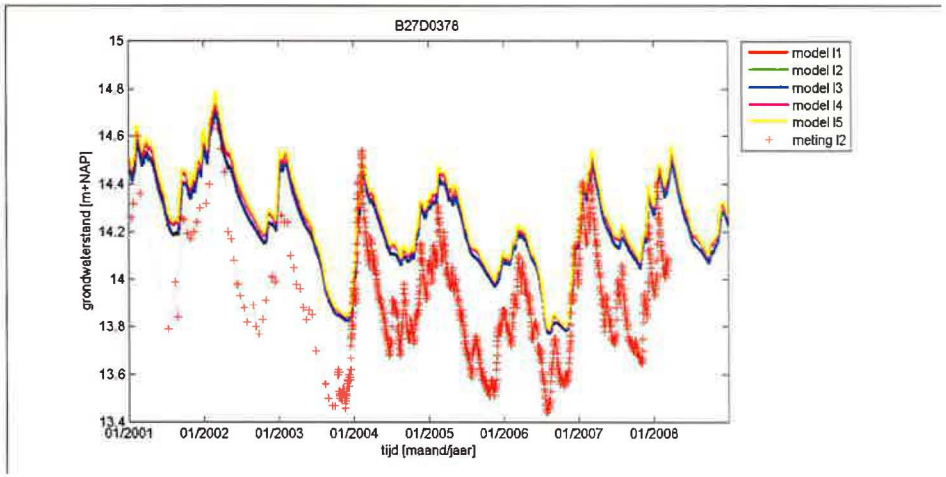


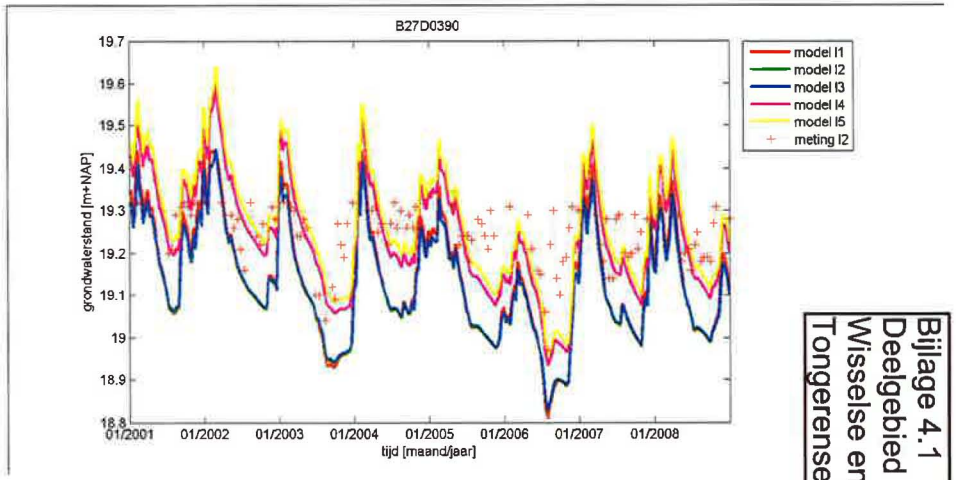


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

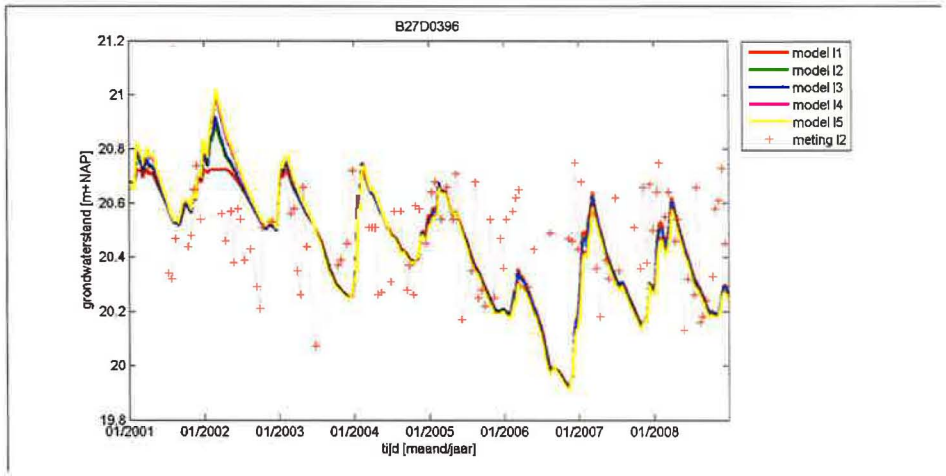


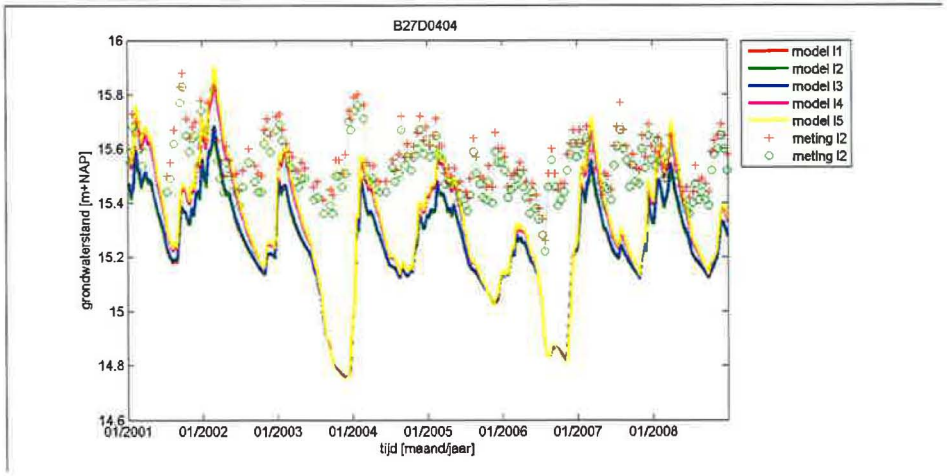


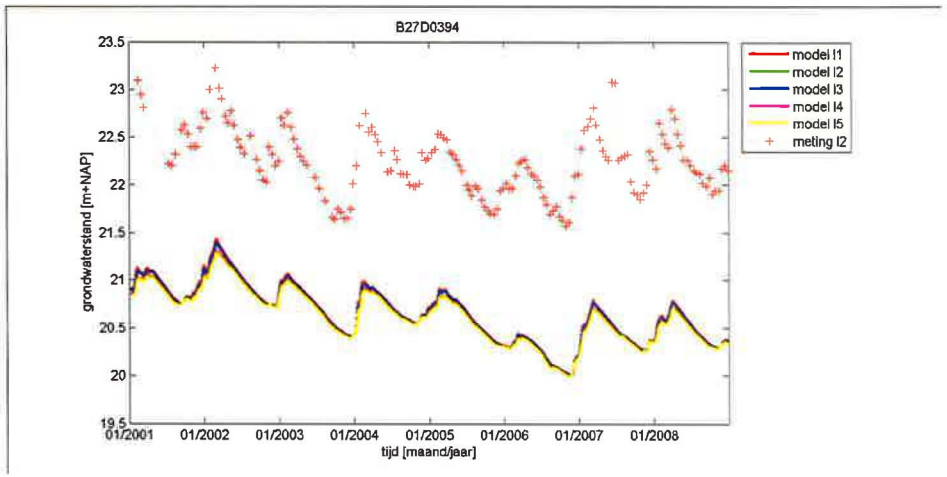


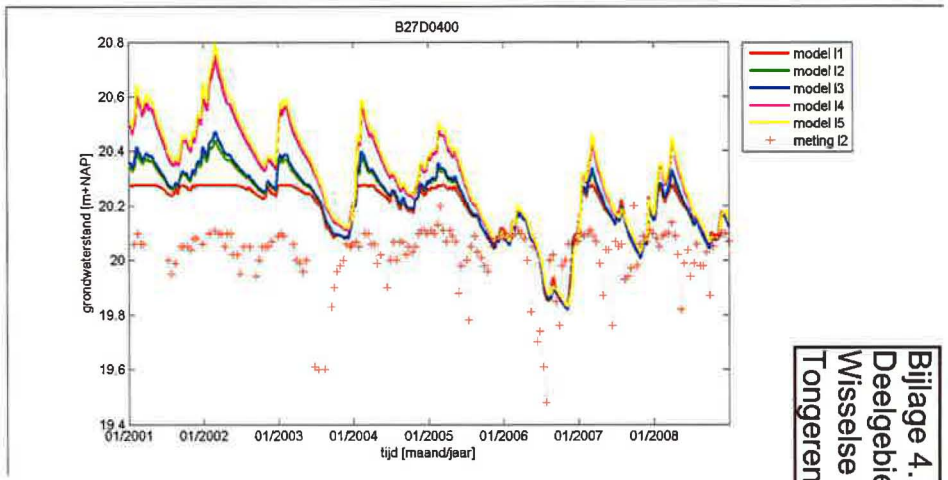


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

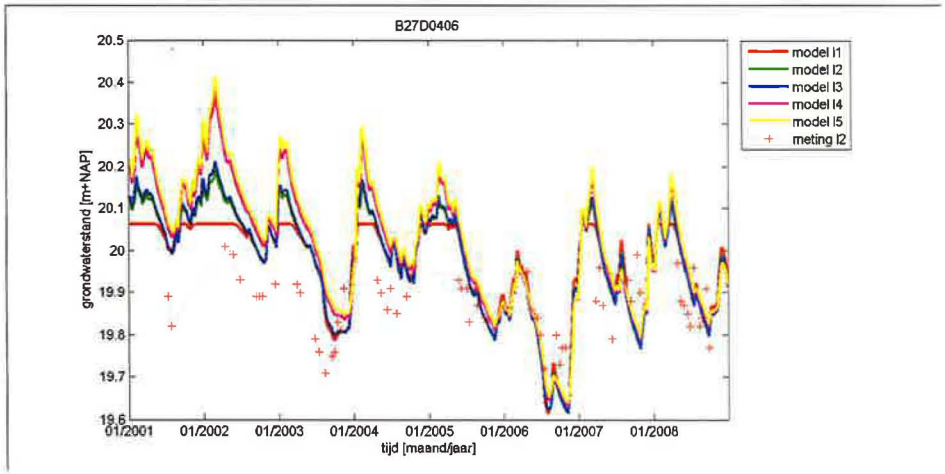


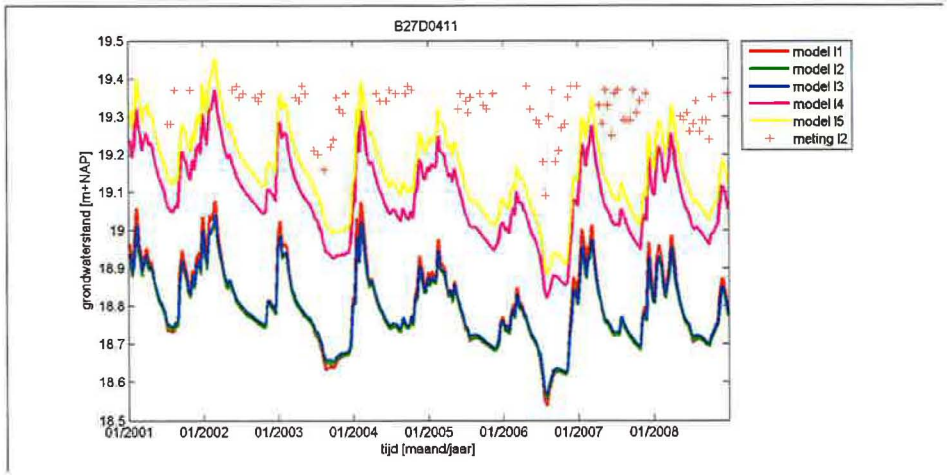


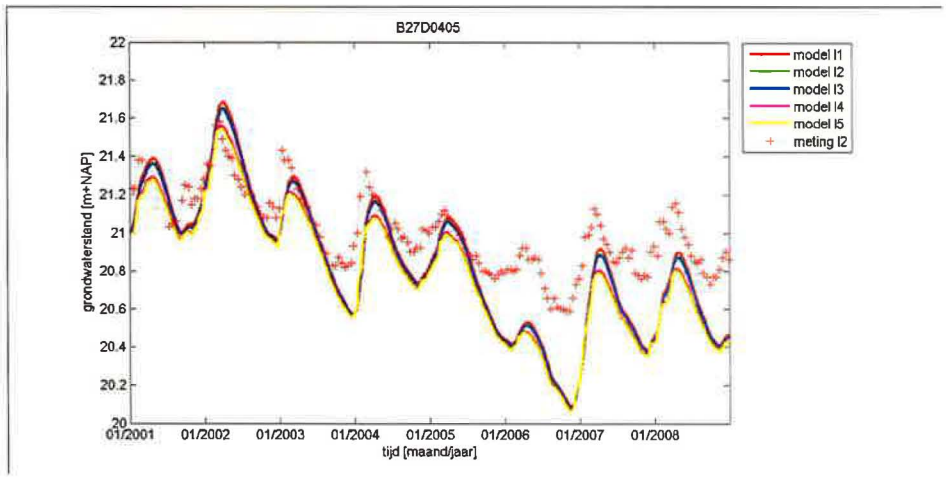


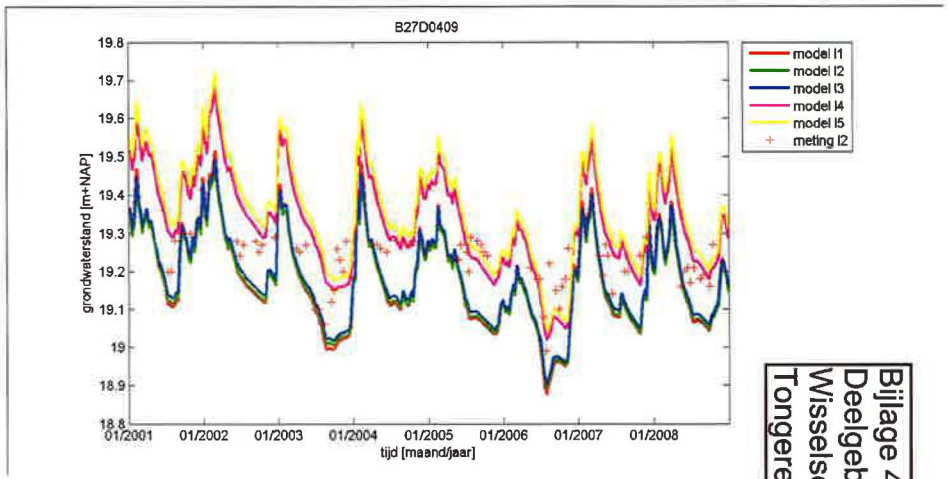


Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen



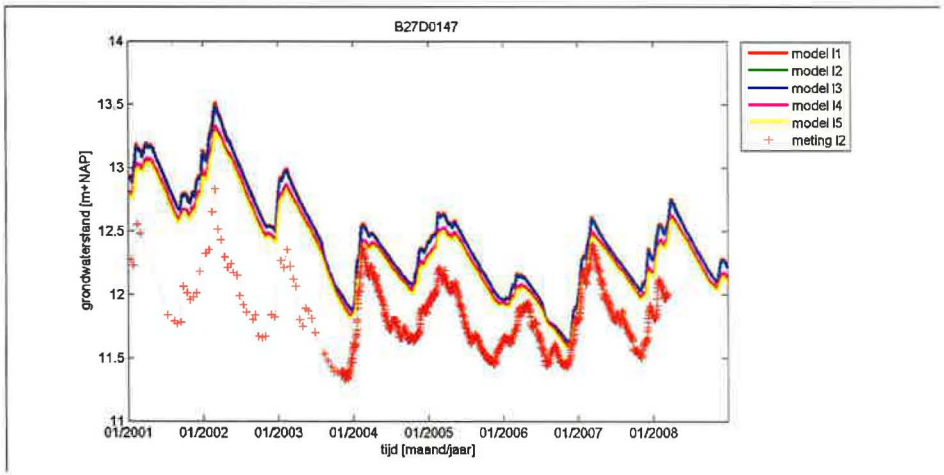


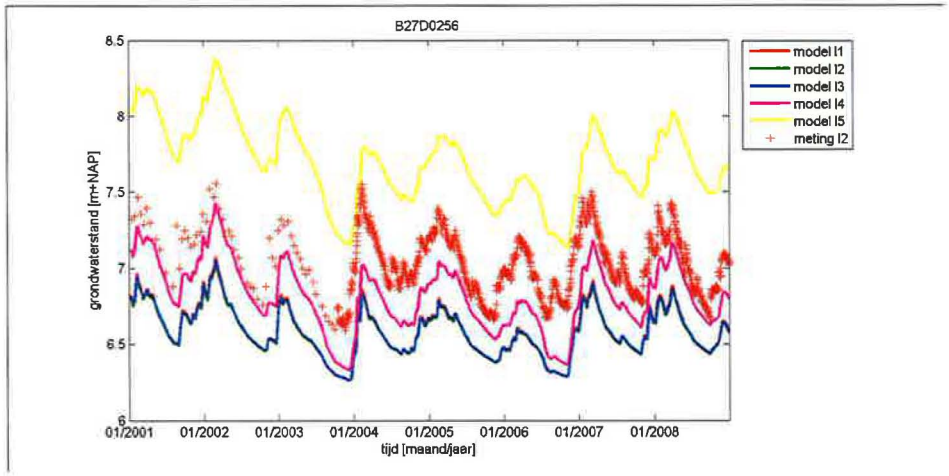


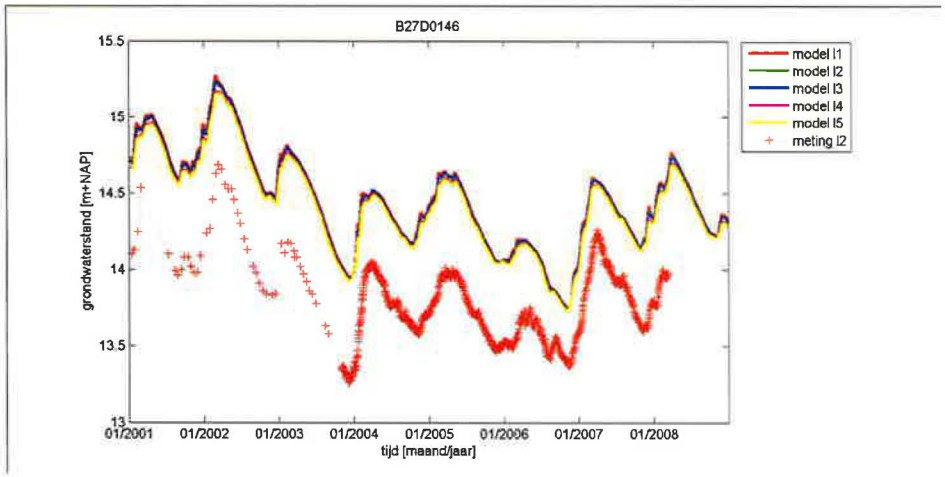


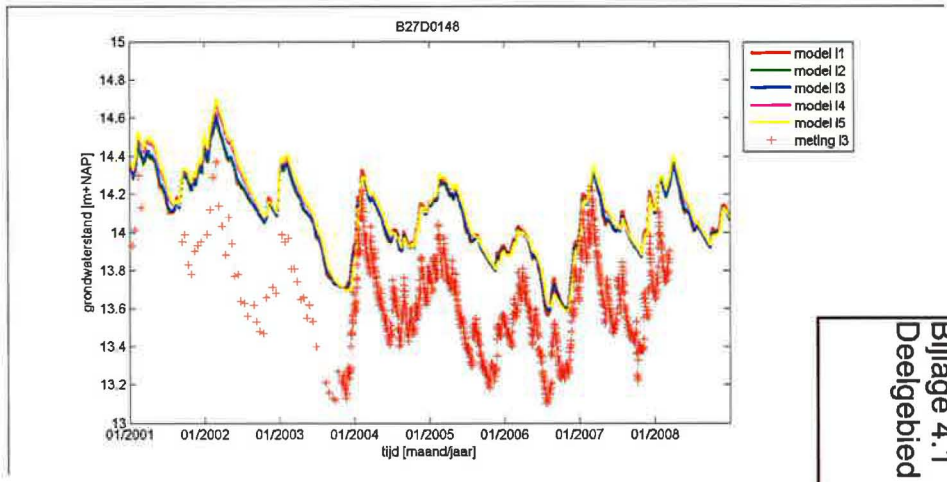
Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

Bijlage 4.1
Deelgebied
Wisselse en
Tongerense veen

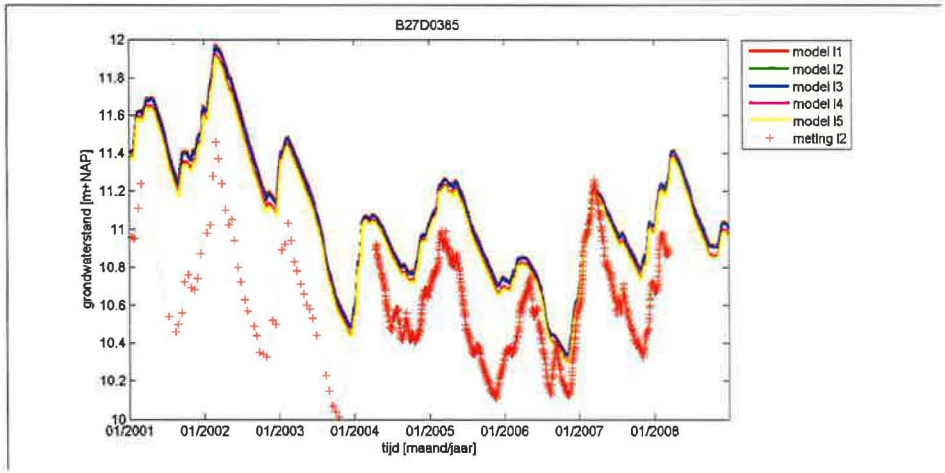


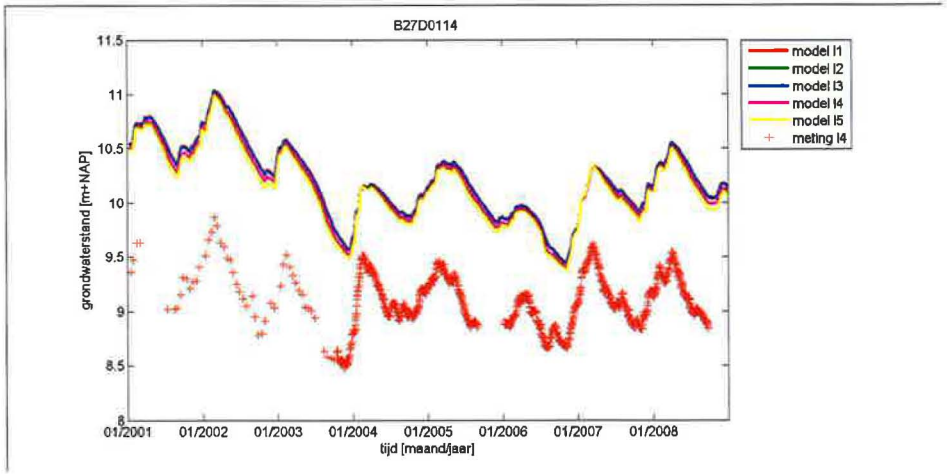


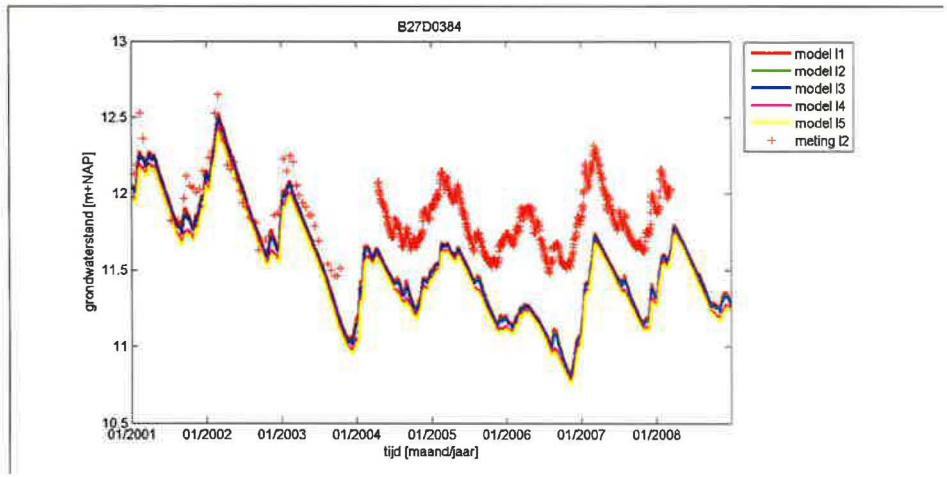


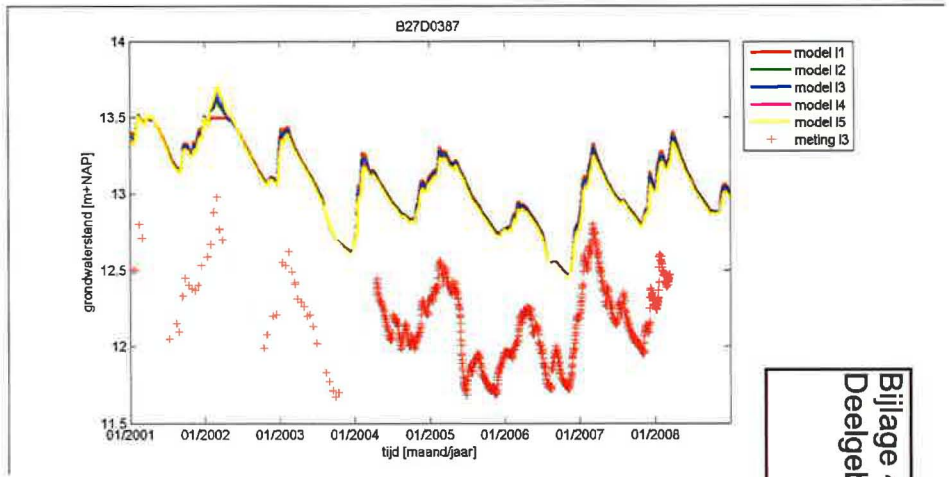


Bijlage 4.1
Deelgebied Epe

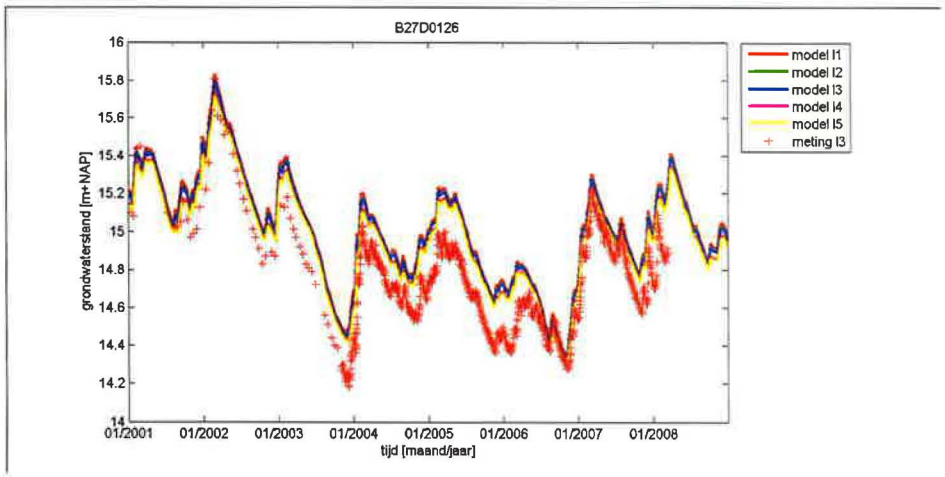


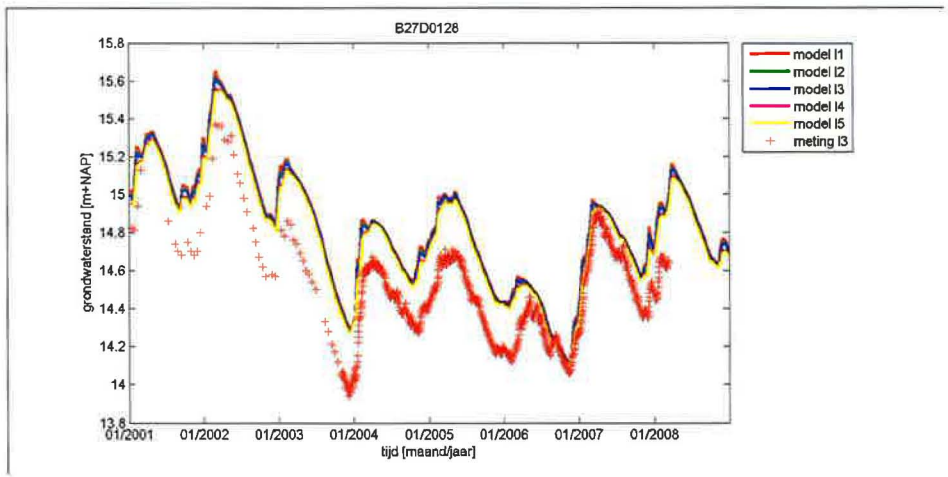


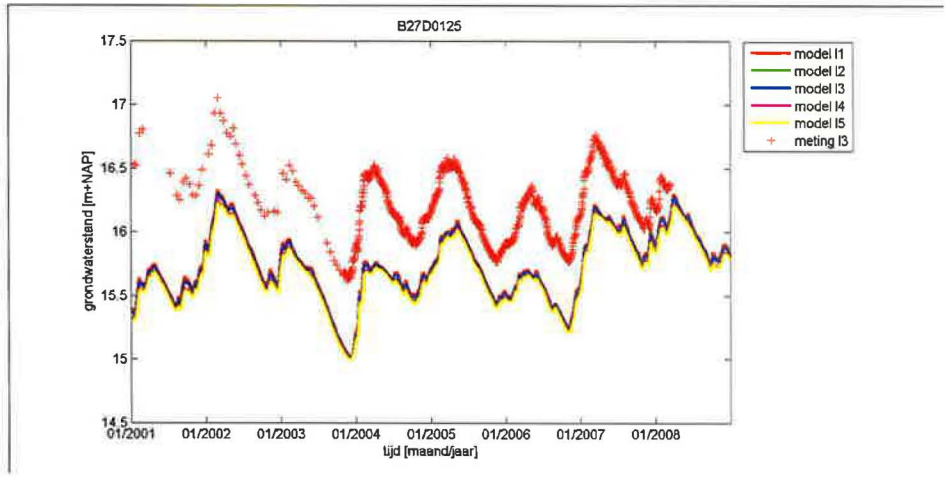


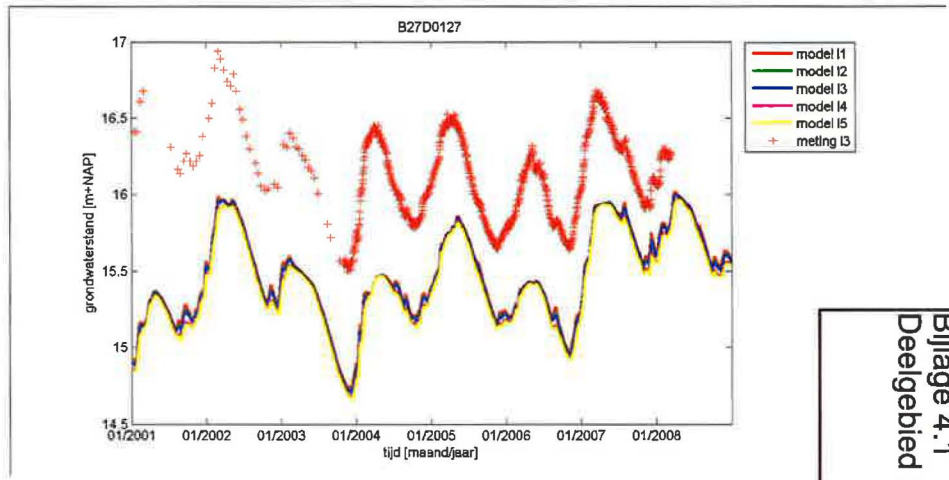


Bijlage 4.1
Deelgebied Epe



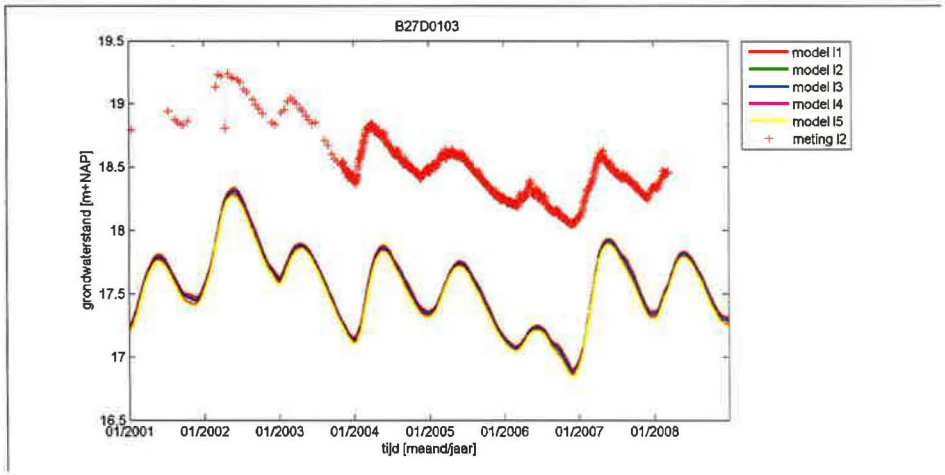


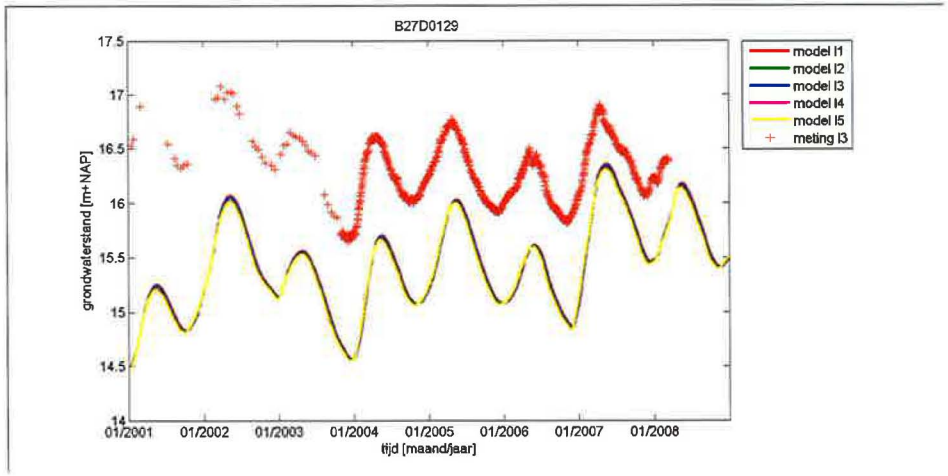


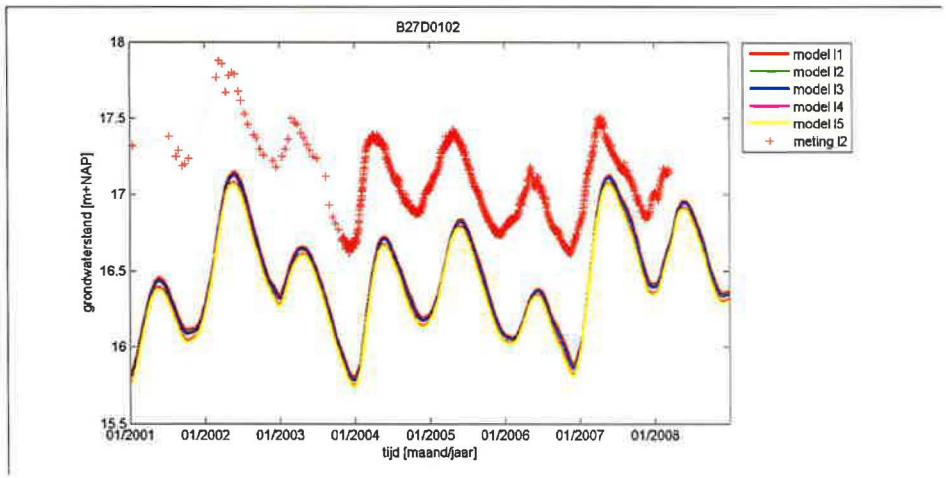


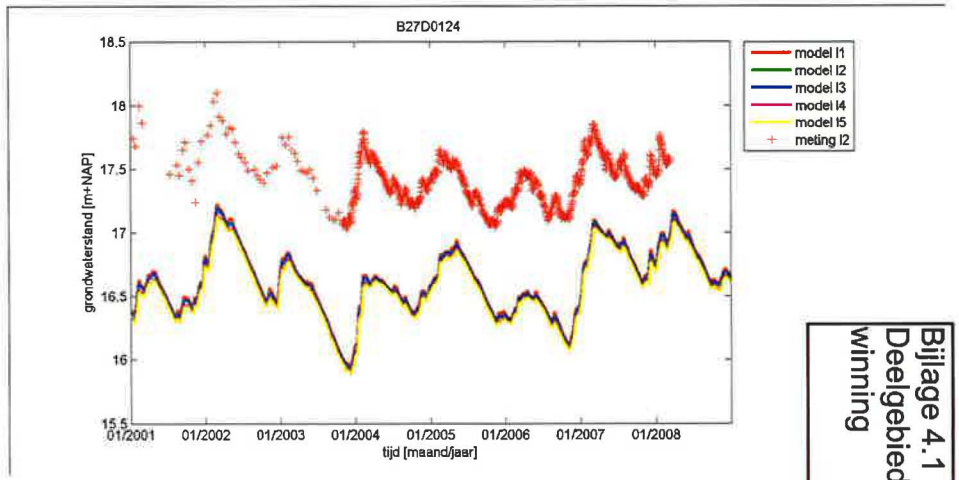
Bijlage 4.1
Deelgebied Epe

Bijlage 4.1
Deelgebied Epe

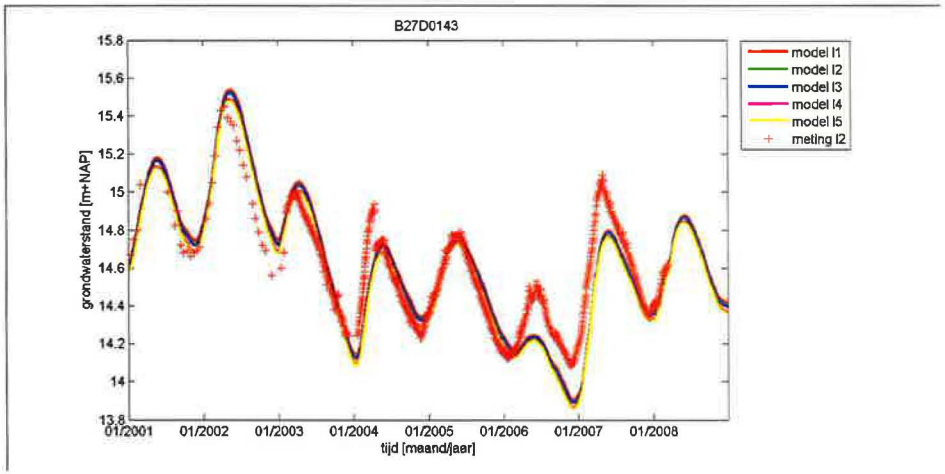


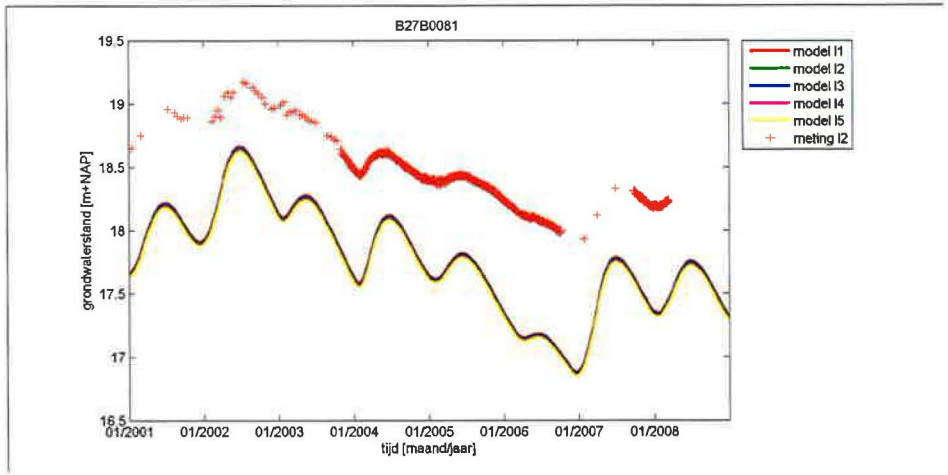


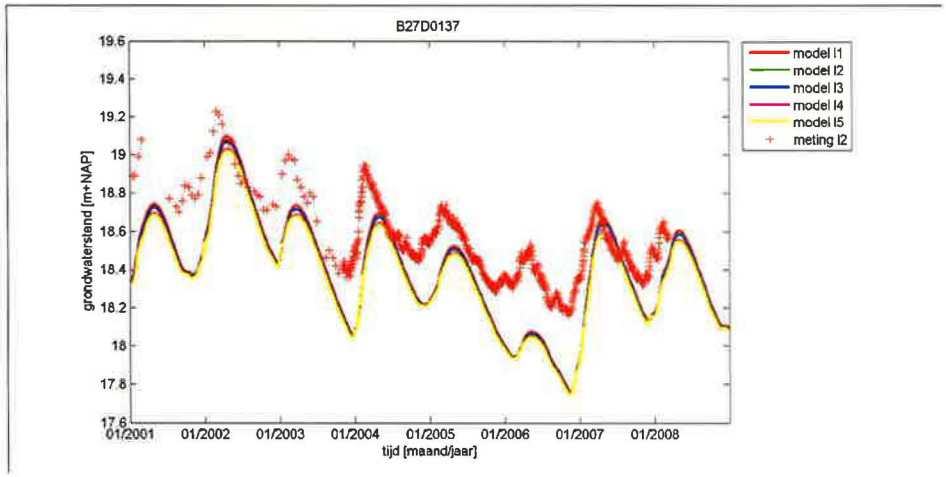


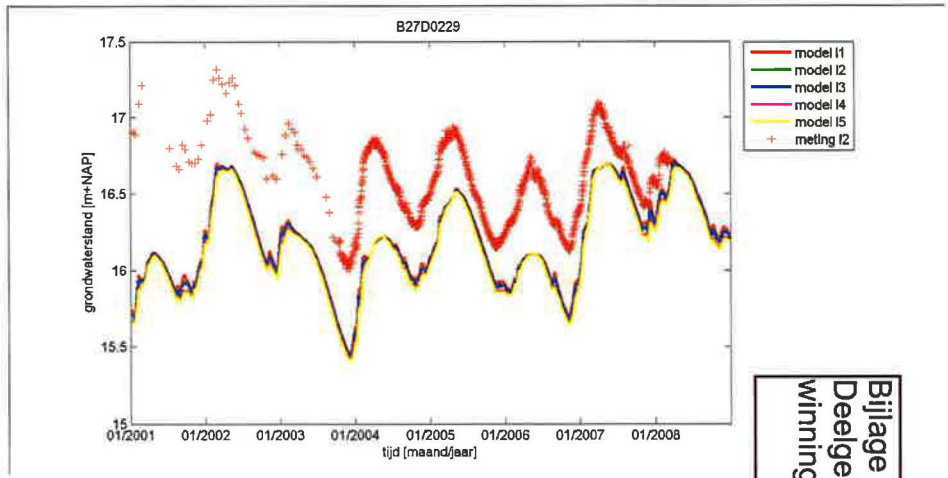


Bijlage 4.1
Deelgebied winning

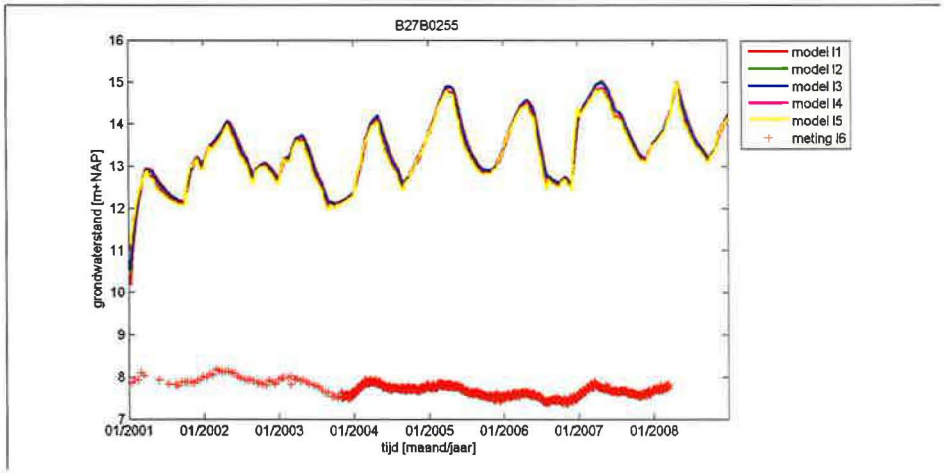


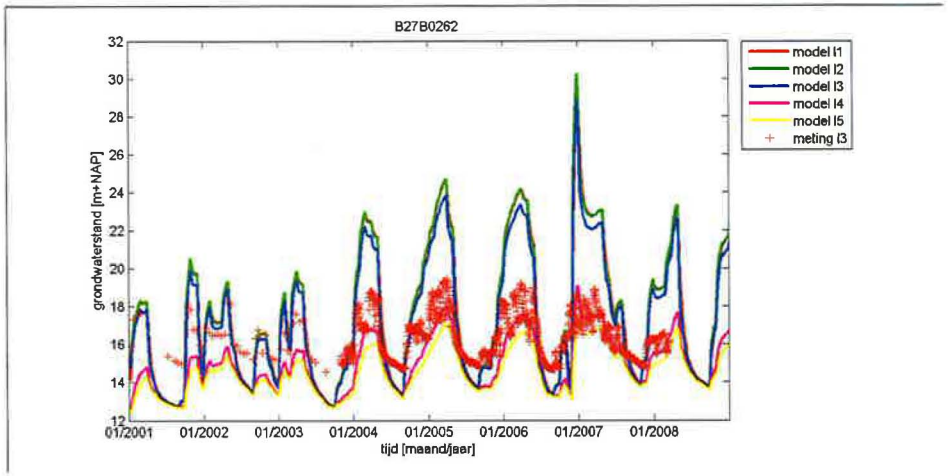


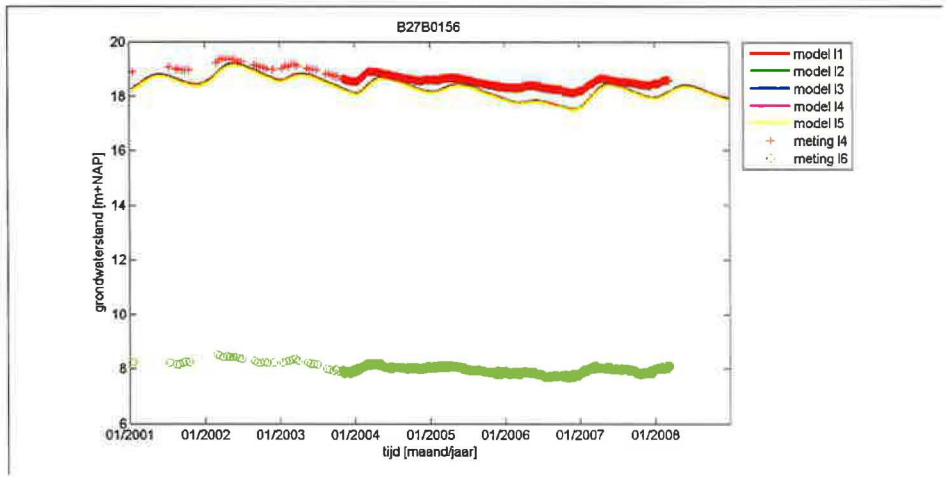


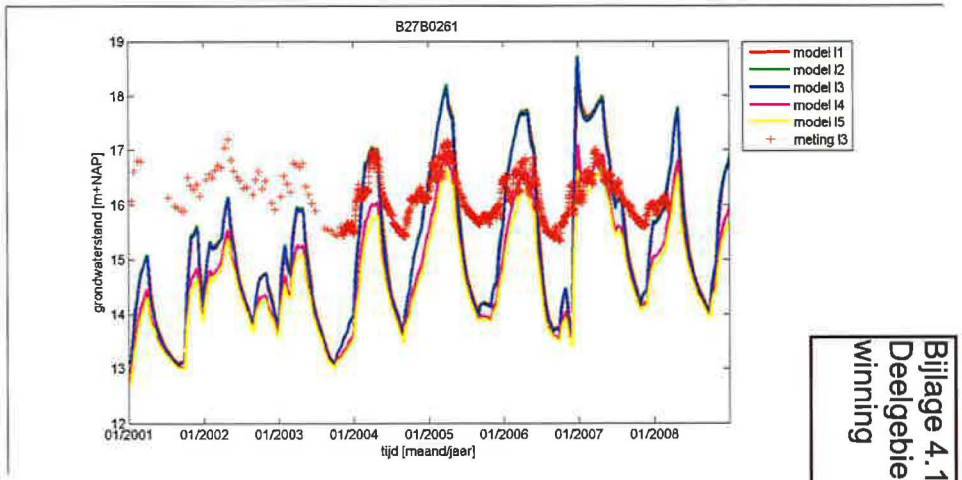


Bijlage 4.1
Deelgebied winning

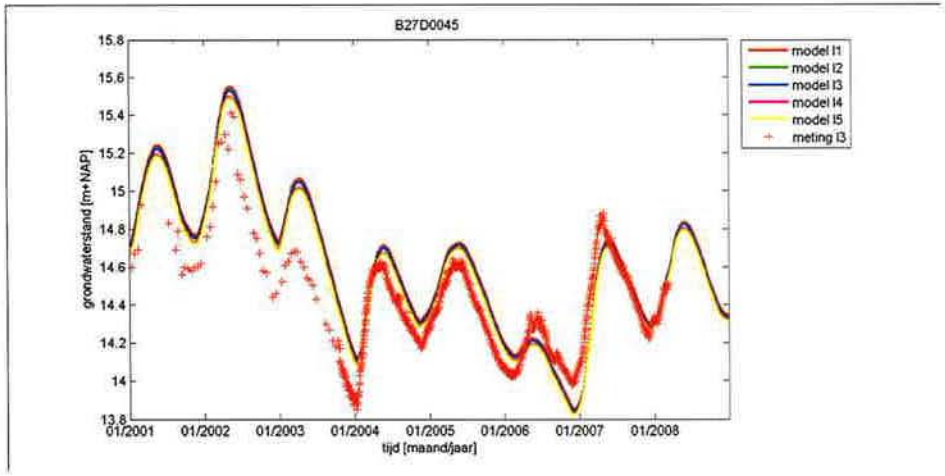


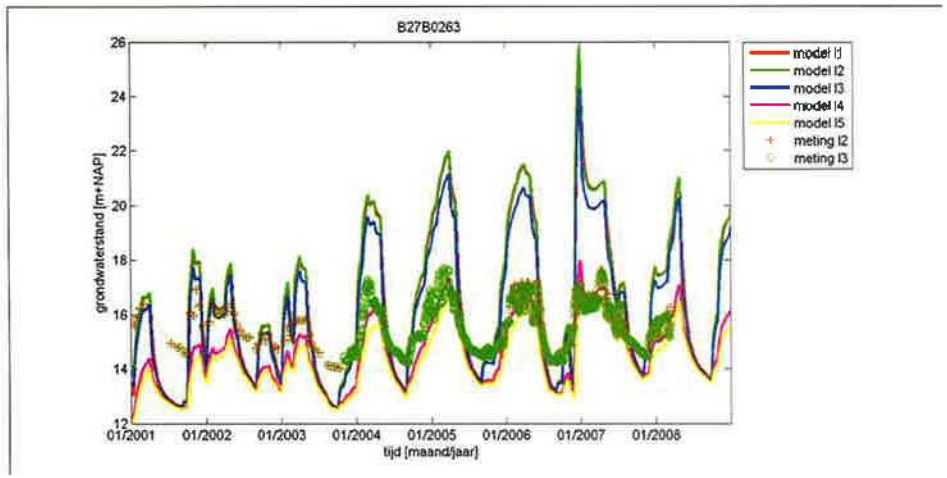




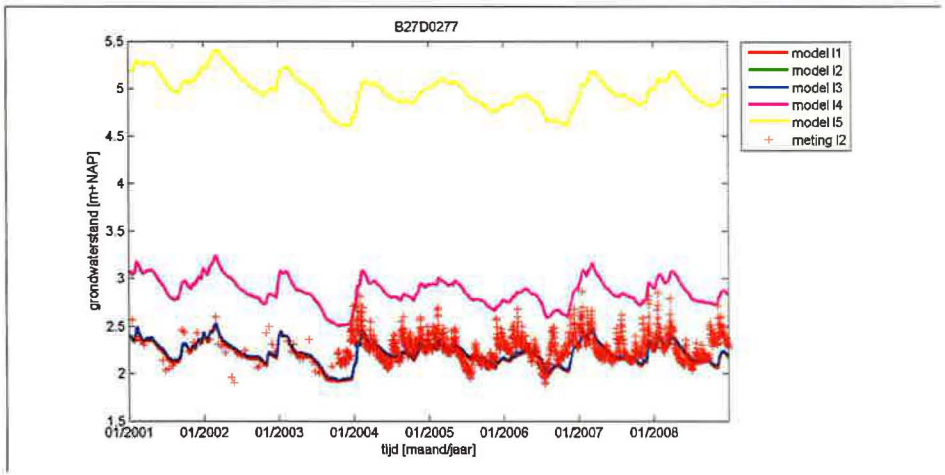


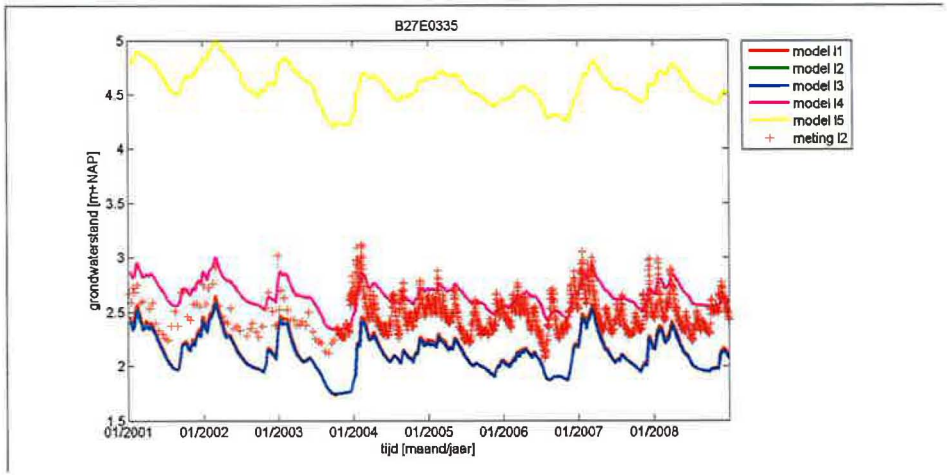
Bijlage 4.1
Deelgebied winning

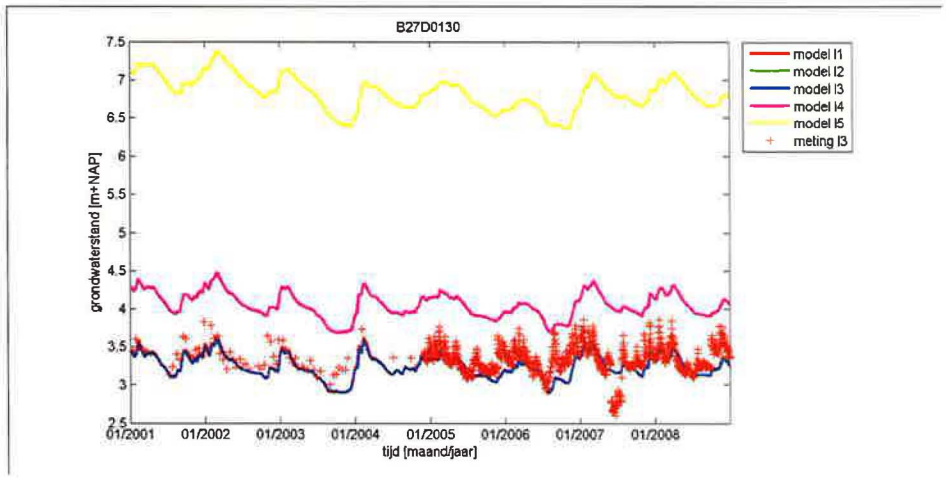


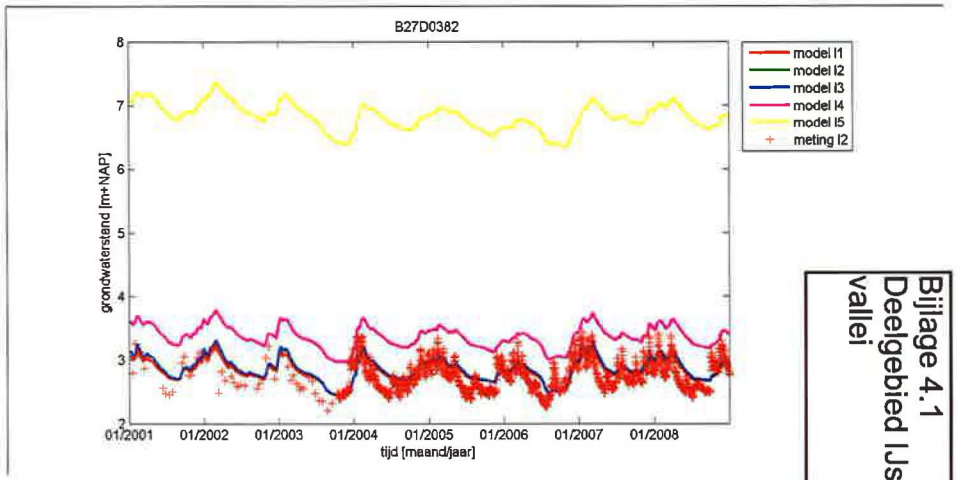


Bijlage 4.1
Deelgebied winning

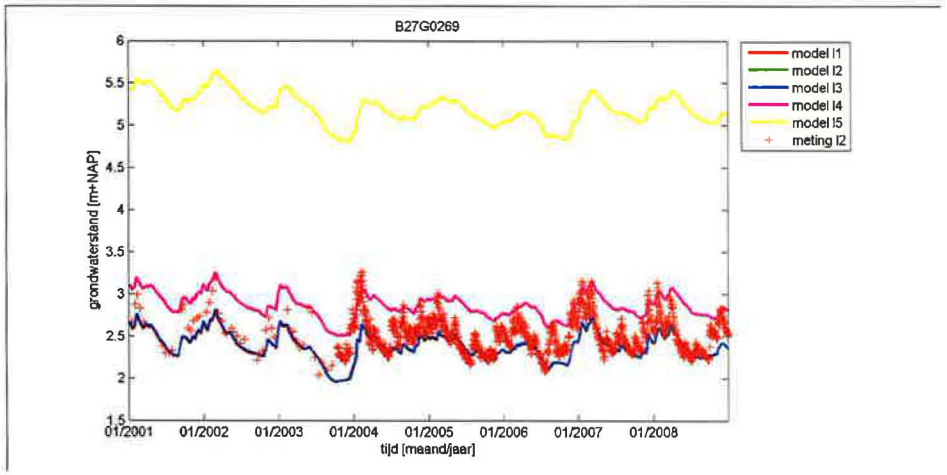


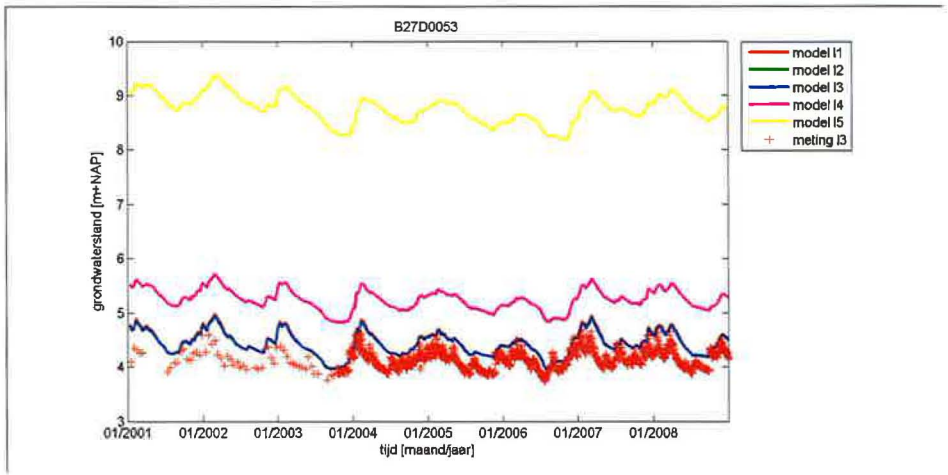


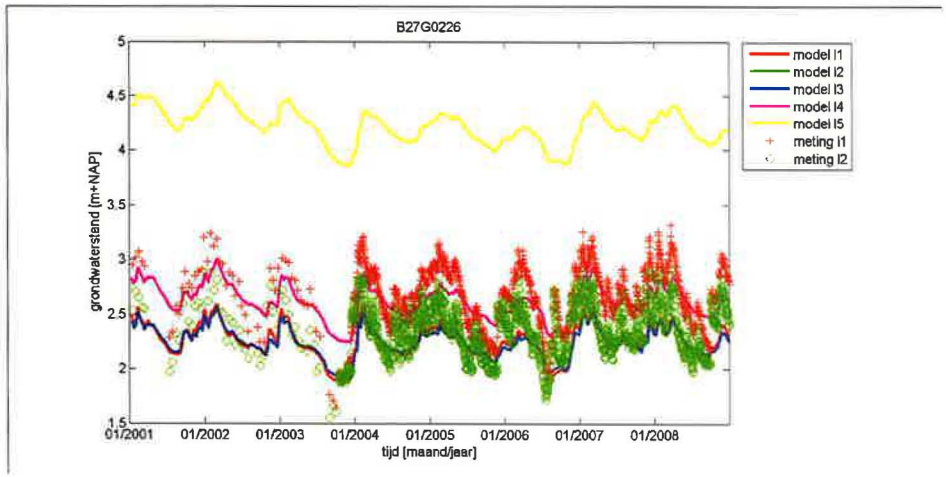


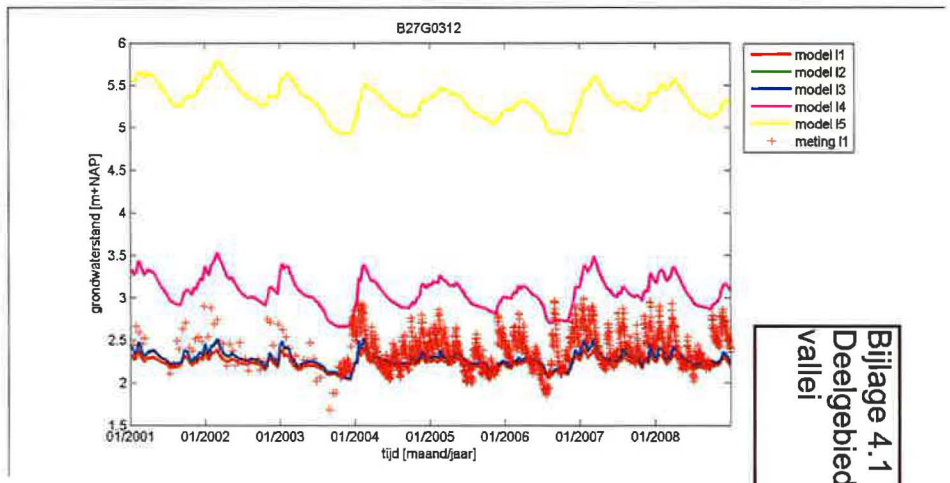


Bijlage 4.1
Deelgebied IJssel vallei

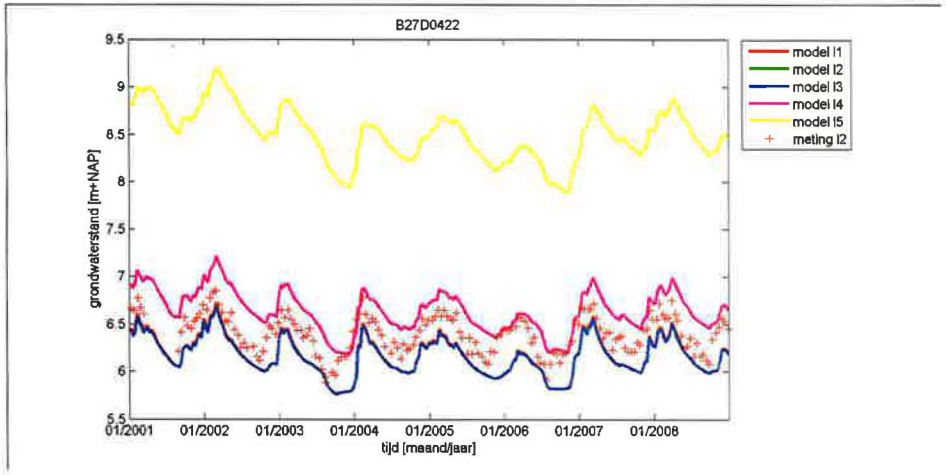


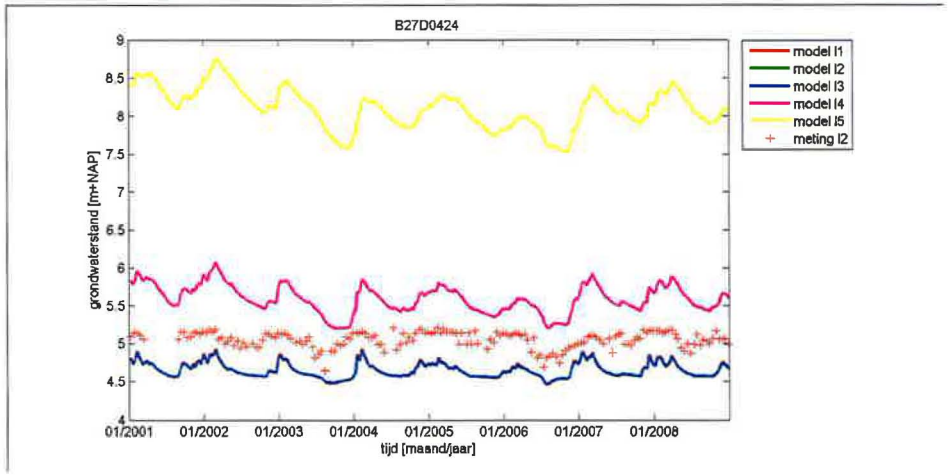


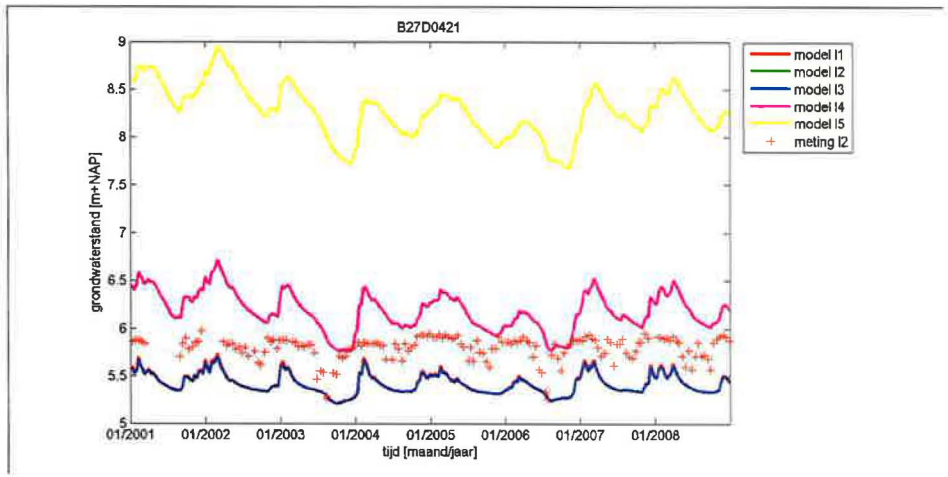


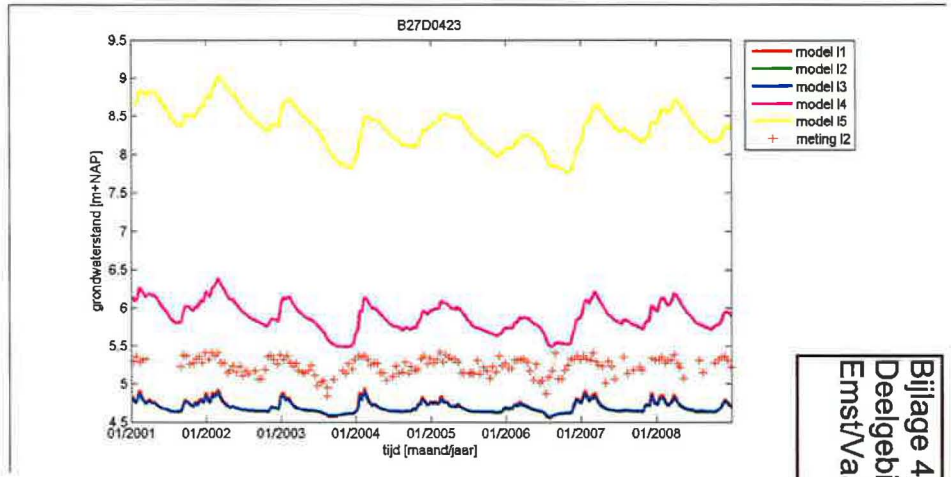


Bijlage 4.1
Deelgebied IJssel vallei

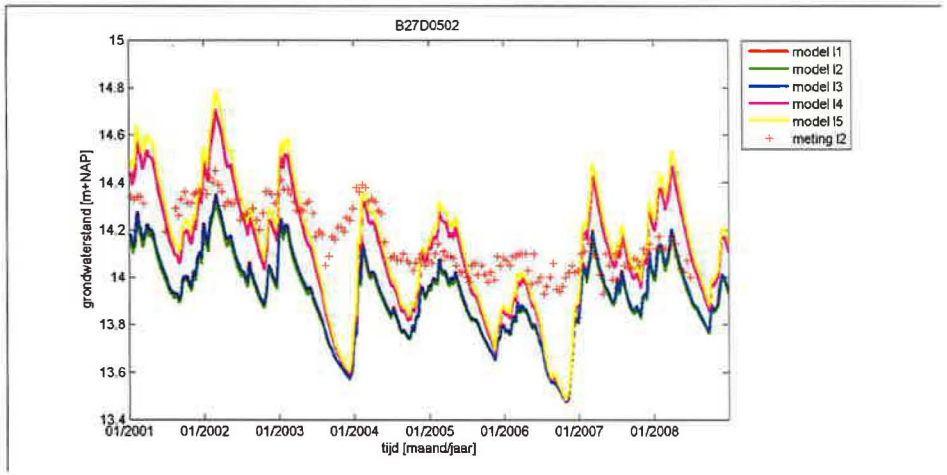


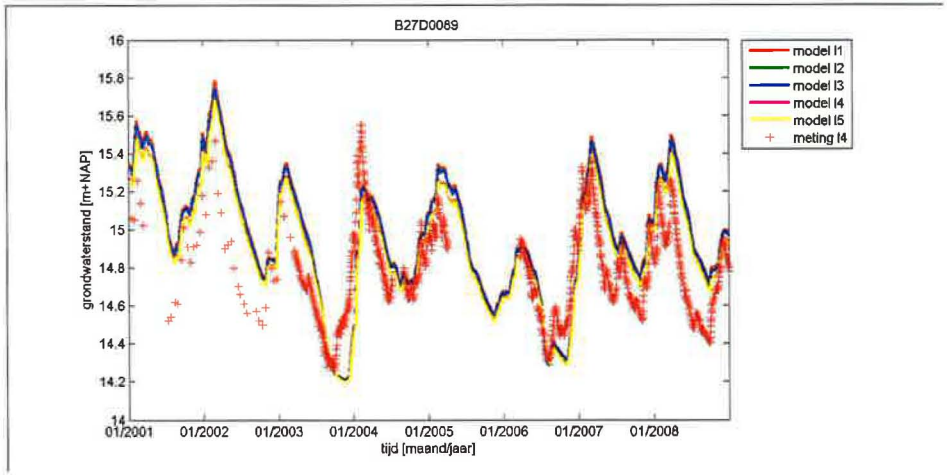


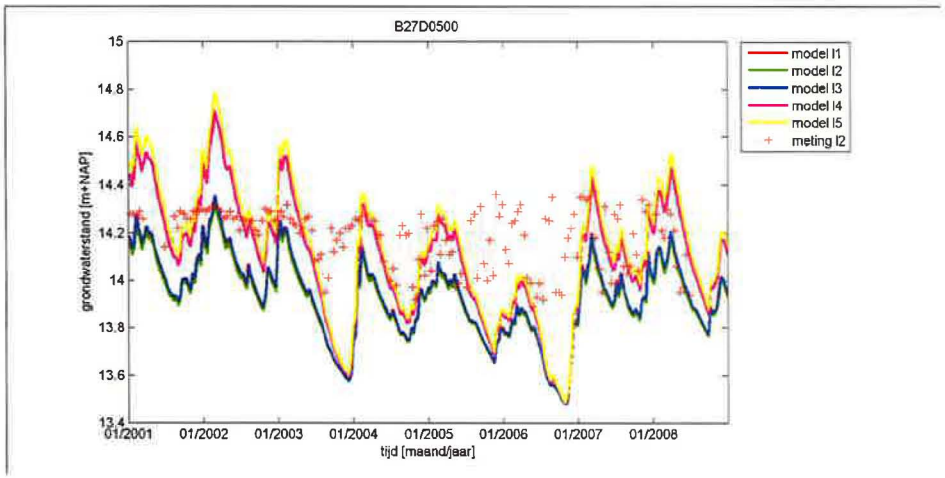


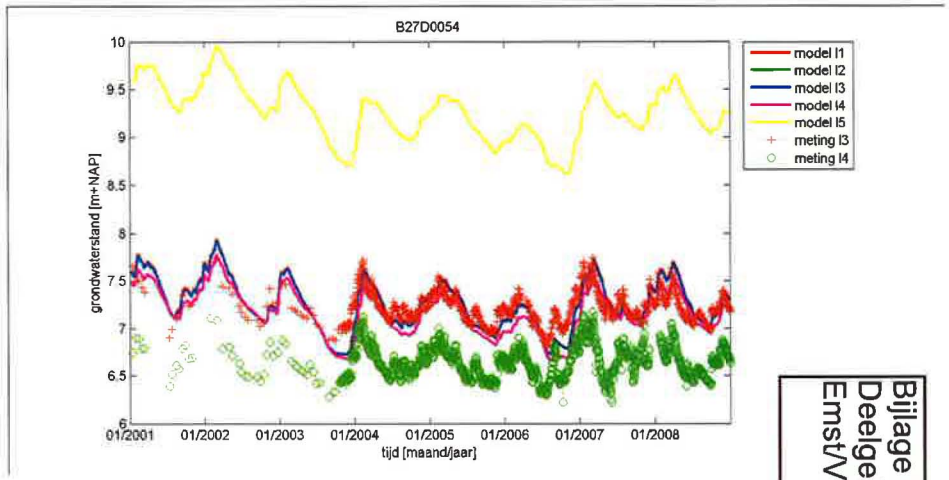


Bijlage 4.1
Deelgebied
Emst/Vaassen

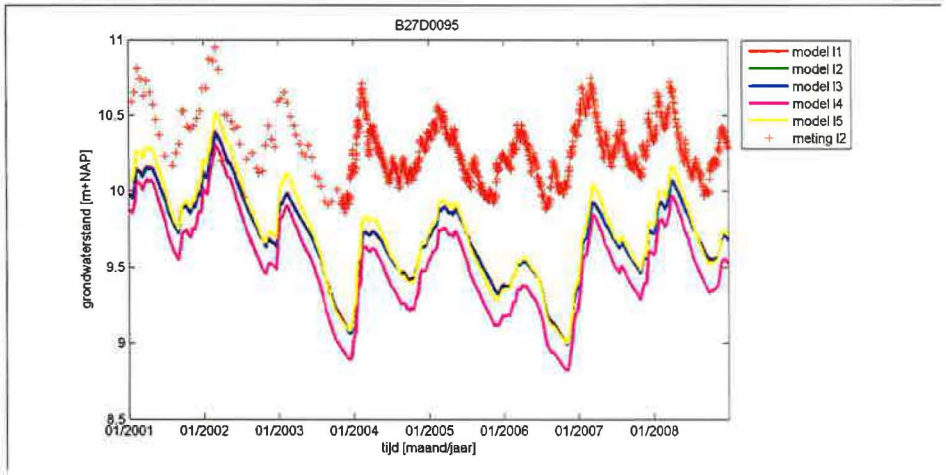


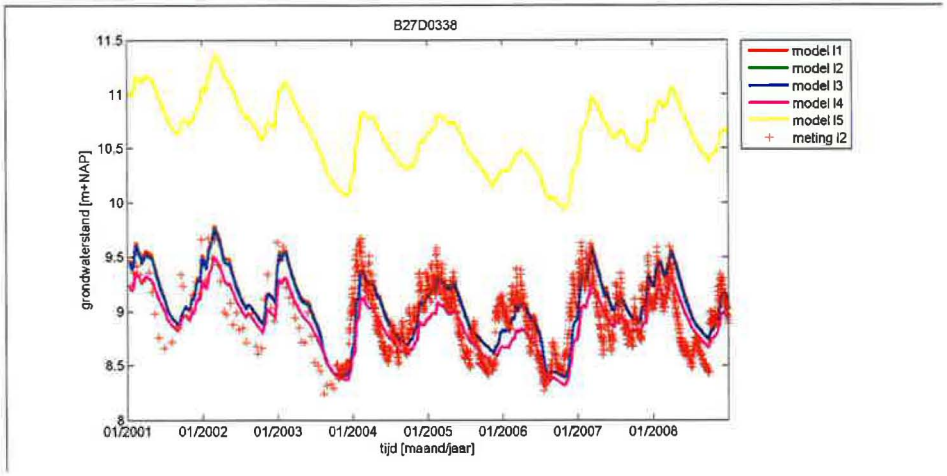


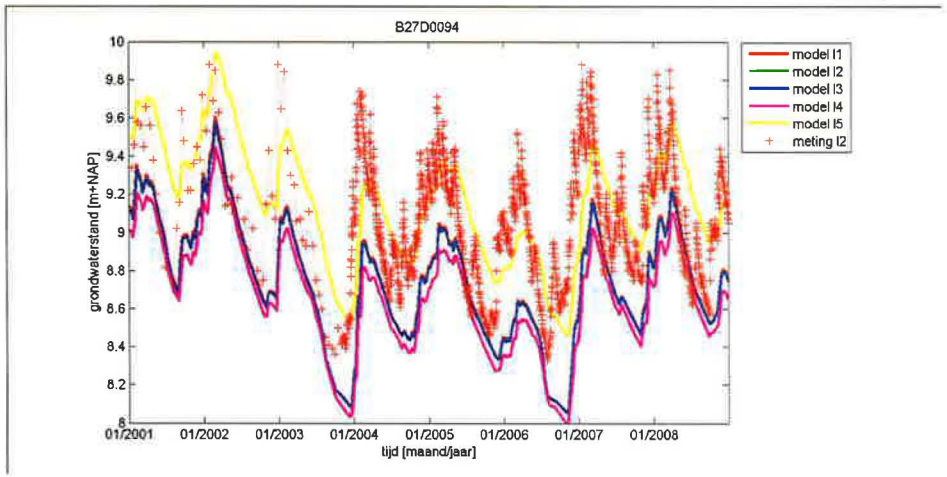


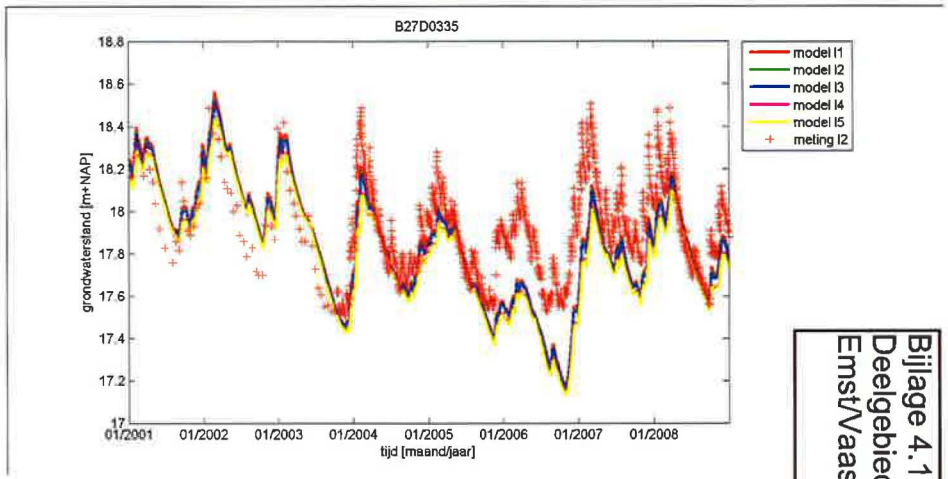


Bijlage 4.1
Deelgebied
Emst/Vaassen



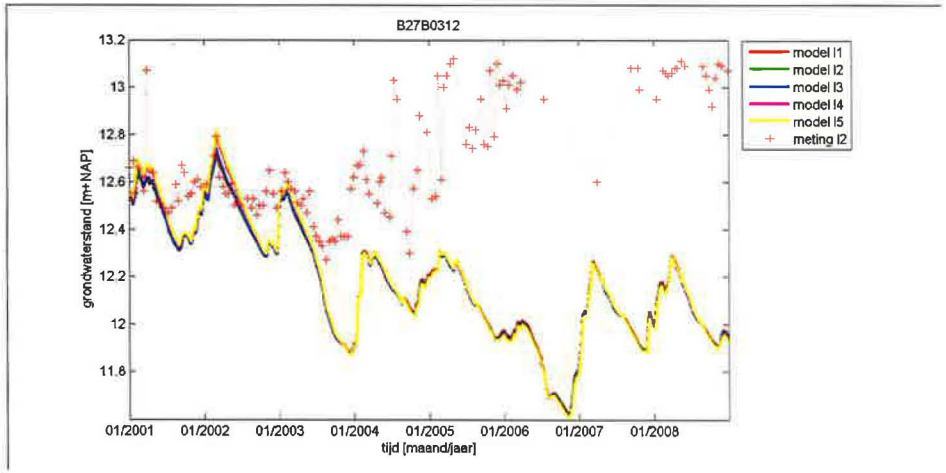


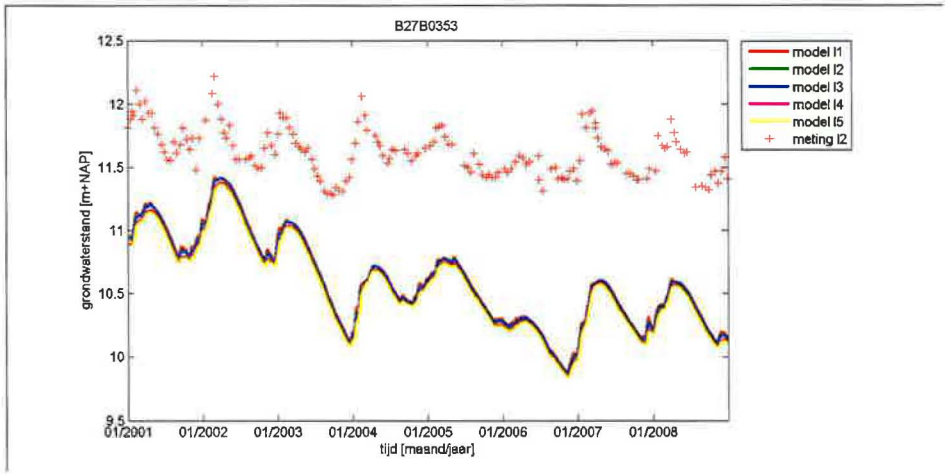


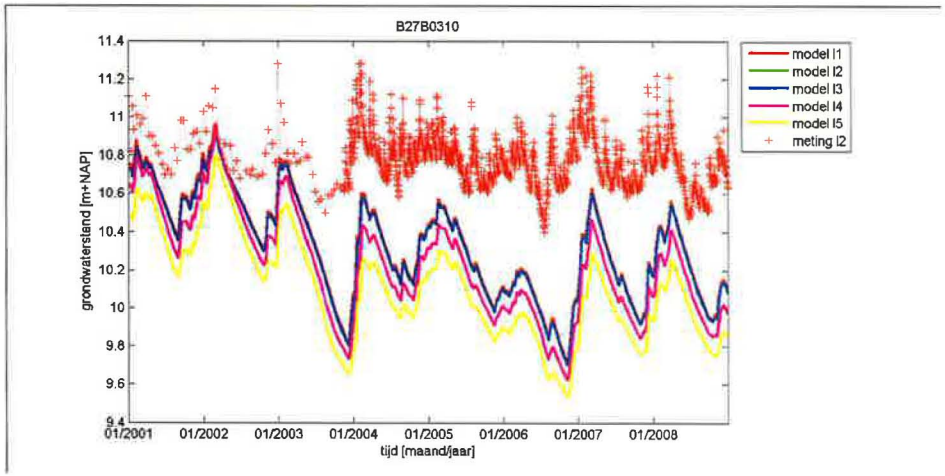


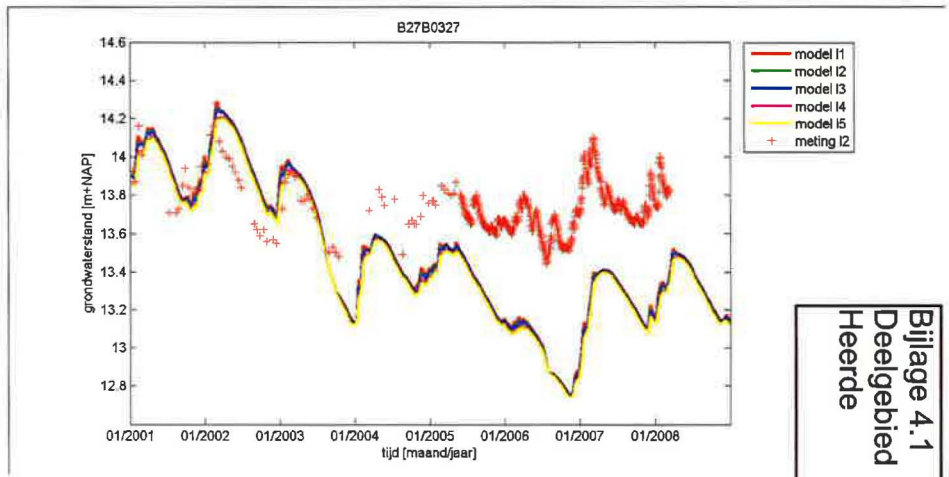
Bijlage 4.1
Deelgebied
Emst/Vaassen

Bijlage 4.1
Deelgebied
Emst/Vaassen

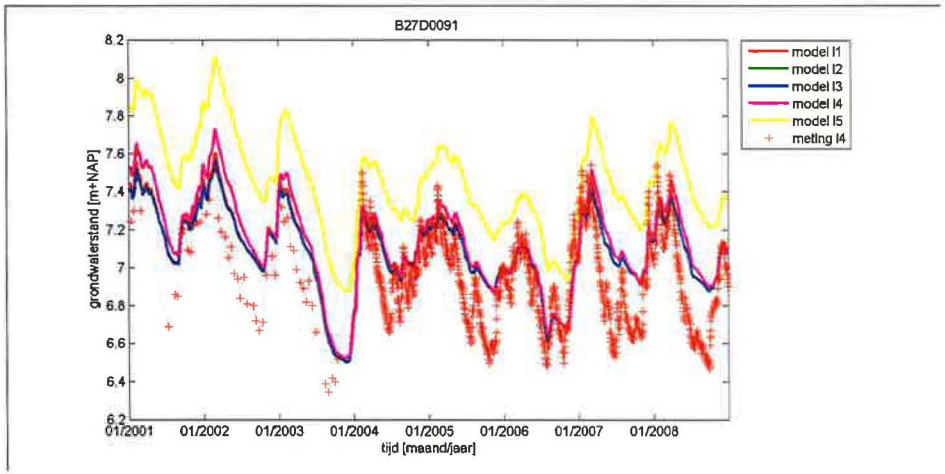


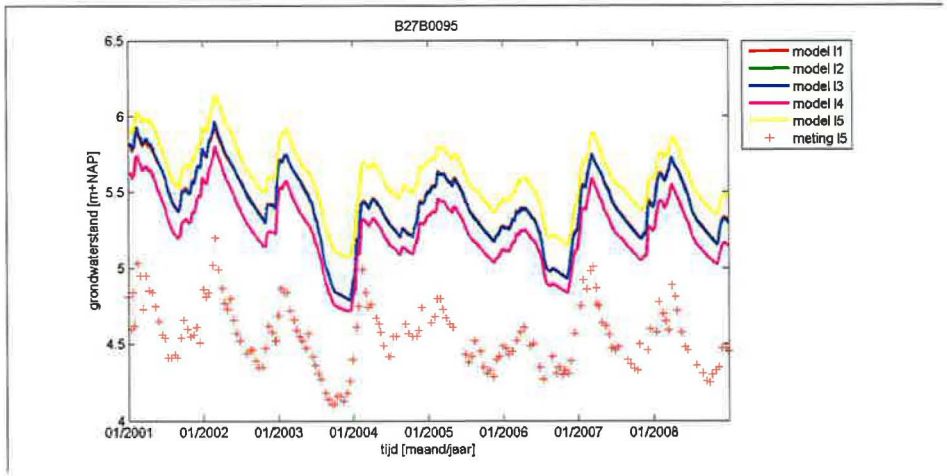


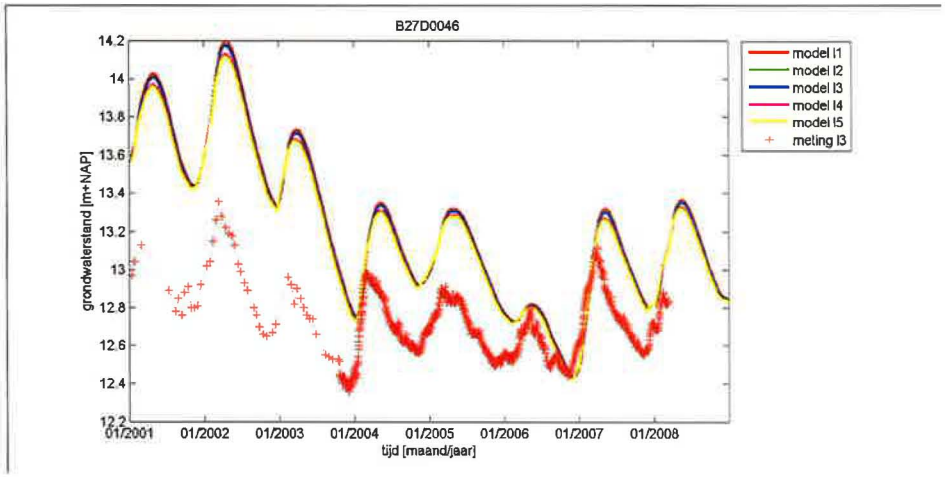


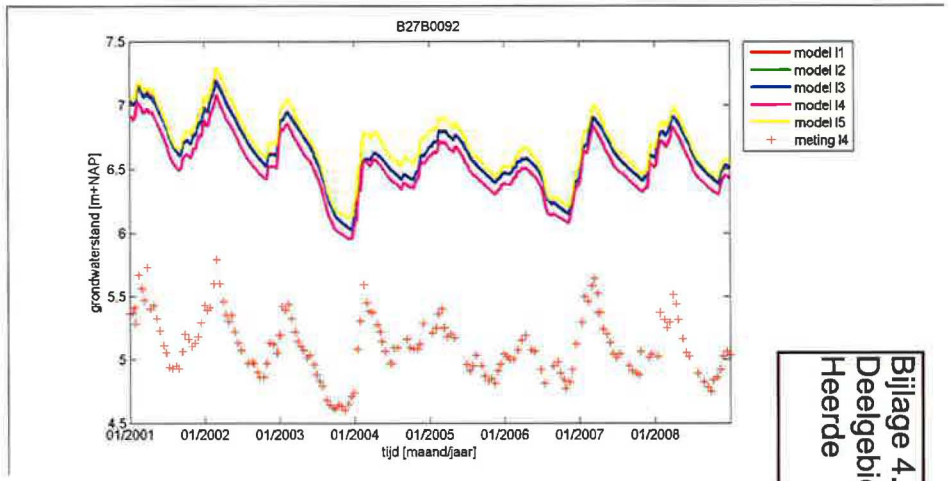


Bijlage 4.1
Deelgebied
Heerde

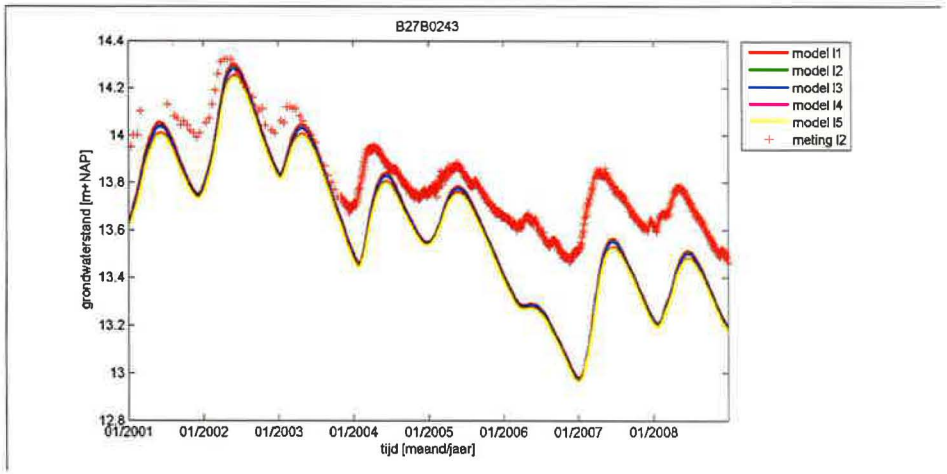


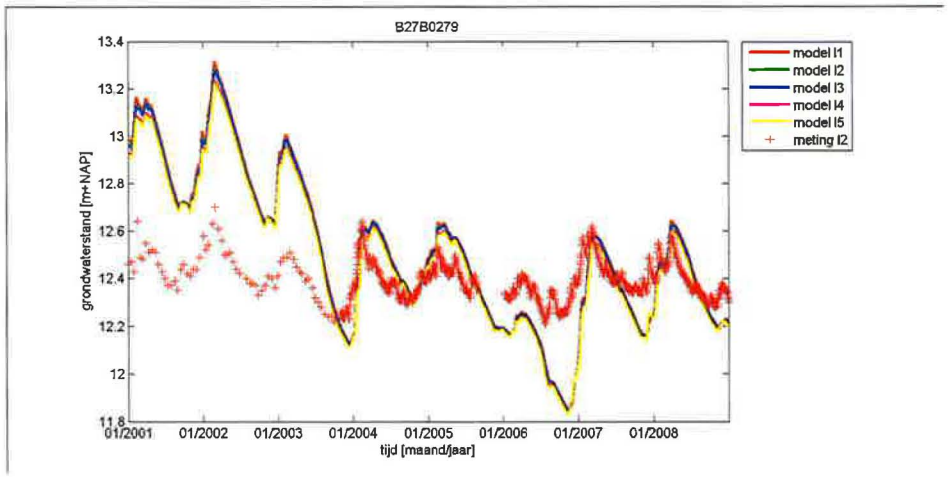


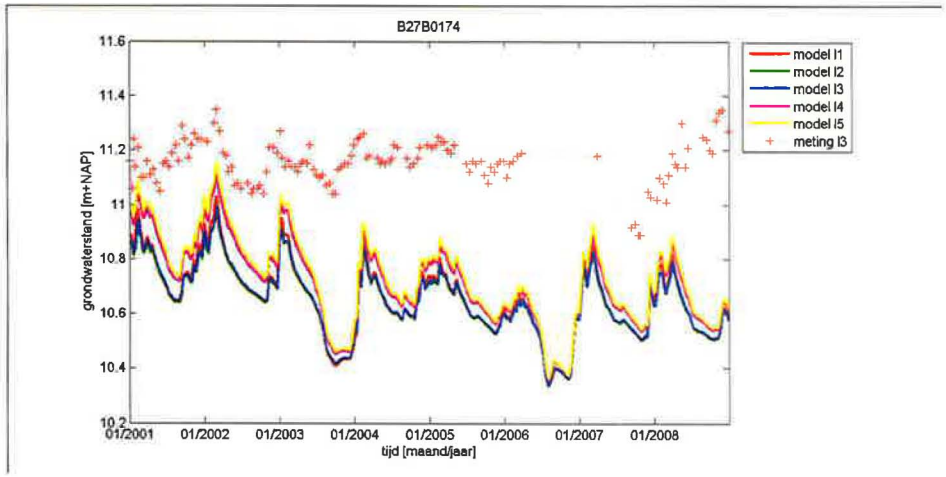


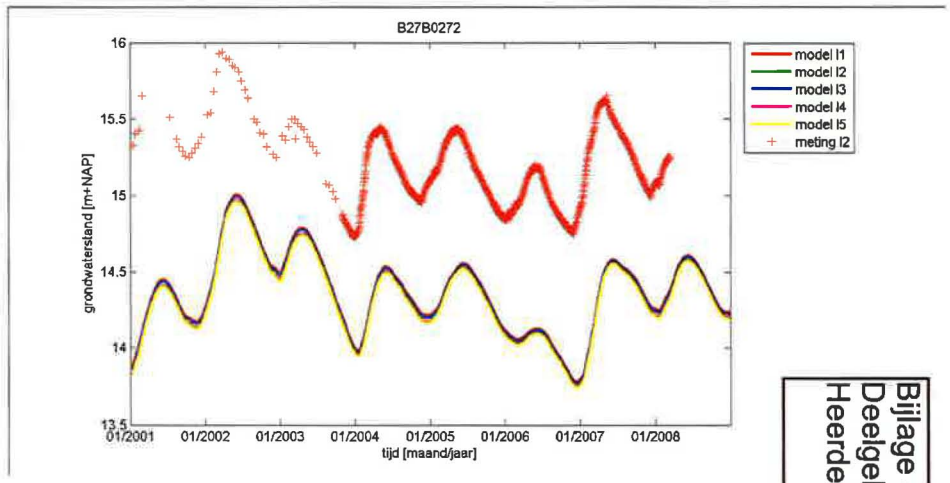


Bijlage 4.1
Deelgebied
Heerde



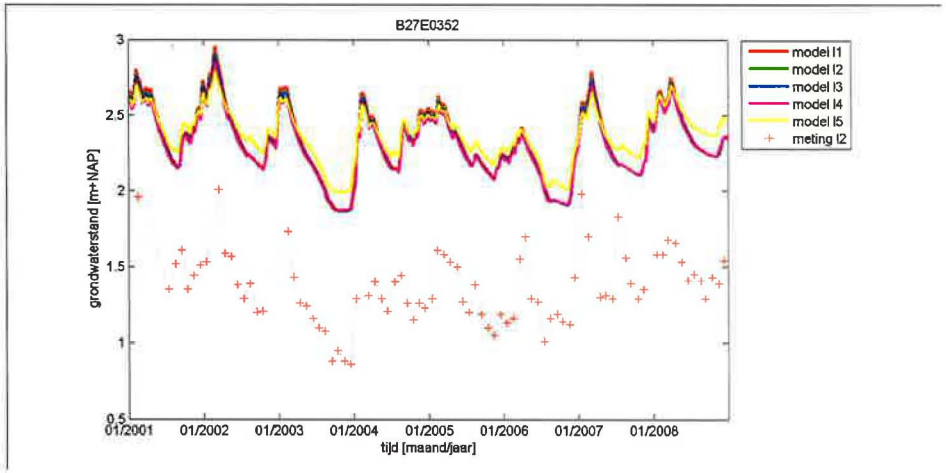


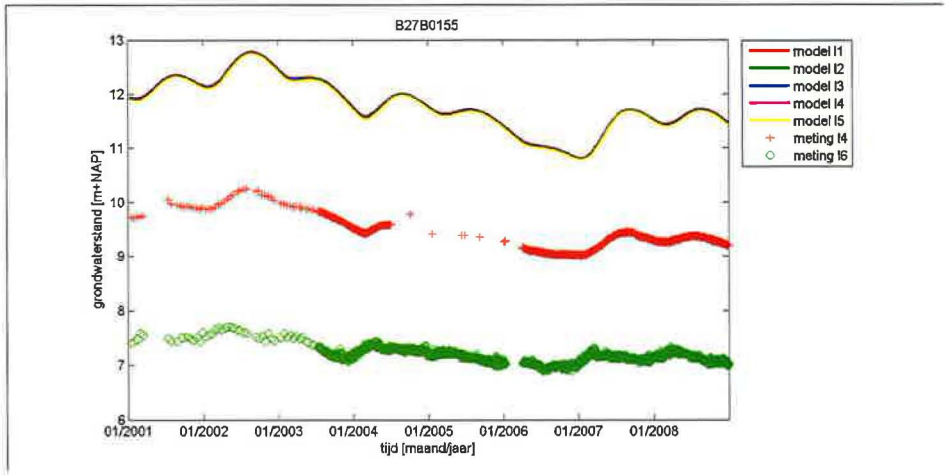


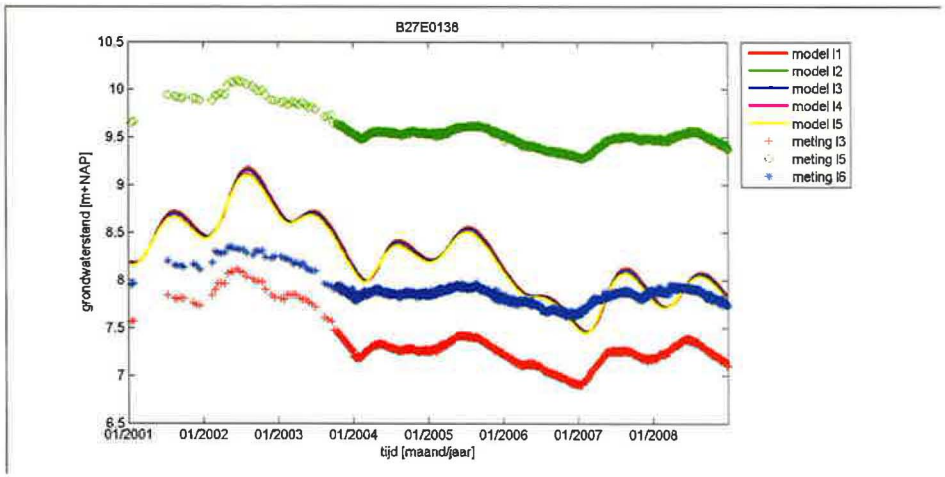


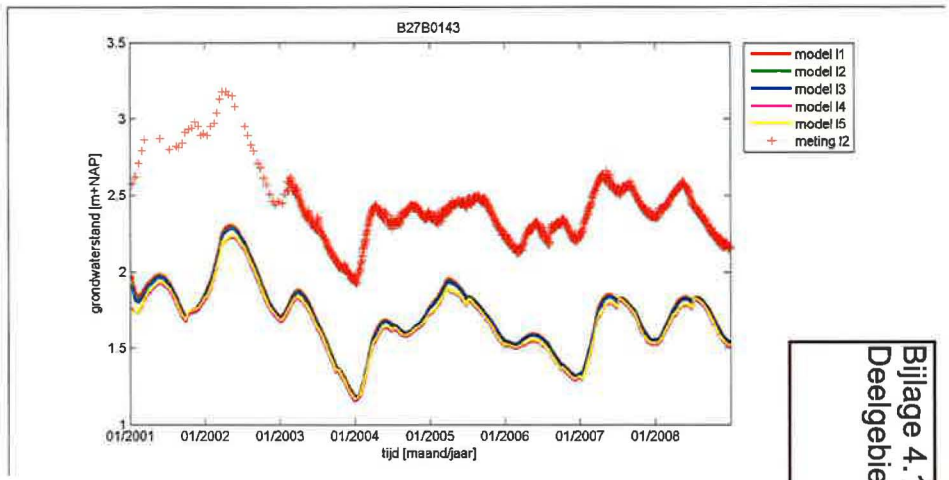
Bijlage 4.1
Deelgebied
Heerde

Bijlage 4.1
Deelgebied
Heerde

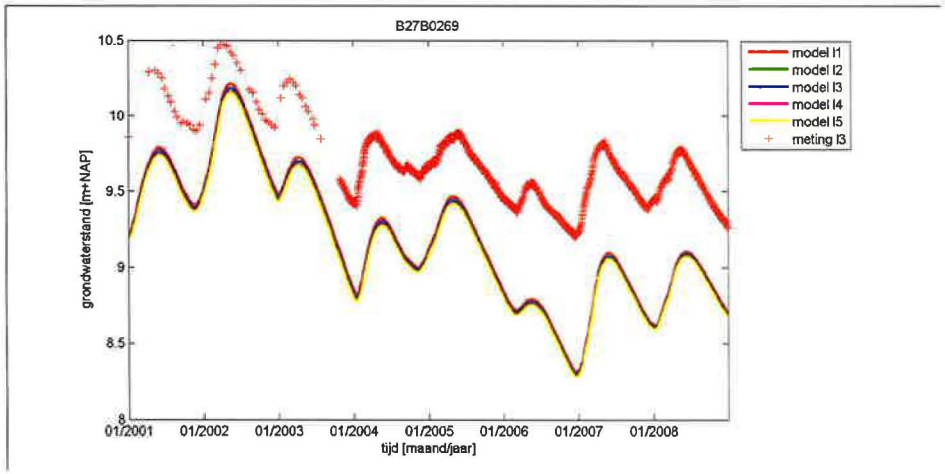


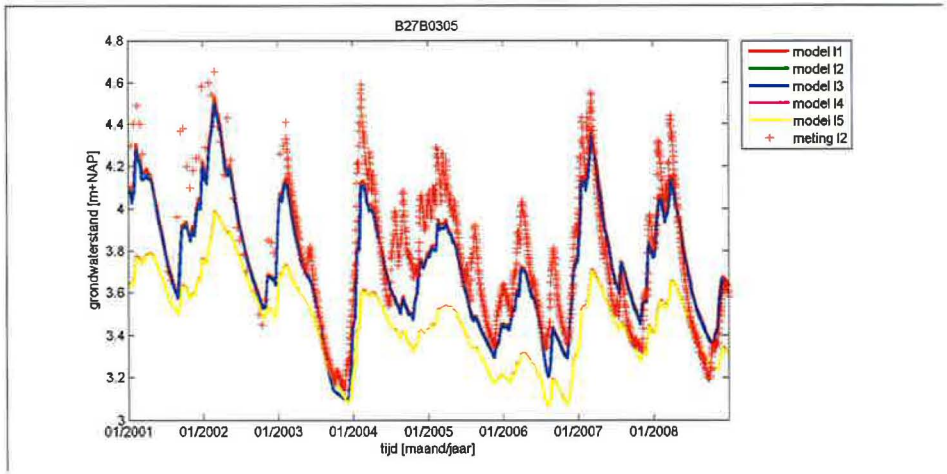


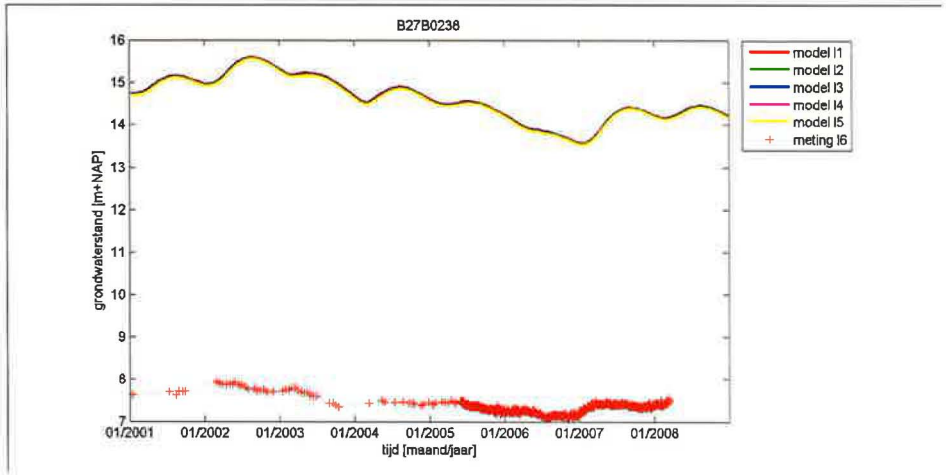


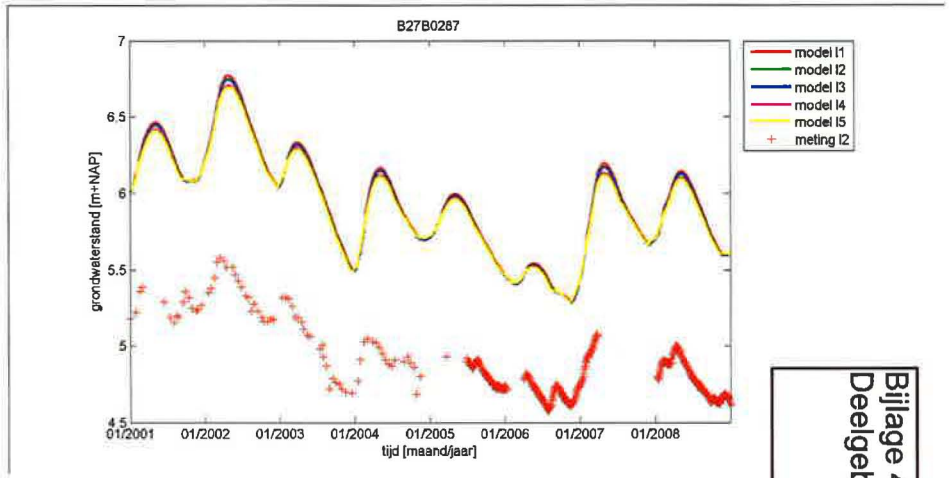


Bijlage 4.1
Deelgebied overig

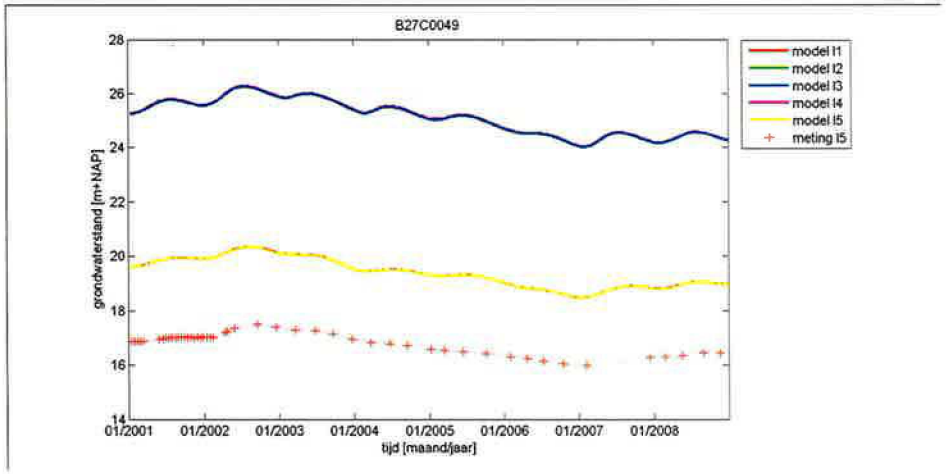


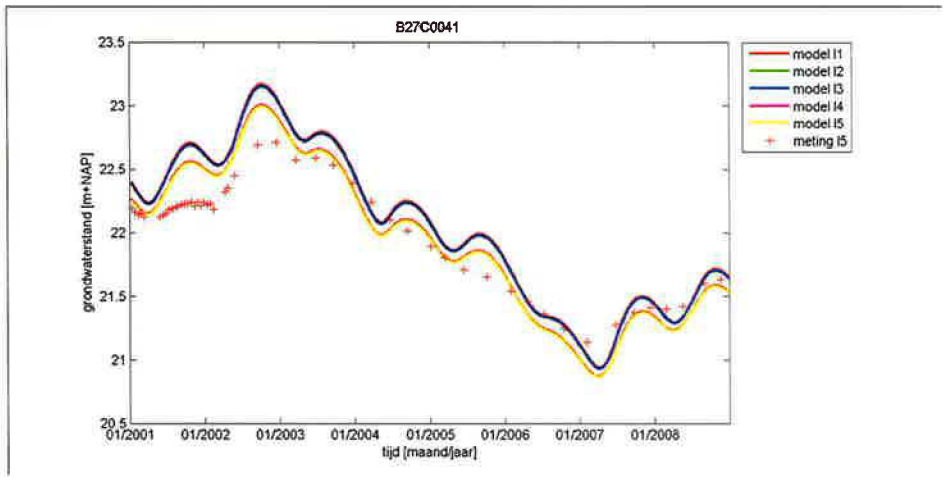


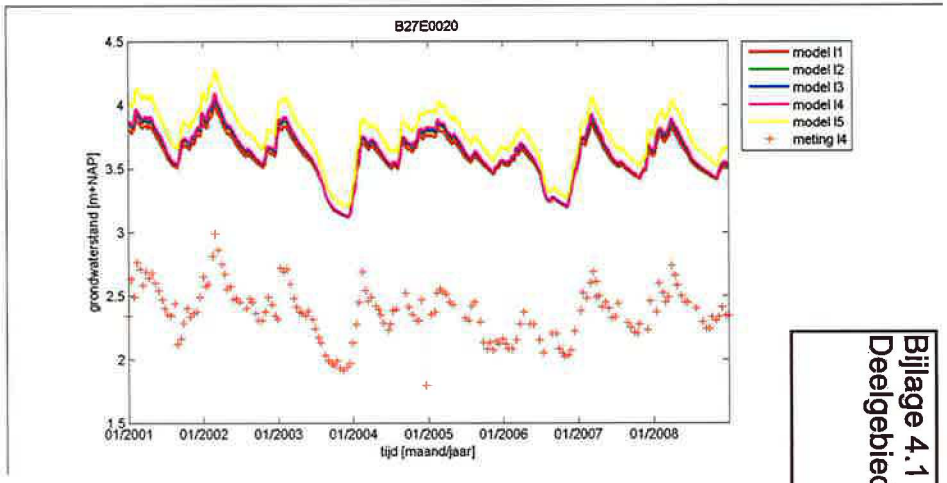




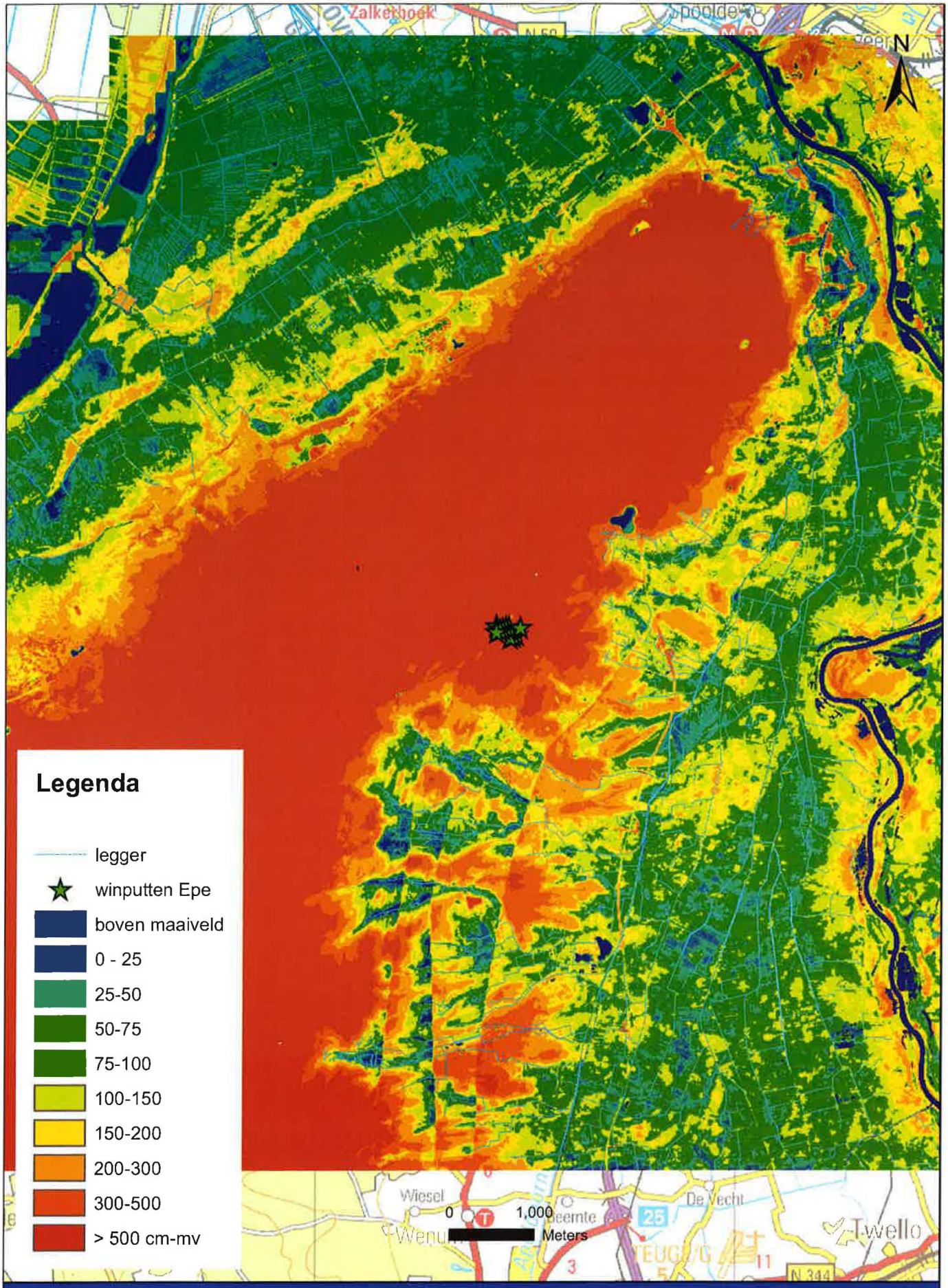
Bijlage 4.1
Deelgebied overig







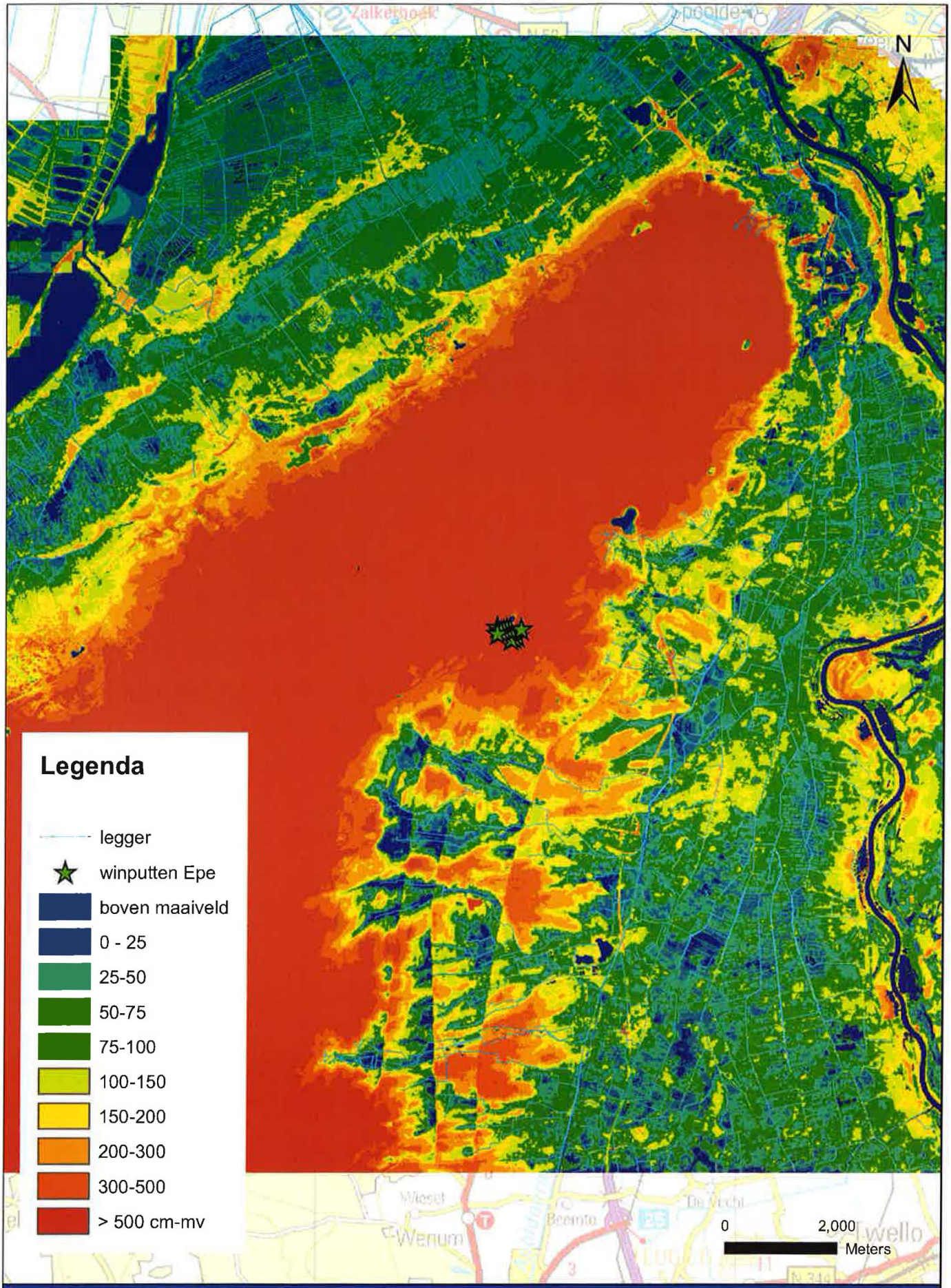
Bijlage 4.1
Deelgebied overig



Bijlage 4.2 Uitsnedemodel+, gemiddelde grondwaterstand, cm-mv

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

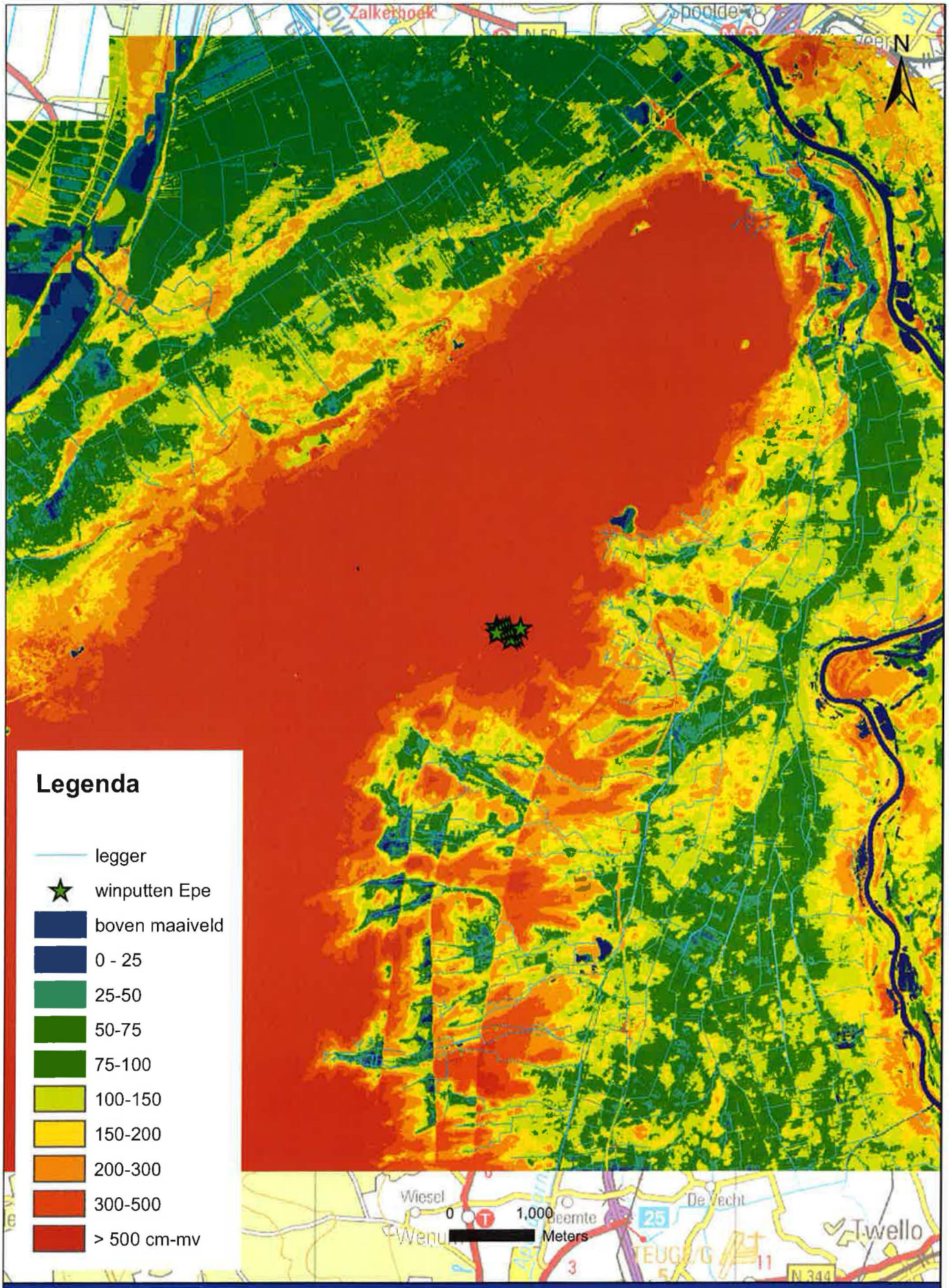
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 4.3 Uitsnedemodel+, gemiddelde hoogste grondwaterstand, cm-mv

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

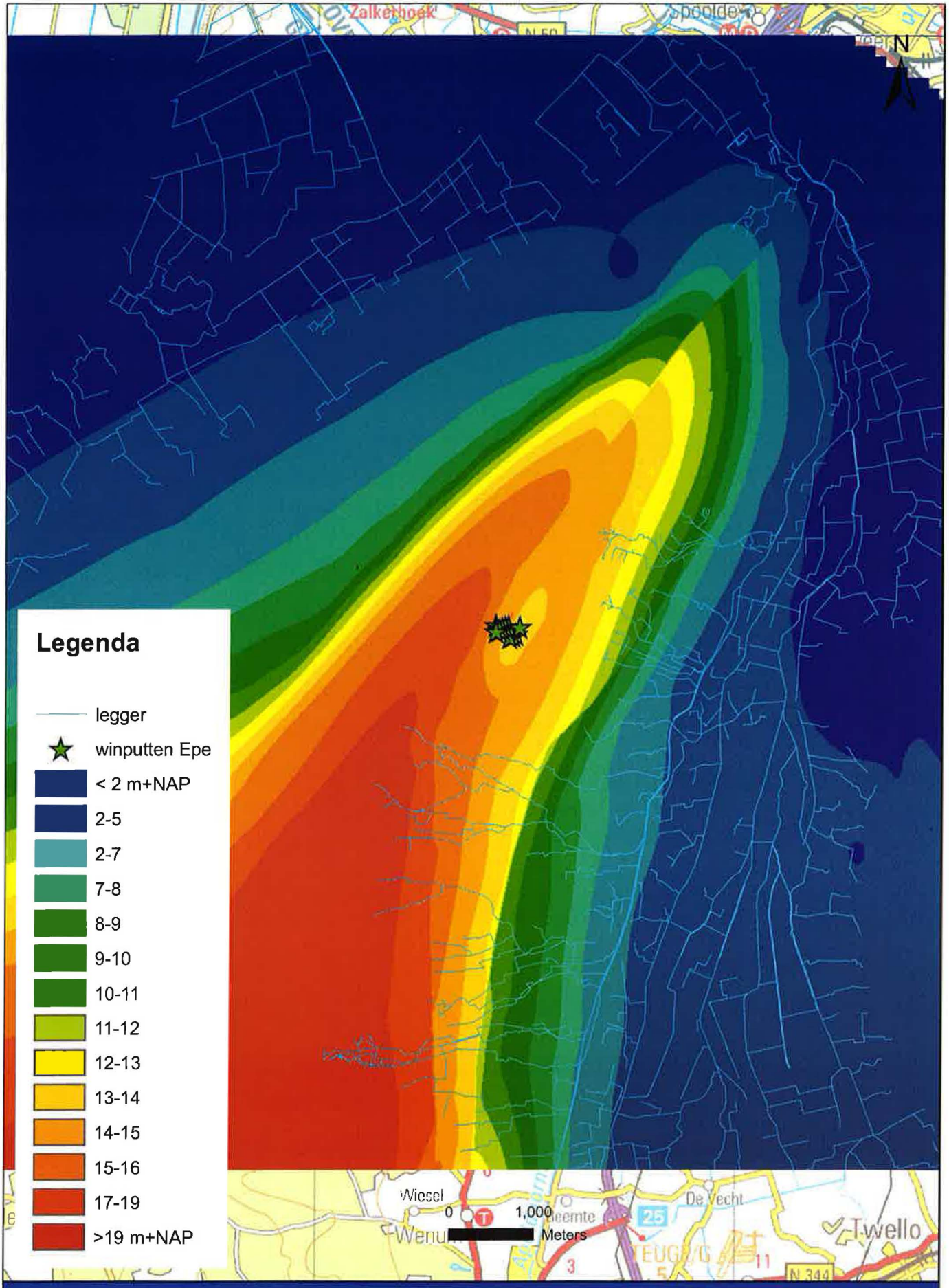
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	5-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 4.4 Uitsnedemodel+, gemiddelde laagste grondwaterstand, cm-mv

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

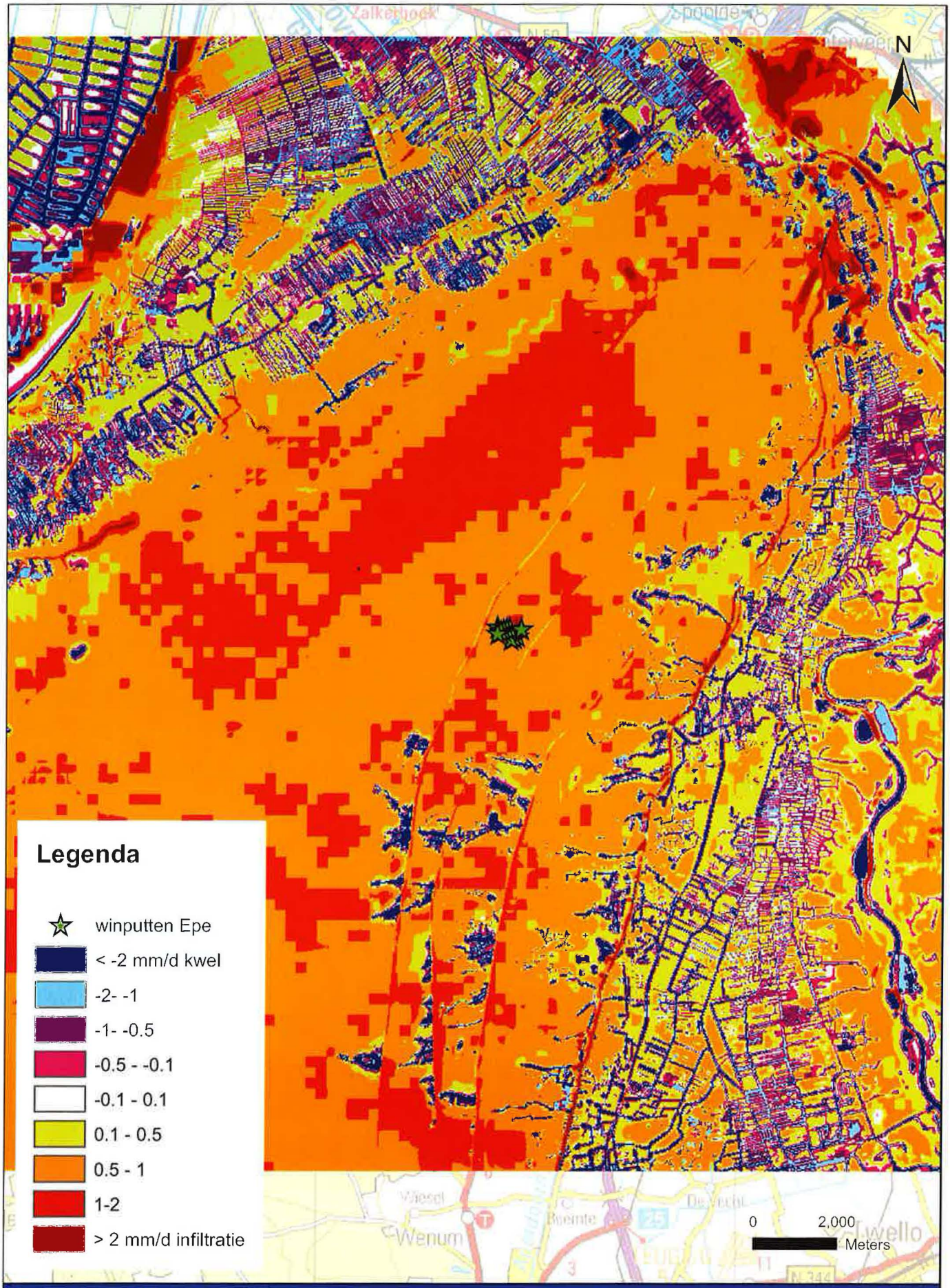
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 4.5 Uitsnedemodel+, gemiddelde stijghoogte modellaag 4, m +NAP

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

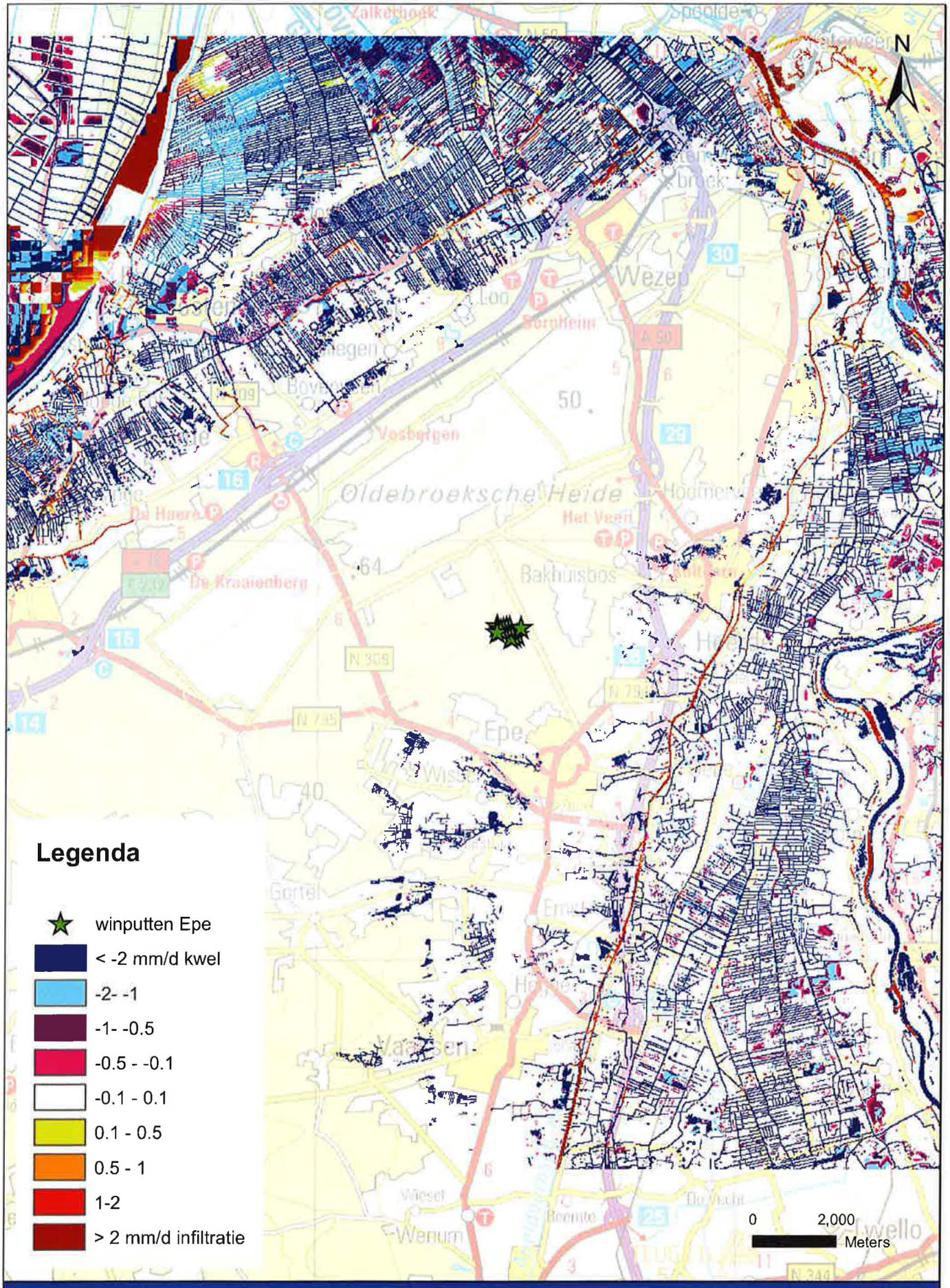
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 4.6 Uitsnedemodel+, gemiddelde kwel/infiltratie over onderkant modellaag 2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

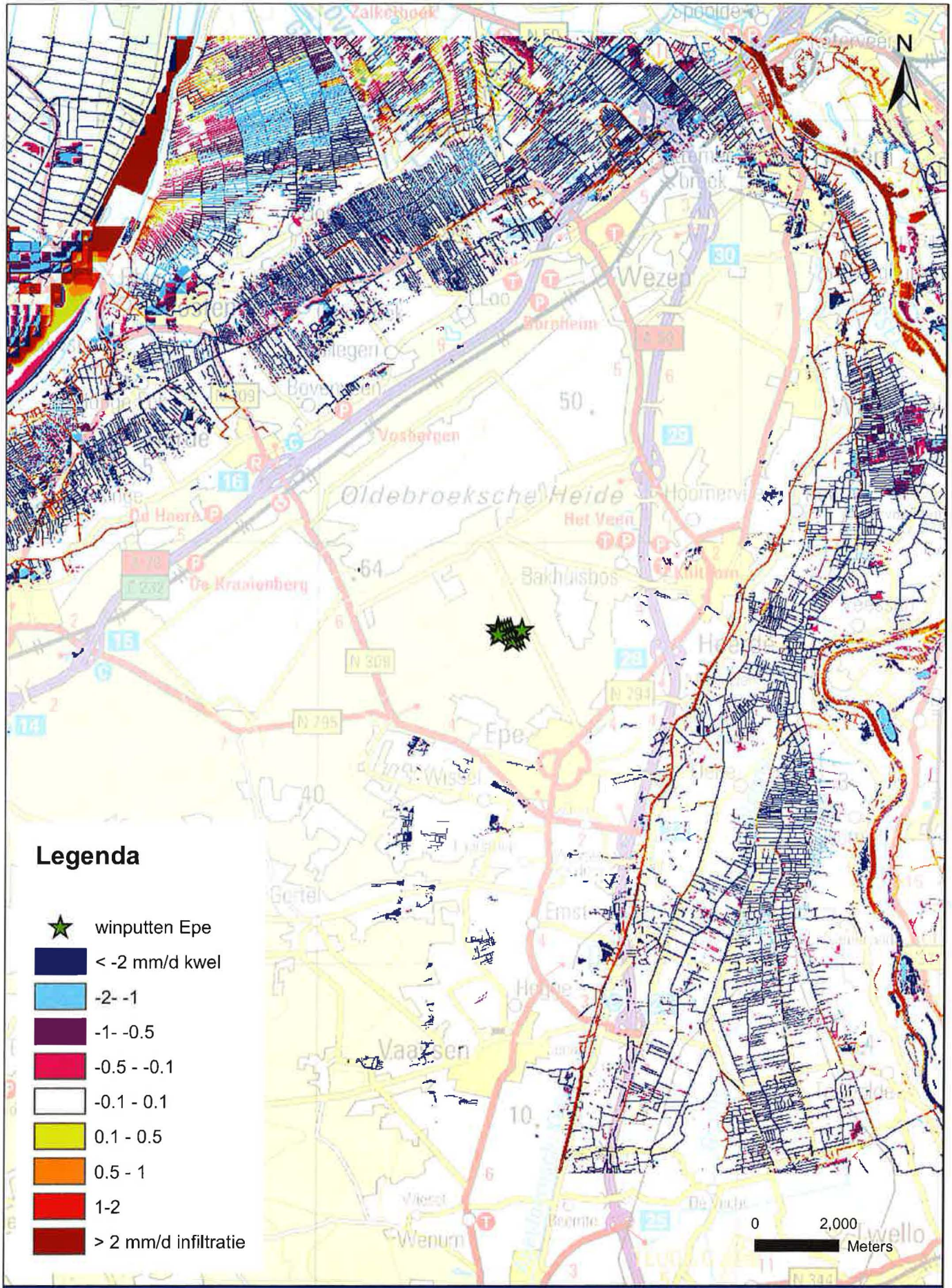
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	17-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 4.7 Uitsnedemodel+, gemiddelde aan- en afvoer modellaag 1+2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	17-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

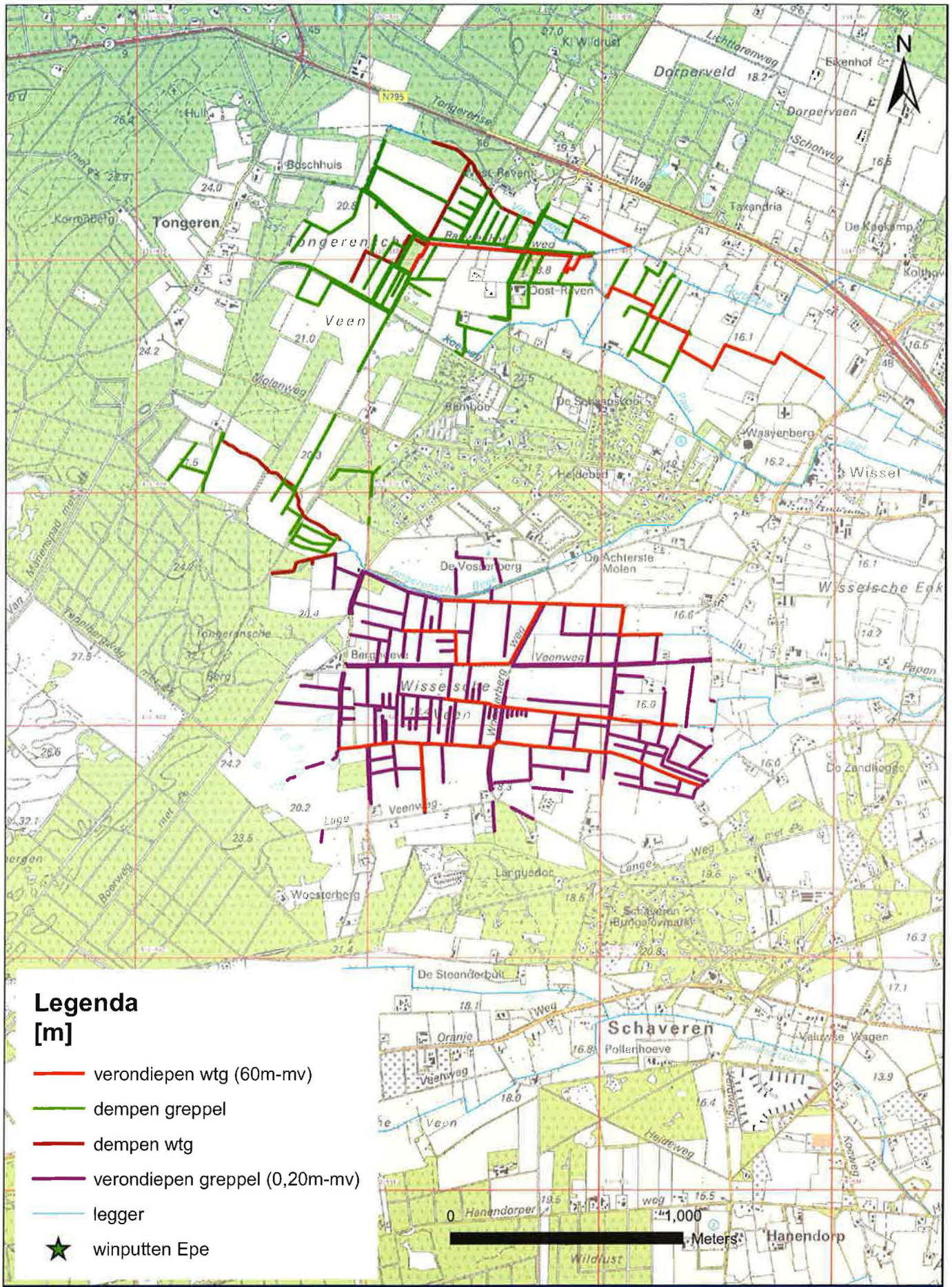


Bijlage 4.8 Uitsnedemodel+, droog moment aan- en afvoer modellaag 1+2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	17-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd

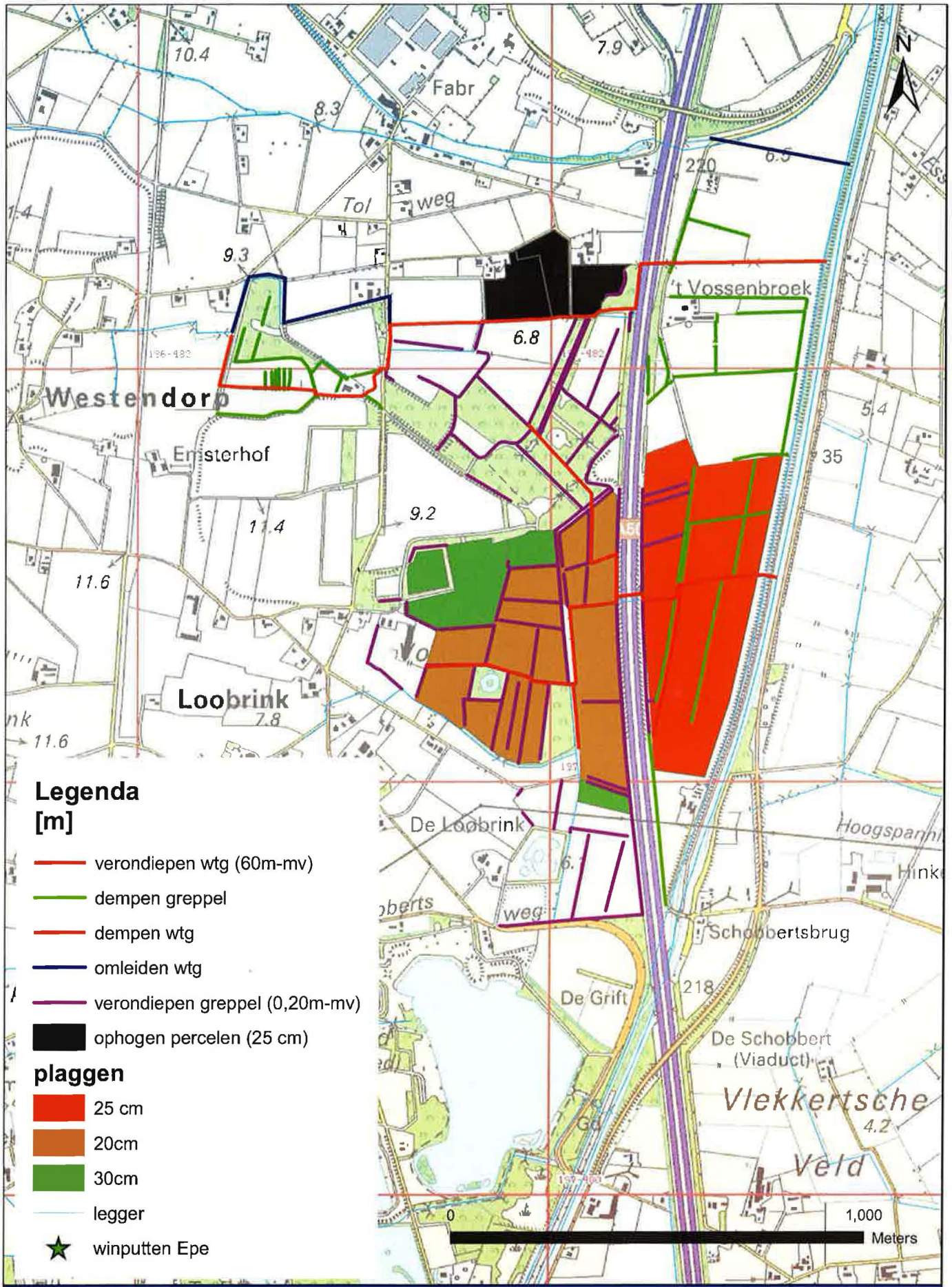
BIJLAGE 5 Resultaten van referentie en alternatieven



Bijlage 5.1a GGOR maatregelen volgens waterschap Veluwe

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

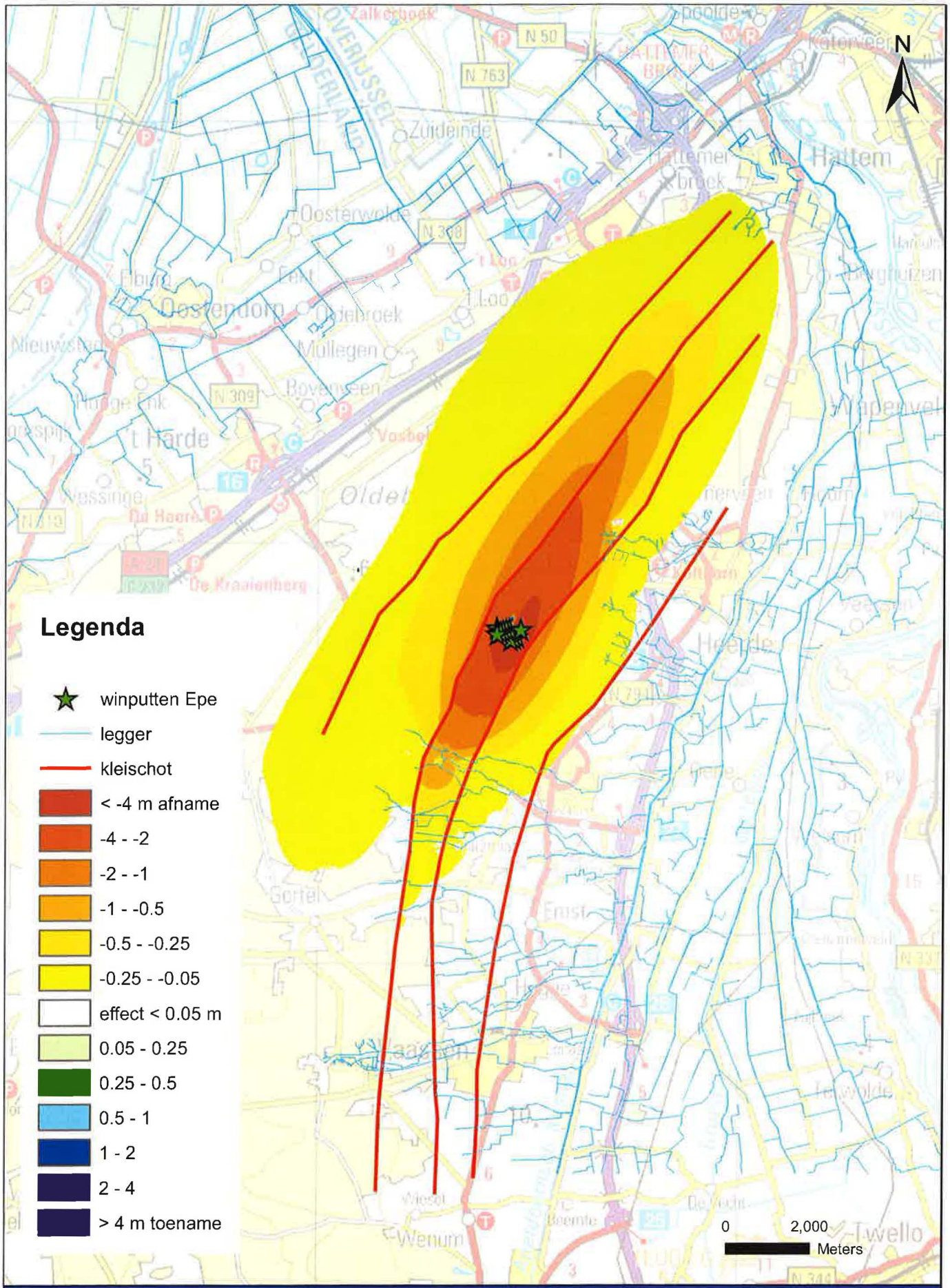
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.1b GGOR maatregelen volgens waterschap Veluwe

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

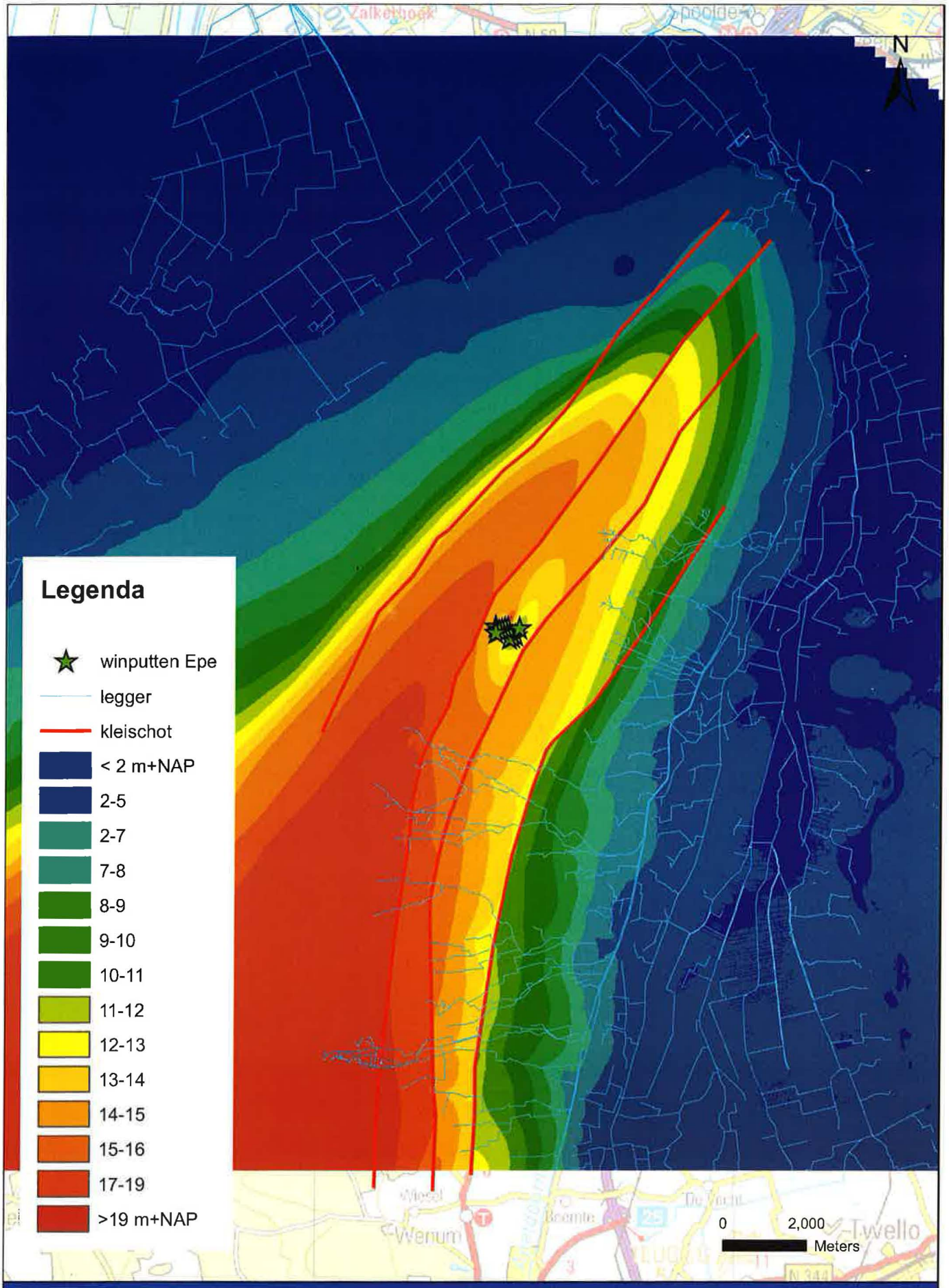
Kaartnr.:	-	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	7-3-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.2a, Referentie - 2,2Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

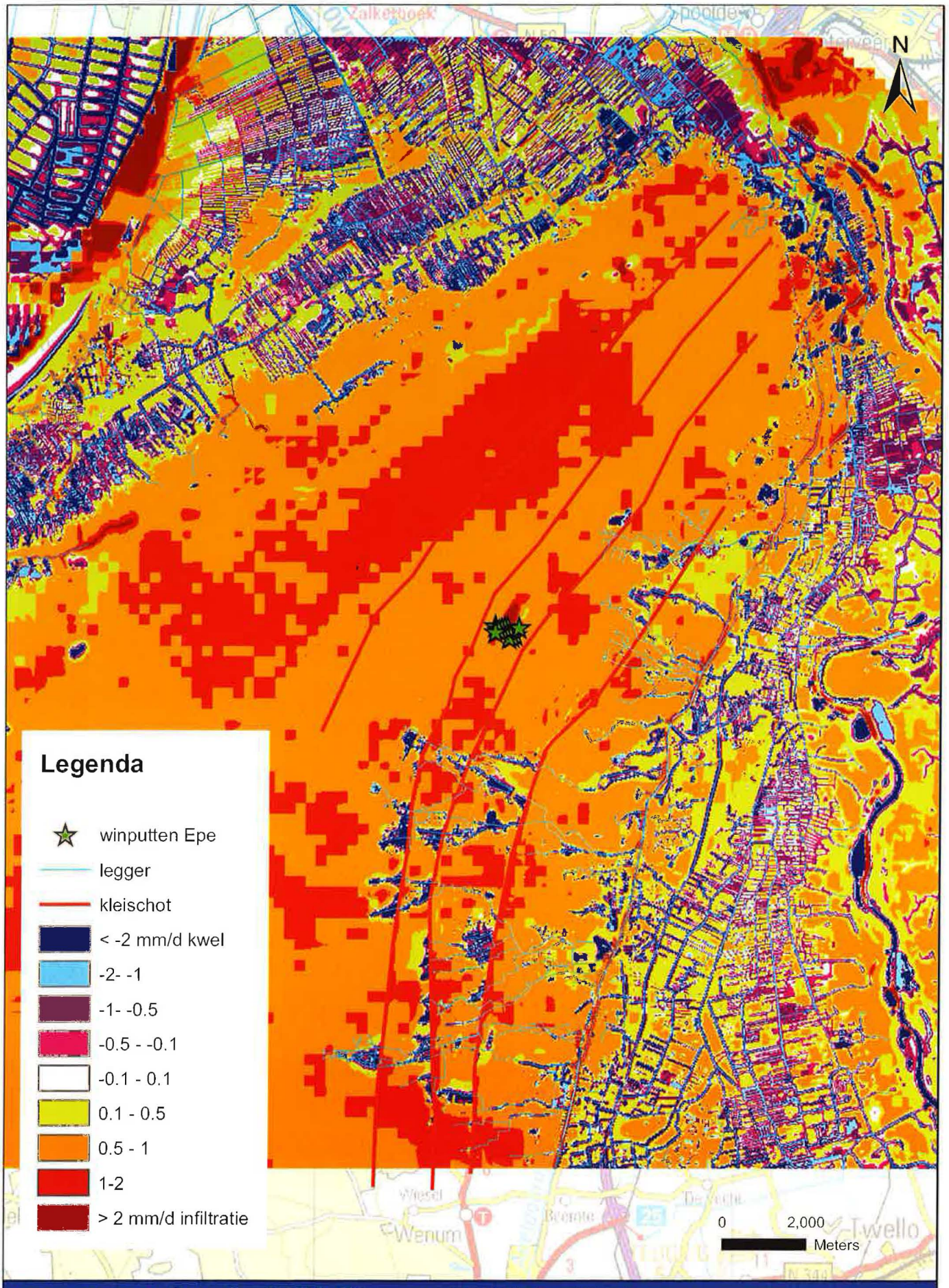
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.2b, Referentie - 2,2Mm3/jaar, gemiddelde grondwaterstand (mNAP)

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

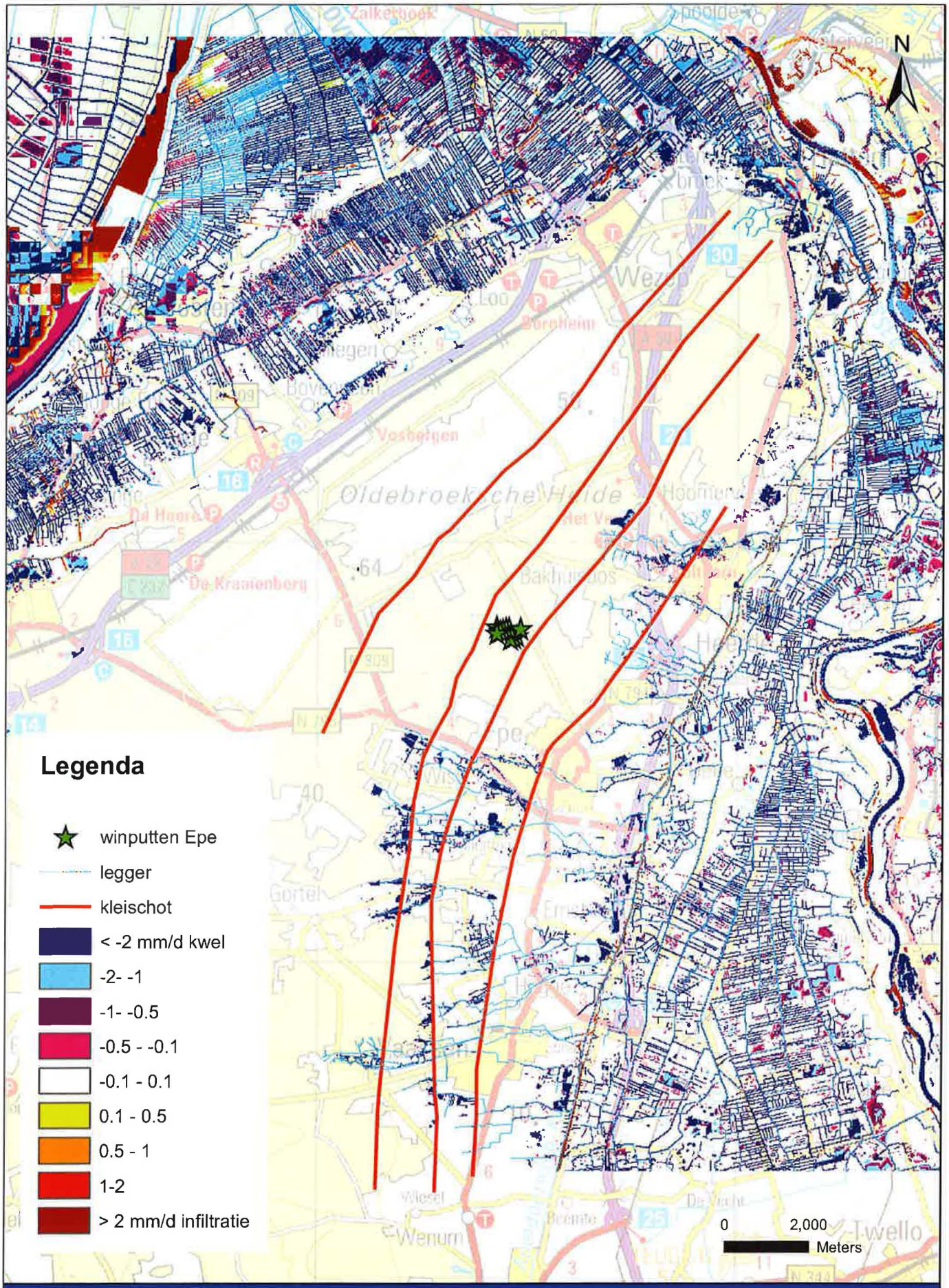
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.2c, Referentie - 2,2Mm3/jaar, gemiddelde kwel/infiltratie over modellaag 2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

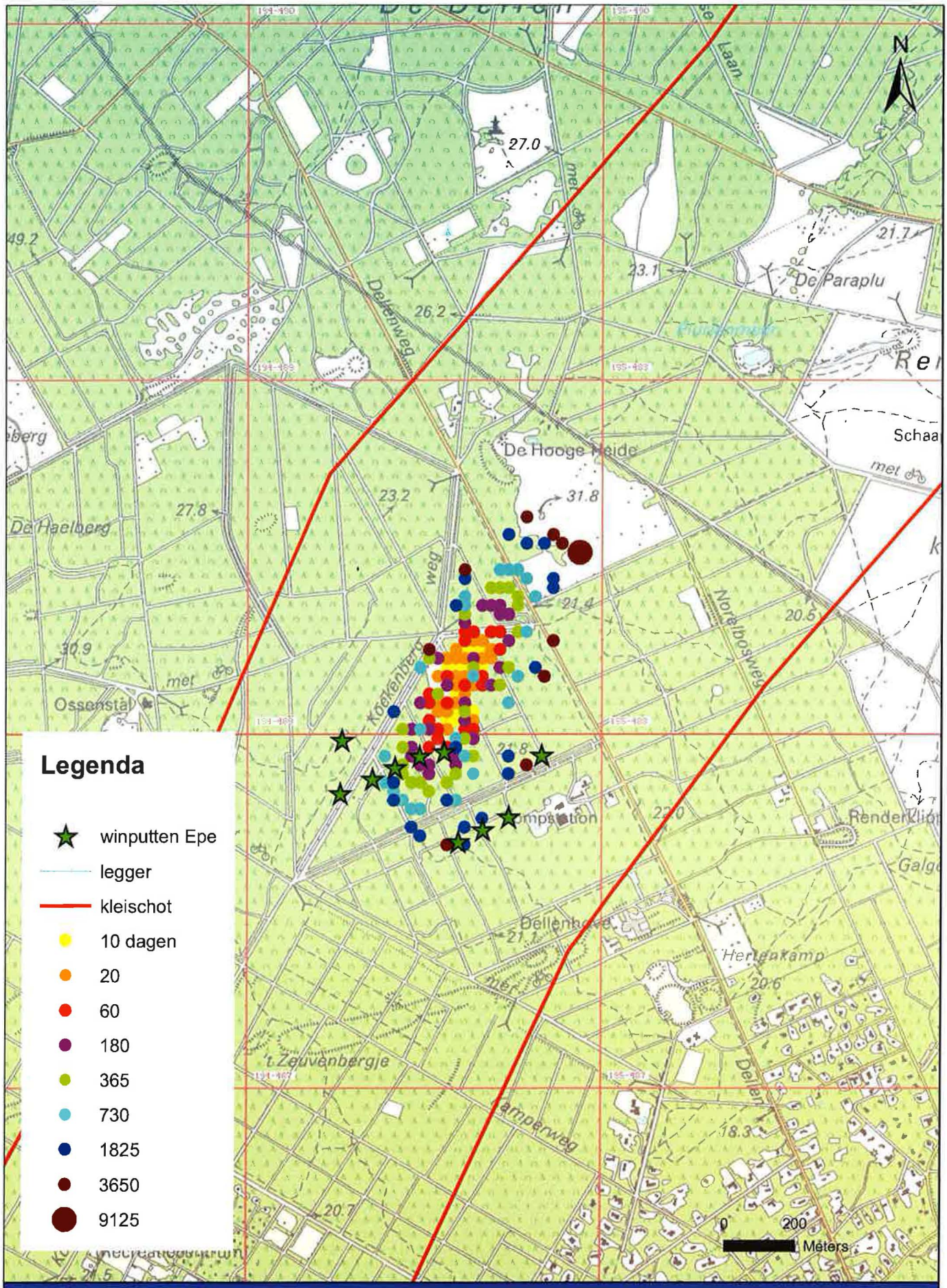
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.2e, Referentie - 2,2Mm3/jaar, gemiddelde aan- en afvoer modellaag 1+2

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

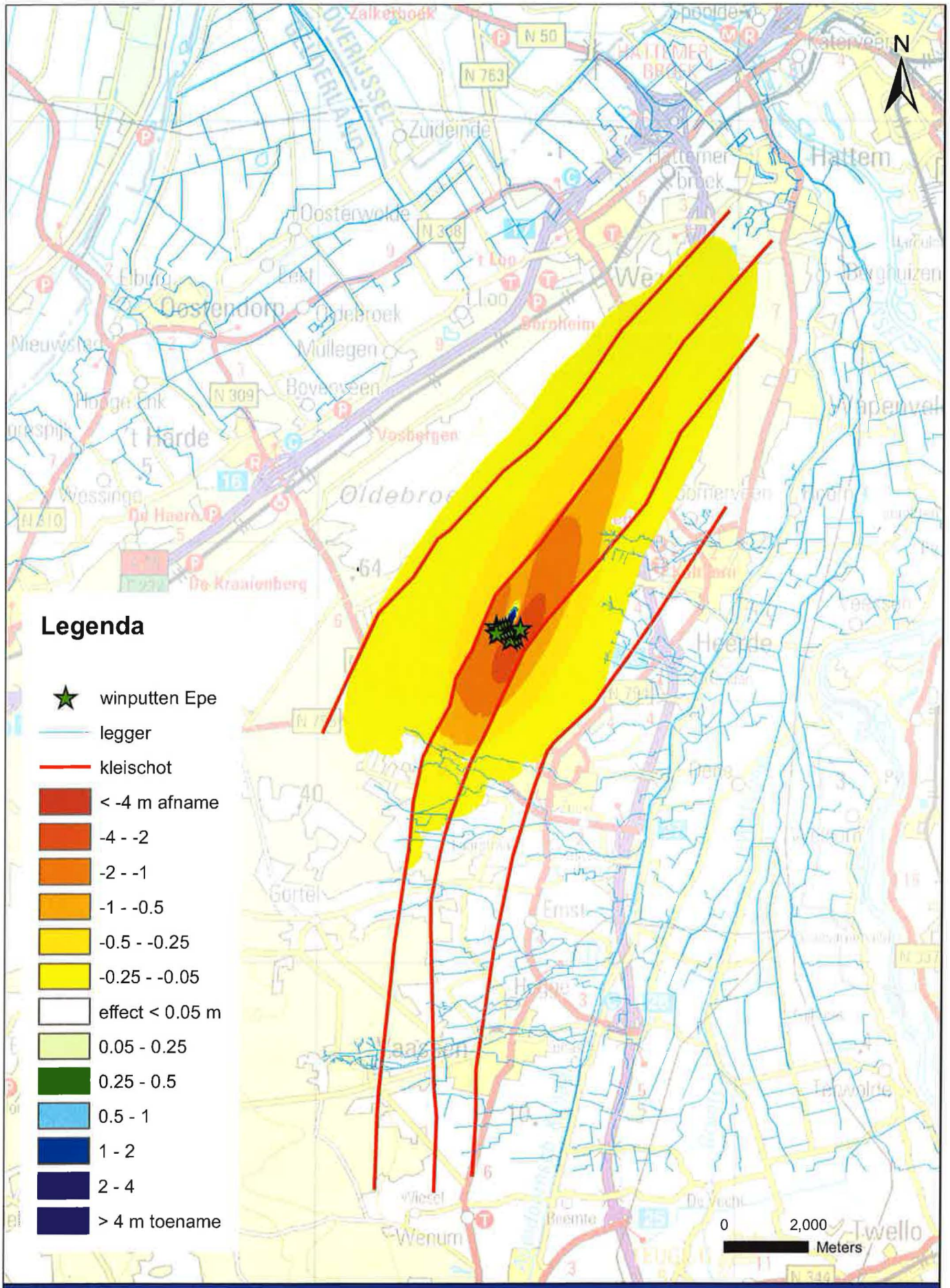
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.2g, Ref. - 2,2Mm3/jaar, locatie van waterdeeltjes vanuit infiltratieplas in de tijd

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

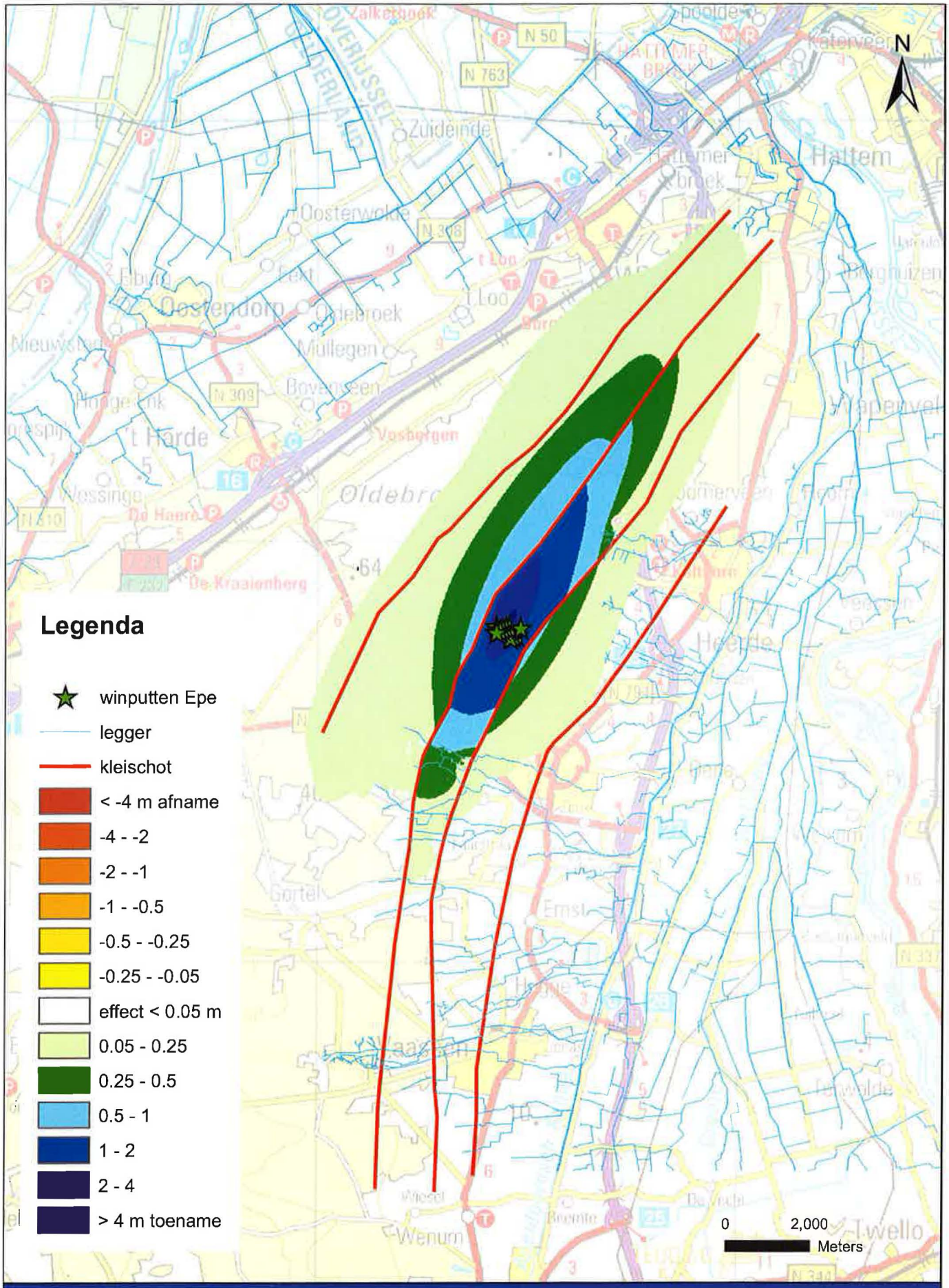
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3a, Alt.1 - 4Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

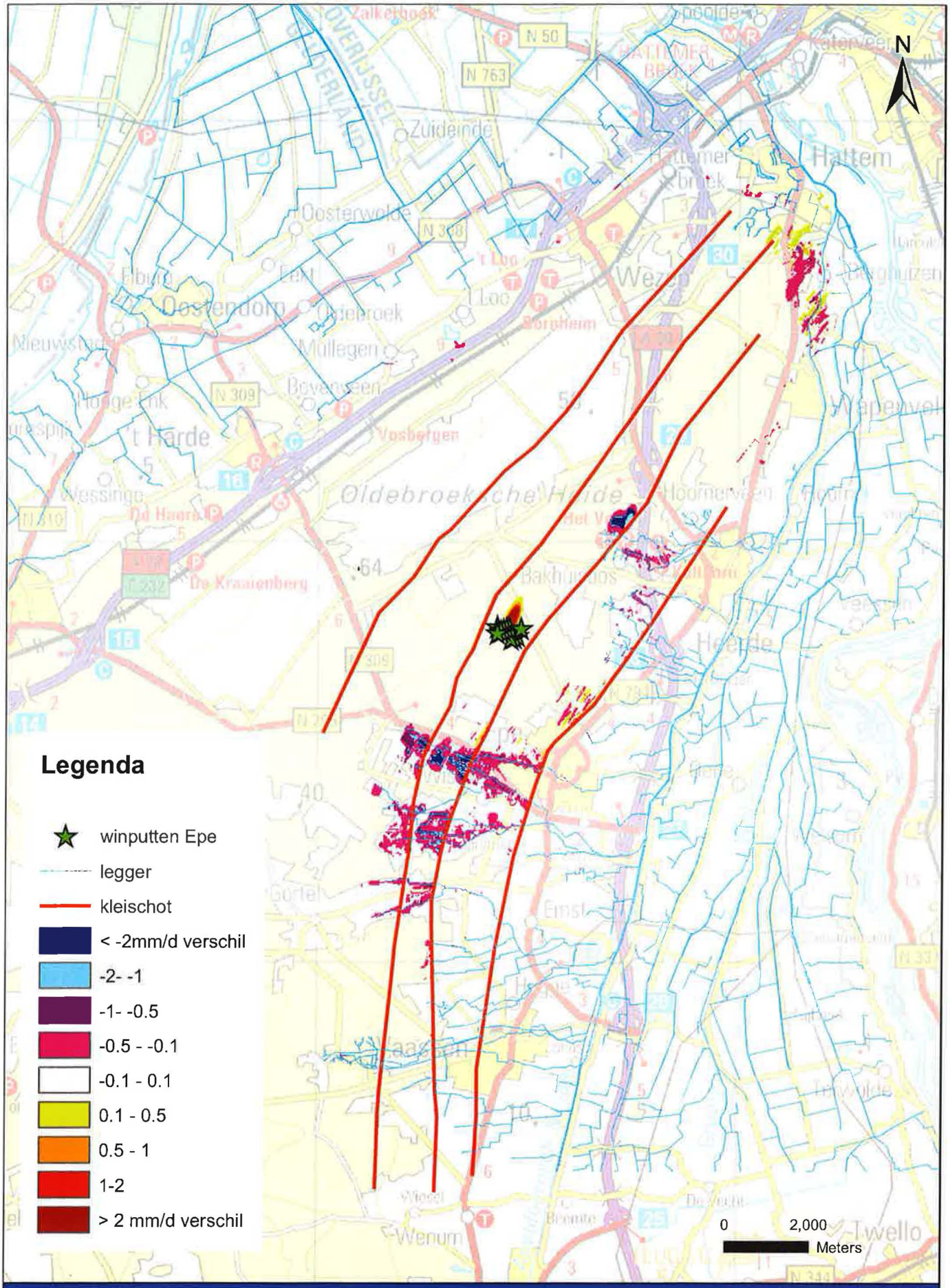
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3b, Alt.1 - 4Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

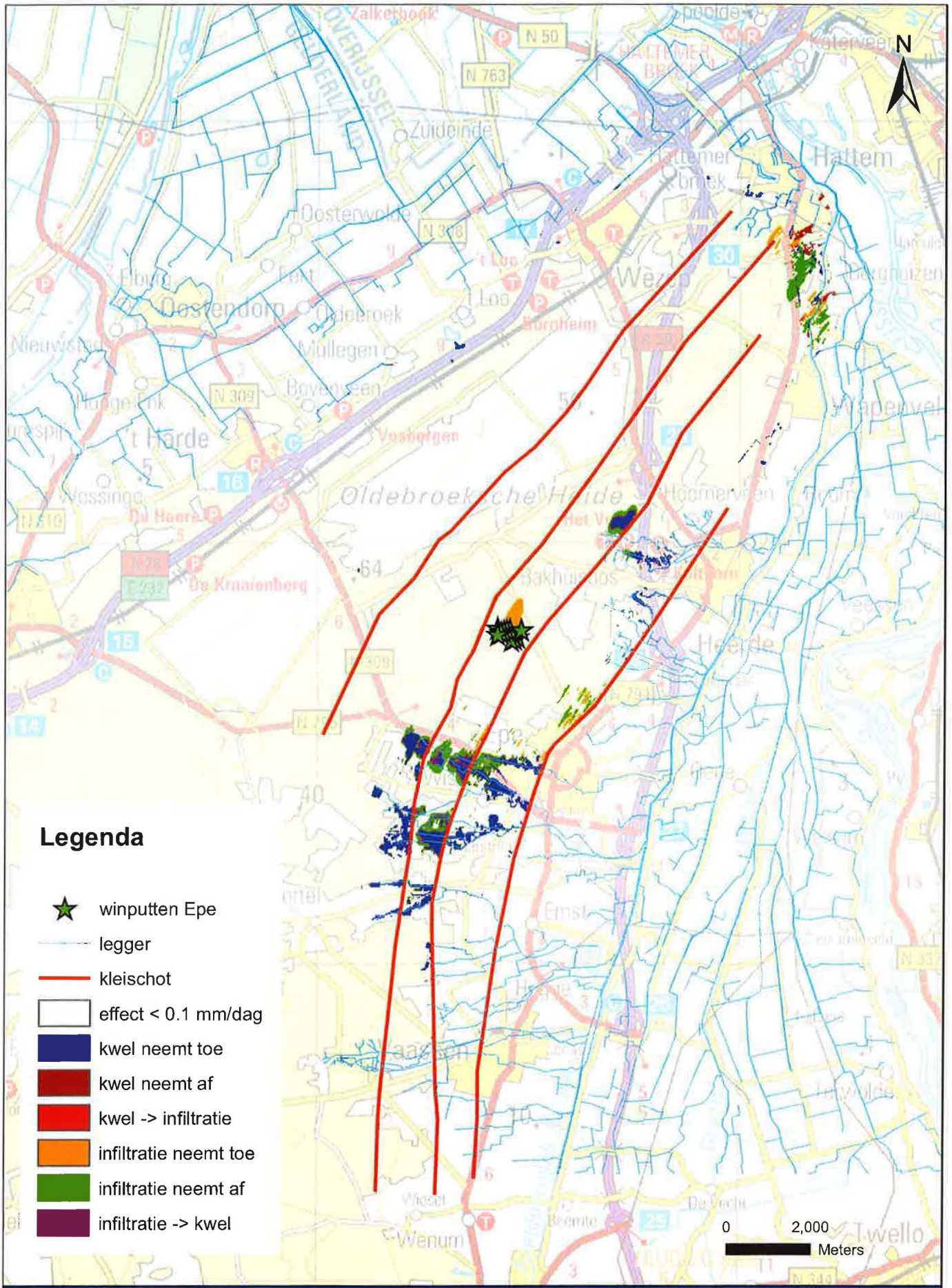
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3c, Alt.1 - 4Mm3/jaar, effect winning op kwel/infiltratie t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

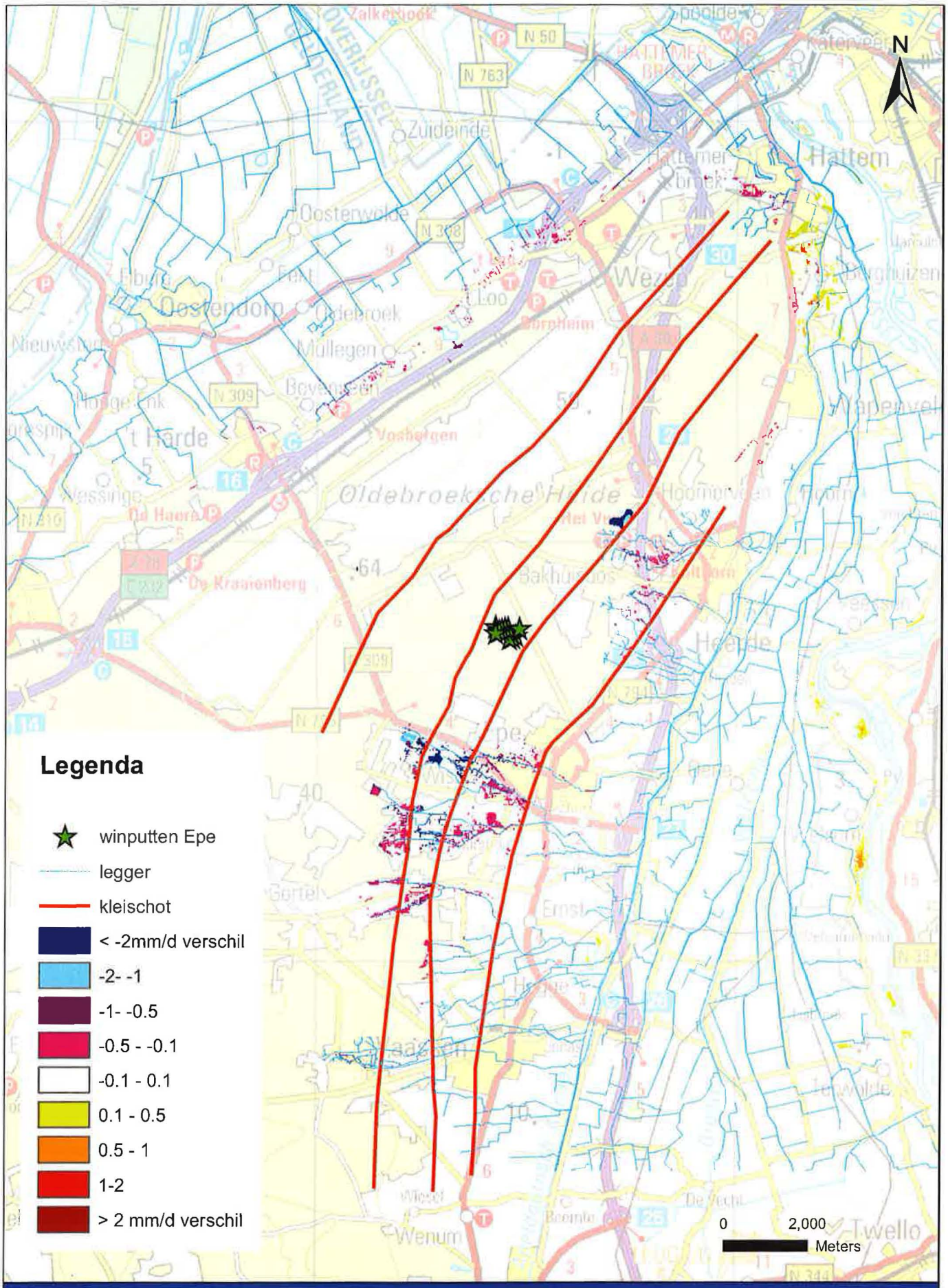
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3d, Alt.1 - 4 Mm3/jaar, effect winning op kwel/infiltratie t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

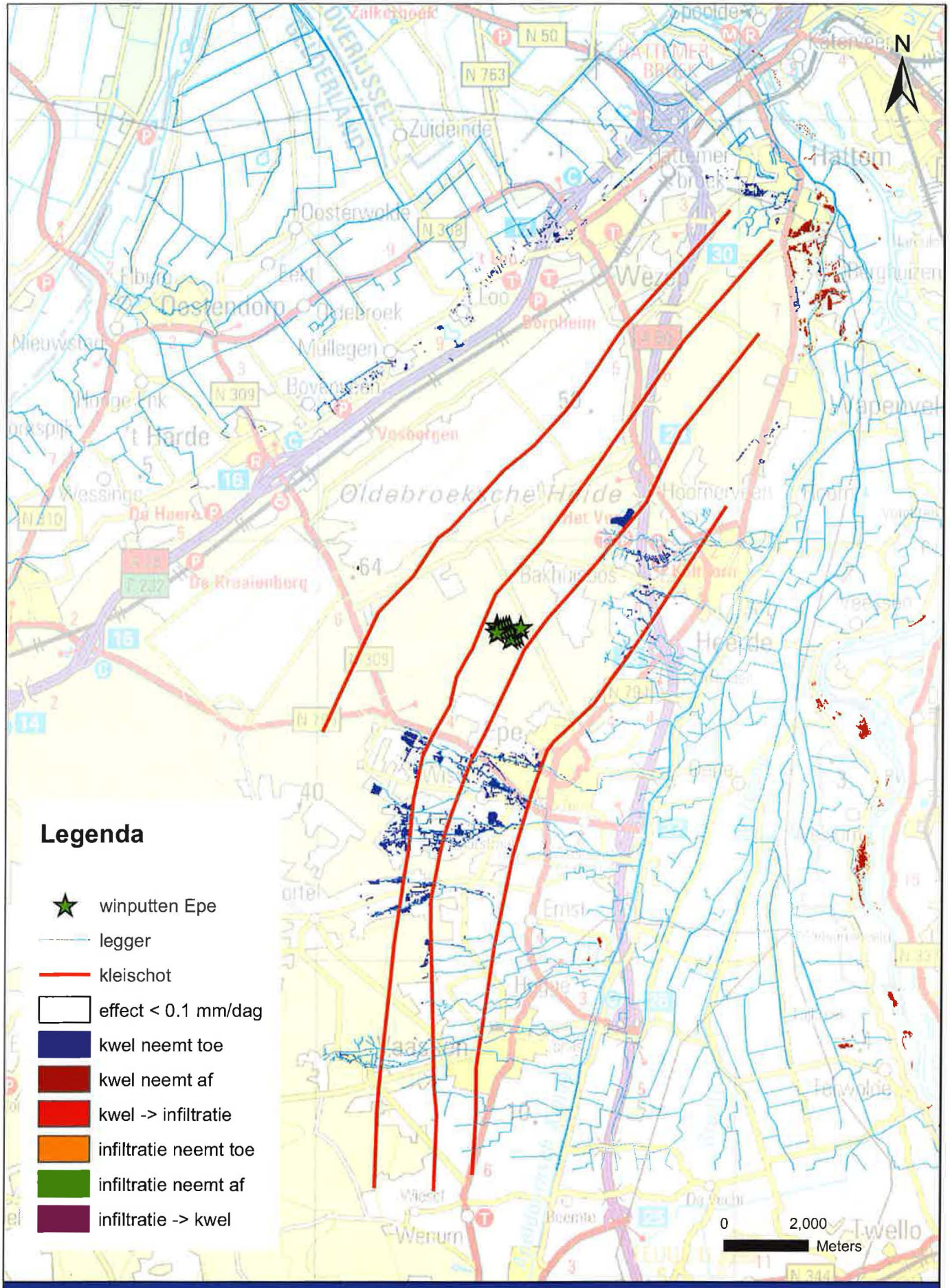
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3e, Alt.1 - 4Mm3/jaar, effect winning op aan- en afvoer t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

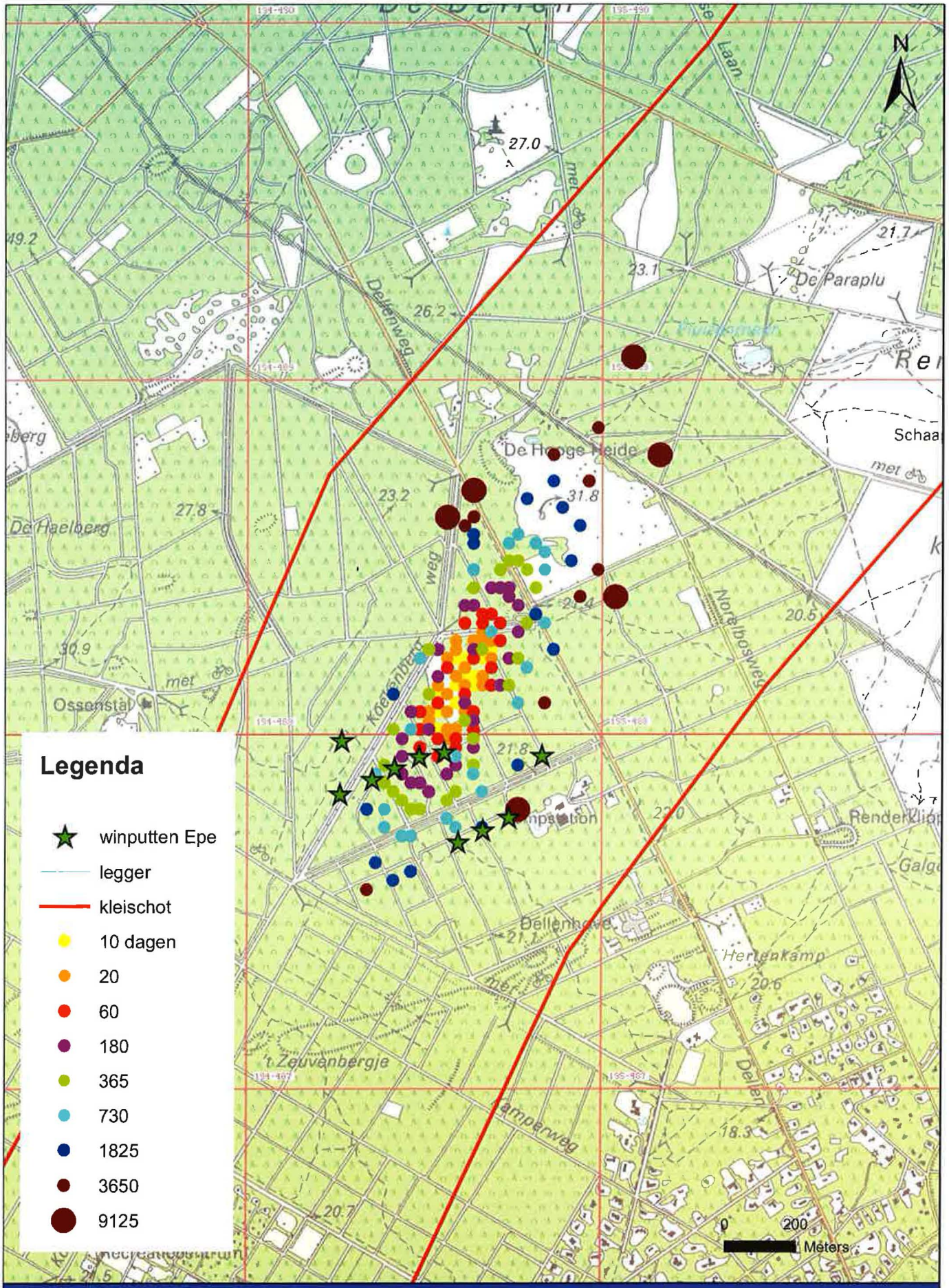
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3f, Alt.1 - 4 Mm3/jaar, effect winning op aan- en afvoer t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

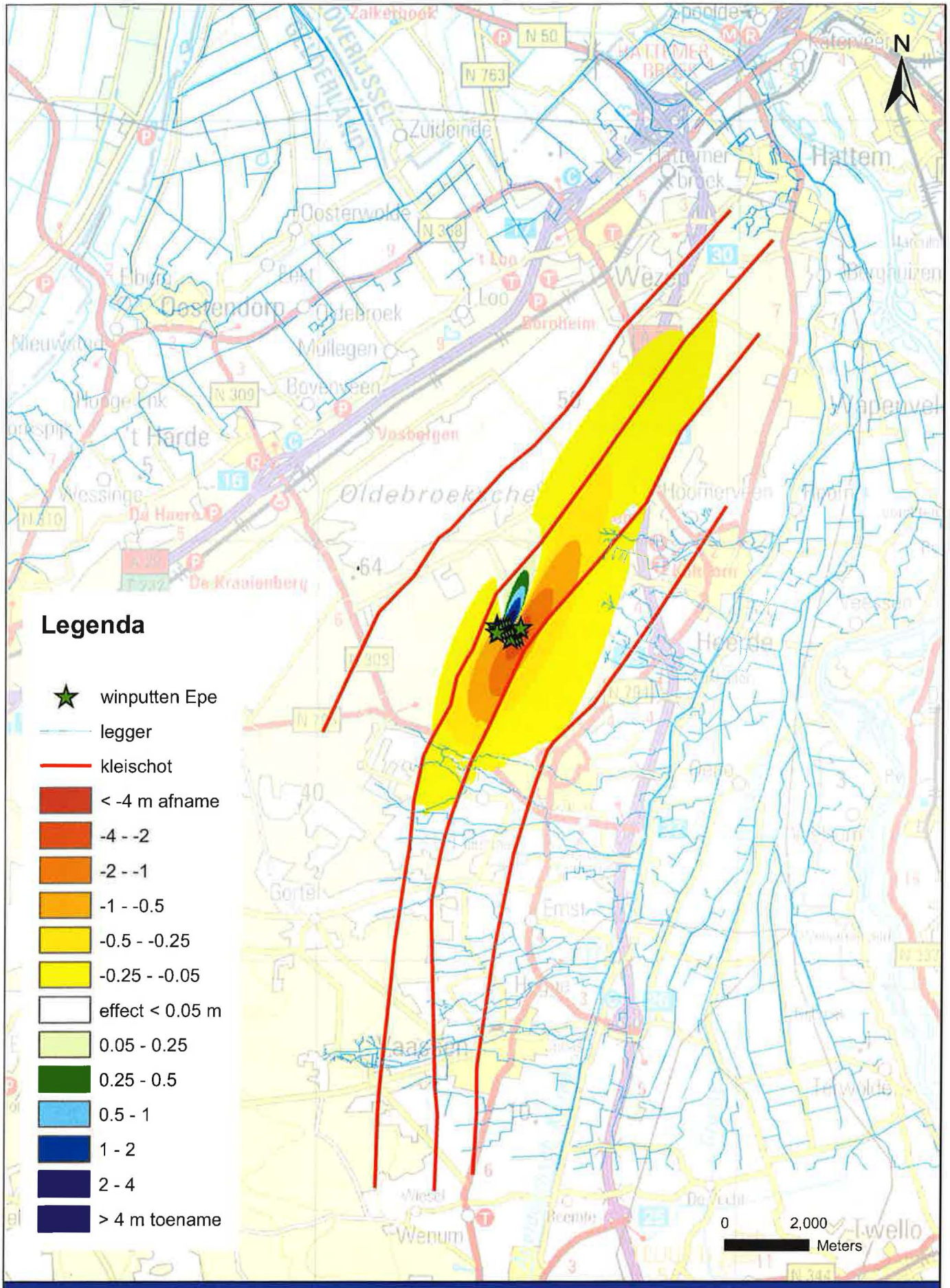
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.3g, Alt.1 - 4Mm3/jaar, locatie van waterdeeltjes vanuit infiltratieplas in de tijd

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

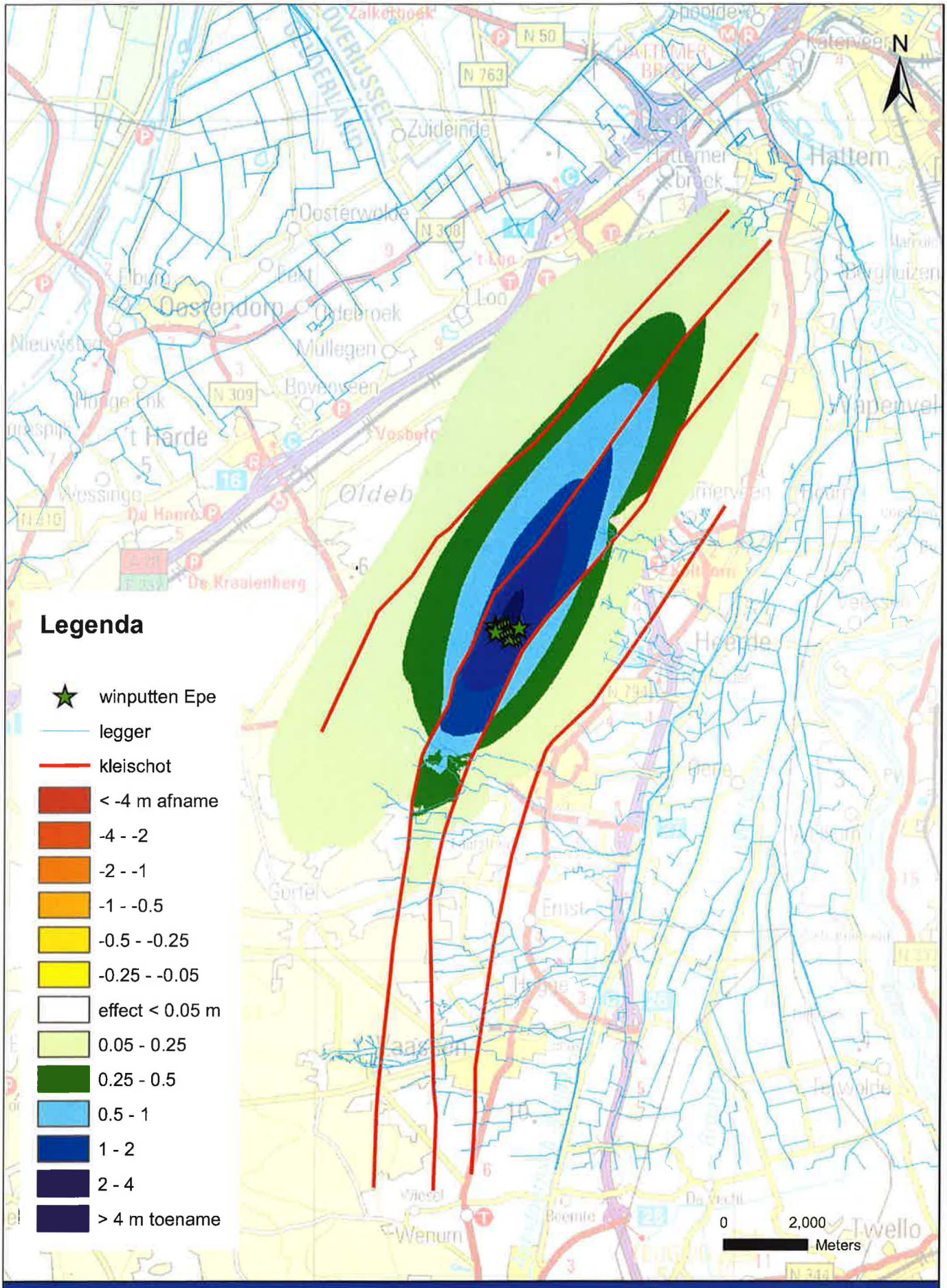
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4a, Alt.2 - 5Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

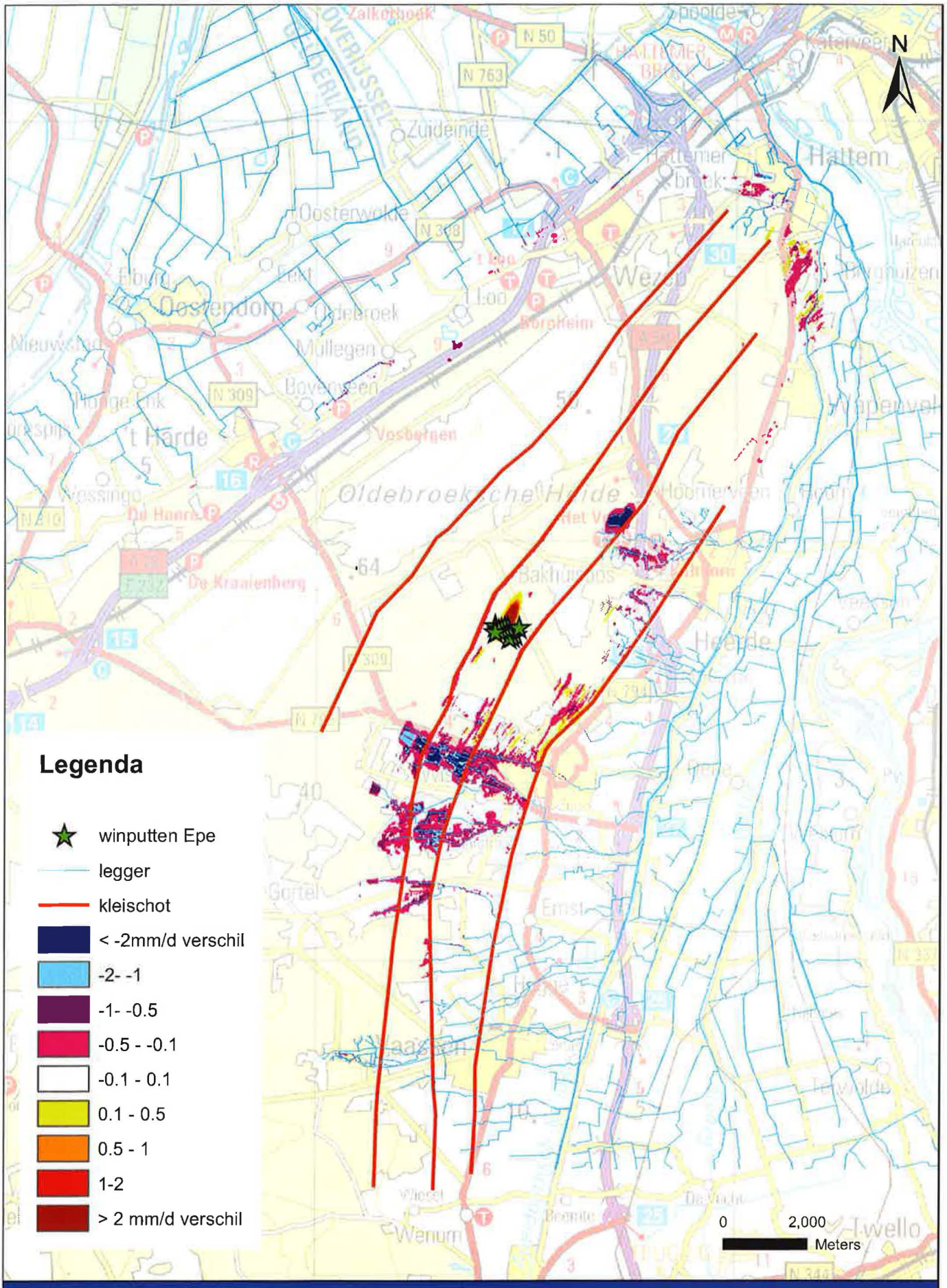
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4b, Alt.2 - 5Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

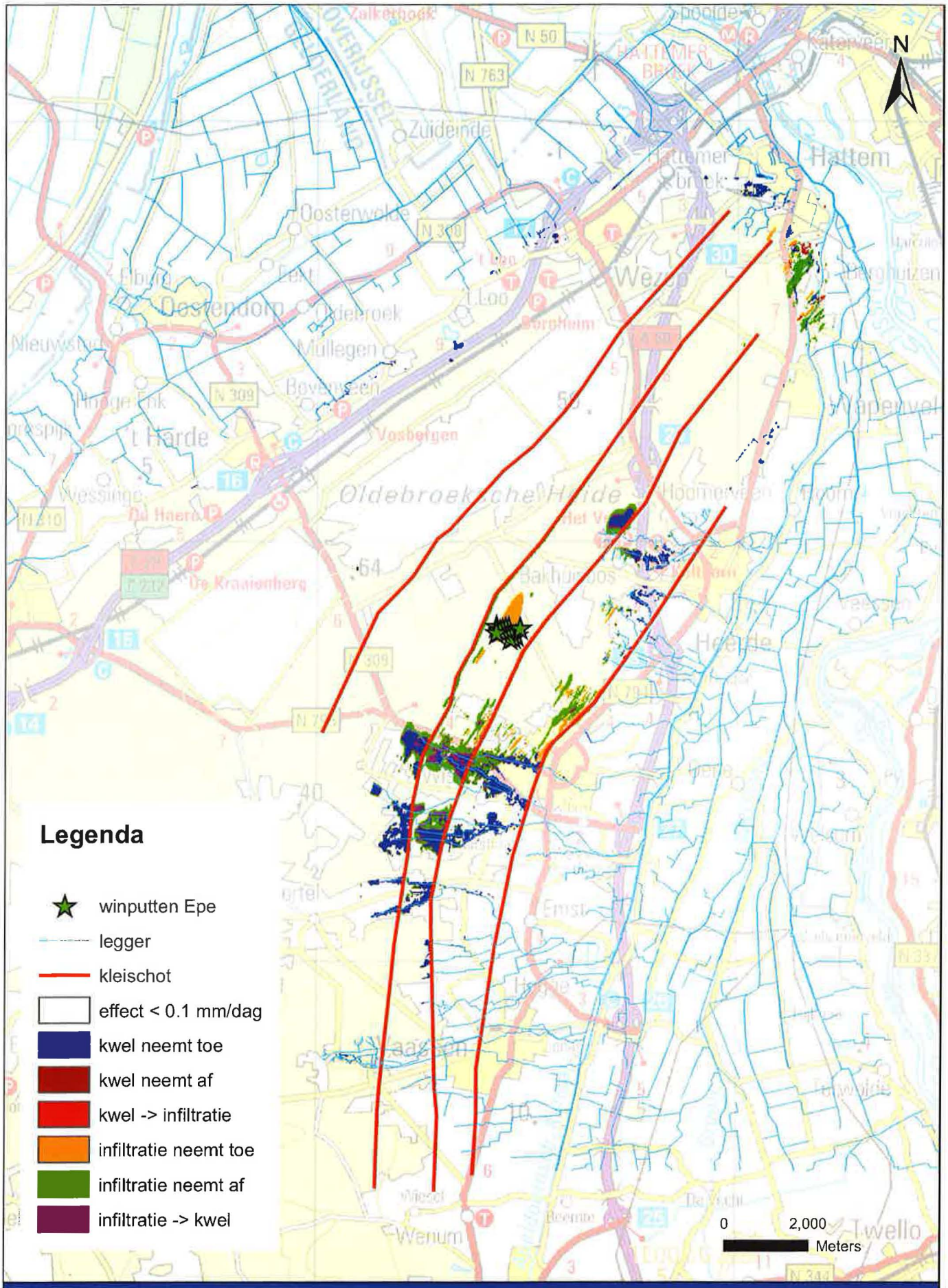
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4c, Alt.2 - 5Mm3/jaar, effect winning op kwel/infiltratie t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

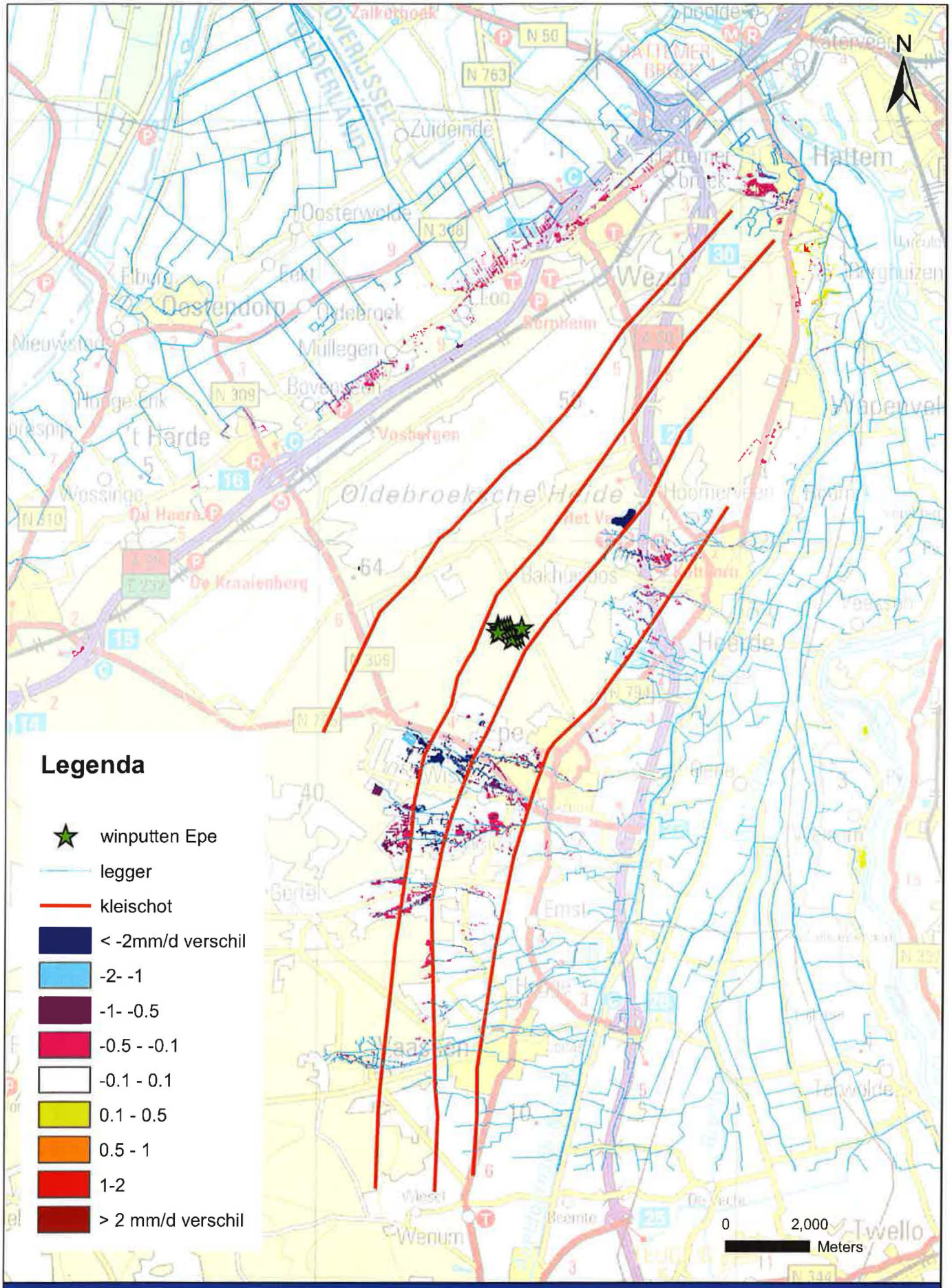
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4d, Alt.2 - 5 Mm3/jaar, effect winning op kwel/infiltratie t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

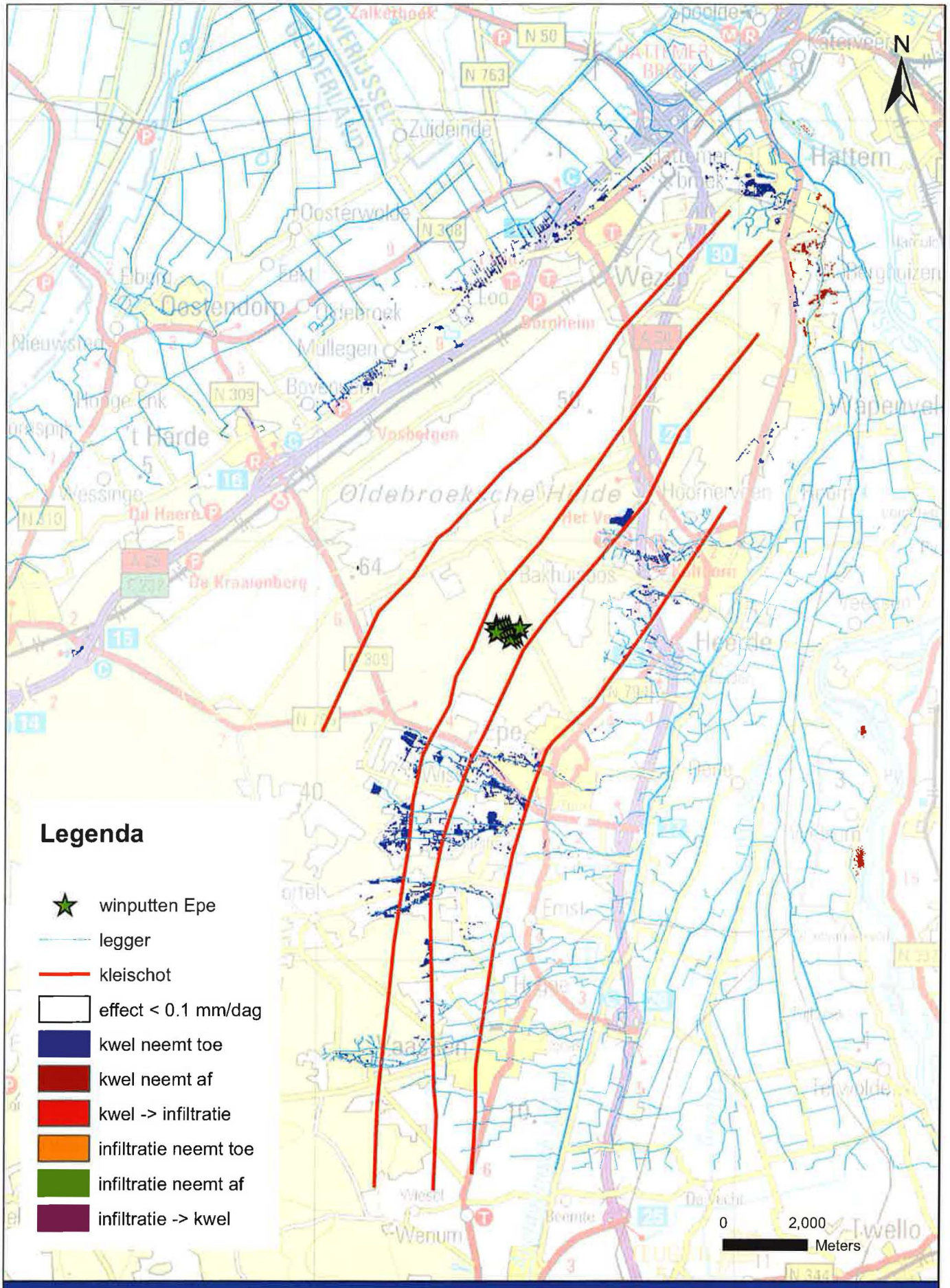
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4e, Alt.2 - 5Mm3/jaar, effect winning op aan- en afvoer t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

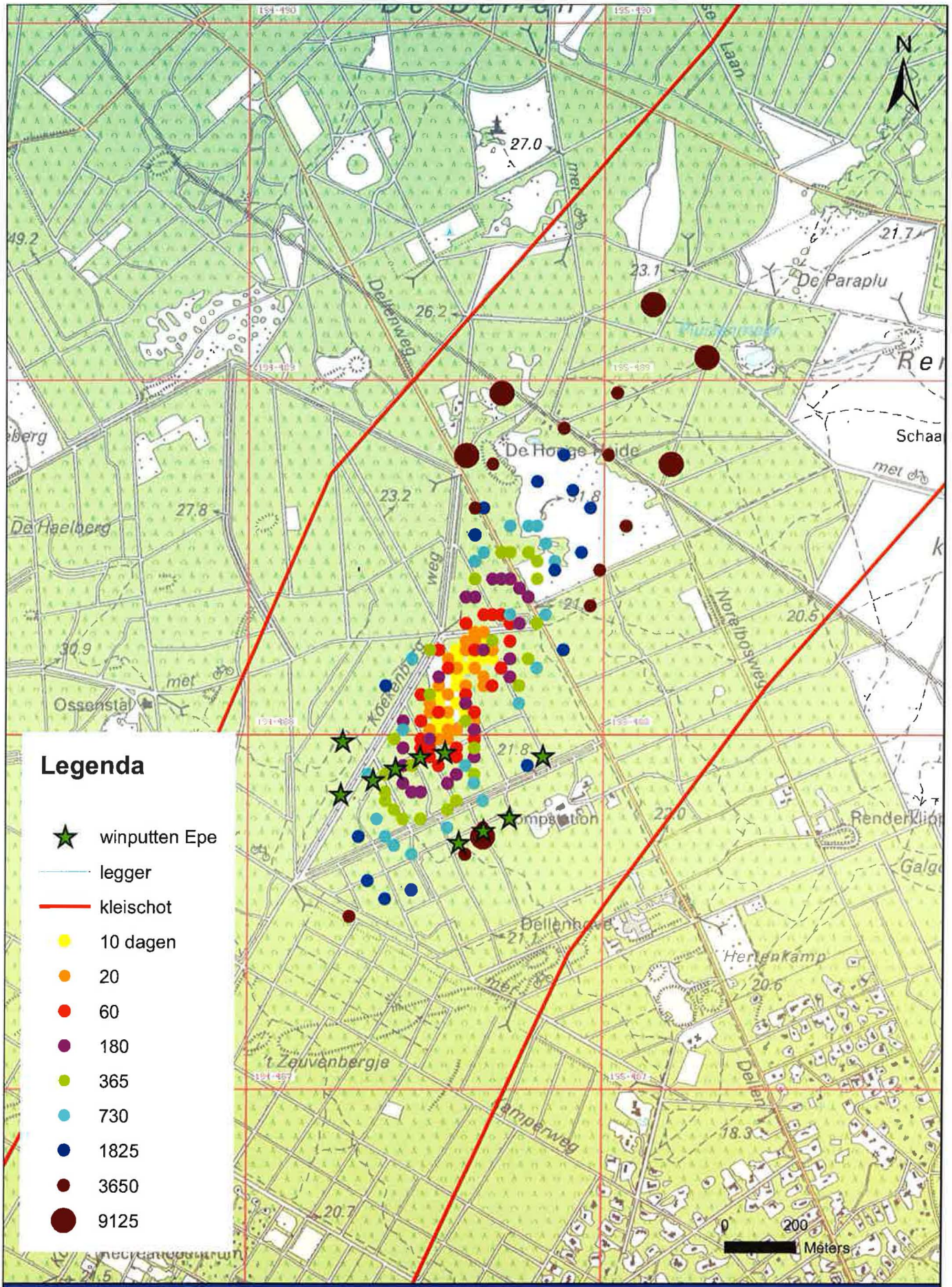
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4f, Alt.2 - 5 Mm3/jaar, effect winning op aan- en afvoer t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

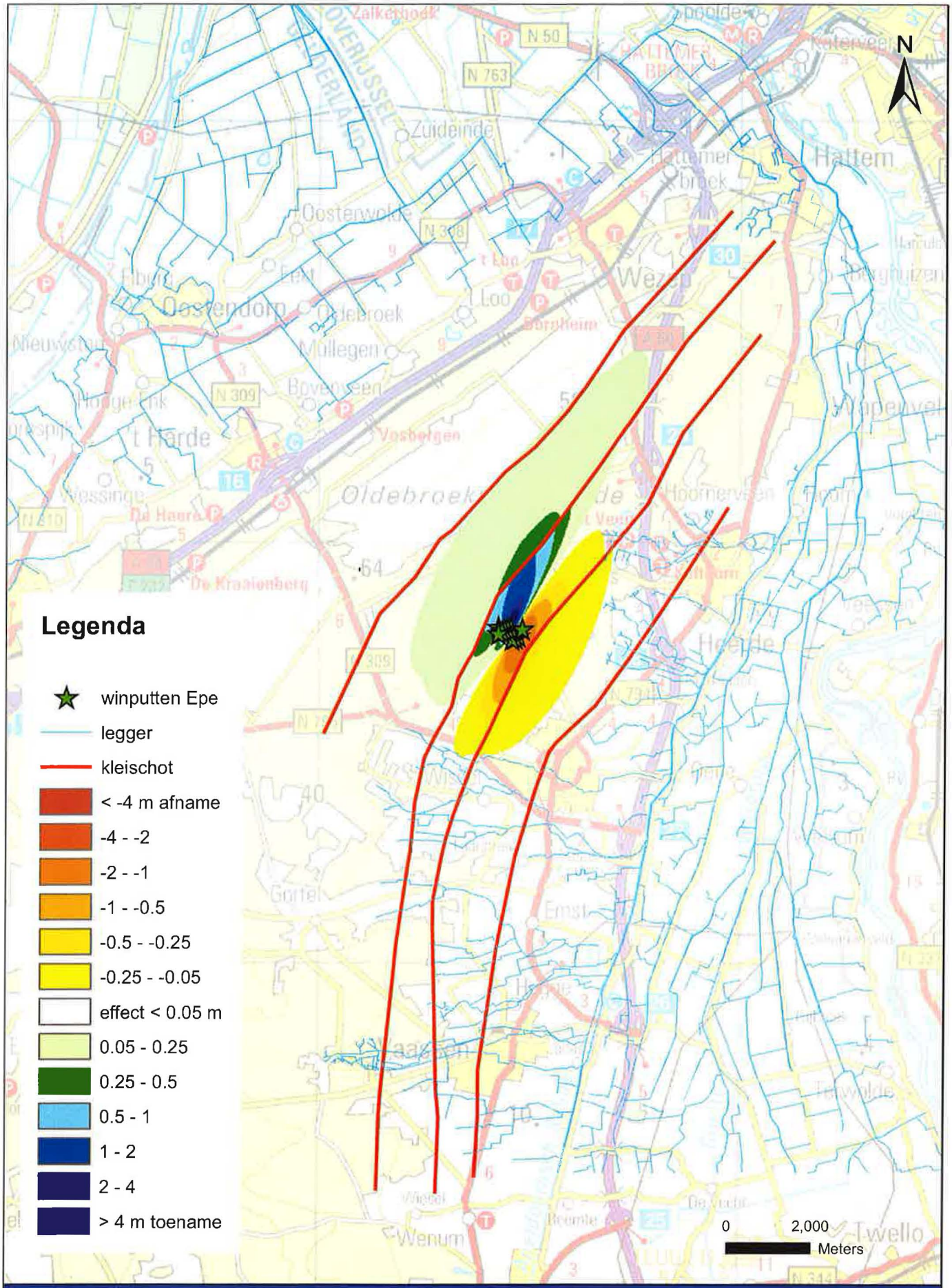
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.4g, Alt.2 - 5Mm3/jaar, locatie van waterdeeltjes vanuit infiltratieplas in de tijd

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

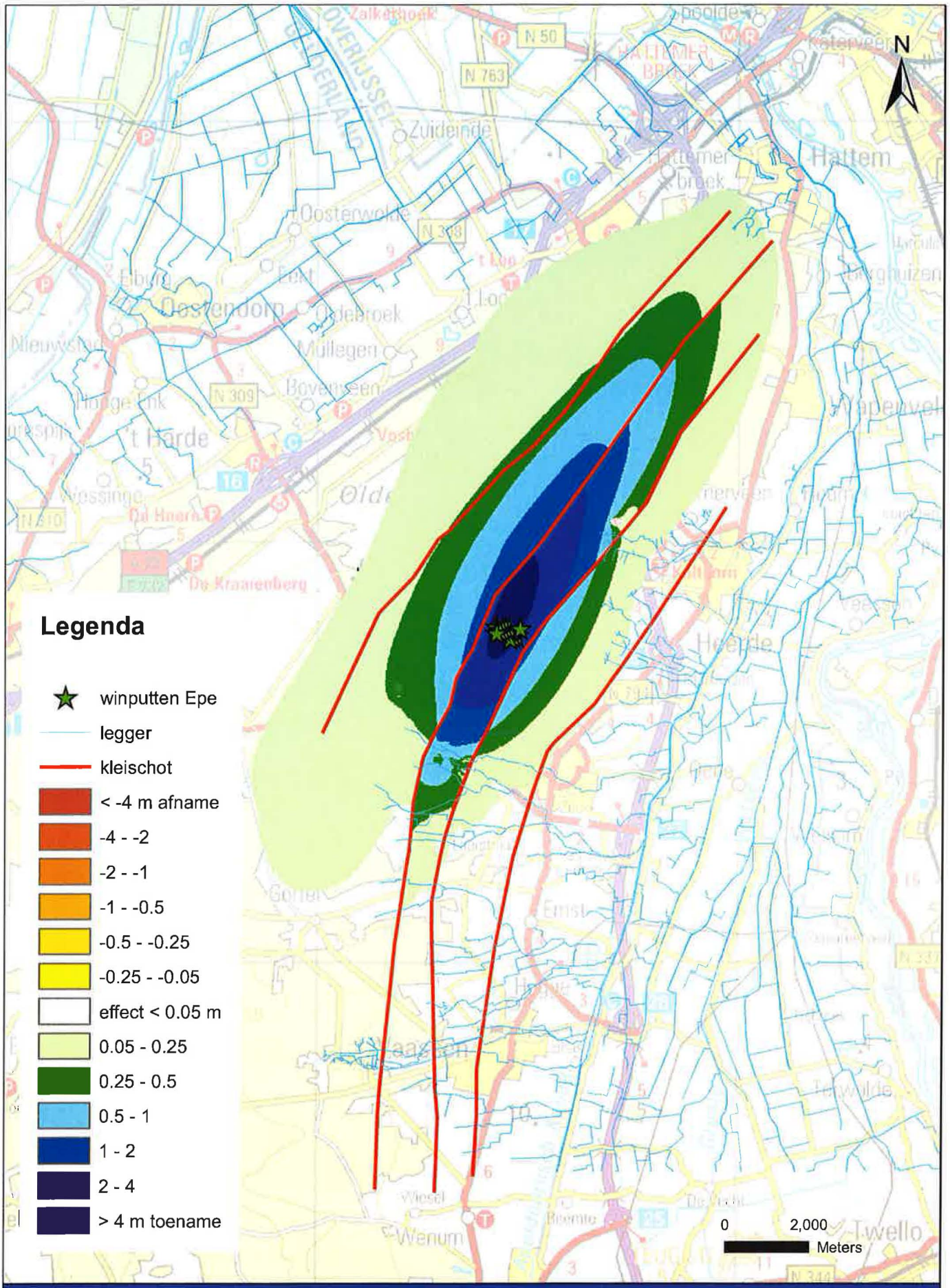
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5a, Alt.3 - 6Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

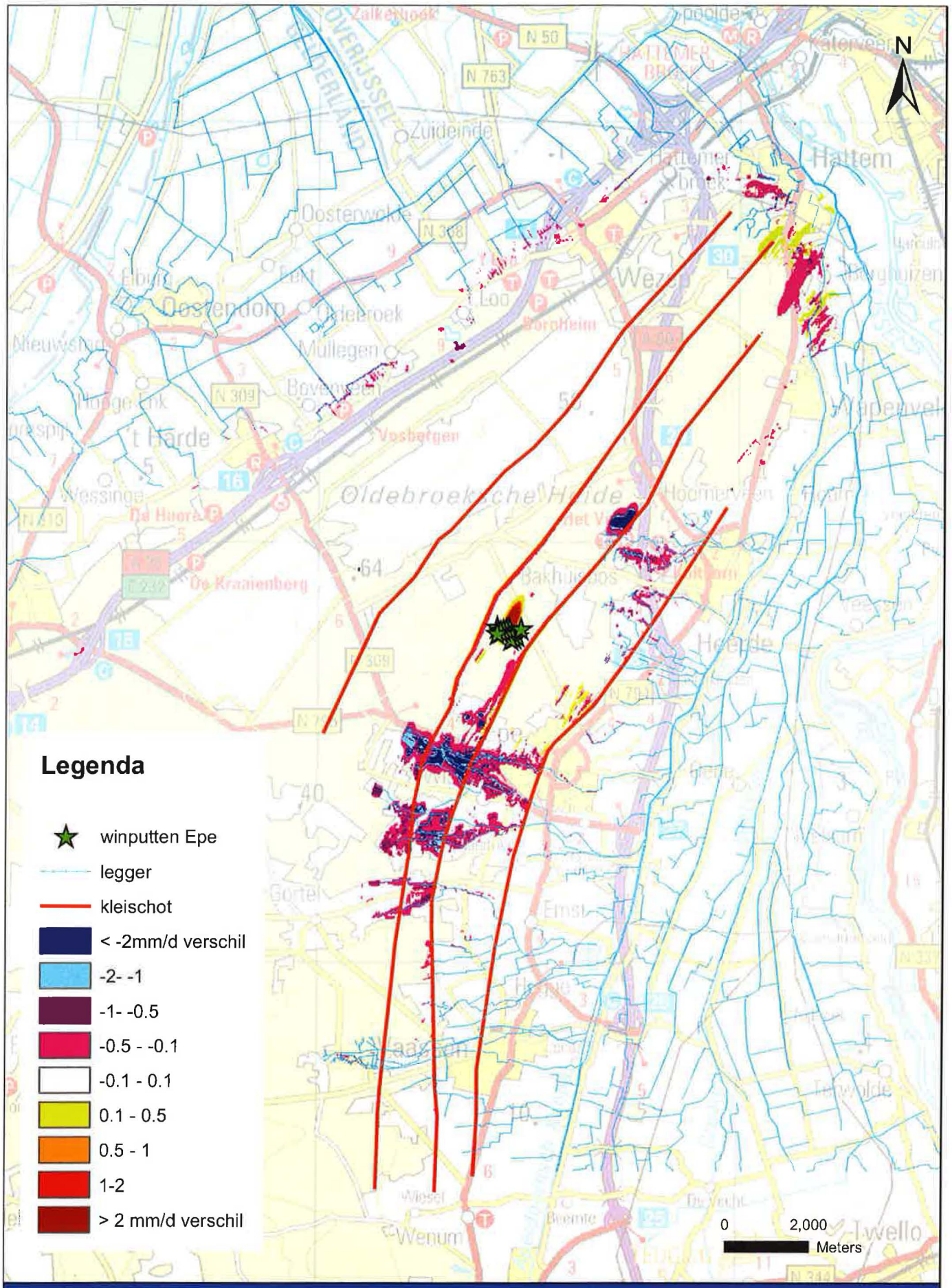
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5b, Alt.3 - 6Mm3/jaar, effect winning op grondwaterstand t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

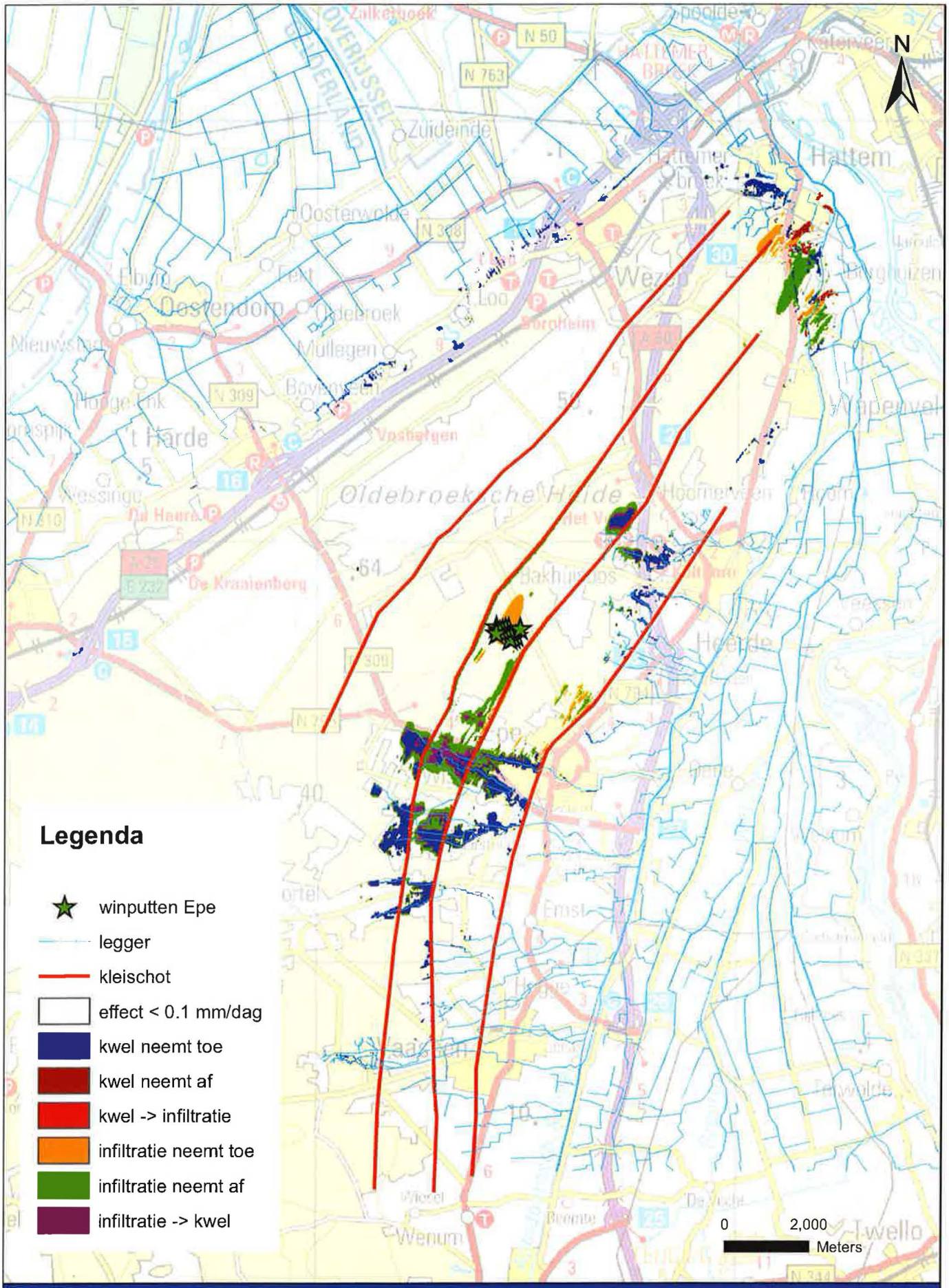
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5c, Alt.3 - 6Mm3/jaar, effect winning op kwel/infiltratie t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

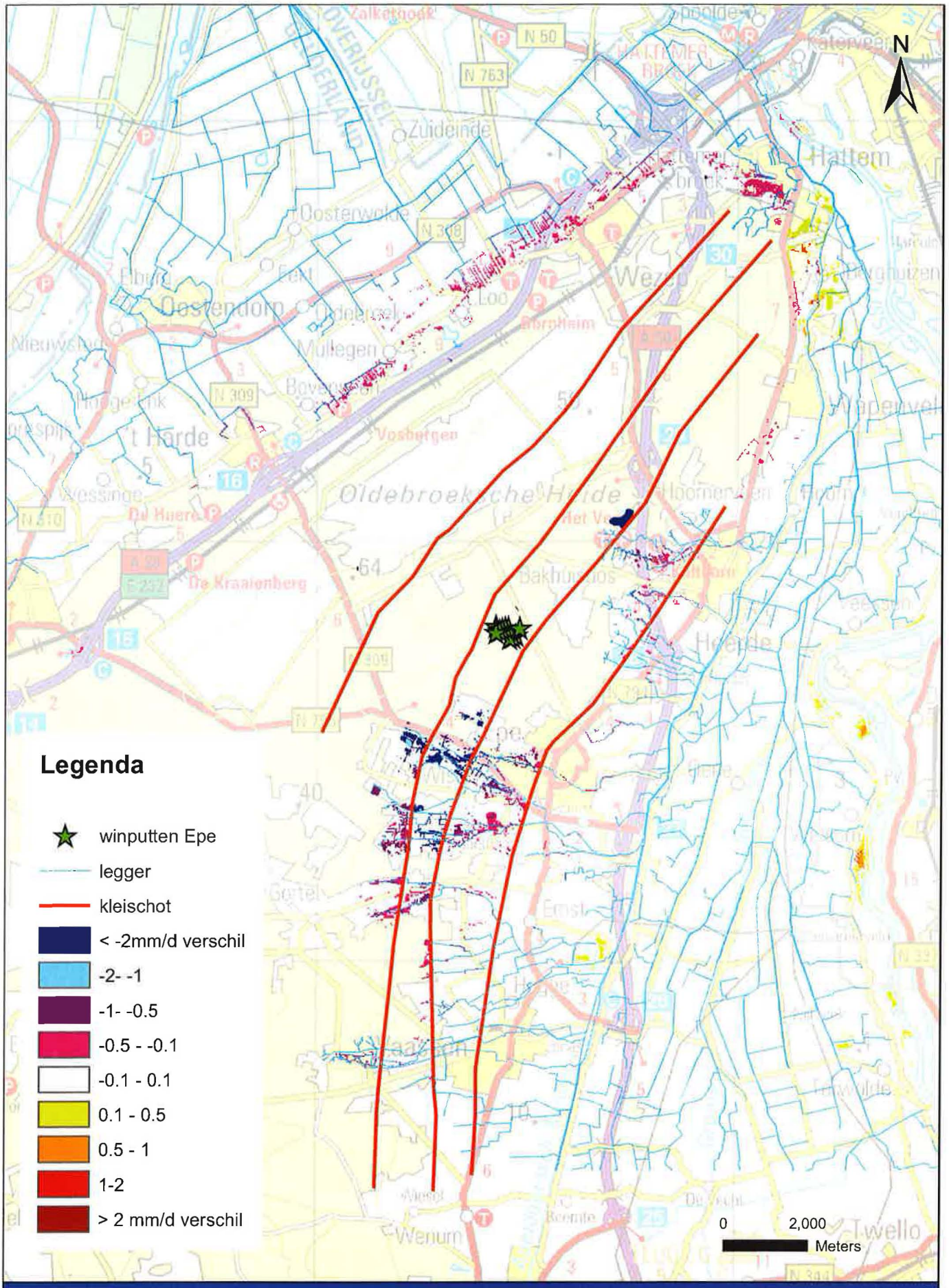
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5d, Alt.3 - 6 Mm3/jaar, effect winning op kwel/infiltratie t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

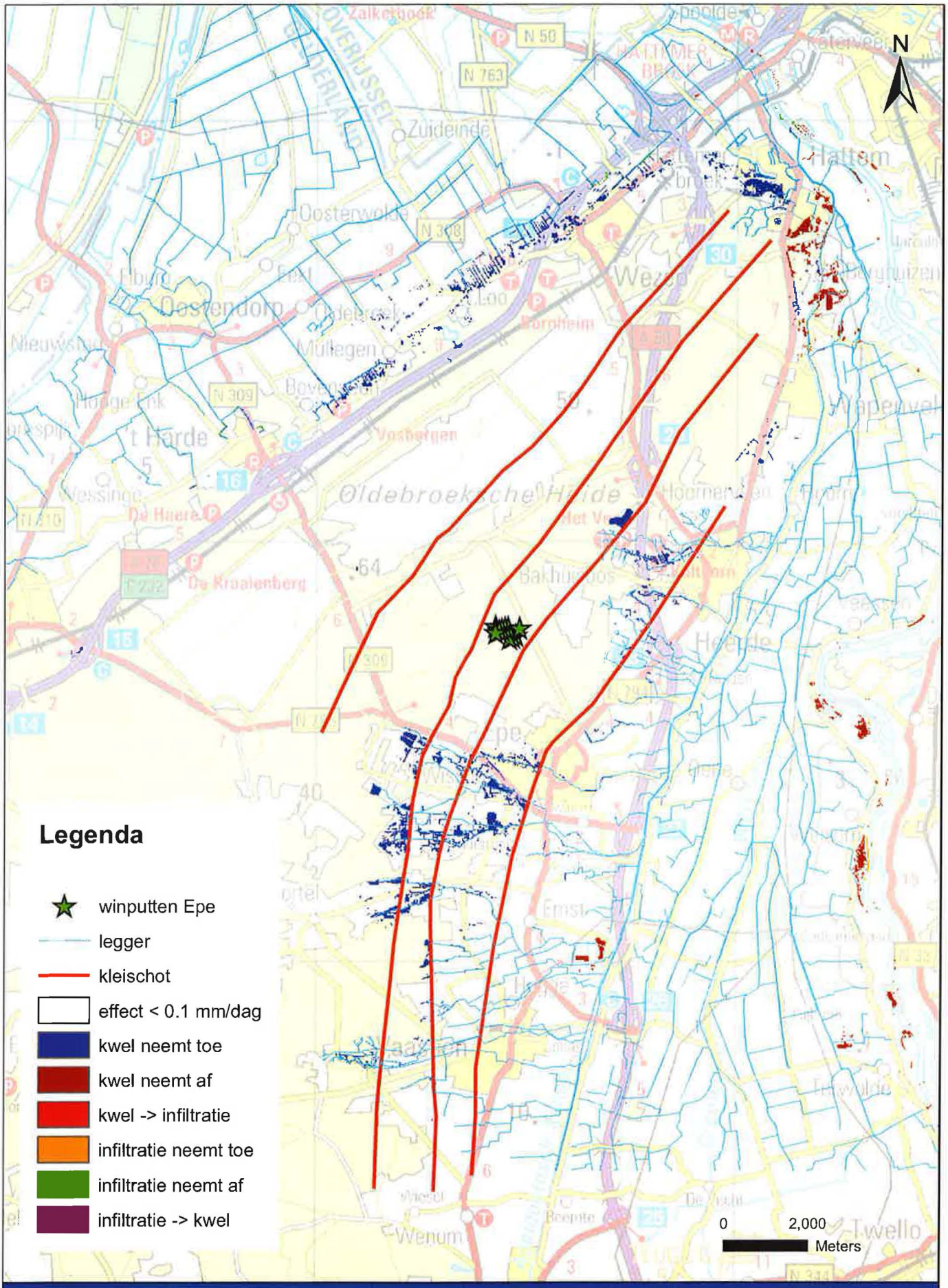
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5e, Alt.3 - 6Mm3/jaar, effect winning op aan- en afvoer t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

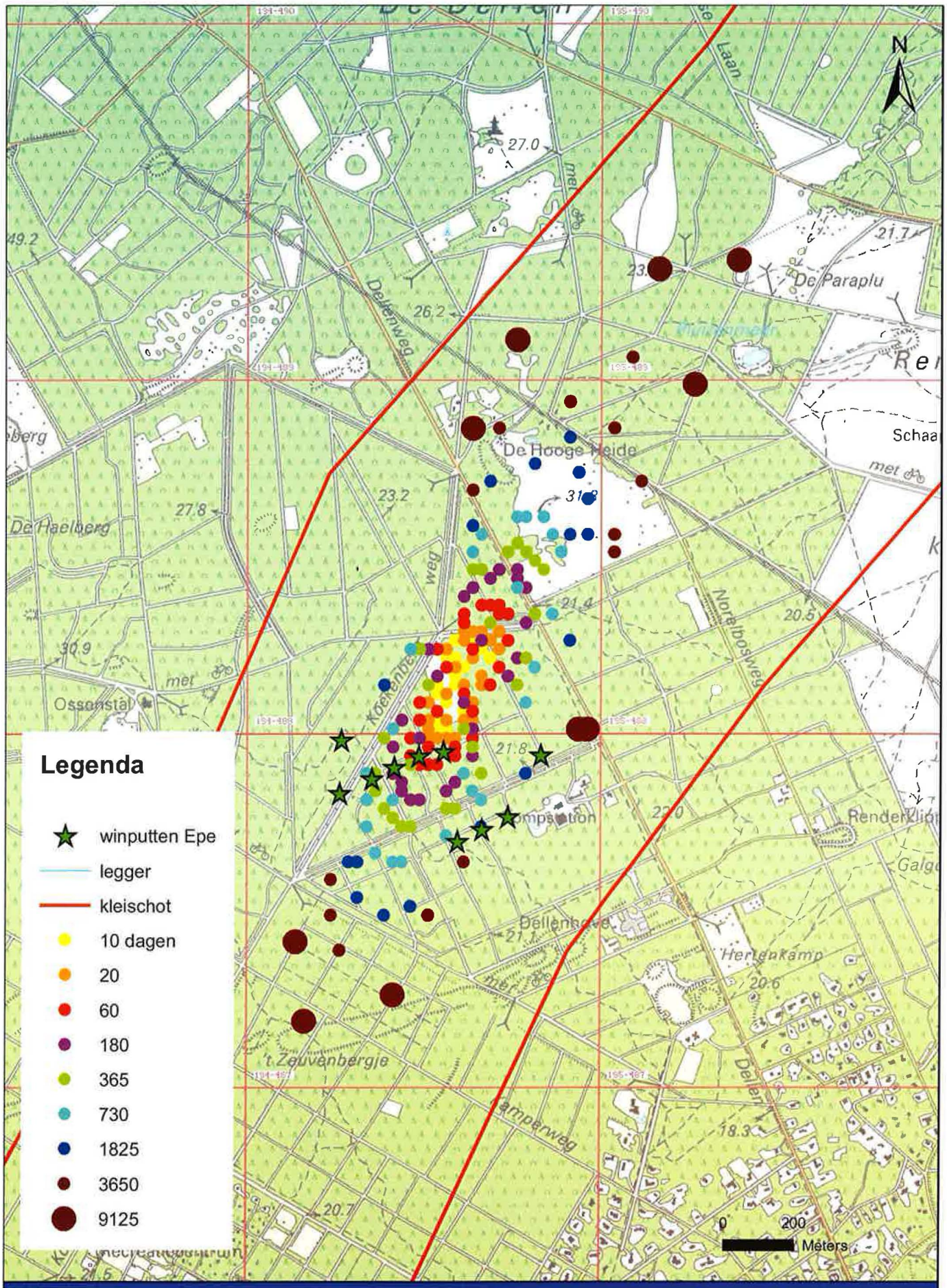
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5f, Alt.3 - 6 Mm3/jaar, effect winning op aan- en afvoer t.o.v. referentie

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

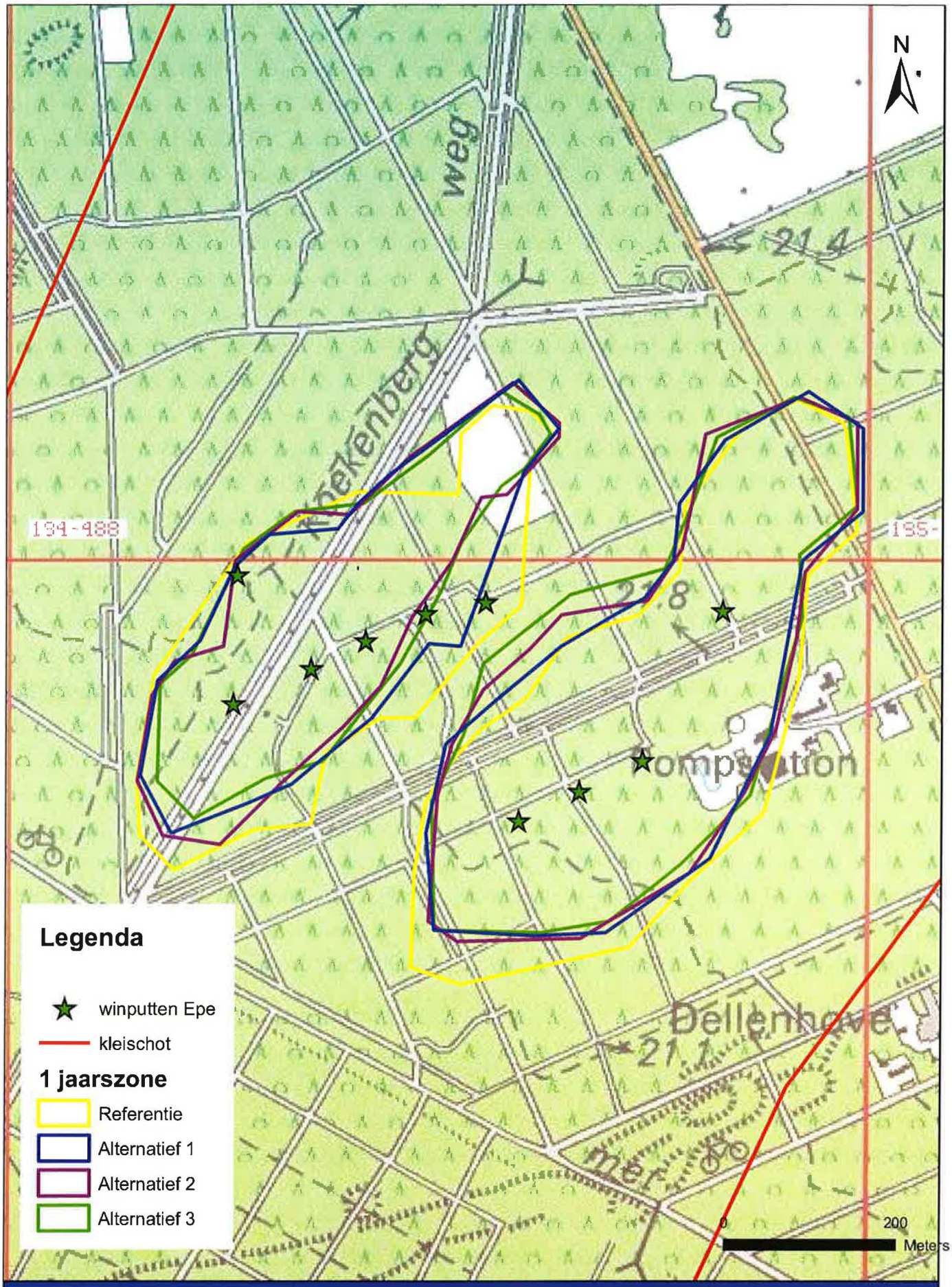
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.5g, Alt.3 - 6Mm3/jaar, locatie van waterdeeltjes vanuit infiltratieplas in de tijd

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

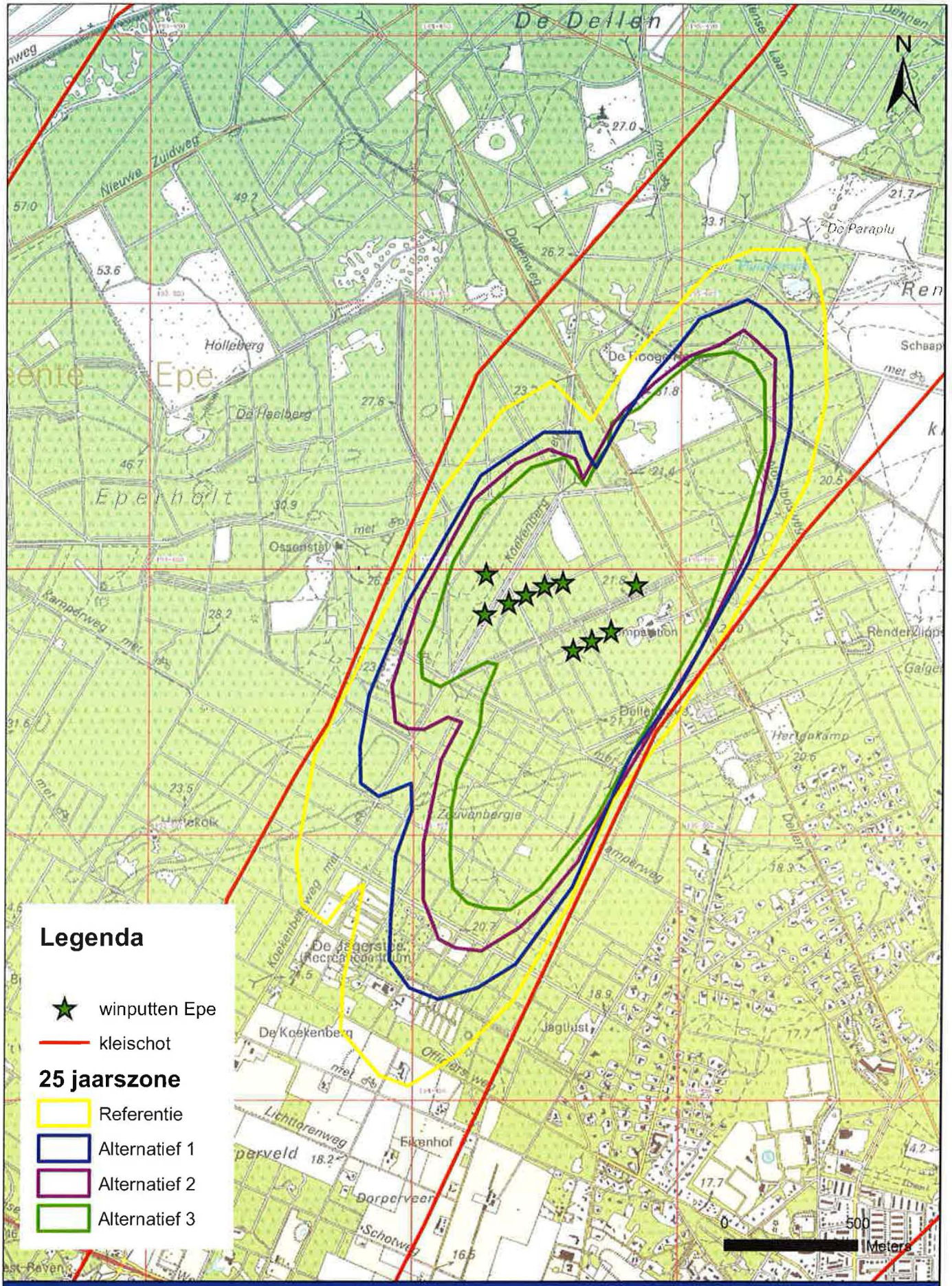
Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.6, 1-jaars verblijftijdzone vanaf de winning

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd



Bijlage 5.7, 25-jaars verblijftijdzone vanaf de winning

Project:	aanpassing model Epe
Opdrachtgever:	Vitens

Kaartnr.:	bijlage	Auteur:	A. van Doorn
Datum:	30-5-2011	Dossiernr.:	D3466-01-001
Versie:	definitief	Filenaam:	bijlage.mxd