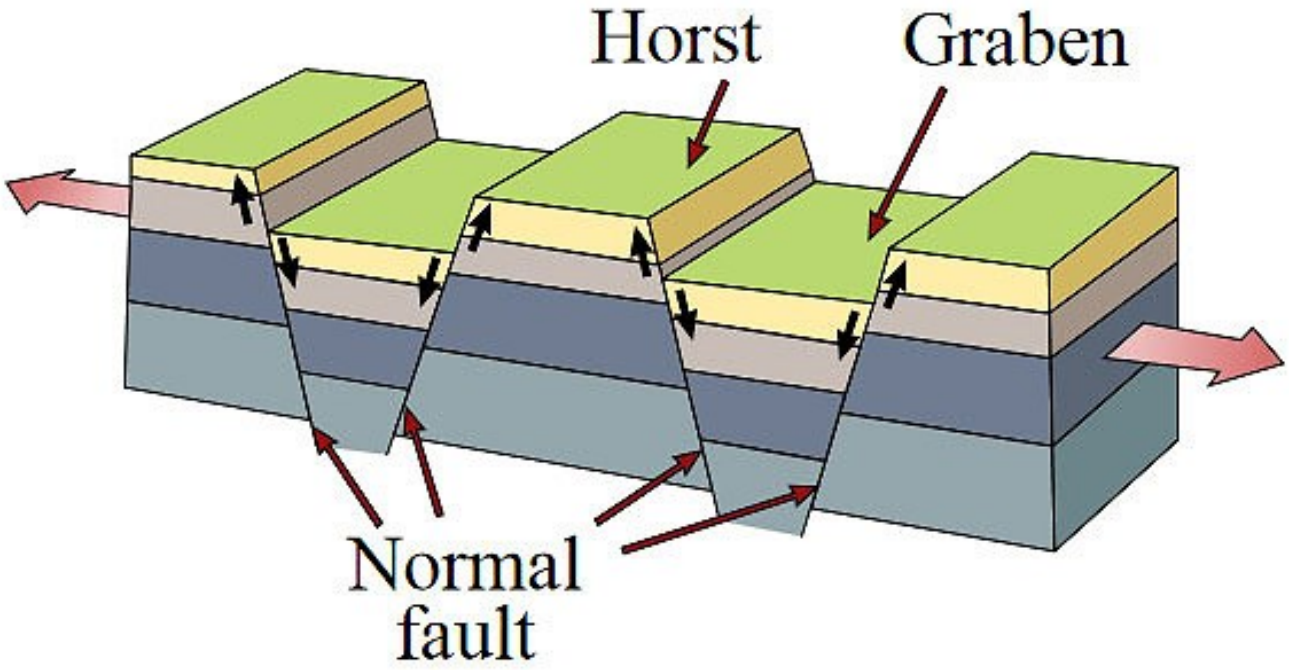
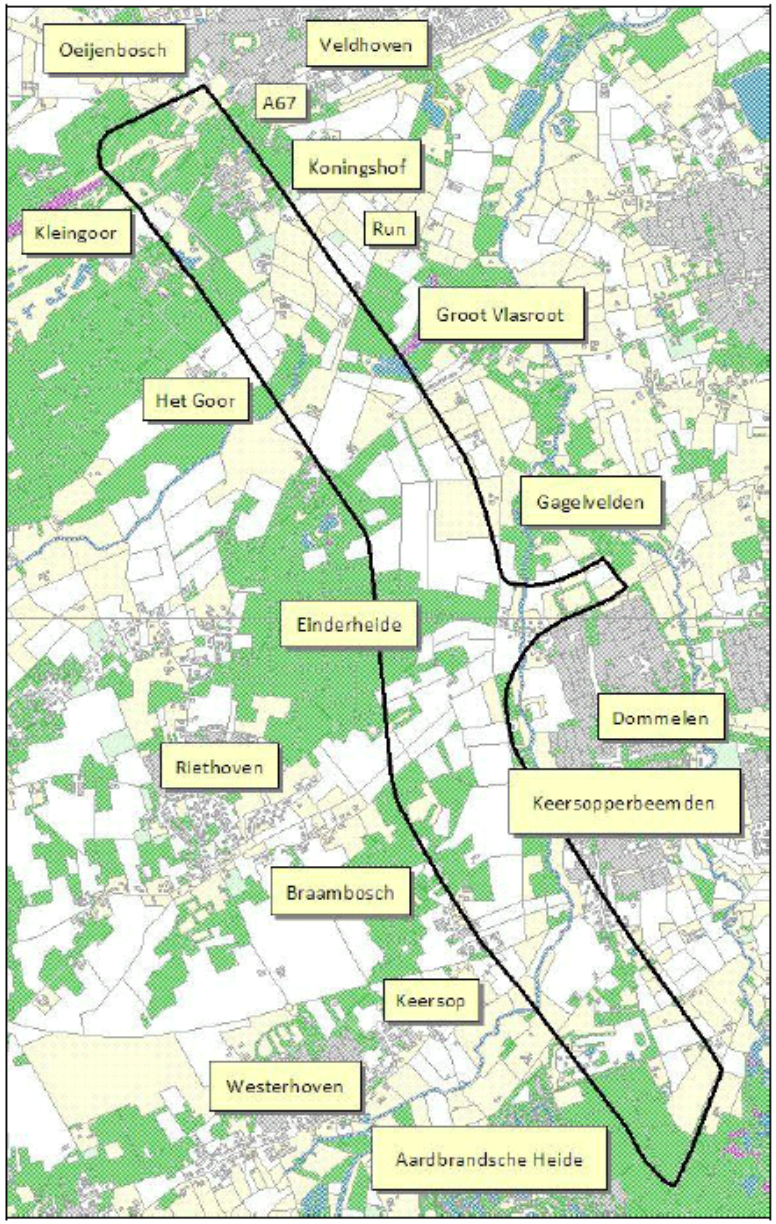
Geologische breuken langs het N69 tracé?



27 juni 2017

Roelof Stuurman (Deltares, grondwater),

Patrick Kiden (TNO, grensoverschrijdende geologische profielen)



Kaart 1: ligging en begrenzing van het onderzoeksgebied.

Toponymen (bron: Cools, 2013)

Doelstelling onderzoek

1. Het karteren van geologische breuken in en rond het N69 tracé;
2. Het beschrijven van de invloed op de grondwaterstroming;
3. Adviseren hoe hier bij de aanleg van de N69 rekening kan worden gehouden.

Inhoud

- Doelstelling;
- Geohydrologisch bureau onderzoek;
- Grondwater bureau onderzoek;
  - Rapporten,
  - Kaarten,
  - Vegetatie indicaties.
- Kwel indicaties verzameld tijdens workshop;
- Veld onderzoek (boringen, roestkartering)
- Conclusies
- Adviezen in relatie tot wegaanleg

Geohydrologisch onderzoek Westparallel N69

Activiteit 1: Geologisch onderzoek

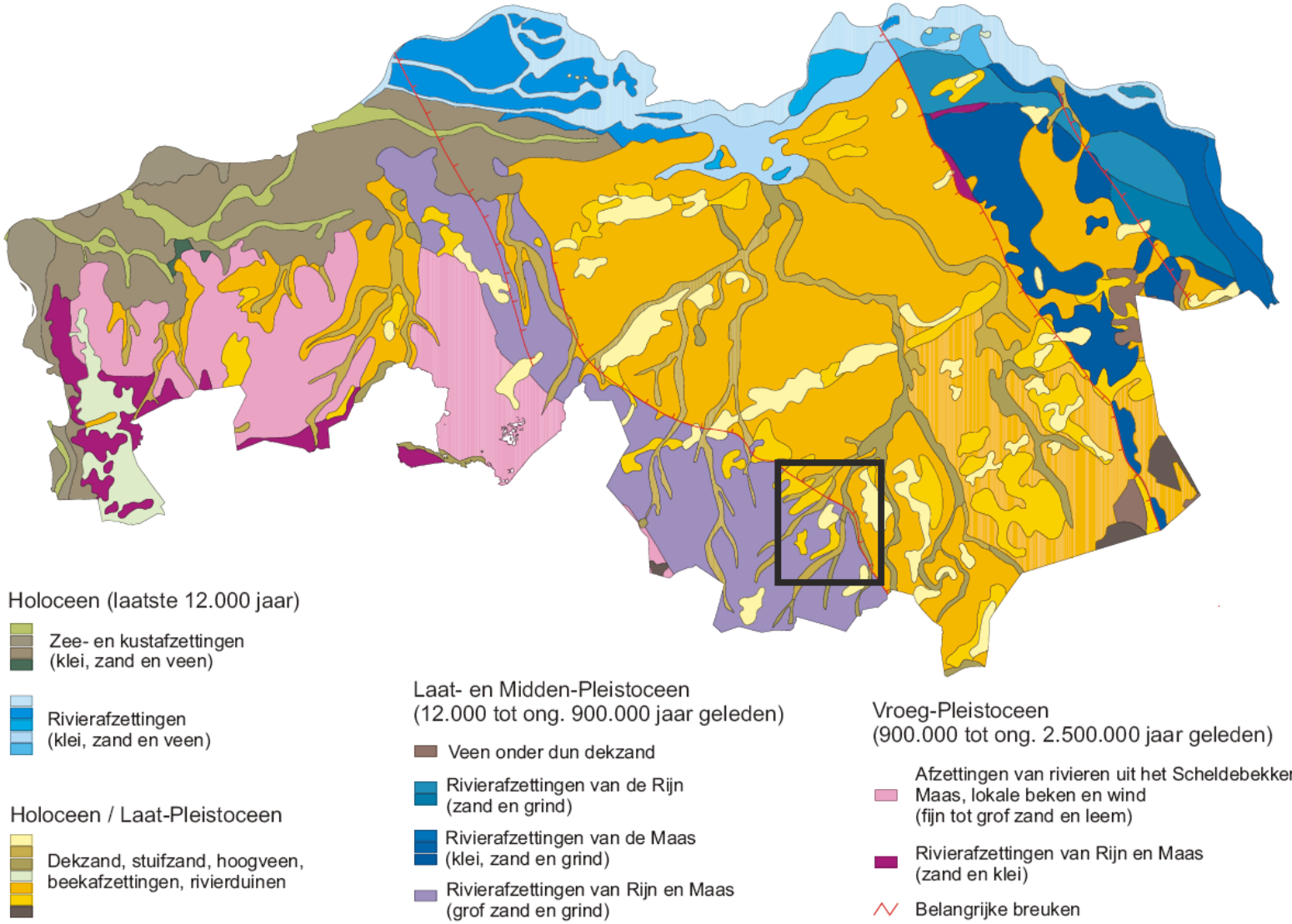
Patrick Kiden, Maryke den Dulk, Armin Menkovic

Geologische Dienst Nederland – TNO

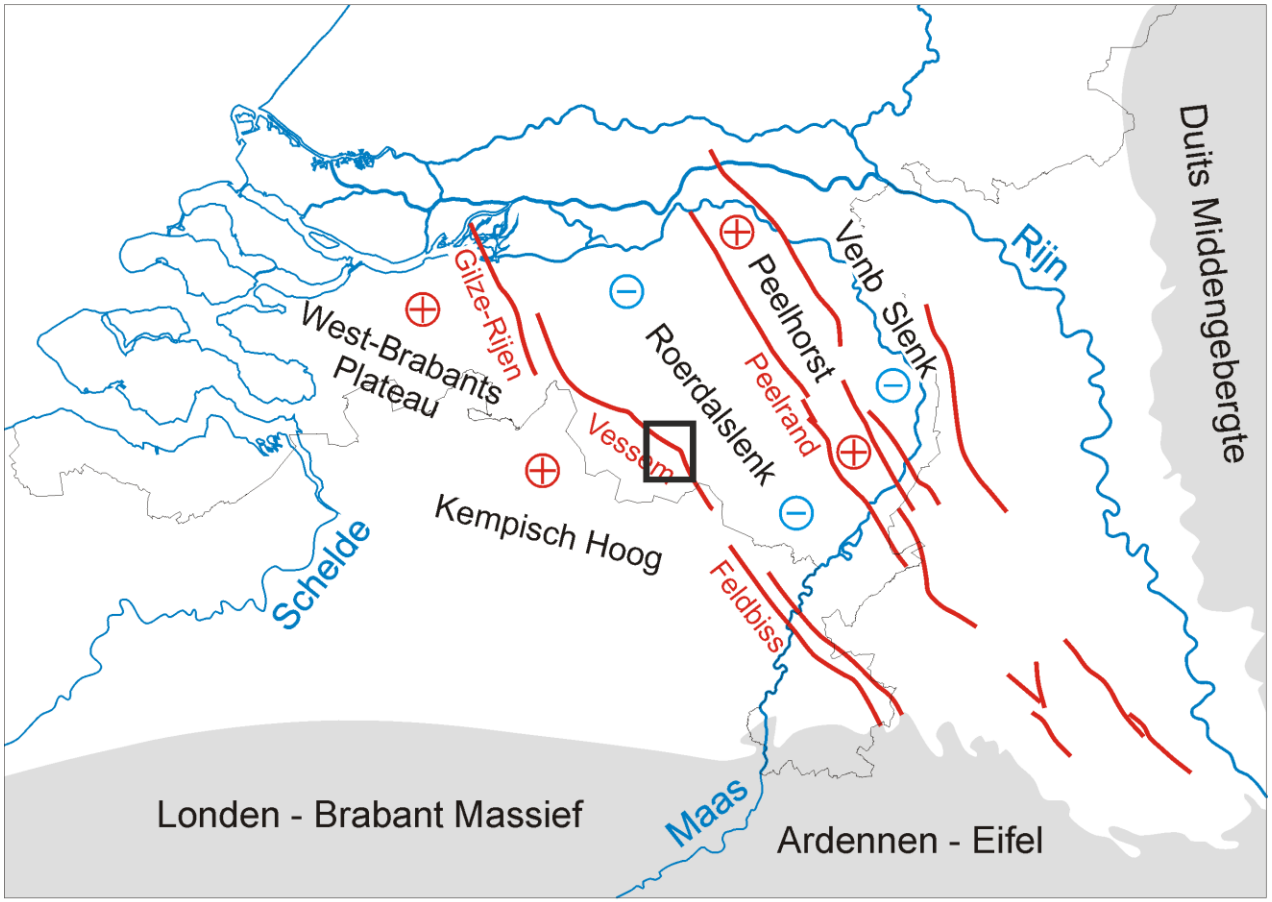
Zoekgebied N69: Algemene situering

- Het zoekgebied ligt in de **breukzone** die de zuidwestelijke rand vormt van de Roerdalslenk.
- De Roerdalslenk daalt ten opzichte van westelijk Noord-Brabant en het Kempisch Plateau
- Door deze daling liggen dezelfde geologische lagen in de Roerdalslenk op een grotere diepte dan er buiten, en hebben ze dikwijls een grotere dikte.

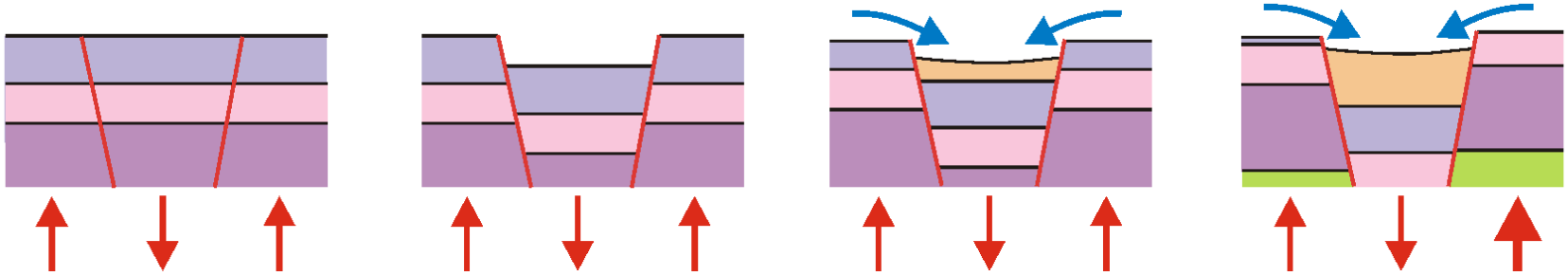
Overzicht geologie Noord-Brabant



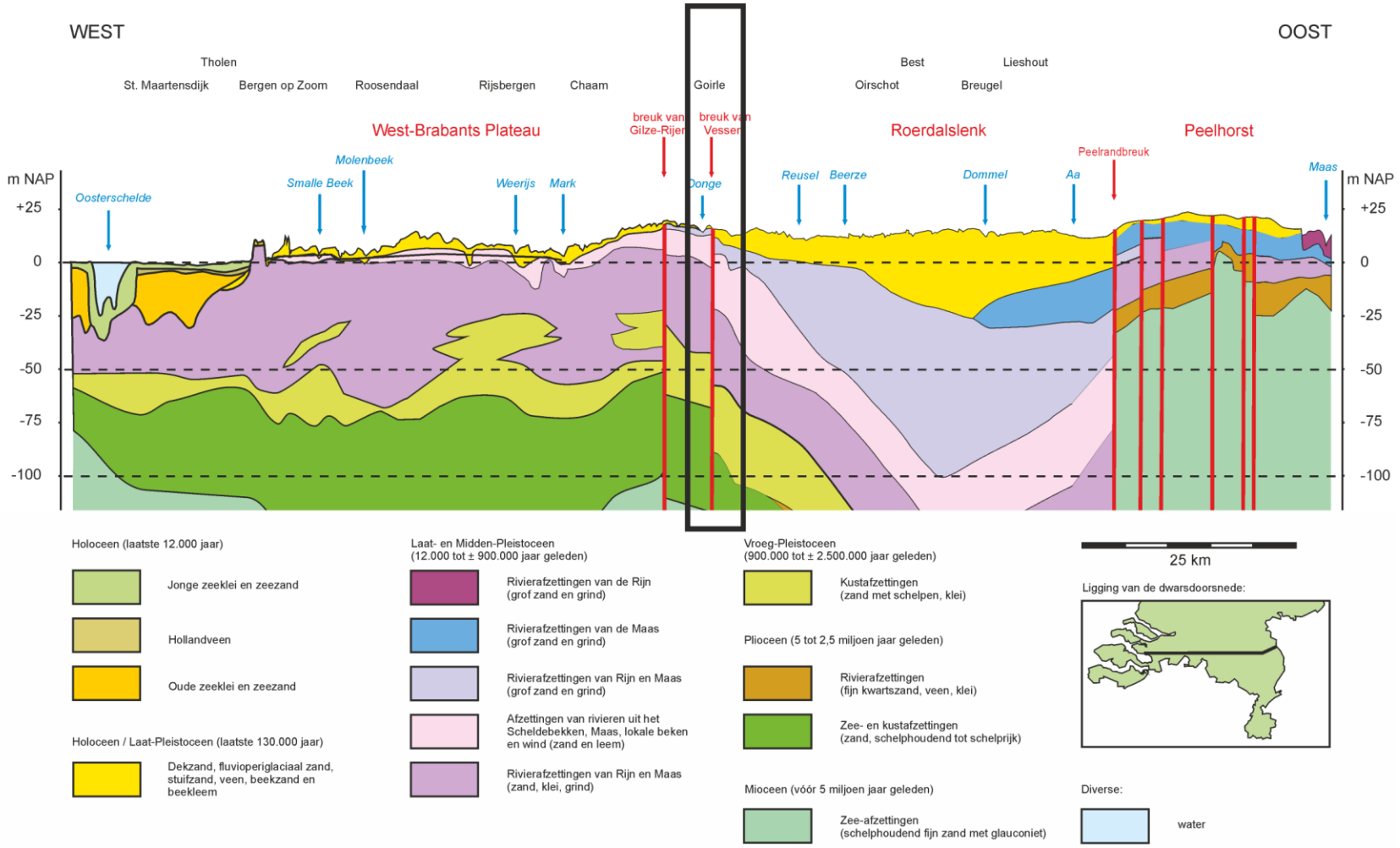
Tektonische structuur Noord-Brabant



Opheffing en daling in een gebied met breuken (slenken en horsten)



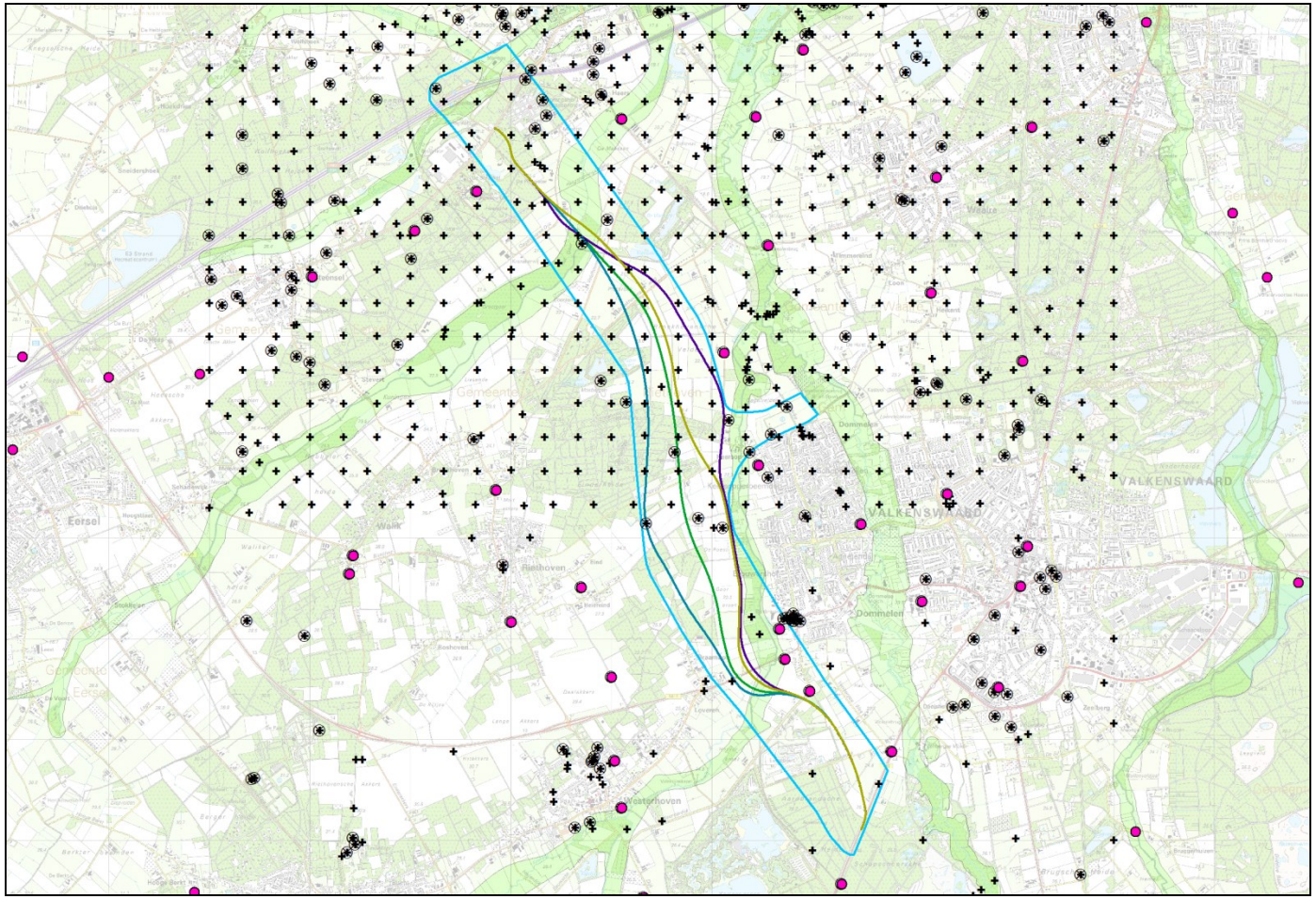
Geologisch profiel Noord-Brabant



Breuken in het zoekgebied: reconstructie

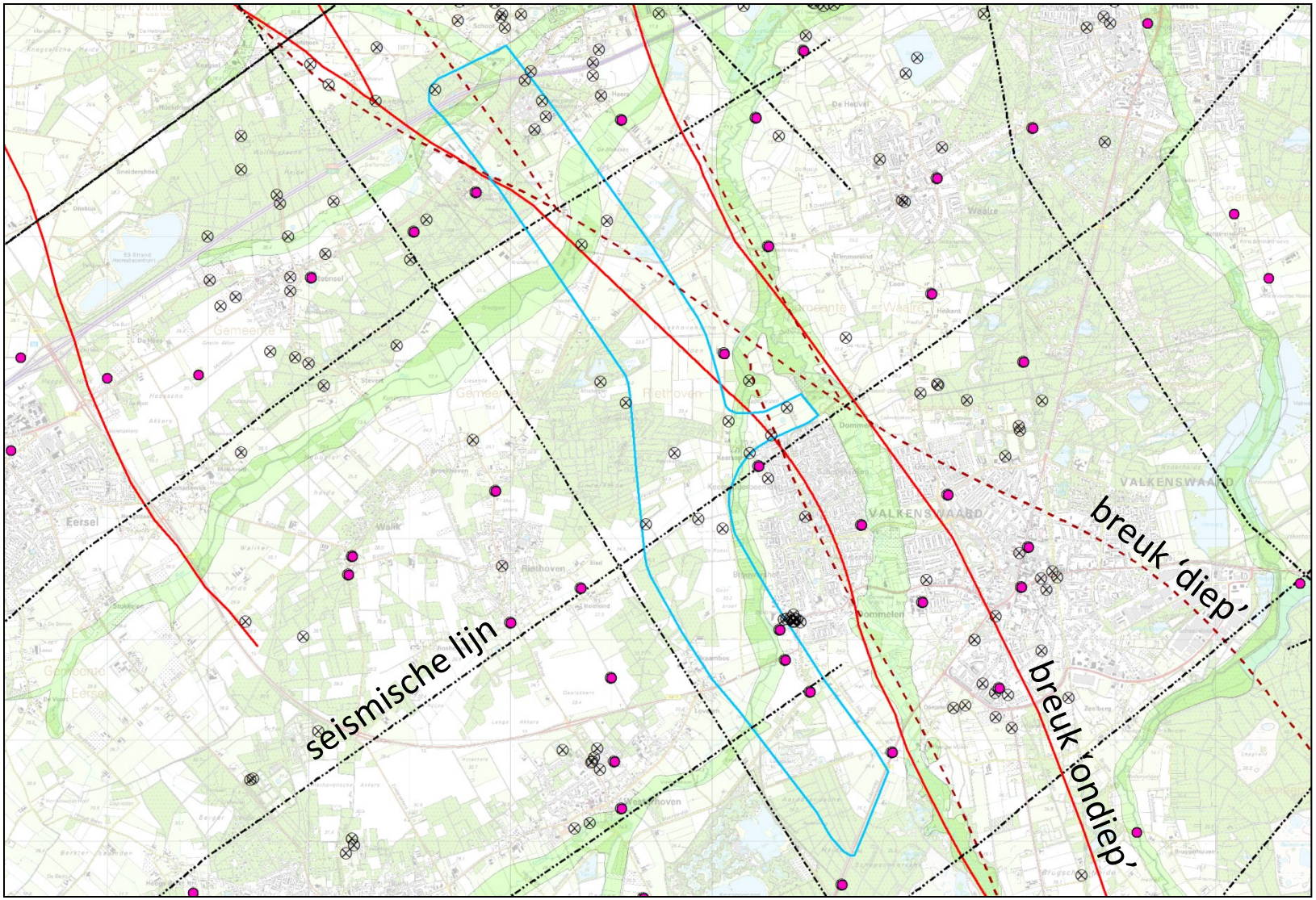
- Recentste gegevens en interpretaties beschikbaar bij Geologische Dienst Nederland – TNO (2012 tot begin februari 2013)
- Bovenste paar honderden meters: vnl. boringen
- Vanaf 200-500 m diepte: seismiek voor olie- en gas-exploratie

Alle boringen in omgeving zoekgebied



- **Kruisjes**: boringen <= 4 m diep, meestal handboringen
- **Cirkels**: diepere boringen > 4 m diep, meestal mechanische boringen, in dit gebied tot max. ong. 100 m diep
- **Magenta cirkels**: boringen gebruikt voor DGM / REGIS II modellen. Dit zijn meestal de betere boringen met een redelijk betrouwbare stratigrafische interpretatie

Diepere boringen, seismische lijnen en breuken



‘Diepe’ en ‘ondiepe’ breuken

- **Breuk ‘diep’** = breuk geïnterpretateerd uit olie- en gas-seismiek op diepten tussen 200 m (in het beste geval) en 2000 m (of dieper). De breuken zijn in het bovenste bereik (waar ze dus niet meer zichtbaar zijn in de seismiek) naar boven geëxtrapoleerd. De kaart geeft de geëxtrapoleerde ligging aan op het 0 m NAP-vlak (dit is hier dus ongeveer 22-25 m onder maaiveld). De interpretatie vond plaats in de periode januari – begin februari 2013 en is nog niet openbaar beschikbaar.
- **Breuk ‘ondiep’** = breuken zoals gemodelleerd in de laatste versie van het DGM-ondergrondmodel van de Geologische Dienst Nederland (v02r13, 2012). Deze versie is nog niet openbaar beschikbaar via DINOLoket en kan afwijken van de laatste openbare versie van REGIS II die van 2008 dateert.
- De diepe en ondiepe breuken zijn verschillende interpretaties van dezelfde fenomenen, maar op basis van andere gegevens en methodes. De GDN werkt momenteel aan het op elkaar afstemmen van deze verschillende interpretaties om zo te komen tot één aaneensluitend breukenbestand voor zowel de diepe als de ondiepe ondergrond.

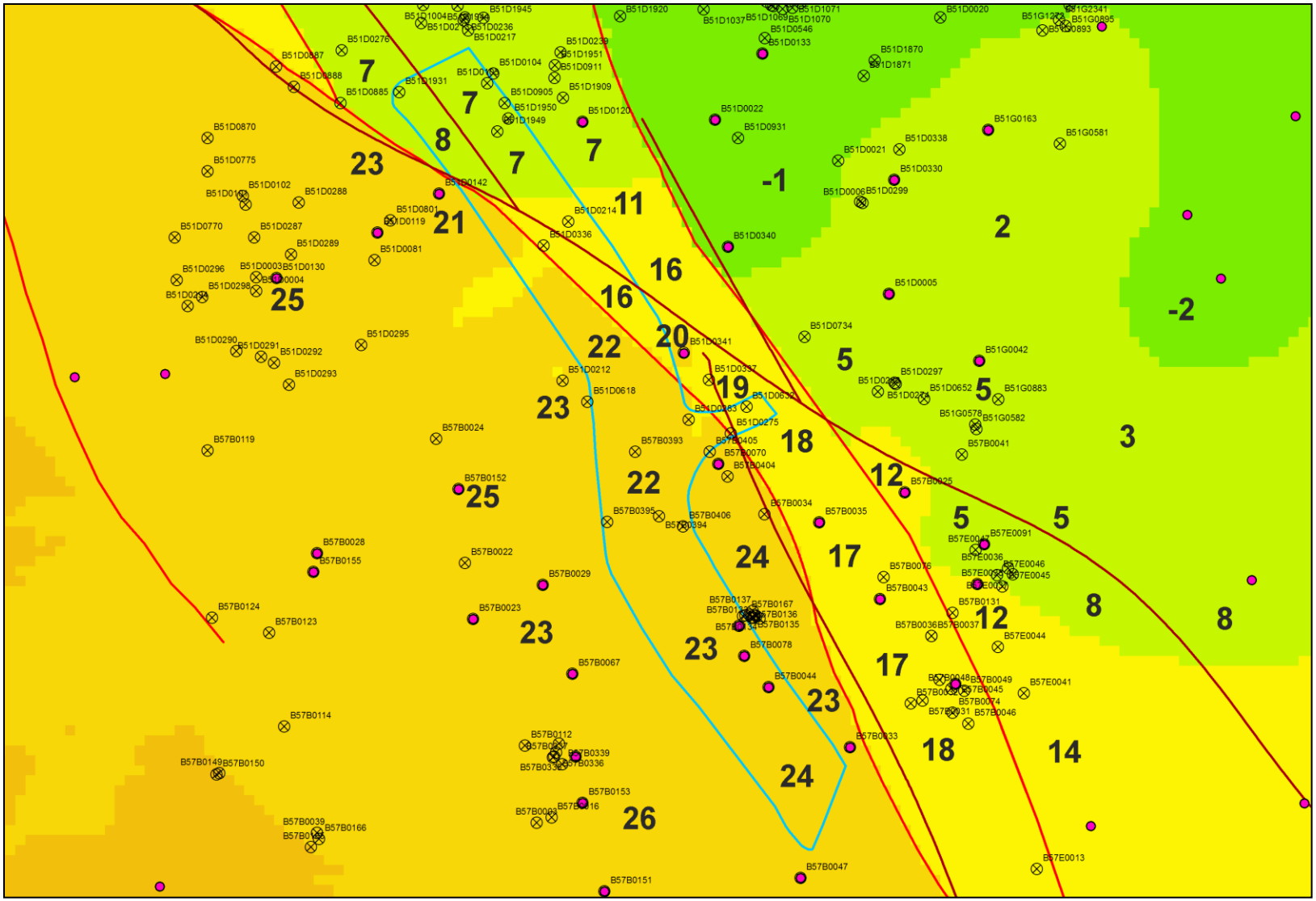
Nauwkeurigheid ligging breuken

- Breuk bepaald door aanwezigheid '**sprong' in diepteligging** van geologische lagen aan 'hoge' en 'lage' kant van de breuk
- **Nauwkeurigheid** ligging afhankelijk van:
  - Ondiepe bereik (aan of dichtbij maaiveld): **dichtheid boringen** in omgeving van breuk
  - Diepere bereik (200-2000 m): ligging breuken alleen nauwkeurig bepaald bij **kruising met seismische lijn**. Extra onnauwkeurigheid door **extrapolatie naar oppervlakte**.

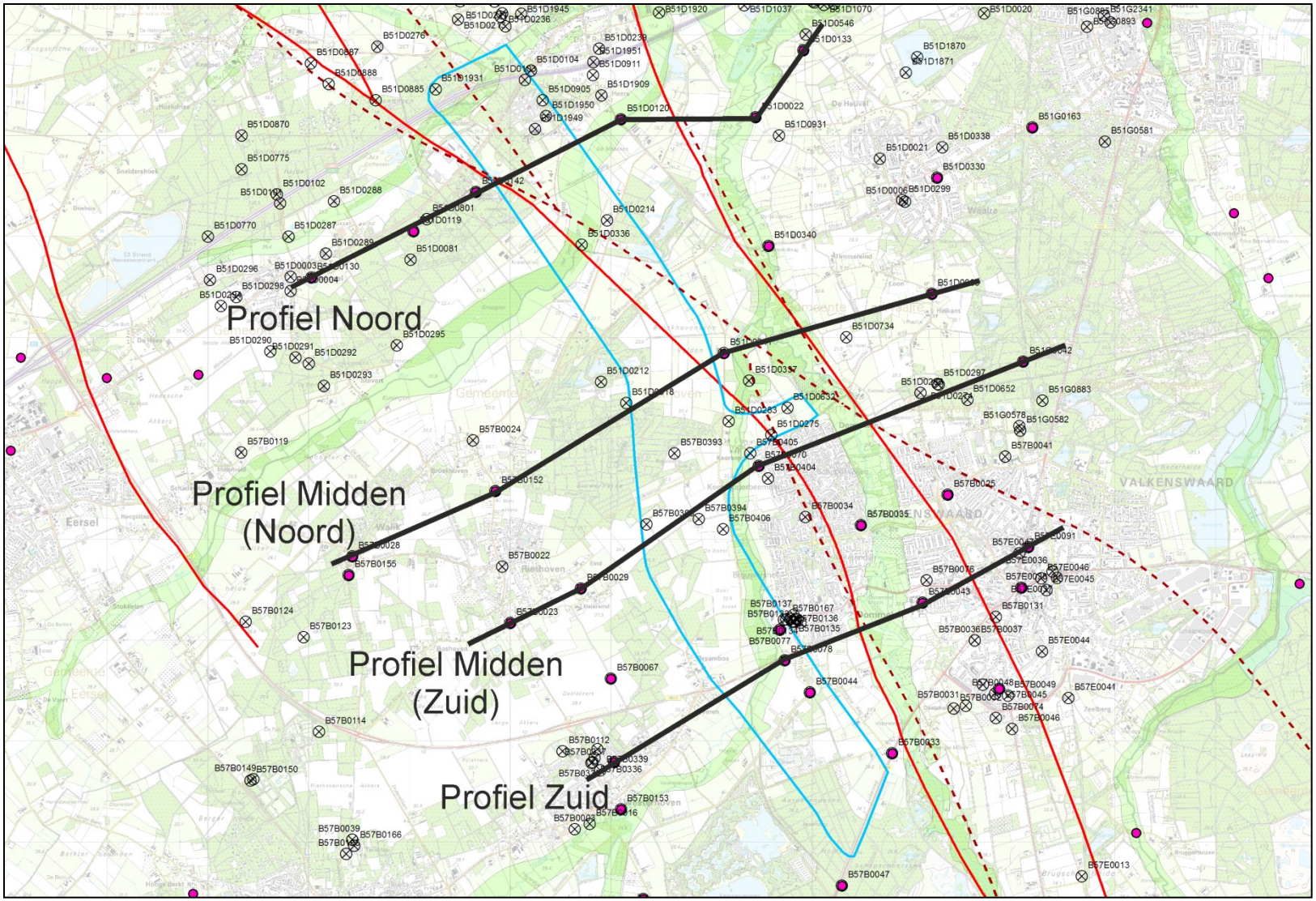
Geologische opbouw

- **Formatie van Boxtel (vroeger Nuenen Groep)**: dekzand (matig fijn), Brabantse leem en beekafzettingen met lokaal veen. Aan de ‘lage’ kant van breuken evt. verspoeld Sterksel (grof zand met grind)
- **F. v. Sterksel**: grindhoudend grof zand
- **F. v. Stramproy (Kedichem)**: fijn zand met leemlagen
- **F. v. Waalre (Tegelen)**: matig fijn tot matig grof zand met kleilagen
- **Kiezelooliet Formatie**: matig fijn tot matig grof zand met kleilagen

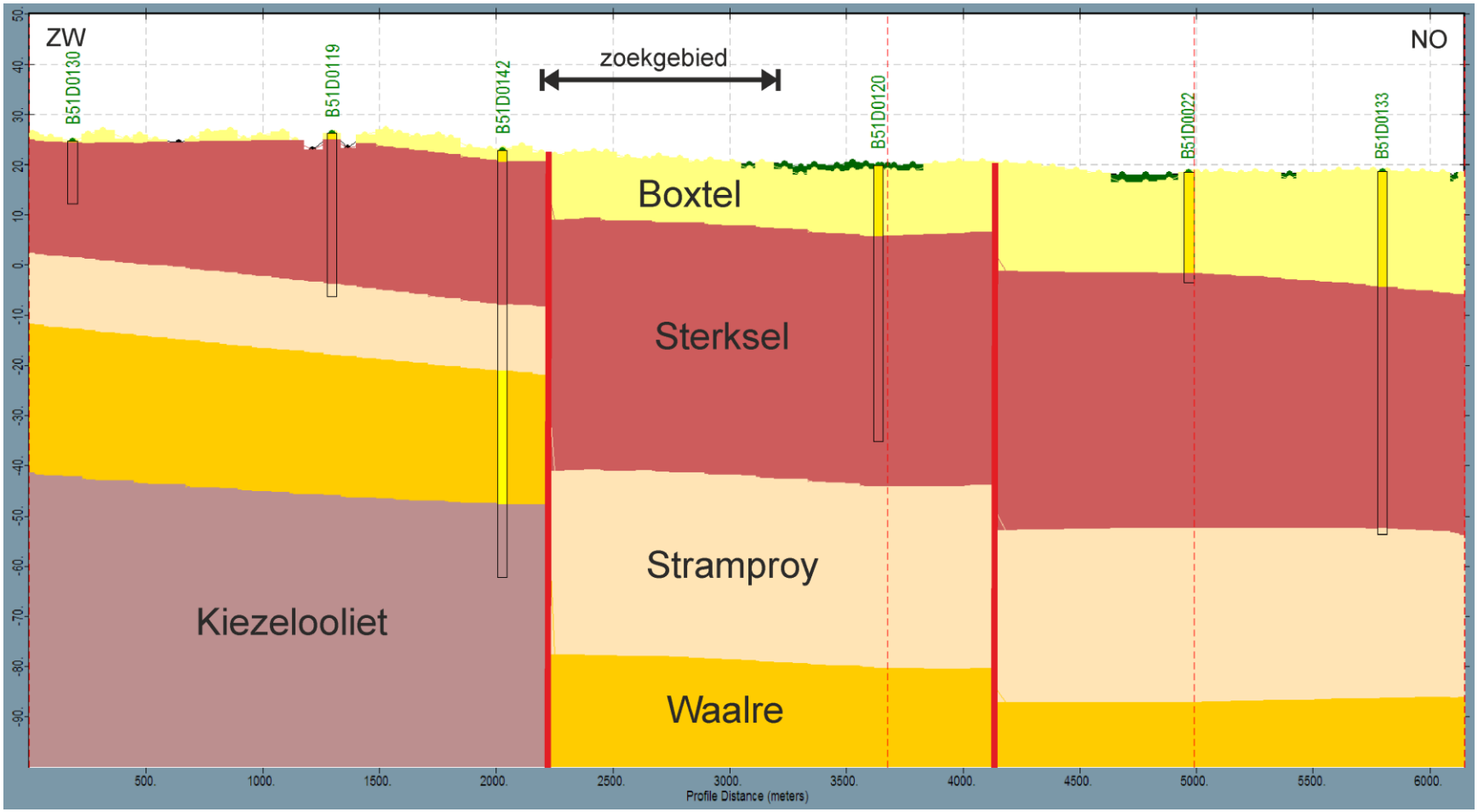
Diepteligging top Sterksel in m NAP



Ligging profielen

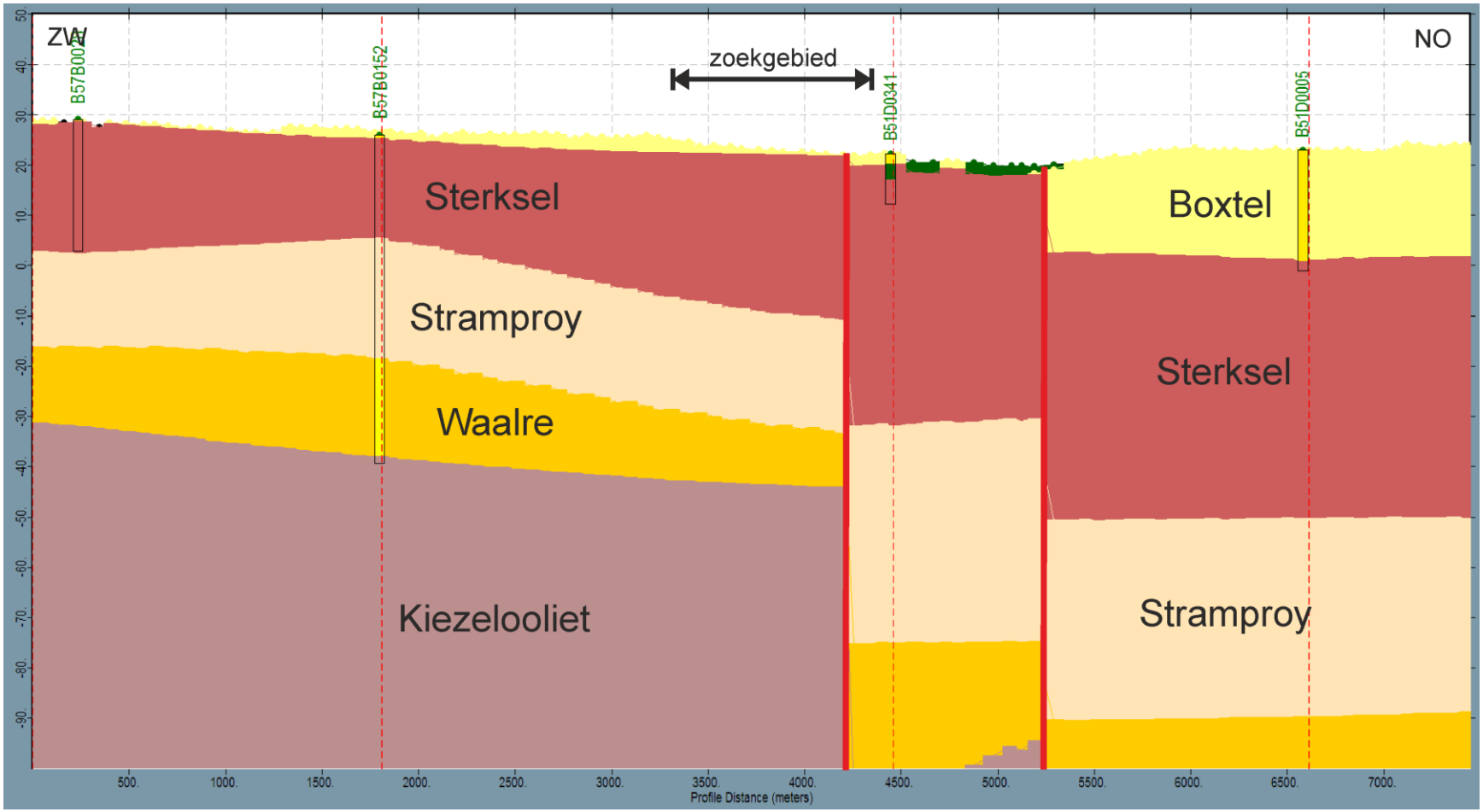


Profiel Noord

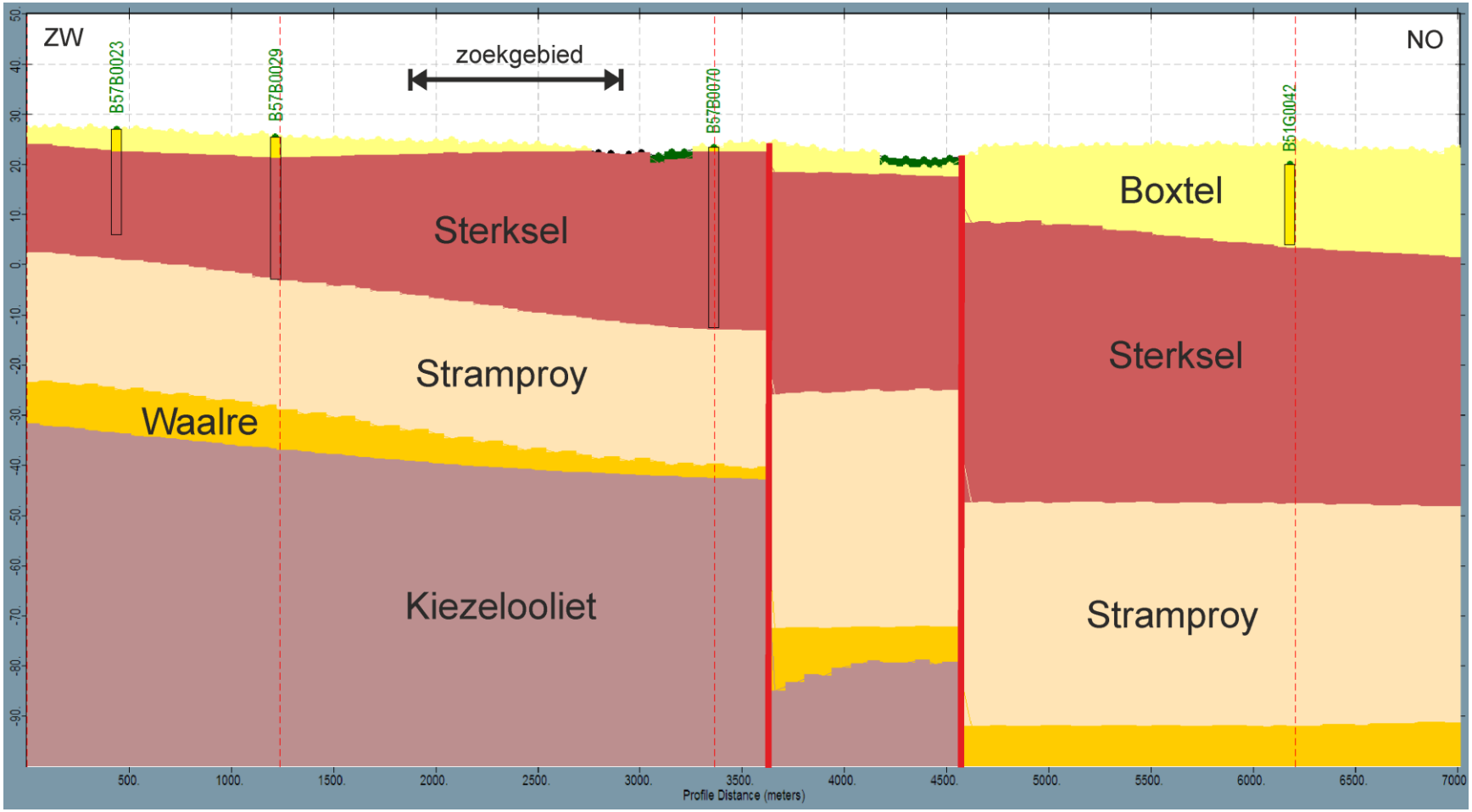


Stroming is ZW -> NO. KD F. V. Sterkel neemt ter plaatse van de breuk met ca. 30% af. Mogelijk treedt hierdoor opstuwing op. T.g.v. de hoge doorlatendheid van Sterksel is de kans hierop klein.

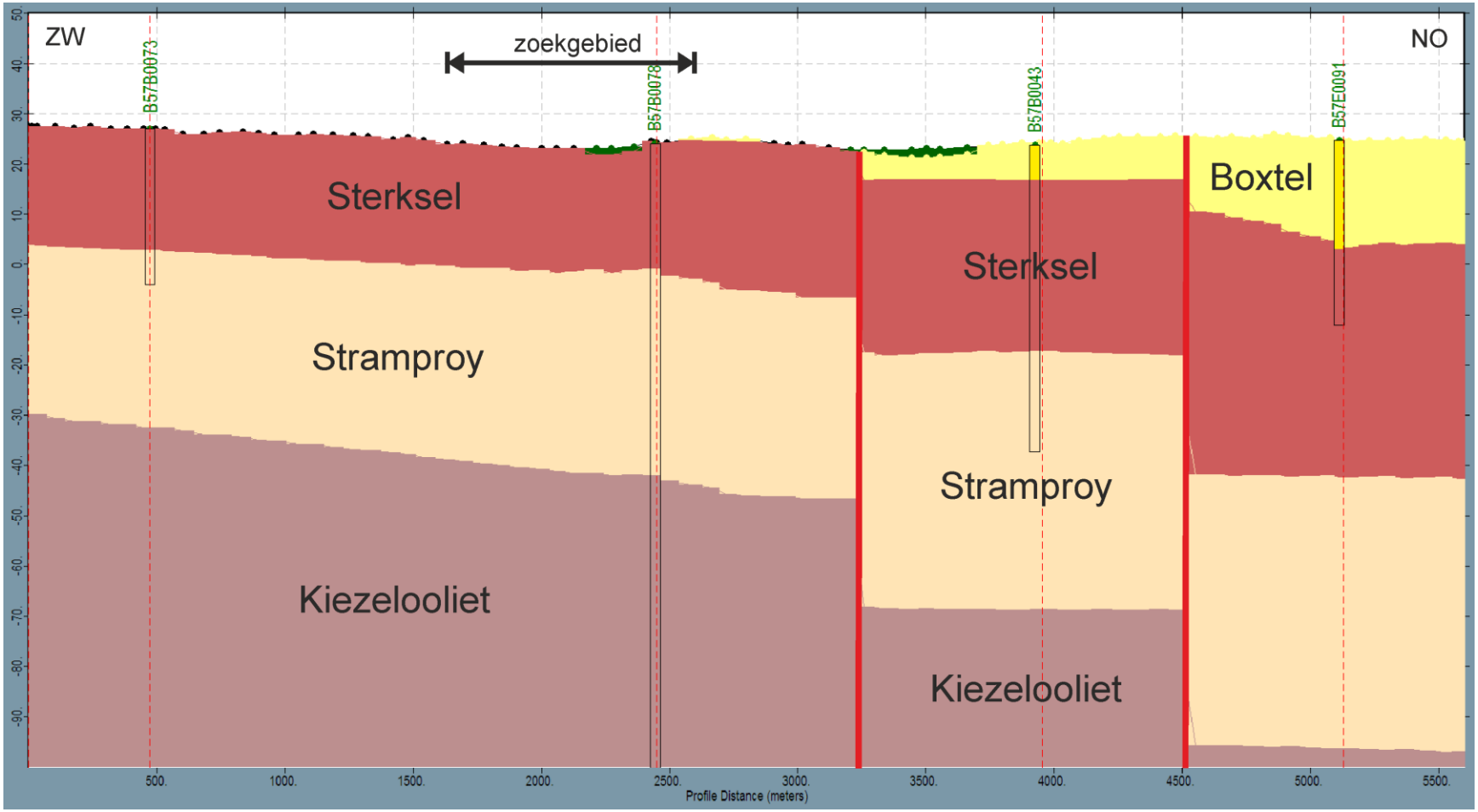
Profiel Midden (Noord)



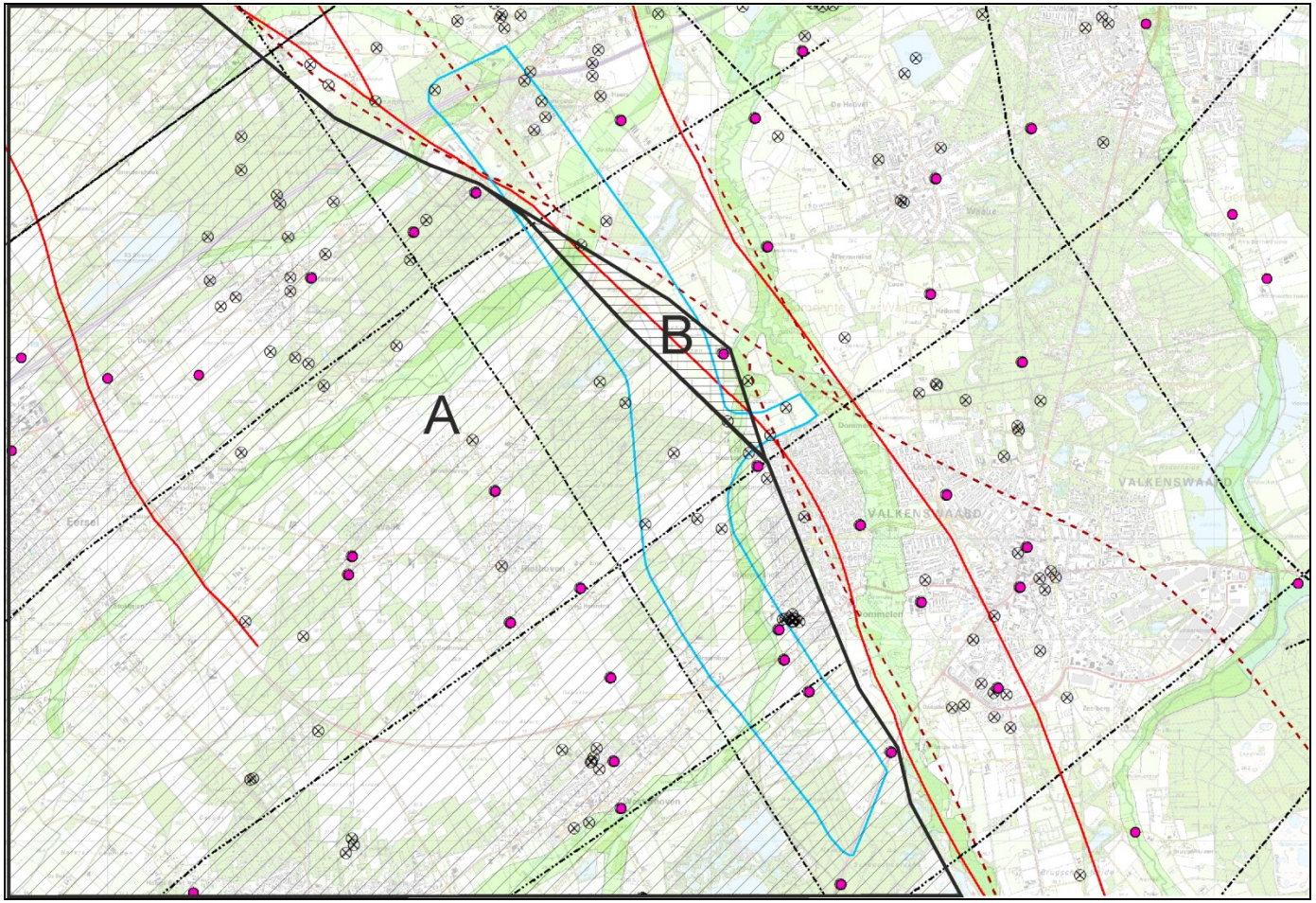
Profiel Midden (Zuid)



Profiel Zuid



Interpretatie breuken



- **Gebied A** (schuine arcering): geen breuken aan maaiveld.
- **Gebied B** (horizontale arcering): gegevens onduidelijk; breuk mogelijk in dit gebied, of ten noordoosten ervan.
- **Rest van het gebied** ten noordoosten van A en B: breuken aanwezig, maar locatie nog onzeker, ligging op enkele honderden meter nauwkeurig

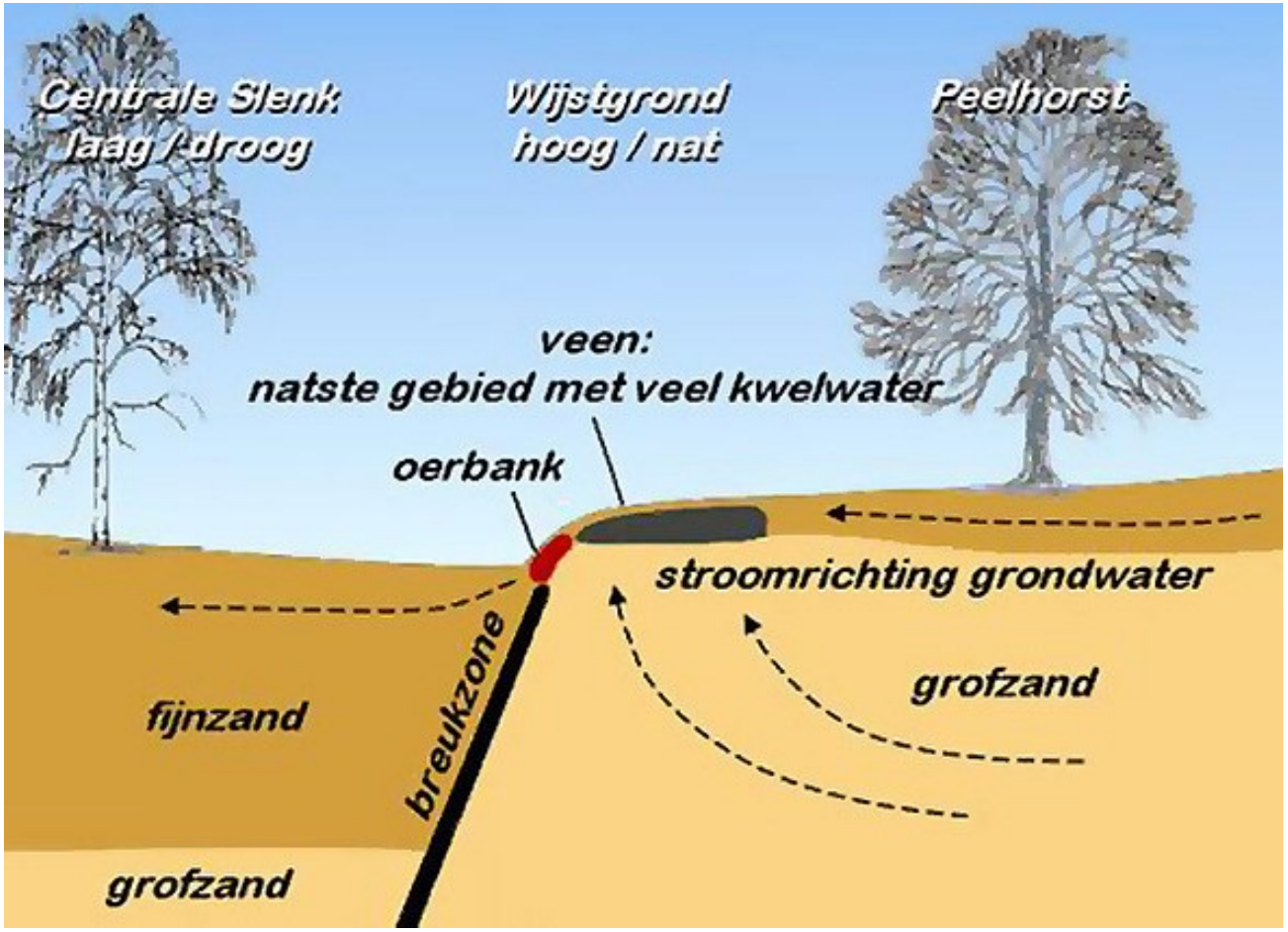
Interpretatie breuken

- **Gebied A** (zie kaart: schuine arcering):
  - Geen breuken aan maaiveld
  - Aan ‘hoge’ kant van breuk
  - Formatie van Sterksel aan of op max. 1-2 onder maaiveld (buiten beekdalen)
- **Gebied B** (horizontale arcering):
  - Gegevens onduidelijk
  - Breuk ligt mogelijk in dit gebied, of ten noordoosten ervan
  - Top Sterksel mogelijk enkele meters dieper dan in gebied A
- **Rest van het gebied ten noordoosten van A en B**:
  - Breuken aanwezig
  - Locatie breuken als aangegeven op kaart maar nog onzeker
  - Ligging op enkele honderden meter nauwkeurig

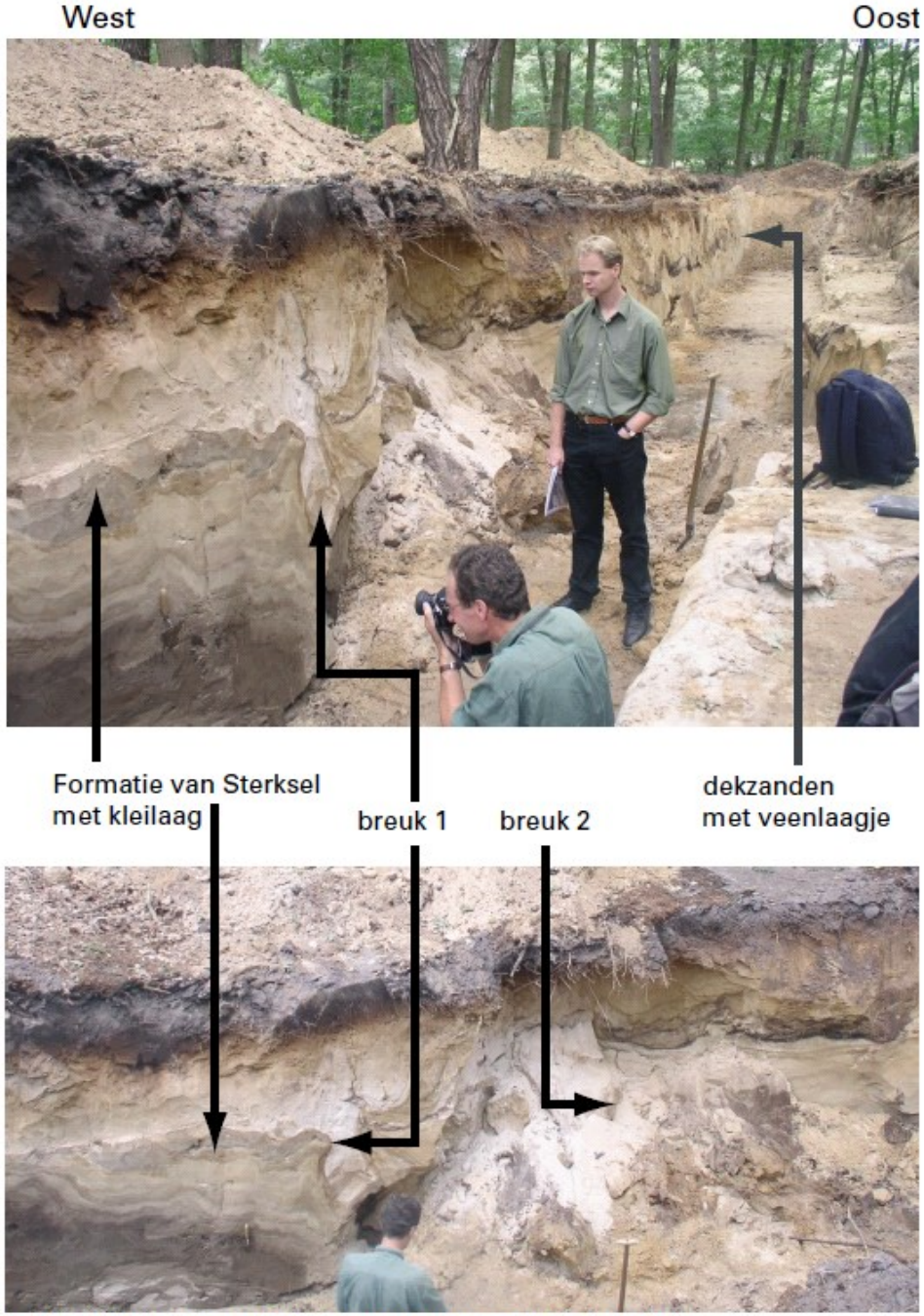
Grondwater



Grondwatersituatie in Oost-Brabant (wijstgronden)



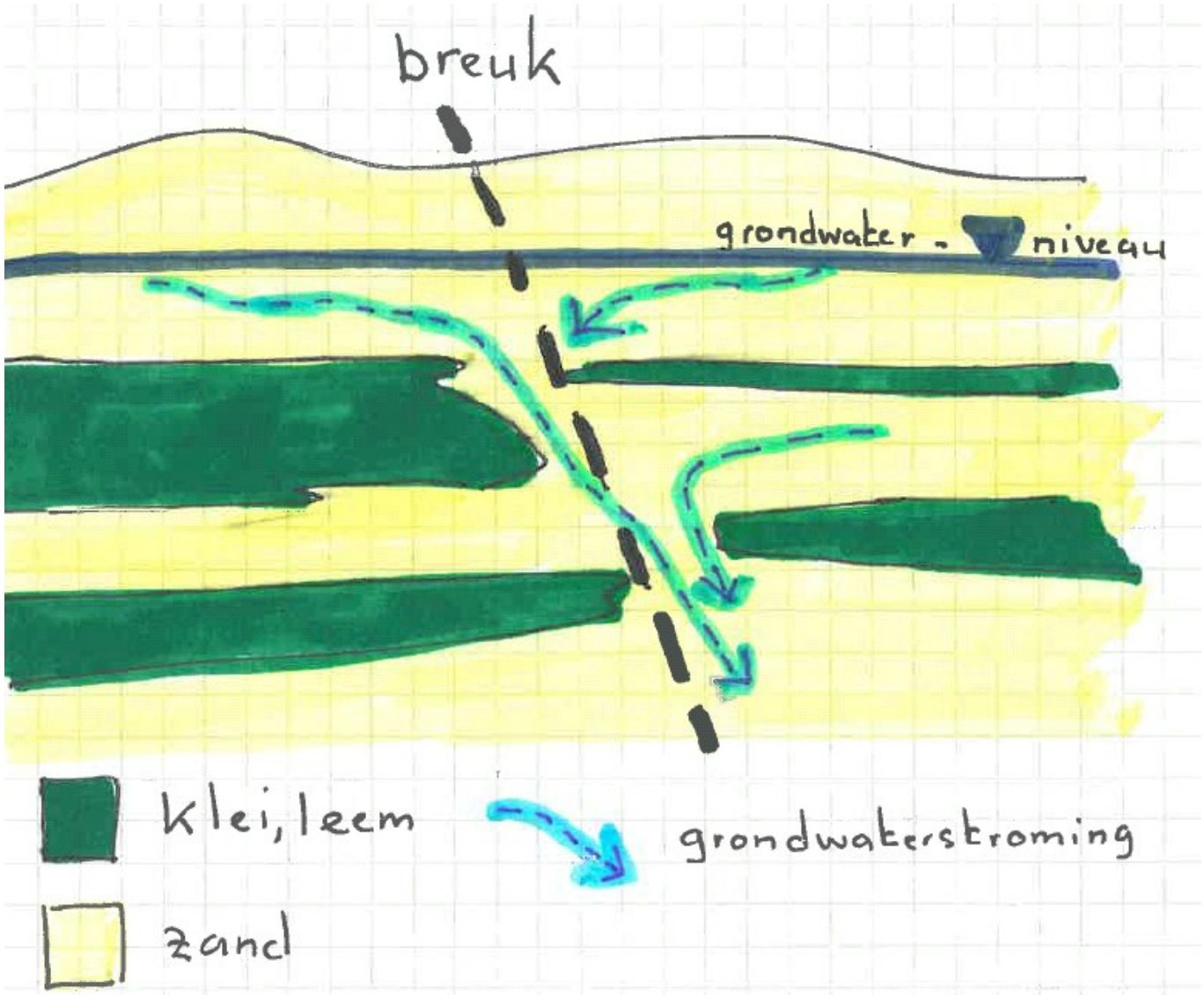
De breuk heeft een blokkerende werking voor grondwaterstroming. Daarom stroomopwaarts van de breuk kwel aan maaiveld of in sloten, veenbodems en kwelvegetatie, “warm”grondwater, ijzerconcreties.



Afb. 2. Overzicht foto's van de sleuf. De sleuf is oost-west georiënteerd. De afgebeelde wand is de noordwand.

Profielkuil door Gilze-Rijen storing (zelfde breukcomplex als N69 trace), met verspringing van kleilagen, waartussen uitgeloogd zand (preferente, sterke infiltratie).

Temperatuur- en waterchemie onderzoek van Edelman (2003), toont aan dat hierdoor infiltratie tot grote diepte kan plaatsvinden (zie figuur volgende sheet)



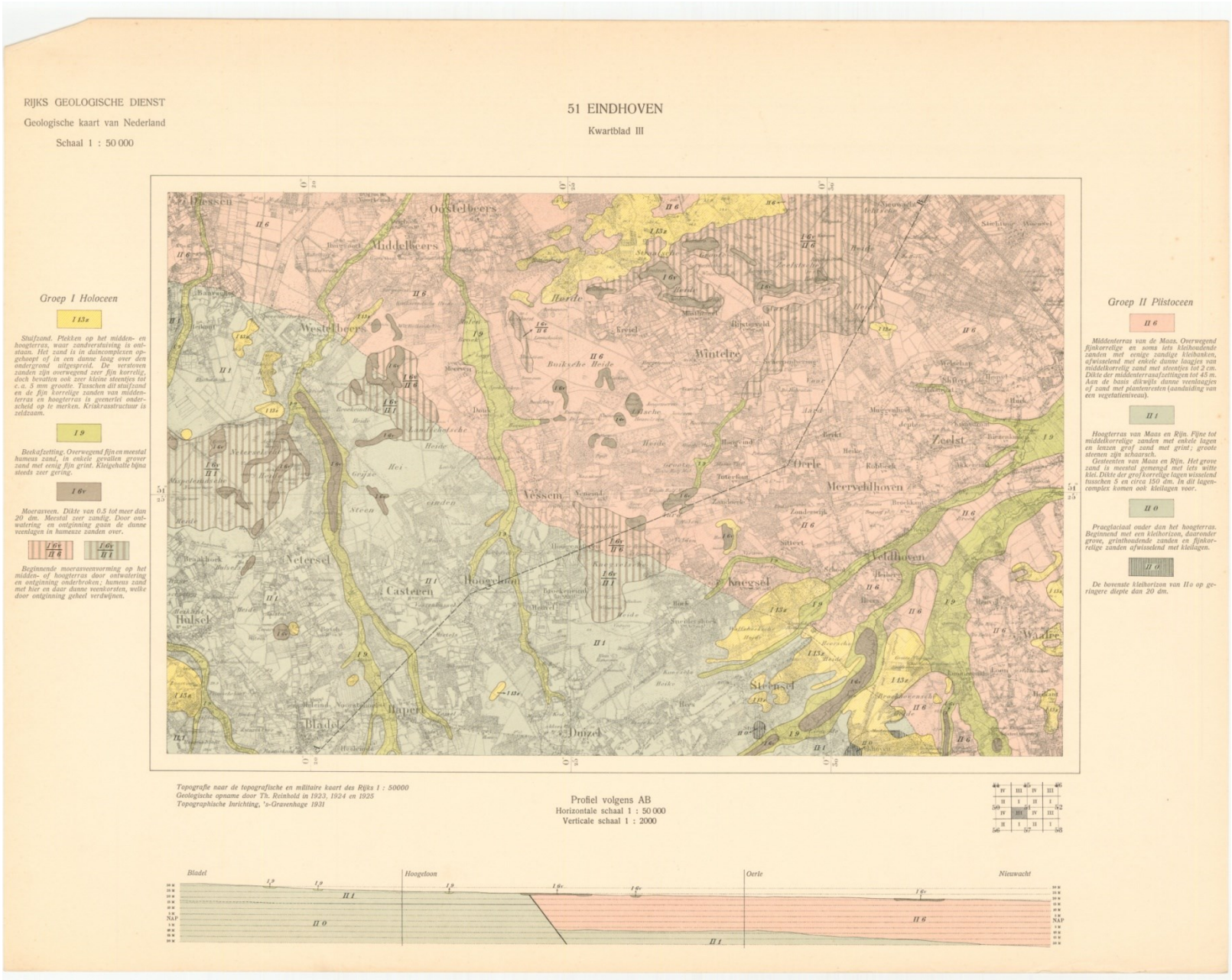
Schematisatie van een breuksituatie waar juist grondwater infiltratie plaatsvindt. Het profiel is gebaseerd op een studie bij de waterwinning Tilburg, ten hoogte Gilze-Rijen Storing.

breukwerking

- RGD spreekt in relatie tot dit gebied over “voortrappen”: verschillende, min of meer evenwijdige, breuken op korte afstand van elkaar;
- Van Balen e.a. (2003) zien in Tilburg zelfs breuken op meters afstand van elkaar, waarlangs kleilagen zijn verschoven en preferente infiltratie stroming is ontstaan ;
  - In tegen stelling tot “wijst” werkt een breuk hier grondwaterstand verlagend;
  - N69 ligt in het zelfde breuken complex ls Tilburg

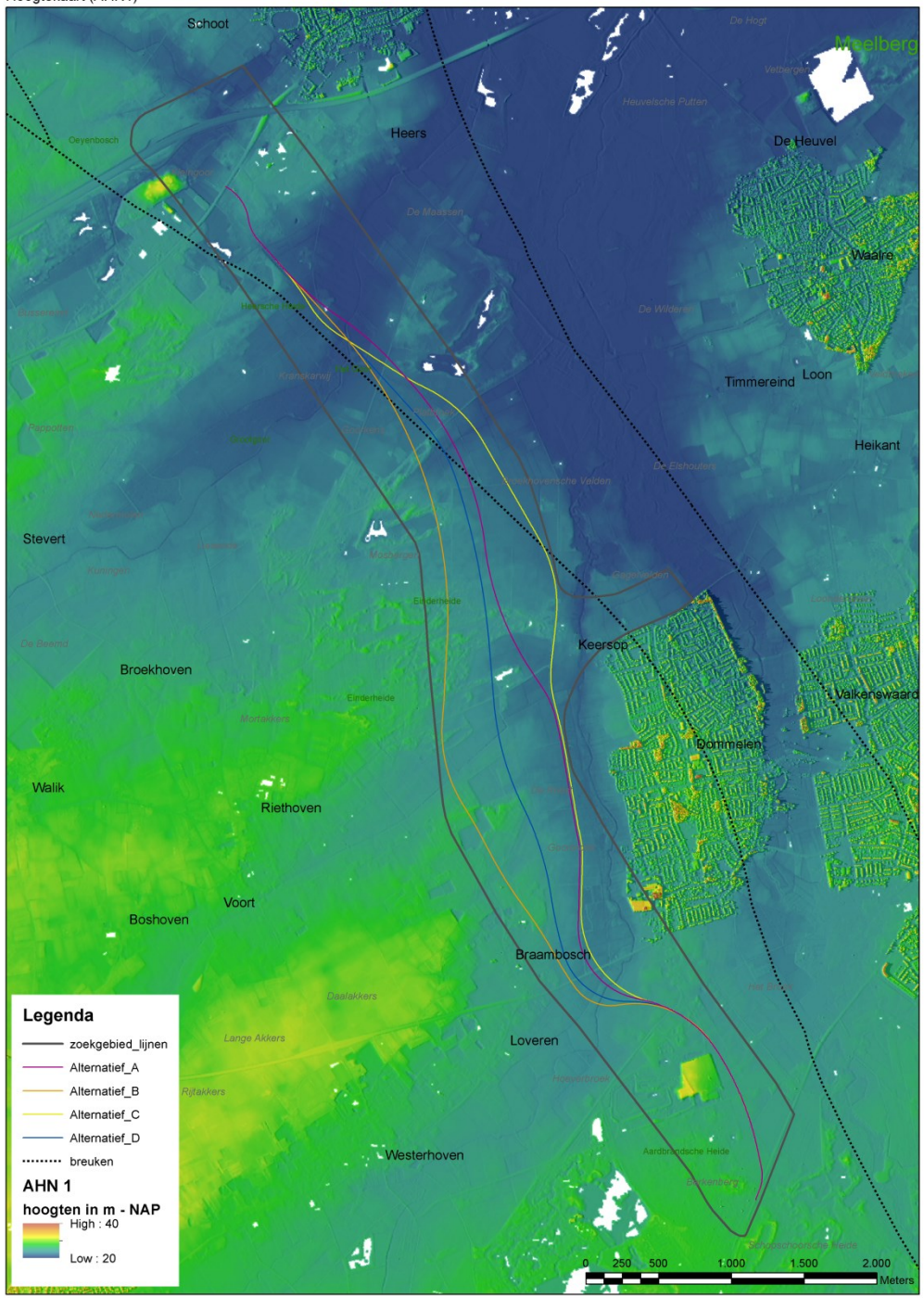
Breuk en grondwaterstroming
4 type situaties

1. Grondwaterstroming blokkerende breuk;
   - Nat stroomopwaarts, droog stroomafwaarts.
2. Opstuwende KD sprong breuk (KD stroomopwaarts > stroomafwaarts breuk);
   - Nat stroomopwaarts, droog stroomafwaarts.
3. Grondwater transporterende breuk;
   - Infiltratie naar diepere pakketten (locale grondwaterstand verlaging ?)
4. Drainerende KD sprong breuk (KD stroomopwaarts < stroomafwaarts breuk)
   - Verdrogende invloed stroomopwaarts breuk

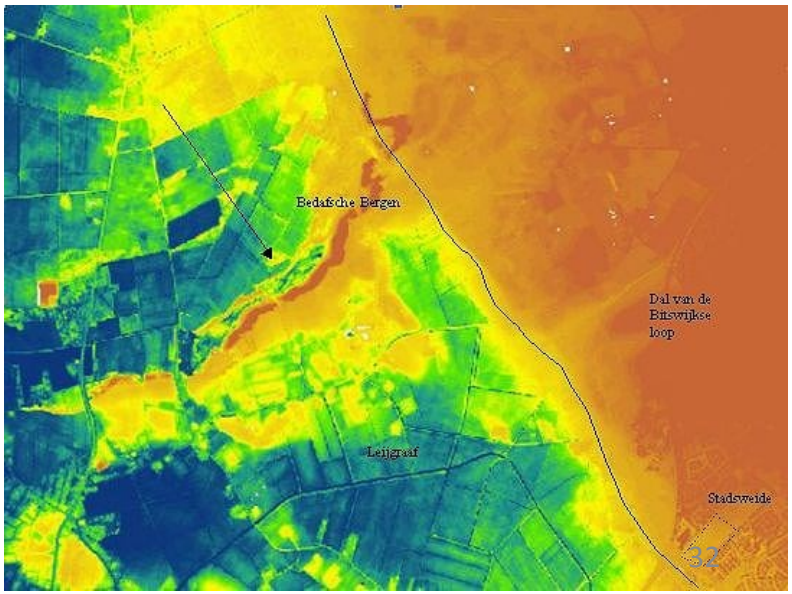


De geologisch kaart uit 1920 geeft een duidelijke breukligging aan. Uit nieuwe boringen blijkt dat deze bij Dommelen meer oostwaarts ligt.

Hoogtekaart (AHN1)



- Gedetailleerde maaiveldhoogte informatie levert geen breukachtige sprongen op.
- In Oost-Brabant komt dat wel (maar niet altijd) voor. Zie hieronder maaiveldsprong bij peelrandbreuk Uden



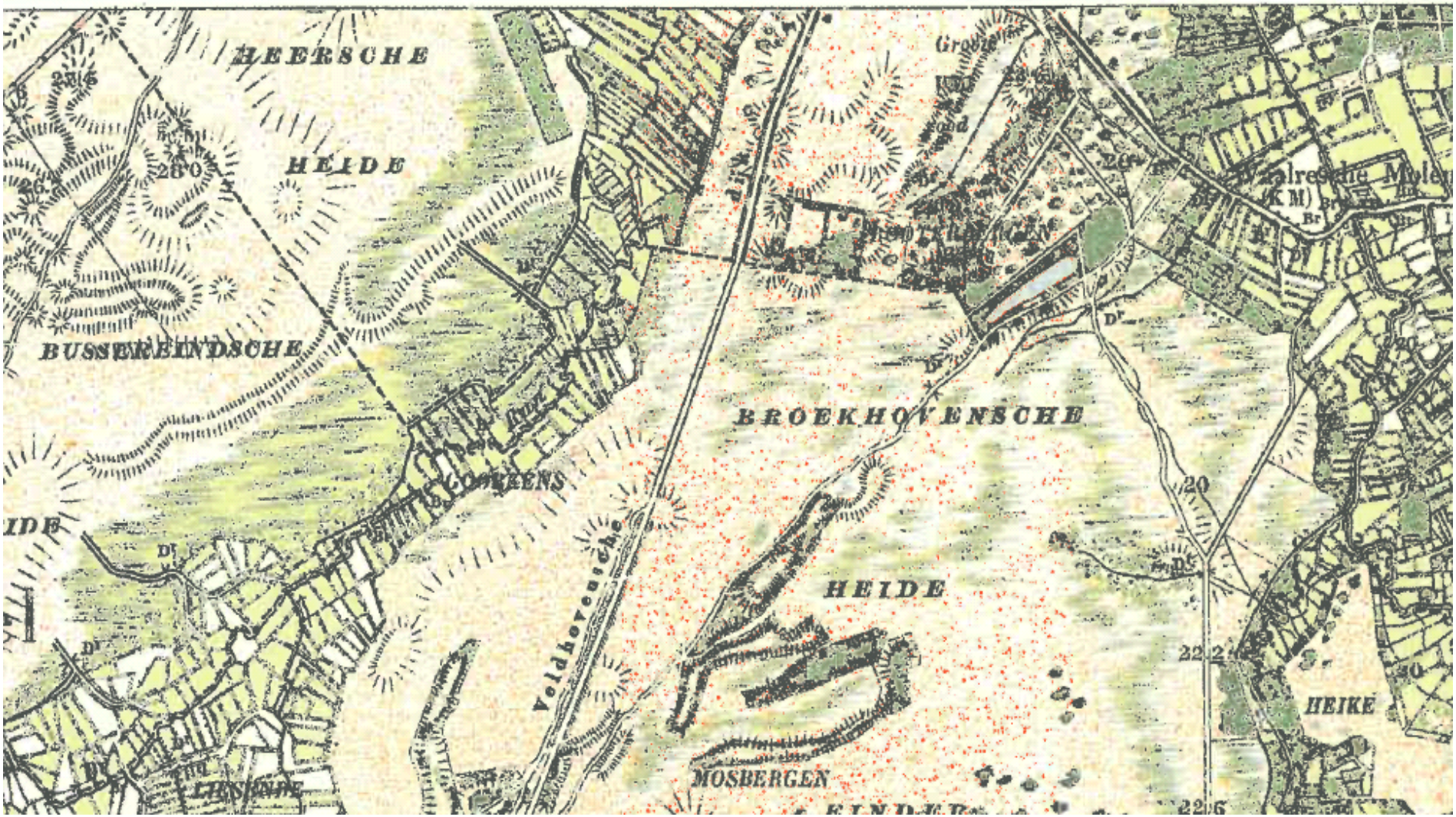
RIETHOVEN.

(Verkend in 1898).

Schaal van $25\frac{1}{000}$.

Nº 690 Veldhoven.

Zie legenda op volgende slide.
Historische kaart geeft geen breukindicaties op.



STAD

Dorp *(hoofdplaats der gemeente);*

(de overige dorpen zijn met kleiner letter beschreven).

Gehucht of buurt

Verspreide huizen

Kasteel of voorname buitenplaats

met lustpark en vijver

Buitenverblijf *met laan*

Hoeve *met moestuin en boomgaard*

Kapel of kruis

Kerk *met ringmuur en begraafplaats*

SK Schaapskooi

Tabaksschuur

Gemeentehuis

Postkantoor

Post- en telegraafkantoor (of telephoonkantoor)

Telegraafkantoor (of telephoonkantoor)

Steenenmaal

Windmotor

Waterwolen, tot polderbemaling met hoevers en schepraderen

Steenen molen · Houten molen · KM Kleinmolentje

Waterwolen met hoek

Gedenksteenen

Zandstuiving en zandvlakte

Duinen

Afgravingen, Zanderijen

Terreinhellingen

Horizontale doorsneden op onderlingen afstand van 10 M.

Hoogte in Meters boven Amsterdamsch peil

Holle wegen

Steile kanten

Rotswanden

NB. De waar- en dichtheden onder de plaatsnamen zijn die der gemeenten.

De meer talrijke gehuchten voor de beschrijving der verklaring, in overeenkomstig aan die der benamingen op de kaart.

Bouwland met greppels heggen en afrastering

met natte sloten en boomen

Weide met sloot en houten en steenen schutlatten

Natte weide met wetering en sloten

Eendenkooi

Moeras en drassige plekken

Veen met veenputten

Veenontginning

Bosschen van opgaand hoofhout

van kreupelhout of griendhout met en zonder natte sloten

van opgaand naaldhout

van laag naaldhout met en zonder droogte sloten

Openingen in struiken. hakhout

Rietland

Heide met ven

Schorren

Spoorweg *in laag terrein (met ophooging)*

met Station

in klemmend terrein (met ingraving)

met Halte en parallelweg

met overweg

(zonder ophooging)

met Wachthuis

(met dubbel spoor)

Tramweg

Telegraaflijn (of telephoonlijn)

Meer

Straatweg *met en zonder Tram*

met mijlpaal en Tol

Grint-Macadam- Grits- en Schelpweg *met en zonder Tram*

met houten brug — *Slecht onderhouden Aanmerking*

met stenen brug en boomen

Landweg met sloten houten brug en hek

Landweg met heggen en stenen dam

Bolpaan

Verhoogde weg met Aanhaalweg

Handwijzer

Voetpad met voetbrug

Buik met veerdam

Zee; rivier- en polderdijk *met bermsloot (met en zonder kunstweg)*

Met zeeluai

met spriet — *a. berijdbaar. b. berijdbaar; schier gedurig voor gebruik. c. niet berijdbaar.*

Kade *met berijdbare kruin en houten dam*

Kade *niet berijdbaar, 1 Meter en meer boven het maaiveld*

minder dan 1 Meter met houten kluisdam

met steenen dijkje

met houten dijkje

Kleine kade langs een sloot

Aarden wallen tot perceelscheiding

Hooge perceelen land

Gemeente grens

Provinciale grens

Rijks grens met grenspaal

Triangulatiepunt *(a. op den Kerktoren b. alleen-staand)*

→ losse brug (plank) over sloot of vlonder

Terreinhellingsschaal



Vaste IJzeren brug

Houtbrug

Schipbrug

Stoombootveer

Zeilpont

Roeipont

Zeilhengst

Giesbrug of gierpont

Voetveer

Stroompijl

Peilschaal

Eb en vloed aanduiding

Dijk met kribwerk en houten hoofd

" " stenen glooiing en stenen hoofd

Stuurstorting met lantaarn

Lichttoren

Strand of plaat bij middelbaren vloed boven water

" " " " beneden "

Kaap

Baak

Lijn van 25 decimeters diepte

" " 50 " "

" " 80 " "

Houten schutsluis met schutbalk — Schutsluis afgebrand met schutbalk

Viaduct

Ophaalbrug

Houten brug

Stenen brug

Draaibrug

IJzeren g'overbrugde sluis met stenen dekken

Waadbare plaats

Niet altijd waadbare plaats

Grondsoliden

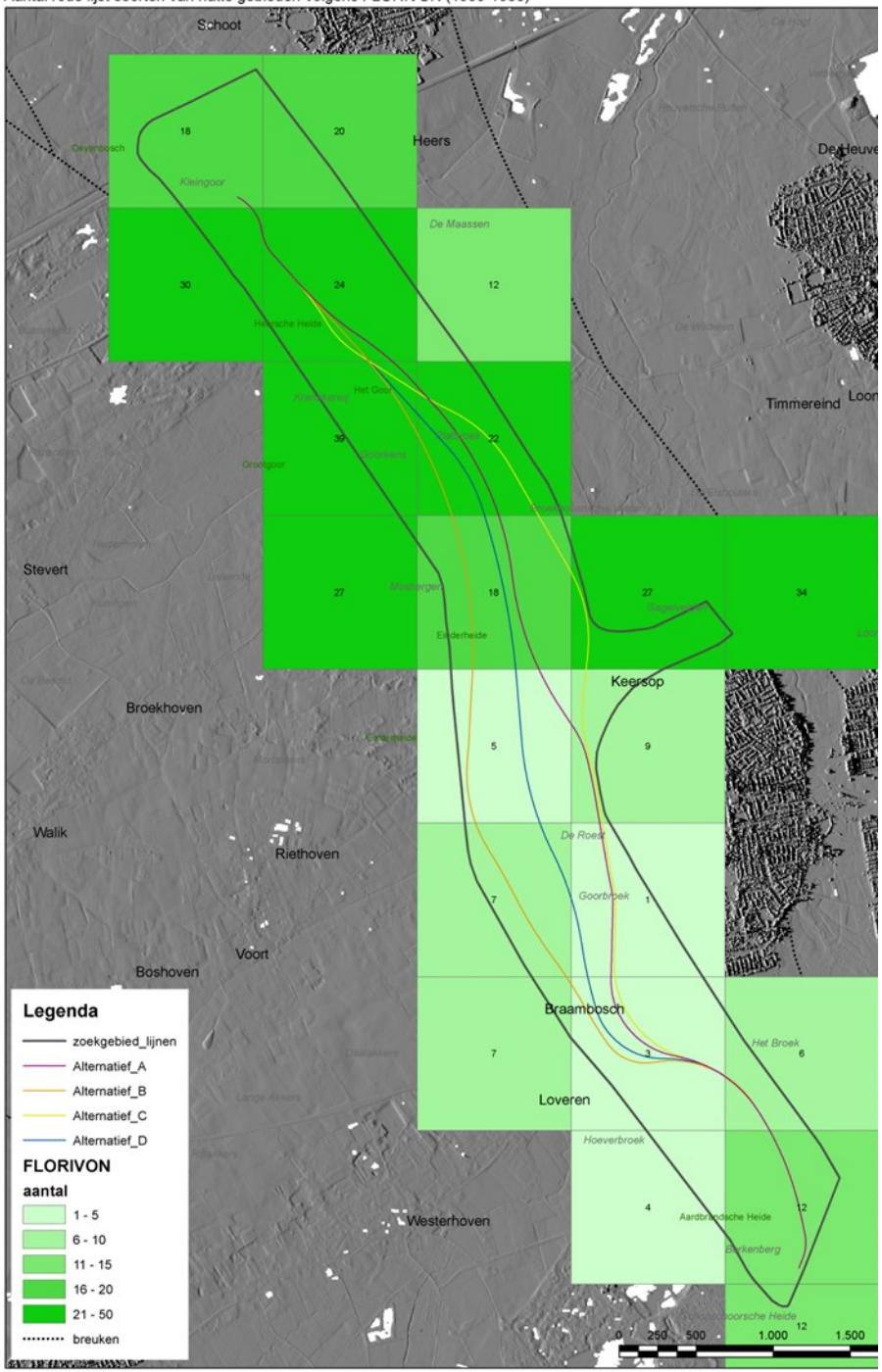
Uitgave 1915.

Topographische Inrichting

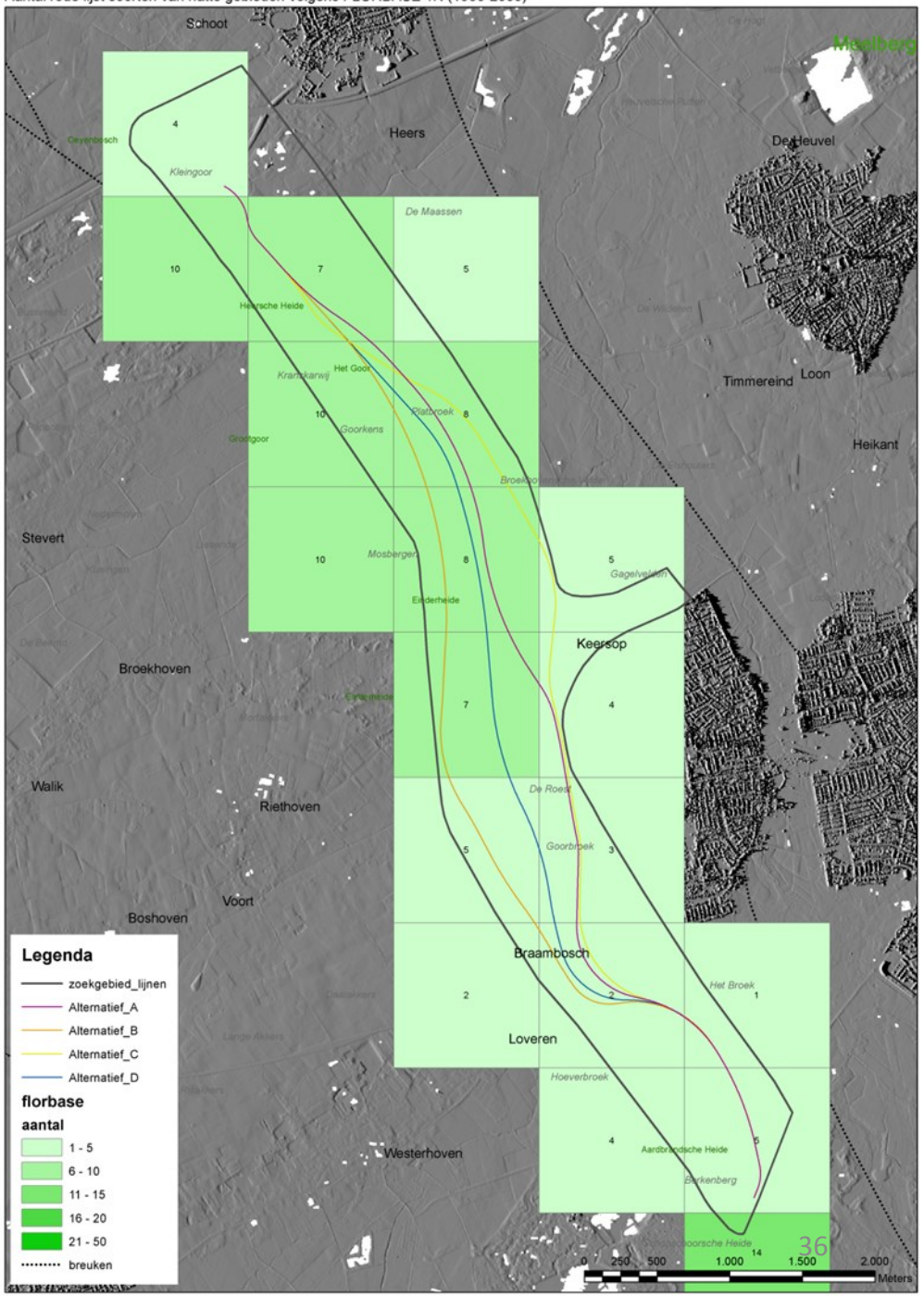
Vegetatie indicaties

- Wijstgronden bezitten hoge natuurwaarden, met specifieke kwelindicatoren;
- Zowel historische database FLORIVON (1900-1950), als FLORBASE (1980-2000) leveren geen wijst indicaties voor het N69 gebied;
- Het recente N69 natuuronderzoek van Cools (2012) levert geen signalen;

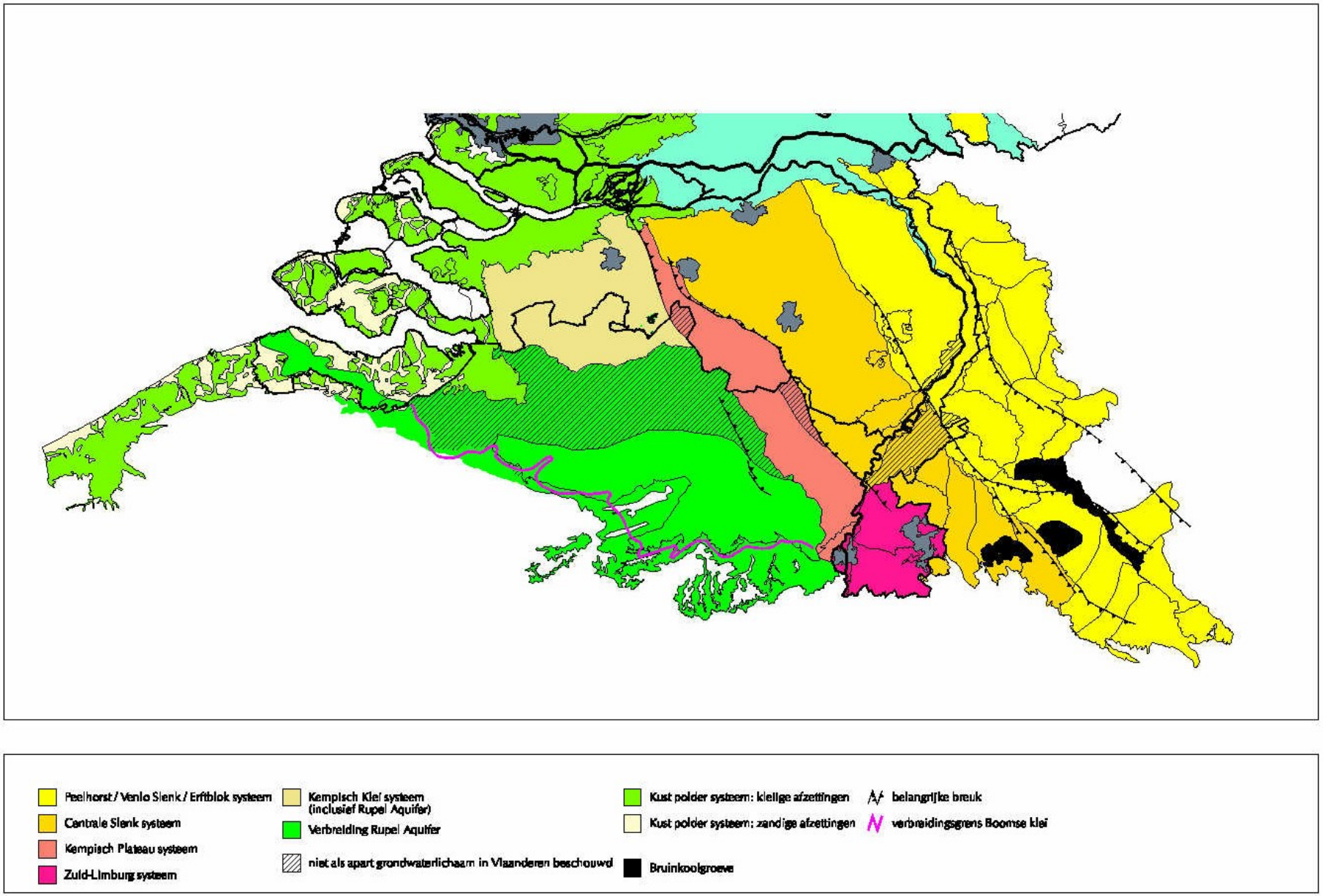
Aantal rode lijst soorten van natte gebieden volgens FLORIVON (1900-1950)



Aantal rode lijst soorten van natte gebieden volgens FLORBASE 1N (1980-2000)

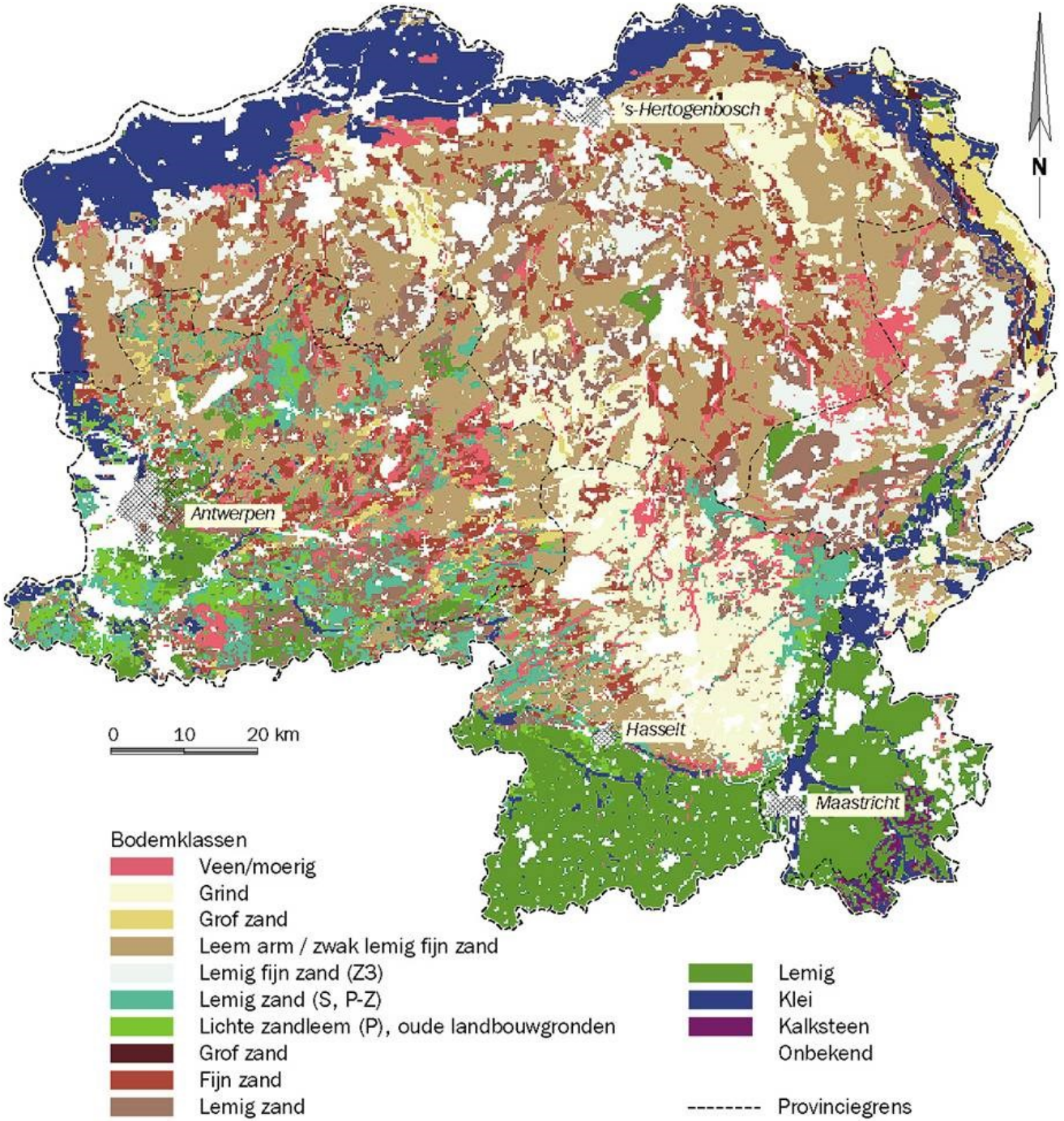


Regionale geologische hoofdstructuren



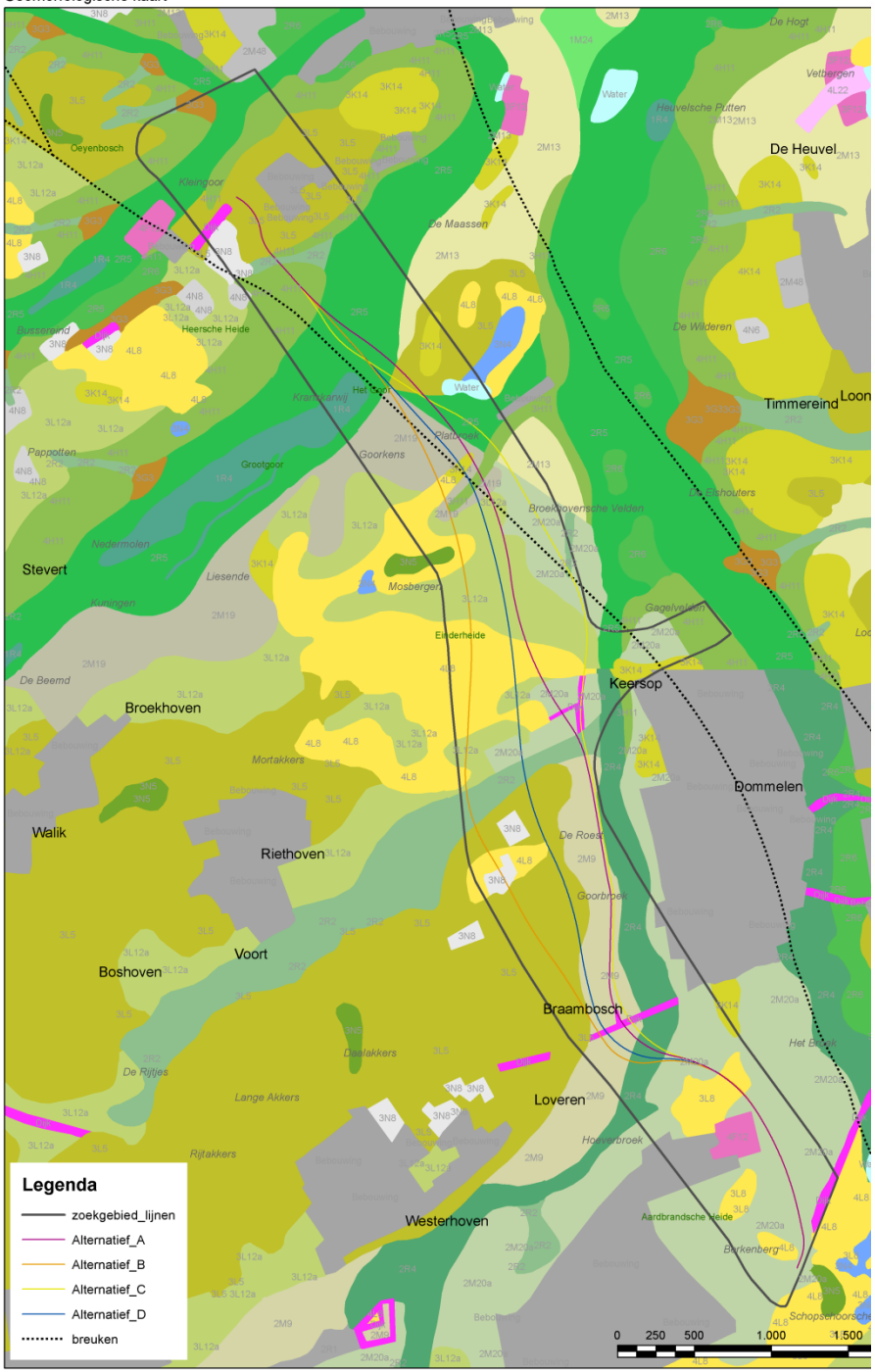
Geomorfologische- en bodemkaart

- Deze kaarten geven geen wijst achtige structuren, zoals in Oost-Brabant wel zichtbaar zijn;
- De geomorfologische kaart toont wel de lithologische breukgrens in het studiegebied: de overgang van grofzandige afzettingen aan maaiveld, naar fijnkorrelige zanden aan de oostzijde van de breuk;

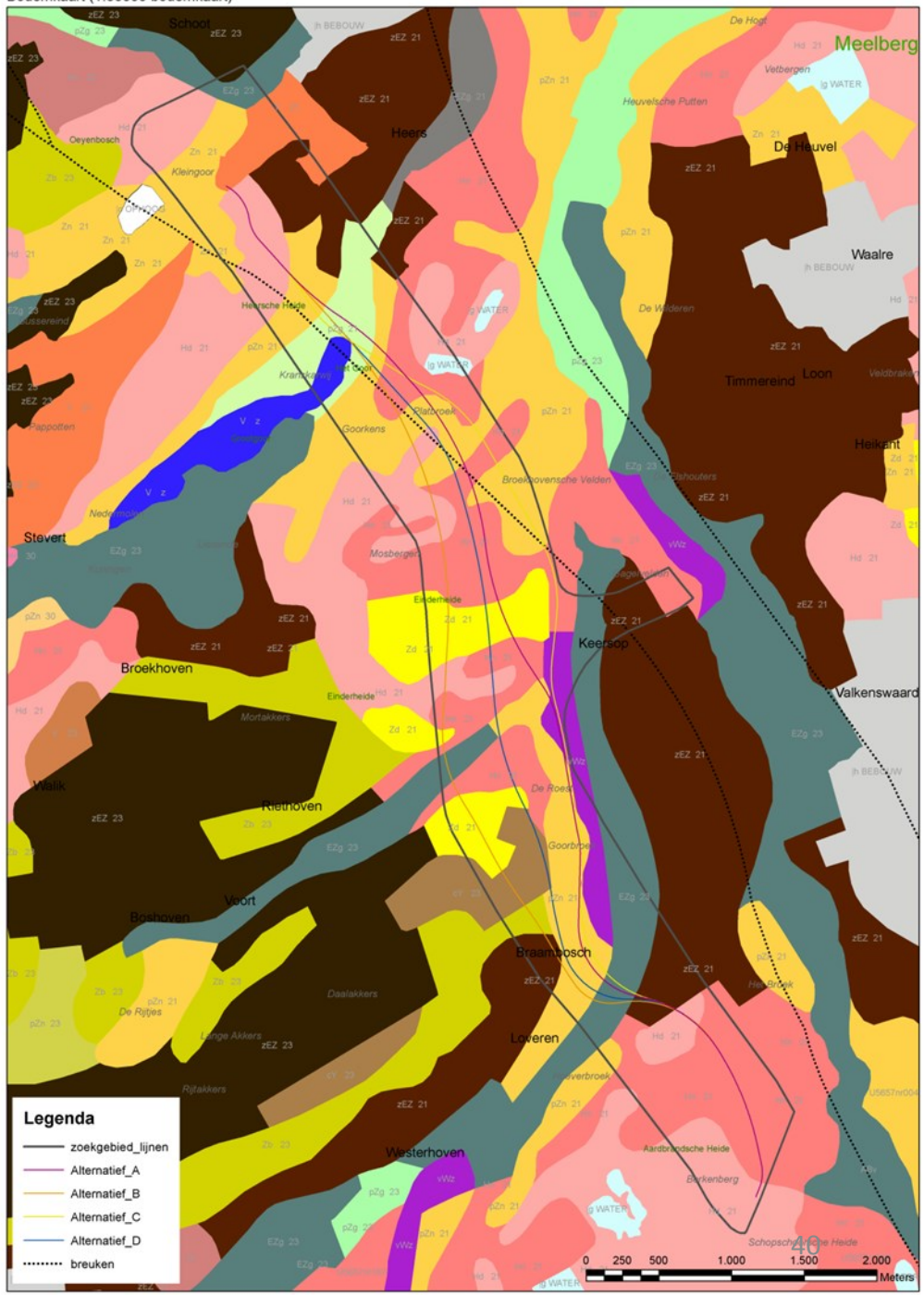


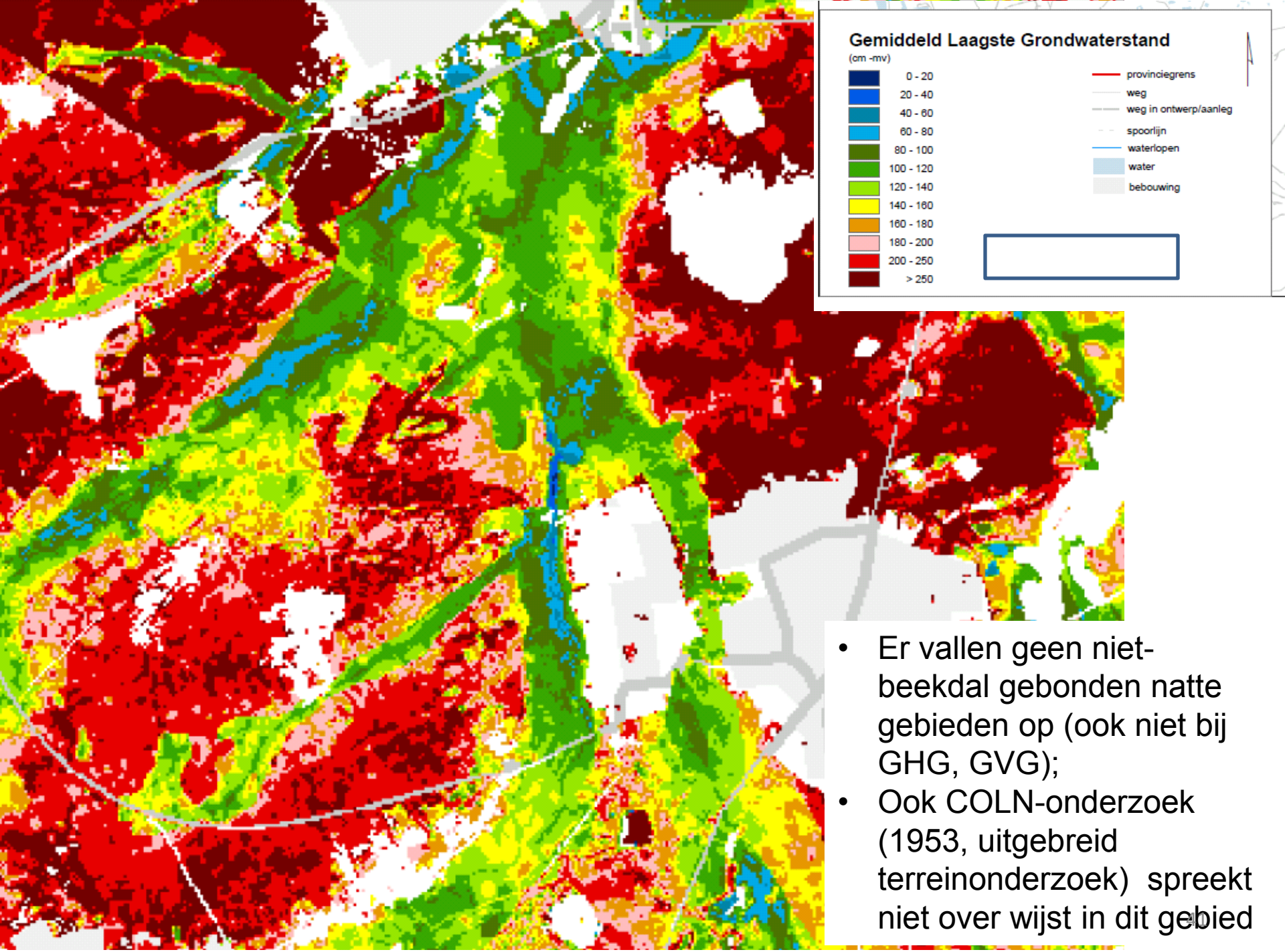
Lithologie (sedimenttype korrelgrootte), op basis van de bodemkaarten van Nederland en België. De kaarten tonen duidelijk de ligging van het grindrijke Kempisch Plateau, de hoge westelijke kant van ons studiegebied. Deze ondiepe ligging van grind werd door ons gebruikt om de breuk te karteren.

Geomorfologische kaart

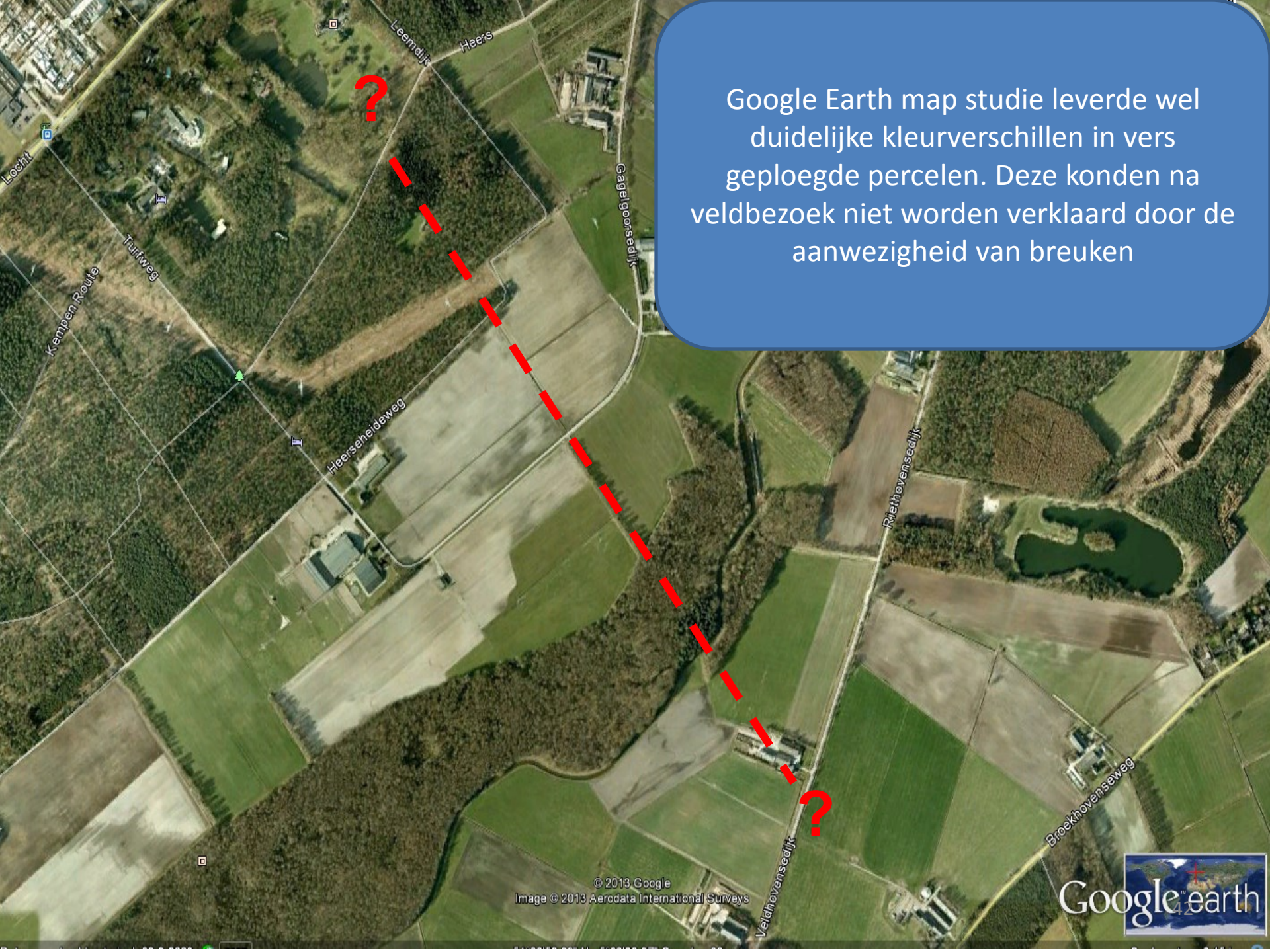


Bodemkaart (1:50000 bodemkaart)





- Er vallen geen niet-beekdal gebonden natte gebieden op (ook niet bij GHG, GVG);
- Ook COLN-onderzoek (1953, uitgebreid terreinonderzoek) spreekt niet over wijst in dit gebied


Google Earth map studie leverde wel duidelijke kleurverschillen in vers geploegde percelen. Deze konden na veldbezoek niet worden verklaard door de aanwezigheid van breuken
?
?
Leemdijk
Heers
Gagelgoorsedijk
Locht
Turfweg
Kempen Route
Heerseheideweg
Riethovensedijk
Broekhovenseweg
Veldhovensedijk
© 2013 Google
Image © 2013 Aerodata International Surveys
Google earth

Kwel indicatie Vlekkenkaart (op basis gebiedskennis, workshop)



Aanwezigen Inbreng gebiedskennis 5-2-2013

- Alexander van Dort, Frans Swinkels namens de BMF;
- Huub Coppens, Kees Moonen, Jos van de Sanden, Antoine Rieswijk en Johan Elshof namens de ZLTO
- Ivo van der Grinten namens Natuurmonumenten
- Erik Heskes, Nicolle Lambrechts en Madelon Peelen namens de Provincie
- Roelof Stuurman, Deltares

Resultaat roestvlekken kaart uit indicaties in het veld (zie vorige sheet)

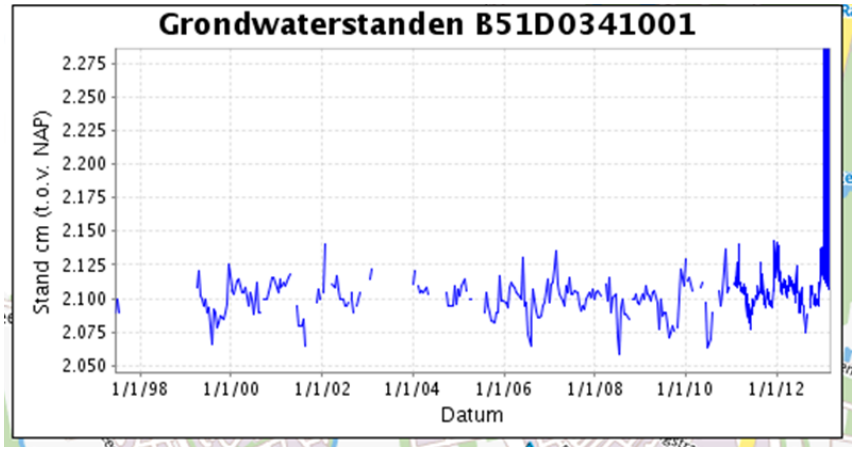
“wijst” indicatoren

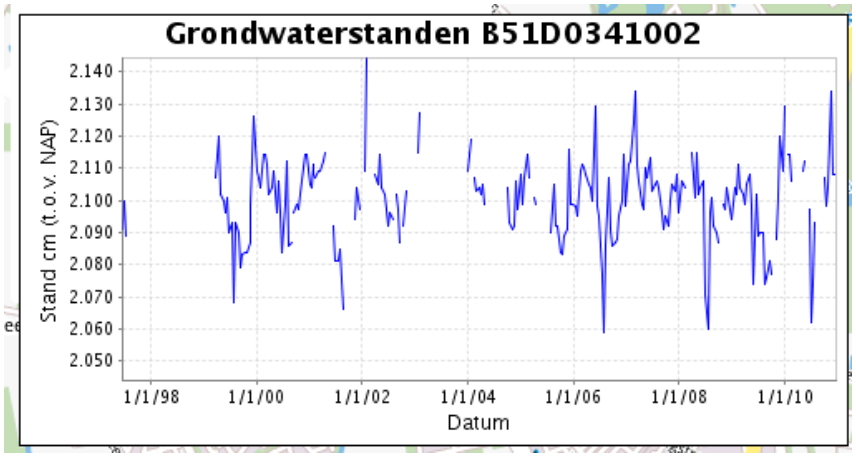
	Peelrand	N69-zone
hoogteverschil	Vaak	nee
Nat hoog, droog laag	Vaak	nee
Niet-beekdal gebonden veen of eerdgronden	ja	nee
Lineaire ijzeroer afzettingen	Ja	nee
kwelindicators	ja	nee
Sprong grondwaterstand	ja	nee
Lineaire sediment sprong	ja	ja

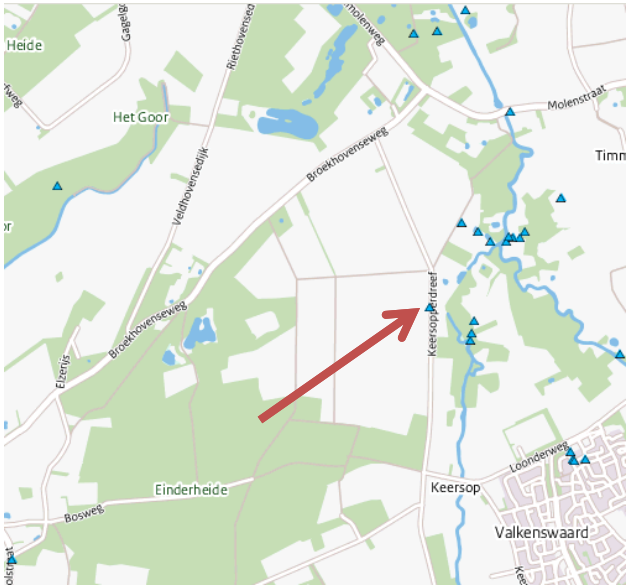
Veldacties

1. Sloten aflopen die breuken passeren op zoek naar roest en welvorming. Lokaties werden gekarteerd, foto's gemaakt en EC/pH gemeten;
2. Bestaande grondwaterreeksen uitwerken;
3. Boringen uitvoeren loodrecht op de breuken om deze ligging nauwkeurig te verifiëren en het verloop in grondwaterstand te bestuderen;
4. Uitvoering maart 19 maart 2013;

Slechts 1 grondwatermeetpunt beschikbaar





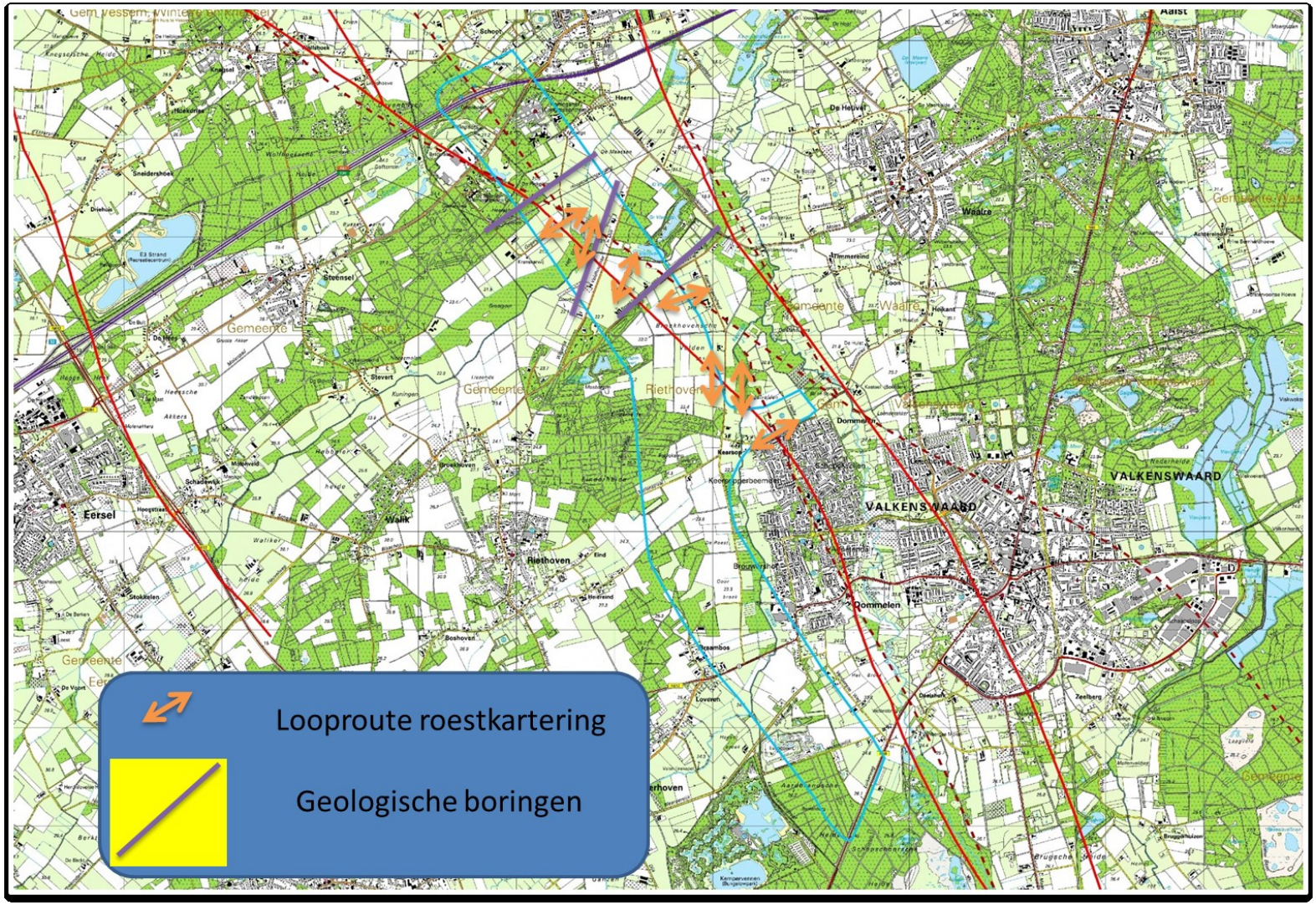


Dit meetpunt ligt stroomopwaarts van de breuk met 2 filters in de Sterksel zanden (grind). Het levert geen informatie op.

Doel veldbezoek Maart 2013

- Nadat op basis van bestaande boringen en seismische data de breuken in kaart zijn gebracht, zijn 3 profielen (loodrecht op de breuken) aangeven, waarlangs verschillende ca. 5 meter diepe boringen zijn uitgevoerd (zie volgende sheet);
  - De doelen zijn:
    1. Verificatie en precisering van de ligging van de breuken;
    2. Bepalen van de grondwaterstand (actueel, GLG, GHG)
- Tevens zijn looproutes langs waterlopen in kaart gebracht;
  - De doelen zijn:
    1. De waterbodem bestuderen op kwelkarakteristieken (bodem borrelen, snelle toename afvoer/stroming);
    2. De kleur van het water bestuderen, ijzer of geen ijzer?

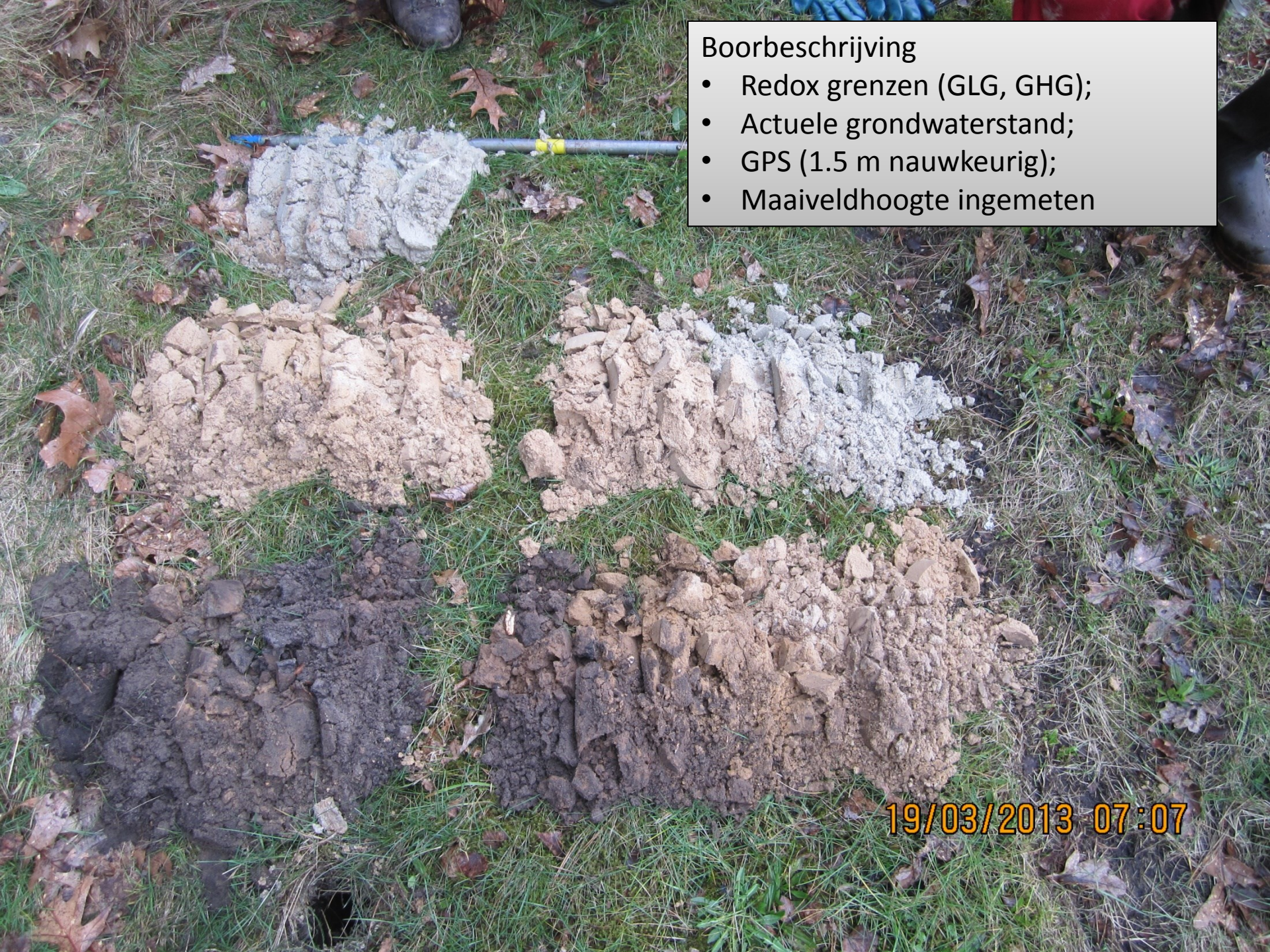
Ligging profiellijnen en looproutes



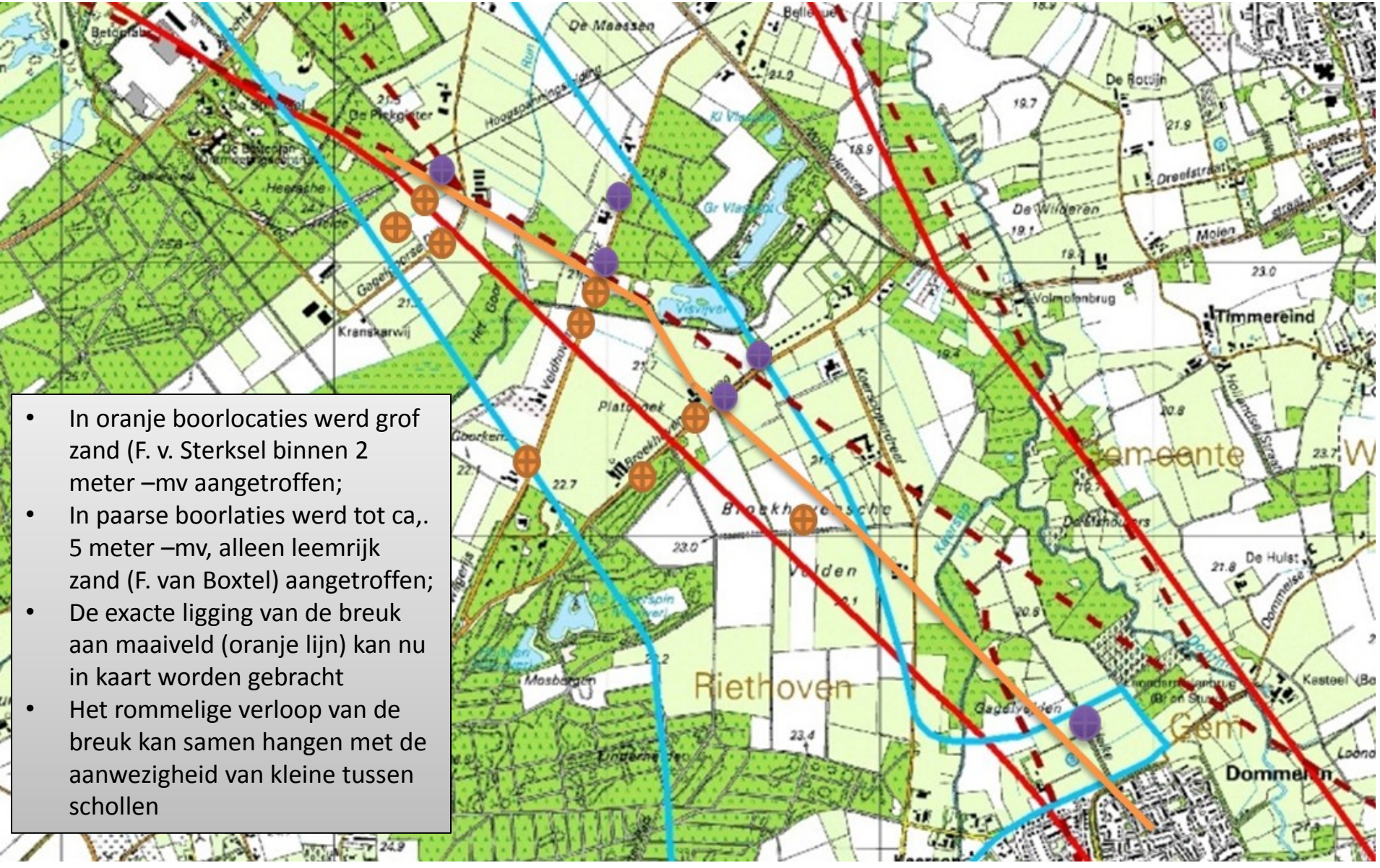


Uitvoering ondergrond onderzoek:

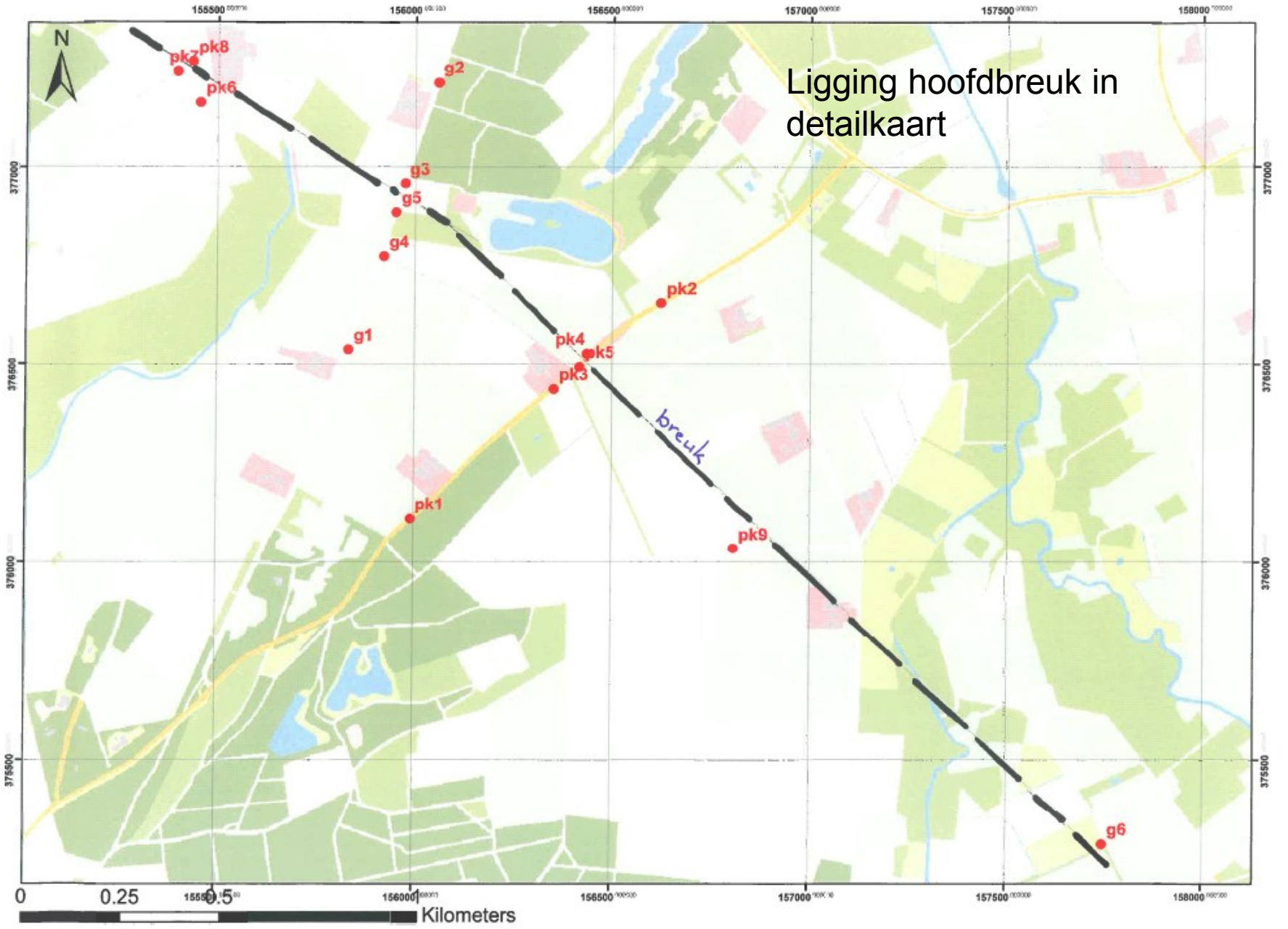
1. Twee boorteams (2 personen), waarvan één persoon expert geologie is;
2. Gebruik makend van Edelman handboor en onder de grondwaterspiegel van zuigboor;
3. 3 raaien, 14 boringen tot max. 5 meter


Boorbeschrijving
• Redox grenzen (GLG, GHG);
• Actuele grondwaterstand;
• GPS (1.5 m nauwkeurig);
• Maaiveldhoogte ingemeten
19/03/2013 07:07

Resultaat boringen



- In oranje boorlocaties werd grof zand (F. v. Sterksel binnen 2 meter –mv aangetroffen;
- In paarse boorlaties werd tot ca,. 5 meter –mv, alleen leemrijk zand (F. van Boxtel) aangetroffen;
- De exacte ligging van de breuk aan maaiveld (oranje lijn) kan nu in kaart worden gebracht
- Het rommelige verloop van de breuk kan samen hangen met de aanwezigheid van kleine tussen schollen


Ligging hoofdbreuk in detailkaart
N
pk7
pk8
pk6
g2
g3
g5
g4
g1
pk2
pk4
pk5
pk3
breuk
pk1
pk9
g6
155500
156000
156500
157000
157500
158000
377000
376500
376000
375500
0
0.25
0.5
Kilometers

Roest lopen

- Wijst is een bijzondere vorm van kwel;
- Kwel wordt vaak gekarakteriseerd door ijzerrijk water, in algemeen veroorzaakt doordat in diepere aardlagen ijzer in oplossing komt (redox-processen) en in de sloot/beek in aanraking komt met zuurstof , en daardoor oxideert (roest).
- Let op! Ijzerrijke kwel hoeft niet exclusief op Wijst te wijzen. Het kan ook optreden in beekdalen. In bovenlopen (heidelopen) kan ondiep drainagewater ook veel ijzer bevatten t.g.v. zure bodemomstandigheden;
- Wij zijn dus op zoek naar ijzerrijke kwel buiten de beekdalen, met een neutrale zuurgraad, dat het gehele jaar een significante waterafvoer veroorzaakt.

Resultaat roest lopen



Stroomopwaarts van de breuk komen afwisselend locaties voor met “wijstverschijnselen” of juist niet.

1. Sterke indicatie (ijzerrijk water, afvoer snel toenemend, ook afvoer tijdens droge perioden) voor Wijst zijn aanwezig bij:
   - 50 m ten oosten Broekhovense weg, net voor breukligging;
   - Zone bij Gagelgoorse Dijk, stroomopwaarts van de breuk;
2. Indicatie voor Wijst in centraal-oostelijk deel Broekhovense velden;
3. Duidelijk geen wijst in sloot Platbroek, stroomopwaarts breuk


Waarschijnlijke Wijstzone ten oosten Broekhovense weg. Zone begint 200 m stroomopwaarts van de breuk. Sterke toename waterafvoer (kwel). Wateroverlast in perceel.
19/03/2013 09:59


Bagger uit de “wijstsloot”, bij de Broekhovense weg, toont Sterksel materiaal.
19/03/2013 10:03


Broekhovense Weg “Wijstsloten”
19/03/2013 10:04



Sloot Broekhovense weg. Sterke kwel wordt zichtbaar door (1) roest, (2) stroomribbels in sloot en (3) noodzaak beschoeiing en (4) stroming door en over de beschoeiing.

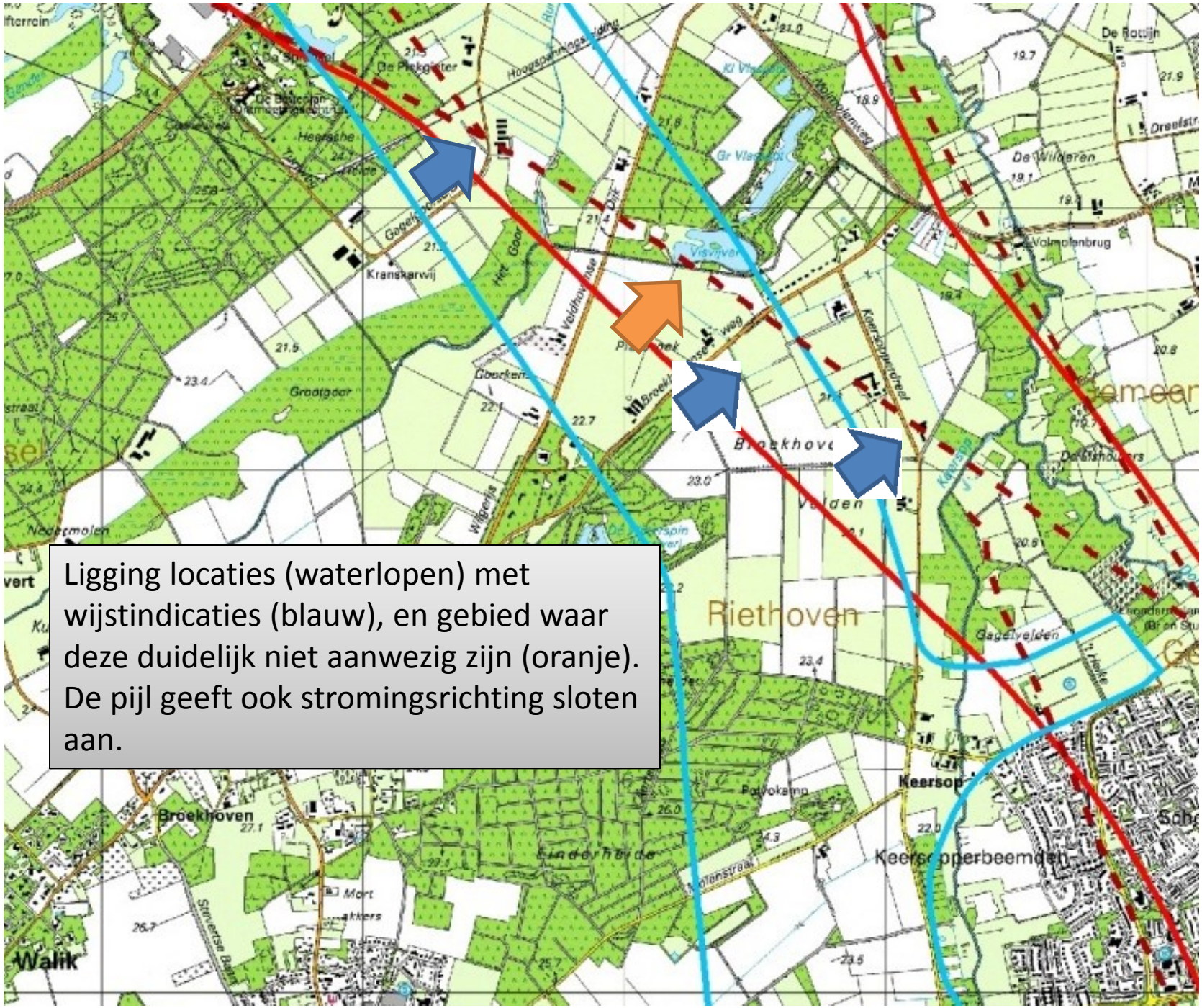

Sloot in Platbroek. Valt droog in de zomer, nooit roestrijk water
19/03/2013 09:16



Platbroek:

- Breuk ligt net voor de personen in het veld;
- Sloot in grasveld bevat hele jaar stromend roestrijk water;
- Oevers verzakken

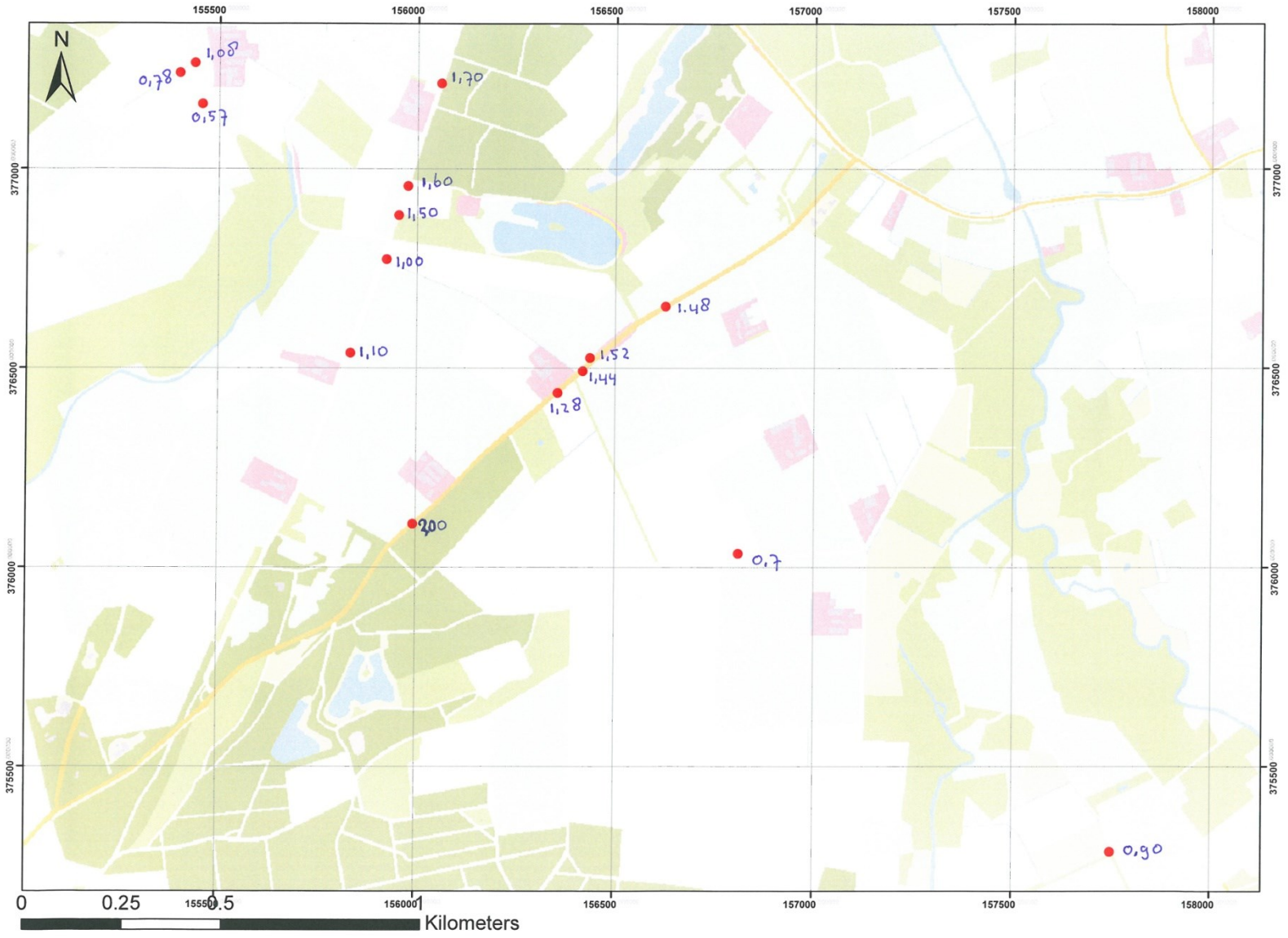

Gagelgoorse dijk: Ca. 100 meter stroomopwaarts van de breuk , stroomt het hele jaar ijzerrijk water, en verzakt de oever.
19/03/2013 12:47


Ligging locaties (waterlopen) met wijstindicaties (blauw), en gebied waar deze duidelijk niet aanwezig zijn (oranje). De pijl geeft ook stromingsrichting sloten aan.
Rietheven
Broekhoven
Walik
Keersop
Kranskarwij
Graatgoor
Gagelvelden
De Wilderen
De Rotuijn
Volmolenbrug

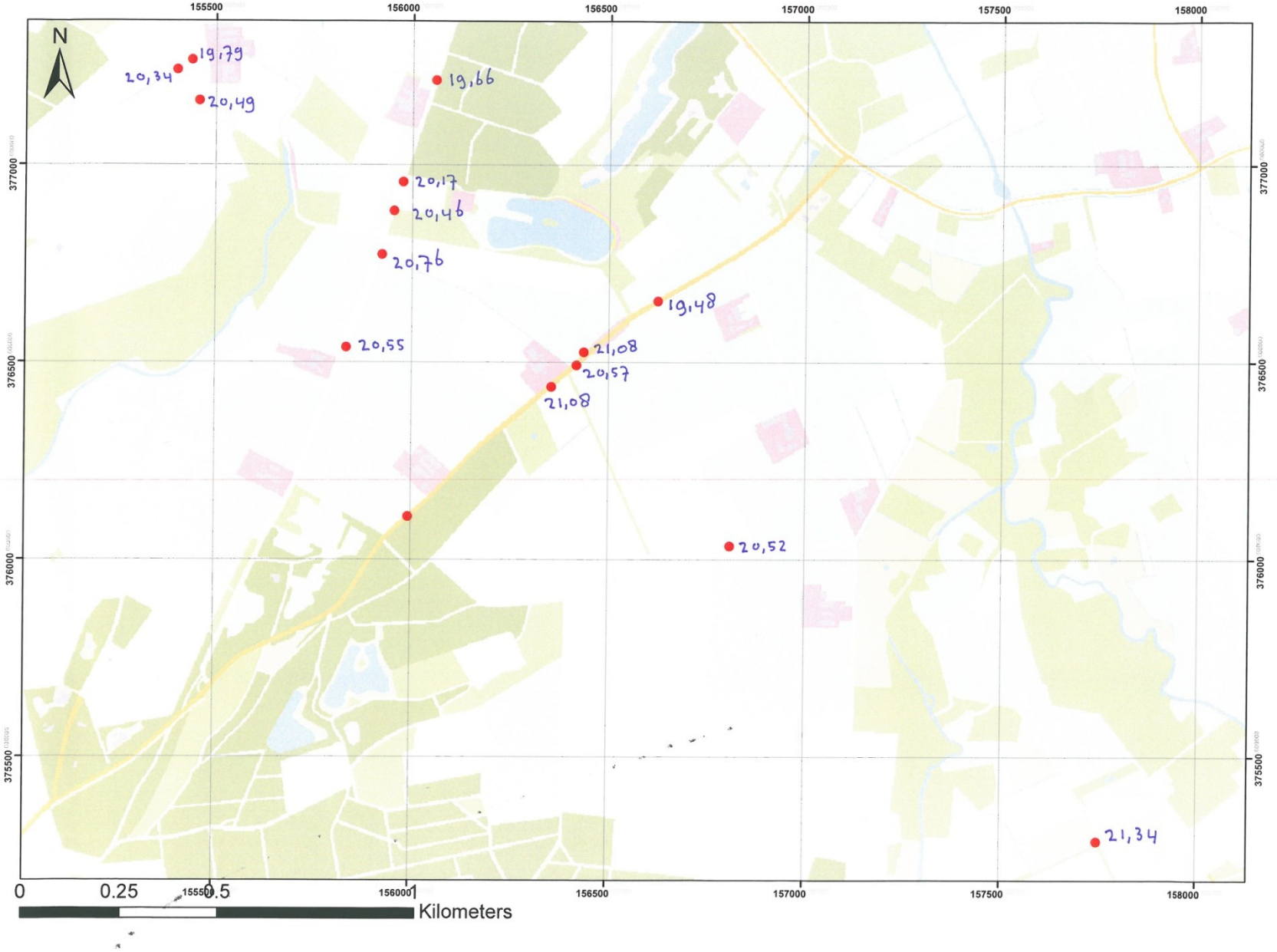
Resultaat grondwaterstands metingen

- De grondwaterstandsmetingen (zie volgende 2 slides) hebben geen informatie over de breukligging, c.q. grondwater opstuwing, opgeleverd;
- De grondwaterstanden lieten wel zien dat op enkele plaatsen de grondwaterstand zich ondieper dan 100 cm bevindt. In deze zones kunnen nieuwe bermsloten ontwatering veroorzaken.

Grondwaterstand, 19 maart 2013, in meters t.o.v. maaiveld



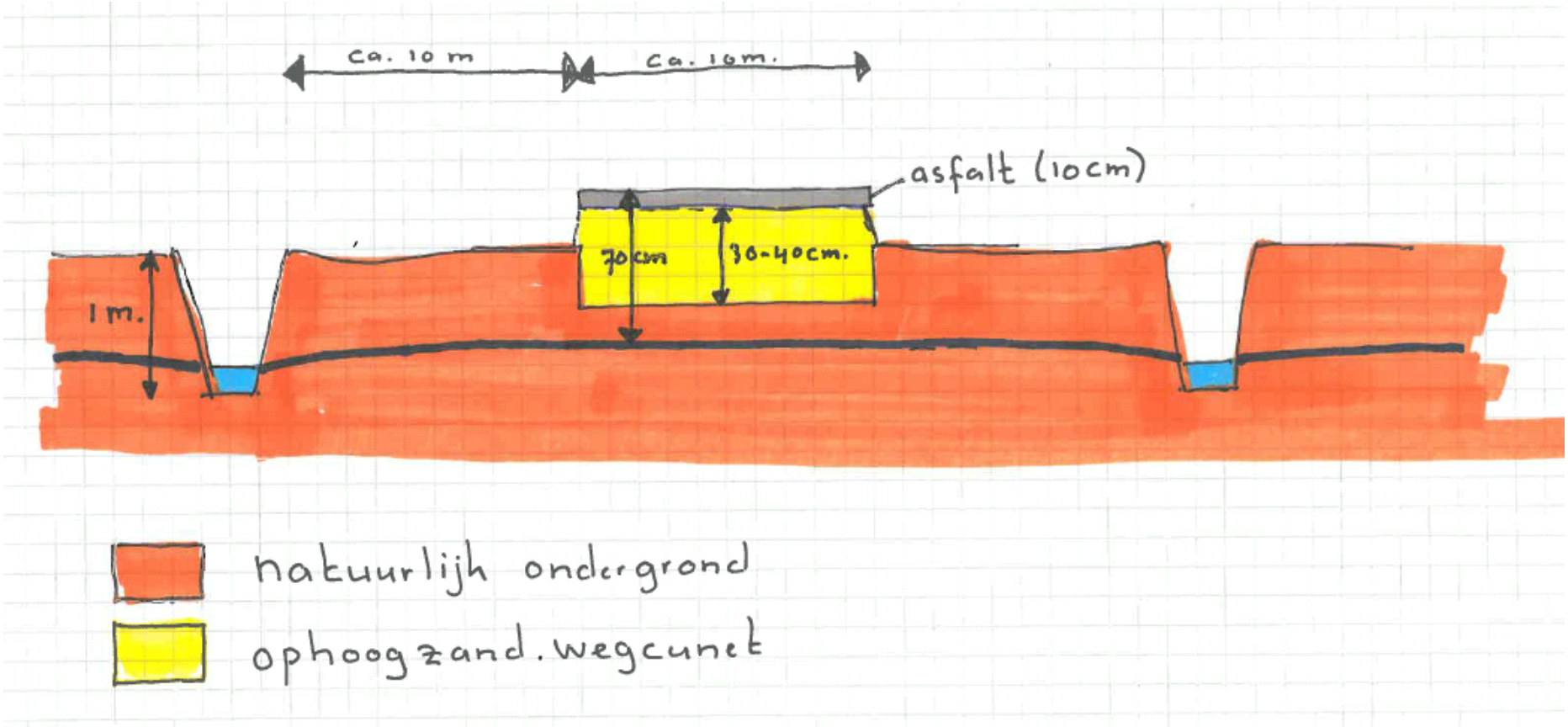
Idem, t.o.v. NAP


N
155500
156000
156500
157000
157500
158000
377000
376500
376000
375500
19,79
20,34
20,49
19,66
20,17
20,46
20,76
19,48
20,55
21,08
20,57
21,08
20,52
21,34
0
0.25
0.5
1
Kilometers

Consequenties voor wegaanleg

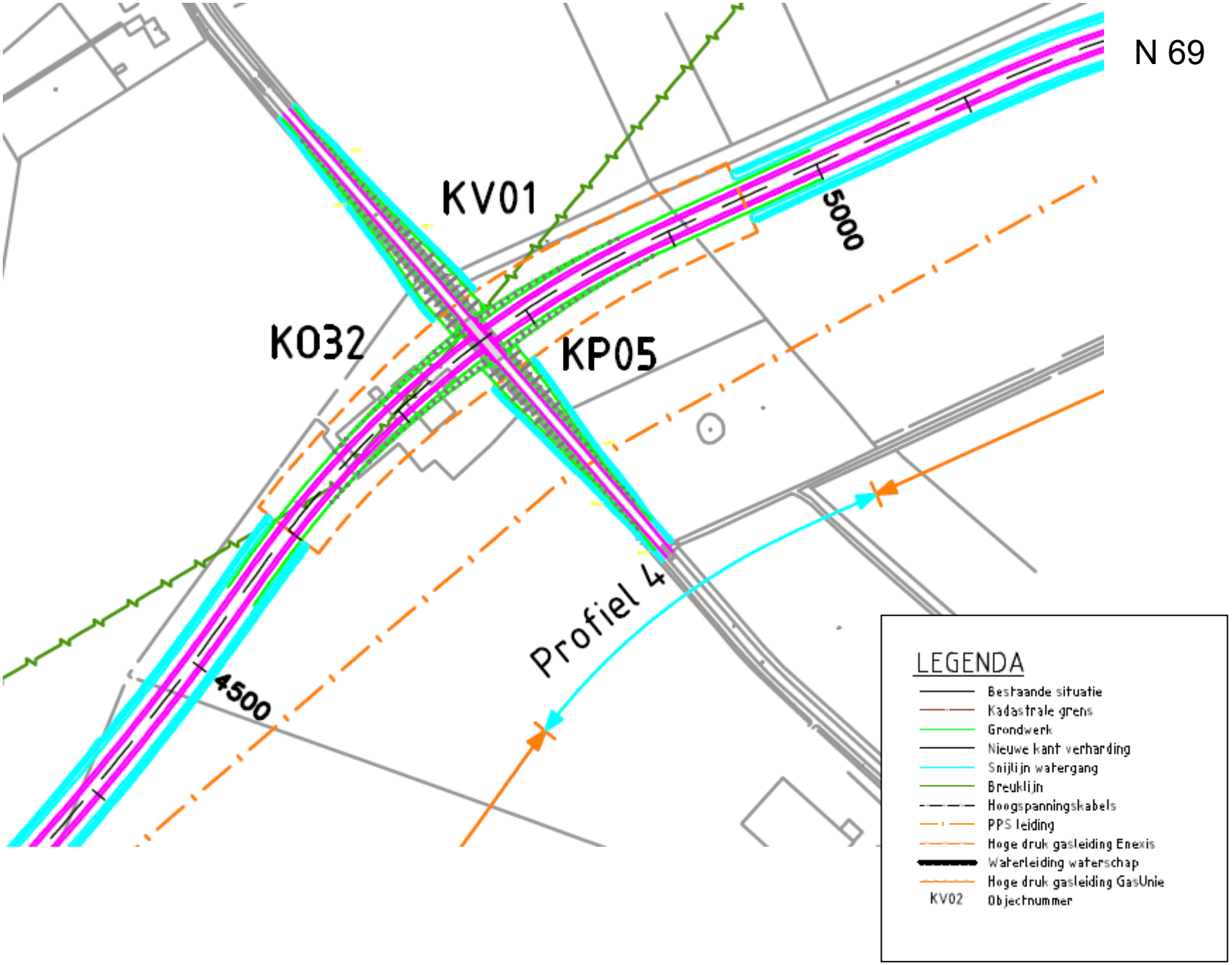
Ontwerp weg

De weg wordt in het algemeen, (1) op maaiveld aangelegd, volgens onderstaande tekening . Daarnaast kan de weg op (2) een verhoogd talud, (3) op palen of (4) verdiept worden aangelegd.



Type wegaanleg (Breedte 10 m, berm 10 m, bermsloot 1-1,5 m, bermslootdiepte ca. 1 m, ontwateringsdiepte 70 cm)	**Bijzonderheden**	**Risico's in relatie tot breuken**
Op maaiveld	• Afgraven 30-40 cm, • Opvullen en ophogen tot ca. 30 cm boven oorspronkelijke maaiveld met zand/grind. • Asfalt ca. 10 cm. • In principe geen buisdrainage	• Als bermsloot door grondwaterstroming blokkerende breuk wordt gegraven, kan tijdens de werkzaamheden wateroverlast en grondverplaatsing ontstaan en structureel extra ontwatering plaatsvinden (kans gering); • M.b.v. stuwtje kan structureel effect eenvoudig worden bestreden
Op talud	• Verhoogd talud	• Als "op maaiveld"
Verhoogd op palen	• Palen ca. 20 m diep, • Bij passeren beken, • Geen pijlers in beek, wel in beekdal (1:50 j overstroming)	• Gering • Palen door de breuk kunnen een klein risico vormen (lekkage)
verdiept	1. gesloten bak (3-6 m diep) met folie. Ca 2 km lang 2. Met damwanden 3. Tunnel (4-5 m diep)	• Effect bemaling tijdens aanleg, incl. waterkwaliteit bemalingswater • Opstuwing grondwater • Grondwaterval mogelijk bij aanleg (kans gering)

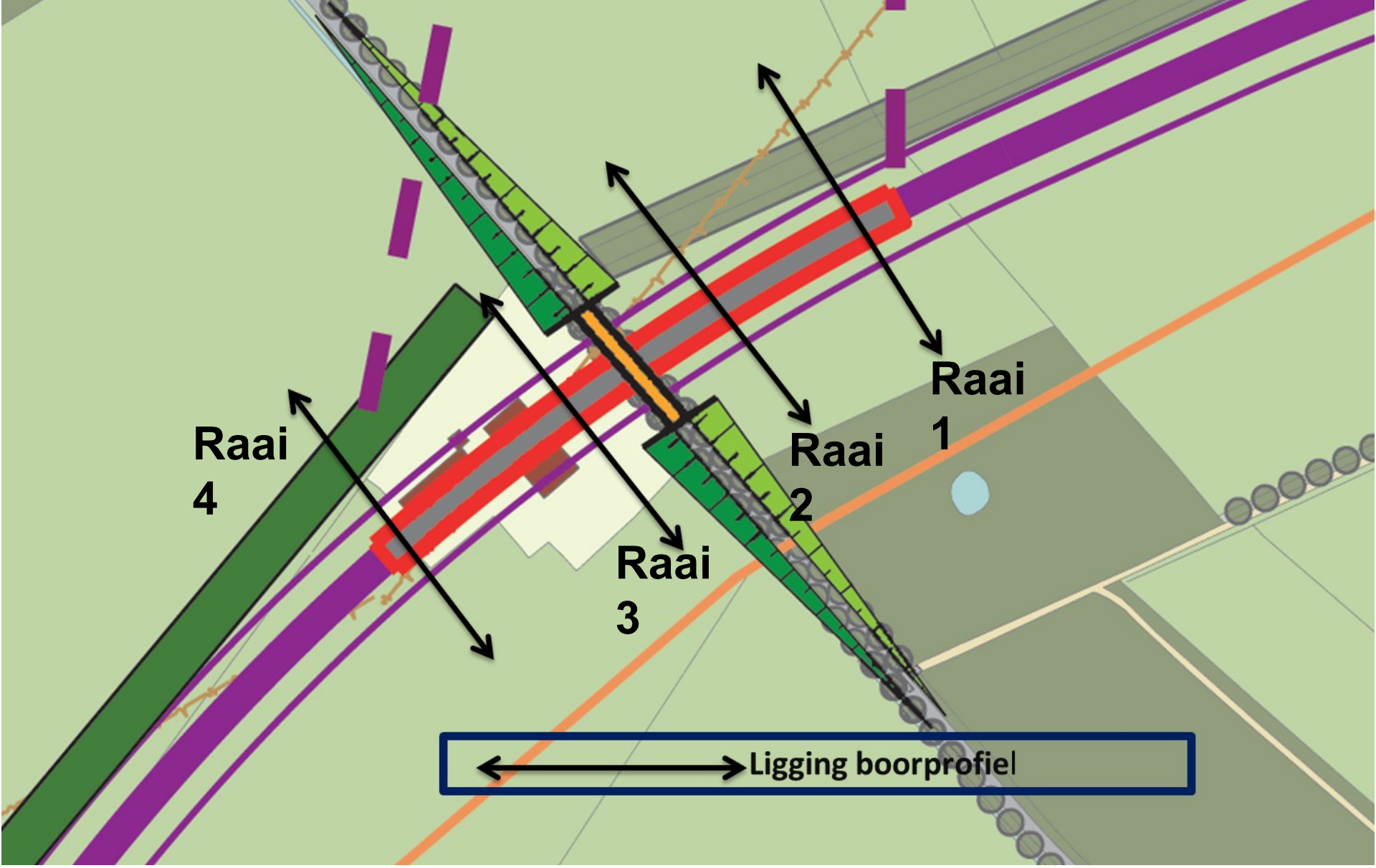

- brug over West
MOLENSTRAAT
- Westparallel half verdiept (-2m) over een lengte van ca. 250m;
- Molenstraat (ca. +4m t.h.v. kunstwerk)
- brede brug geschikt voor lokaal verkeer/landbouwverkeer, fietspad en wandelpad (drie gescheiden rijbanen)
OP PALEN OVER KEERSOP
- weg op palen (250 meter);
- Eco- / recreatieverbinding
ONGELIJKVLOERSE AANSLUITING OP N397
ongelijkvloerse aansluiting
(N69 hoog en N397 op maaiveld i.v.m. combinatie KW03)
BROEKHOVENSEWEG
- Westparallel half verdiept (-2m) over een lengte van ca. 250m;
- Broekhovenseweg (ca. +4m t.h.v. kunstwerk)
Beekdalpassage de Run
- weg op palen (250 meter);
- in combinatie met Gagelgoorsedijk;
- het ontwerp van de waterberging kan ingepast worden
+ MAX. 4 LOKALE VERBINDINGEN
AANSLUITING DE LOCHT


N 69
KV01
5000
KO32
KP05
Profiel 4
4500
LEGENDA
Bestaande situatie
Kadastrale grens
Grondwerk
Nieuwe kant verharding
Snijlijn watergang
Breuklijn
Hoogspanningskabels
PPS leiding
Hoge druk gasleiding Enexis
Waterleiding waterschap
Hoge druk gasleiding GasUnie
KV02
Objectnummer

Resultaten grondboringen

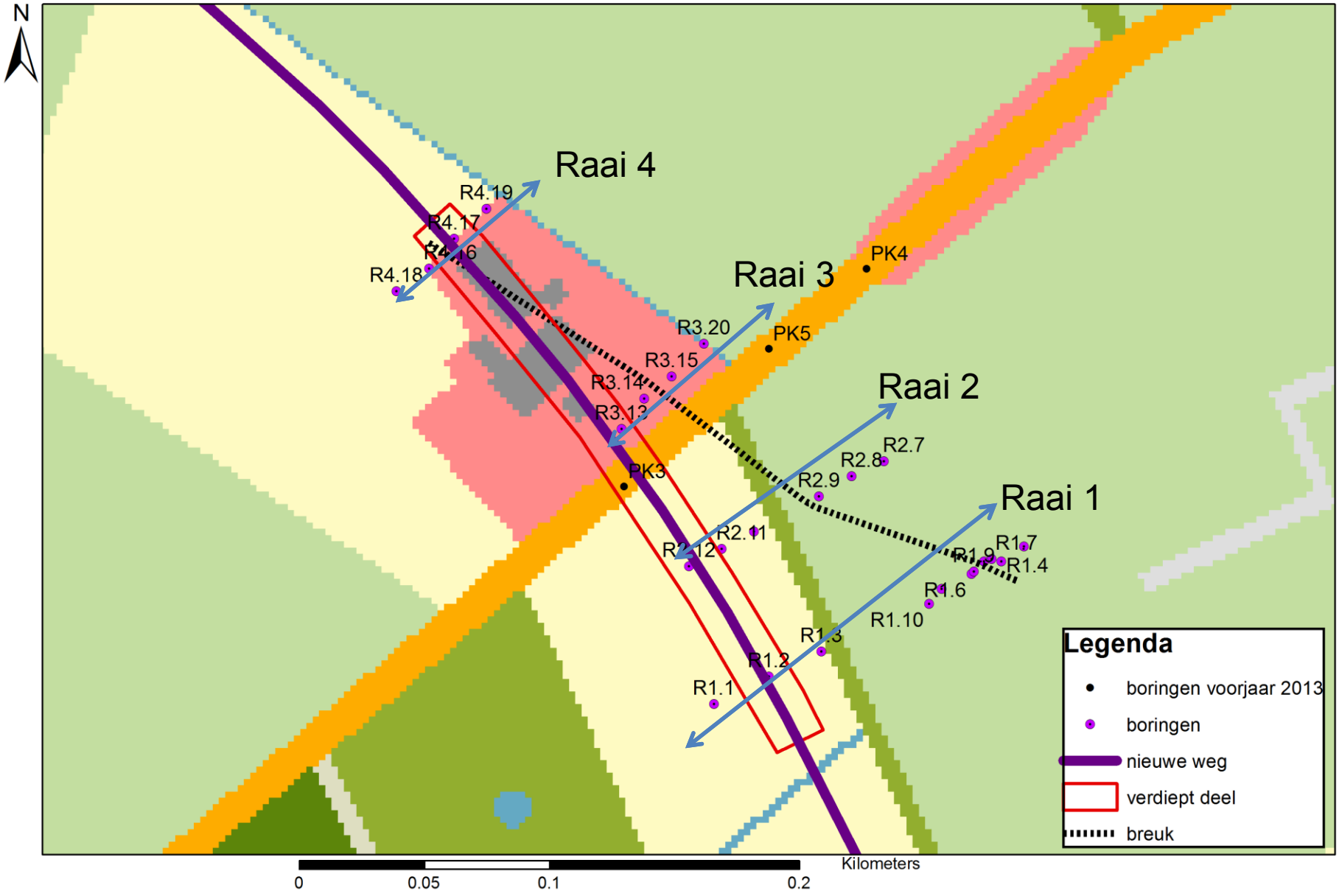




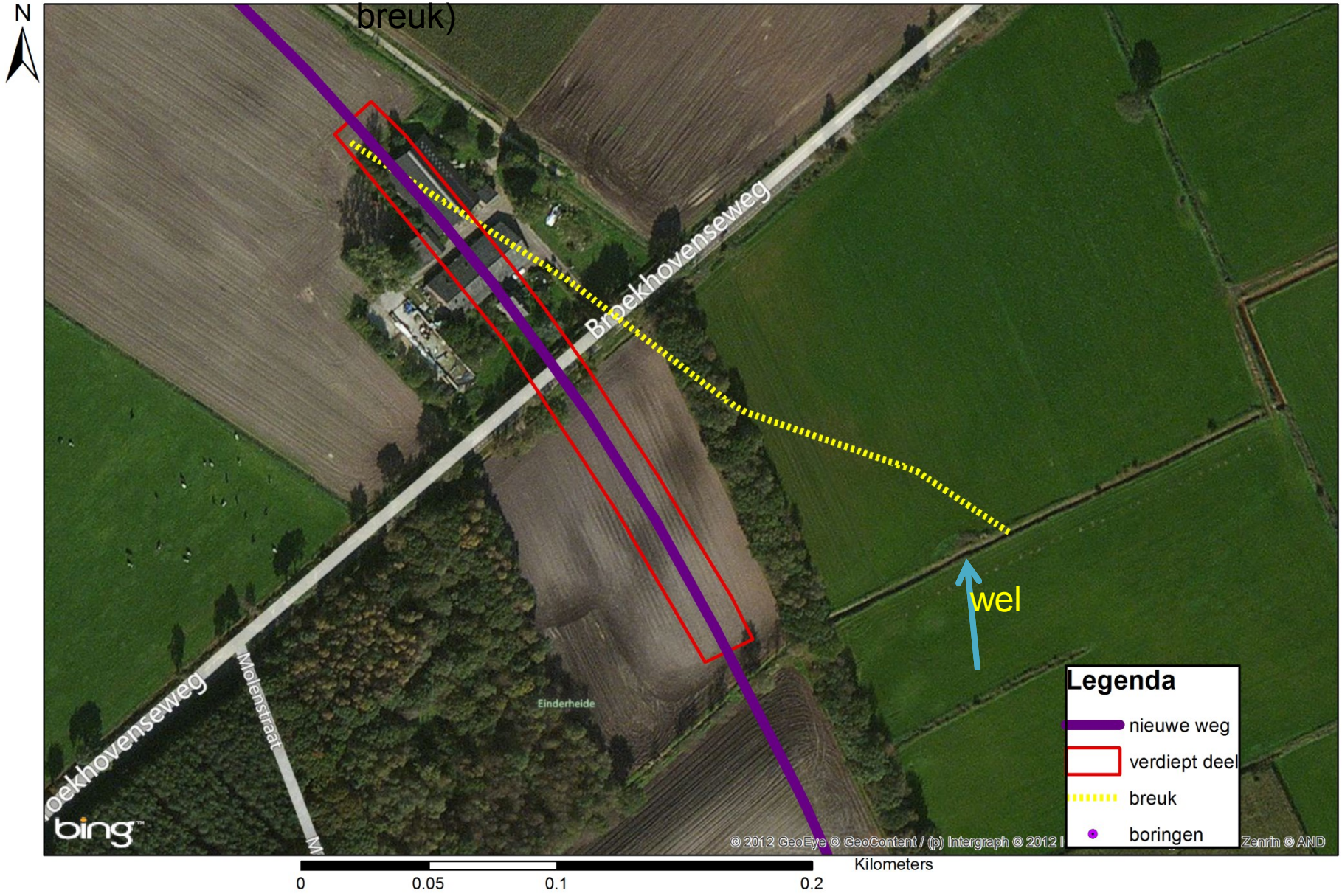


Er zijn 4 raaien loodrecht op de weg aangelegd. De geologische resultaten (geologische profielen worden verder op in deze ppt getoond). Daarnaast konden we nog gebruik maken van onze eerdere broringen langs de Broekhovenseweg (PK 3 t/m 5)

Locatie kaart (met boring nummers)



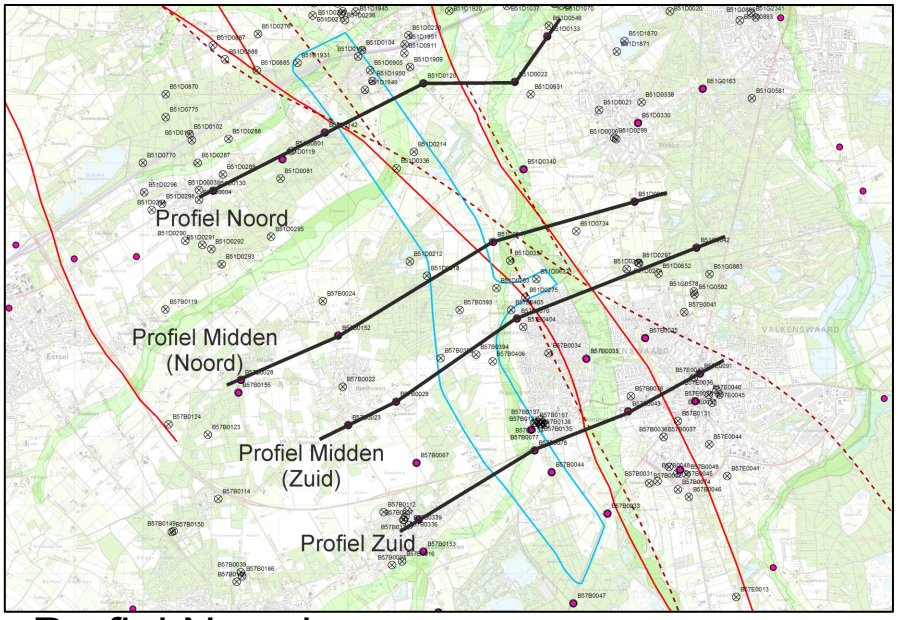
Locatie kaart (BING foto, zie wel-moeras langs sloot net stroomopwaarts van breuk)

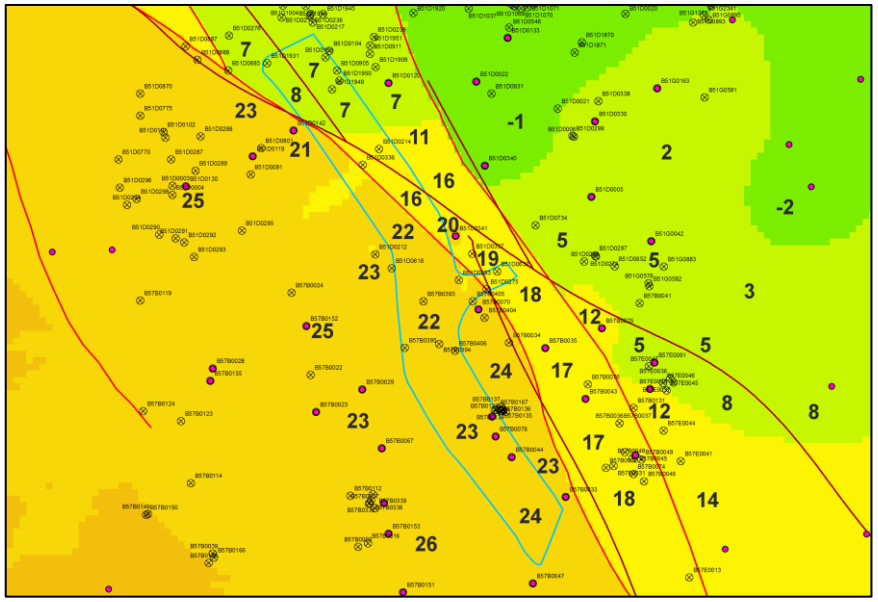




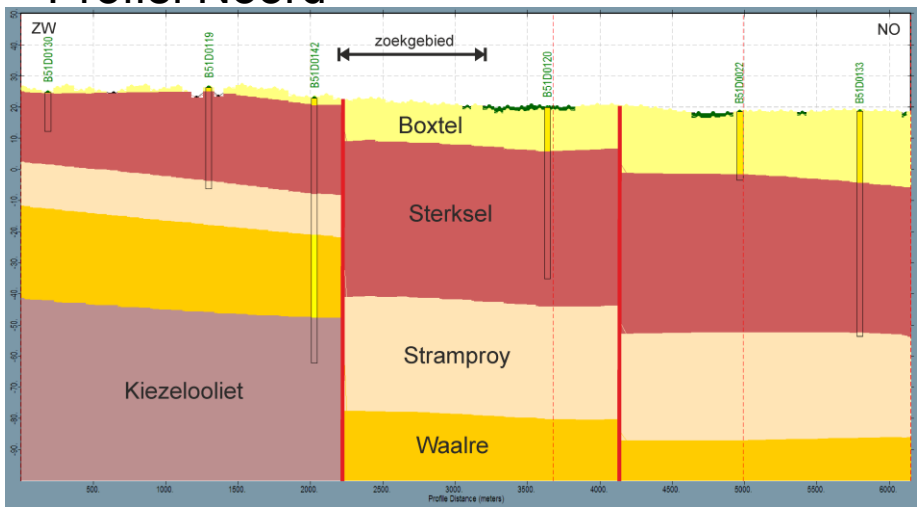
Precies op de plaats van de breuk ten hoogte van raai 1 ligt een “wel” die door de boer als onbruikbaar is afgezet. De wel is ook zichtbaar in de bing-map.

Geologische resultaten van het boven locale (Deltares-TNO) onderzoek uit 2013

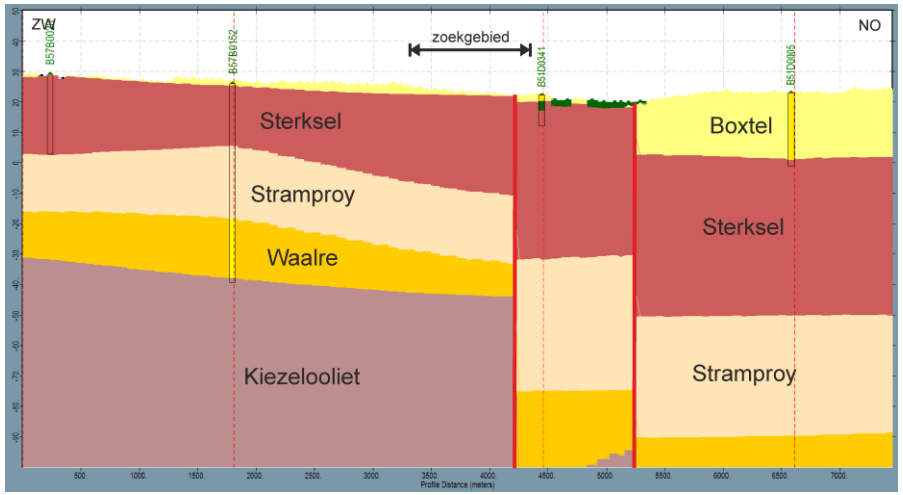




Profiel Noord



Profiel Midden (Noord)

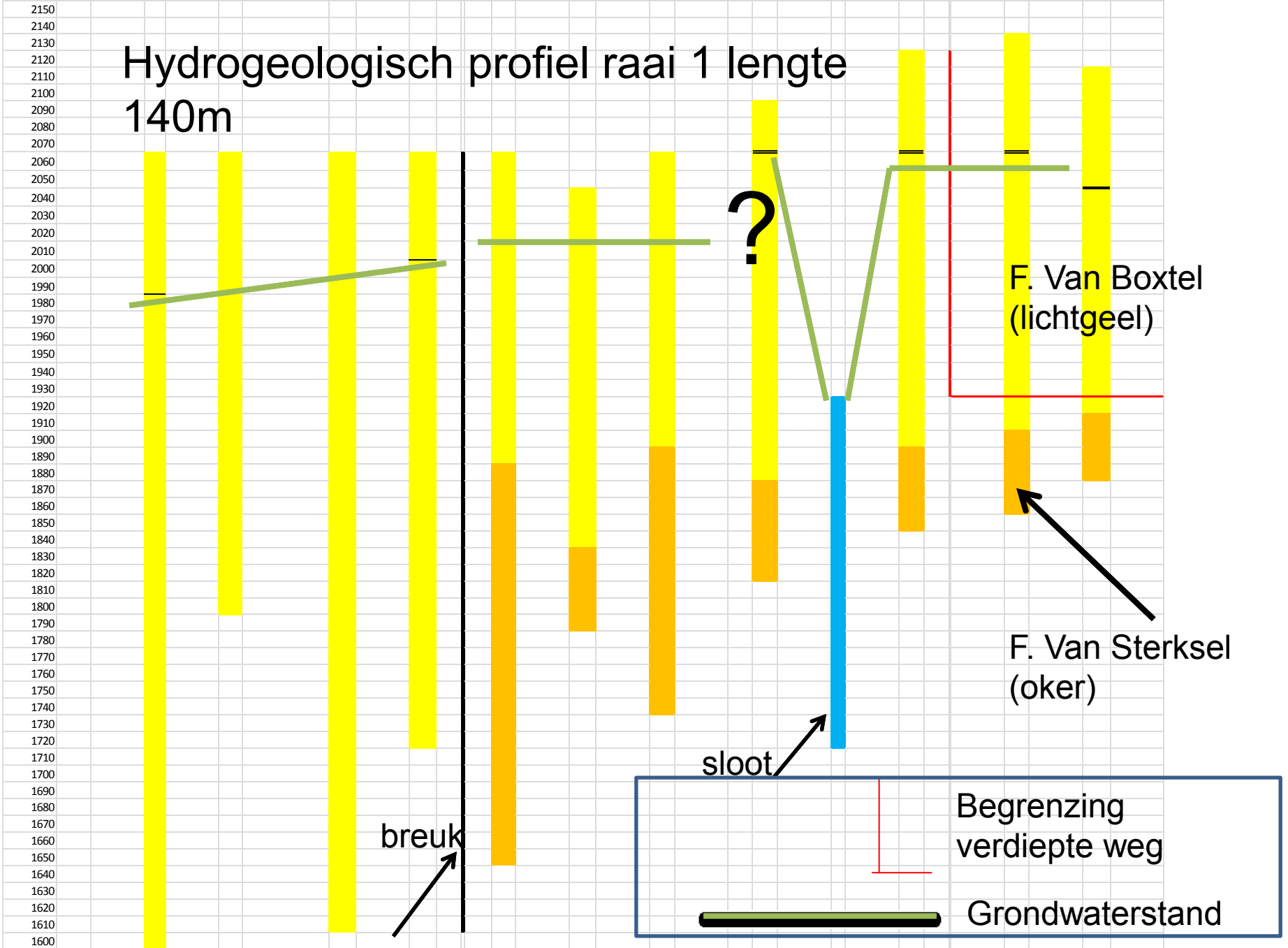


Het onderzoeksgebied ligt tussen profiel Noord en Midden (Noord). Op basis van deze profielen wordt geschat dat de top van F. van Sterksel aan de Roerdalslenk zijde van de breuk op ongeveer 8-10 meter diepte onder maaiveld ligt.

Schematisatie in 4 profielen

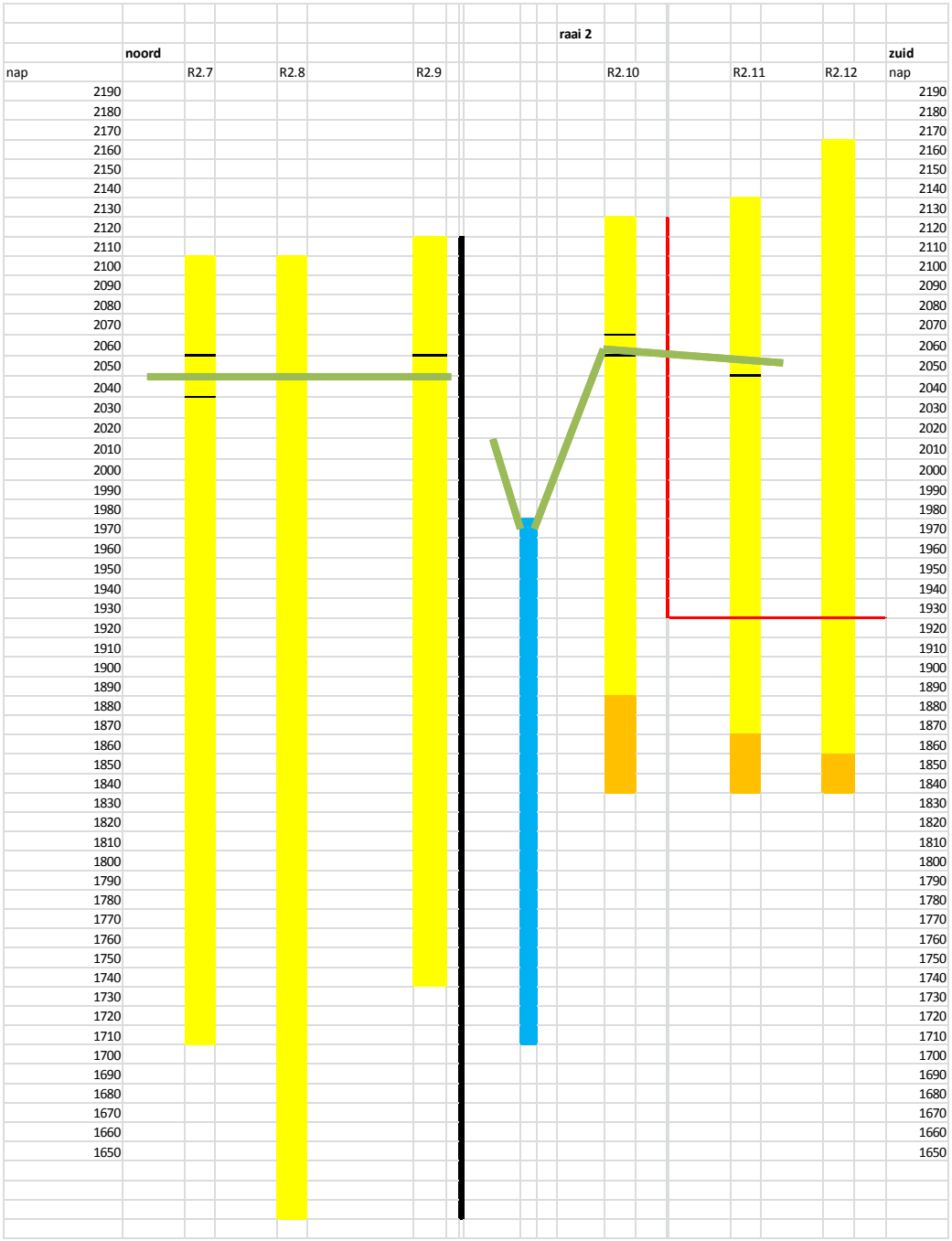
- De boringen geven aan waar de grove zanden/grind van de F. van Sterksel ondiep voorkomen. Dit is het Kempisch Plateau;
- Op de plaats waar deze laag overgang, in de Roerdalslenk, verspringt naar grotere diepte (5-8 m) ligt de breuk;
- Horizontaal kan de breuk op ca. 5 meter nauwkeurig worden bepaald.
  - Interpratie breuk, zie zwarte verticale lijn
- De liging van de geplande verdiepte aanleg is in rood aangegeven

Hydrogeologisch profiel raai 1 lengte 140m



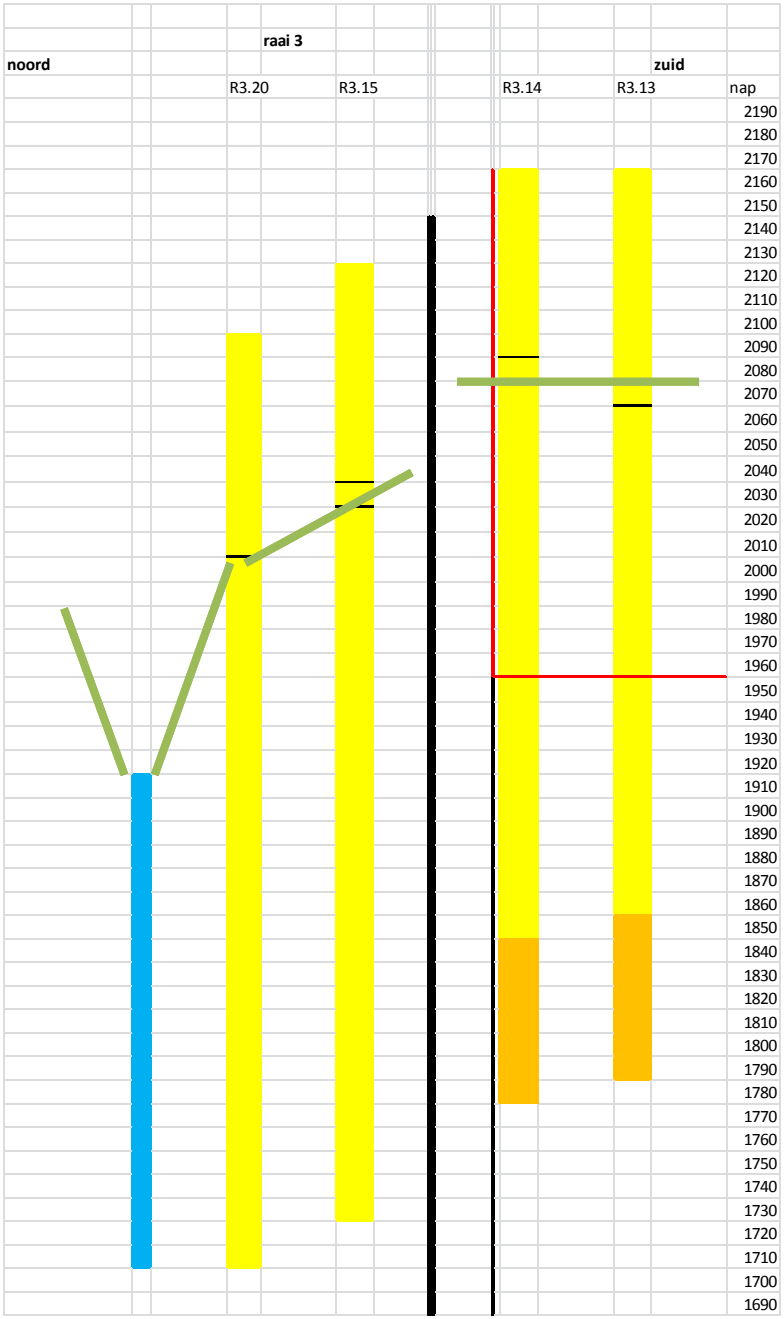
Formatie van Boxtel

- De lithologie van de F. van Boxtel verschilt sterk aan beide zijden van de breuk;
  - Aan de hoge kant (zuidwest) bestaat deze eenheid grotendeels uit relatief goed doorlatend dekzand,
  - Aan de lage kant (noordoost) uit dekzand op fijn zand met leemlagen. Hier is de F. van Boxtel relatief slecht doorlatend.



Hydrogeologisch profiel raai 2 (lengte 100m)

Legenda: zie raai 1



Hydrogeologisch profiel raai 3 (lengte 40m)

Legenda: zie raai 1



Hydrogeologisch profiel raai 4 (lengte 40m)

Op basis van de regionale geologische analyse uit het voorgaande N69 Deltares-TNO onderzoek wordt verwacht dat de leem/fijn zand Boxtel afzettingen, ter plaatse ten noord-oost van de breuk een dikte bezit van 8-10 meter.

Legenda: zie raai 1

Resultaat boringen

- Met behulp van de boring kon zeer nauwkeurig (ca. 5 meter) de ligging van de breuk worden bepaald;
- Deze breuk heeft een stuwende invloed op het grondwater met wijstachtige kwel verschijnselen;
- De verdiepte aanleg moet worden gerealiseerd met behulp van bronnering, zal de grondwaterstand ca. 100 cm moeten worden verlaagd. Hiervoor zal in dit grindrijke gebied veel grondwater moeten worden onttrokken.

Onderzoek grondwaterkwaliteit



Alle grondwaterbuizen zijn bemonsterd. In het veld zijn EC (geleidbaarheid), pH (zuurgraad), zuurstofgehalte en redox gemeten. In het laboratorium van Deltares zijn de macro-parameters (kationen, anionen) bepaald.

Het doel was: onderzoek naar de herkomst van de kwelstroom en onderbouwing van de opstuwende werking voor grondwater door het breuk systeem.

Waarom deze parameters?

- De veldbepalingen (pH, EC, zuurstofgehalte, redox) in combinatie met de laboratorium metingen, kunnen het water typeren: samen kunnen ze een aanwijzing geven over de herkomstdiepte en/of transportweg.
- Voorbeeld: Ondiep water in een gebied met natuurlijke begroeiing heeft in deze omgeving meestal een lage pH, lage EC en laag caliumgehalte.
- Voorbeeld: Water dat opstijgt van tientallen meters diep heeft een neutrale pH (ca. 7), een hogere EC en relatief veel calcium

Waarom deze parameters?

parameter	interpretatie
Calcium (Ca)	Calcium neemt meestal toe bij passage van diepere kalkrijke pakketten. In kwelgebieden kan dit kalkrijke water opstijgen.
Bicarbonaat (HCO3)	Bicarbonaat is vaak gerelateerd aan calciumgehalte.
Nitraat (NO3)	Nitraatrijk water wijst op een lokale herkomst, en vermesting
Sulfaat (SO4)	Diepe kwel heeft vaak zeer lage sulfaatgehalten.
Chloride	Chloride kan wijzen op mest. Schone kwel heeft laag chloride gehalte
EC	EC is maat voor zoutgehalte (ionen som)
pH (zuurgraad)	Ondiep water dat alleen dekzand heeft doorstroomt is zuur
redox	Bij kwel kan de redox vaak gerelateerd worden aan de herkomst diepte. Diep water bezit geen zuurstof, nitraat of sulfaat.
Ammonium (NH4)	Is vaak gerelateerd aan mest. Diep grondwater kan echter ook significante gehalten bezitten
temperatuur	Kan indicatie geven over herkomstdiepte . Kwelwater is relatief warm
Mg, Na, K	Voor controle ionen som en kan informatie leveren over verzoeting/verzilting

Resultaten veldmetingen

Locatie : Veldhoven																				
Datum : 12-12-2013																				
Labcode: 2013029	001.	002.	003.	004.	005.	006.	007.	008.	009.	010.	011.	012.	013.	014.	015.	016.	017.	018.	019.	020.
Peilbuis nummer	R-3 15	R-3 15A	R-2 10	R-2 10A	R-2 7	R-2 7A	R-1 11	R-1 11	R-1 8	R-1 8	R-1 9	R-1 9	R-1 10	R-1 10	R-3 14	R-3 10A	sloot-21	sloot-43	sloot-43	sloot - 43
Filterdiepte	1-2 m	2.5-3.5 m	2-3 m	1-2 m	3,5 m	1,70 m	3,5-4,5 m	1,80-2,80m	1-2 m	2,30-3,30m	2,20-4,20m	2,30-3,30m	2,20-3,20m	0,60-1,60m	2,5-3,5m	1,5-2,5m				
PH	5,54	6,09	6,13	6,27	5,78	5,92	5,9	6,13	6,3	6,16	6,33	6,43	6,2	6,48	5,43	6,11	6,5	6,26	6,84	6,53
EC	296	337	588	633	243	539	477	304	427	392	447	424	477	717	203	328	221	382	266	292
Temp	8,4	10,2	8,4	8,5	7,5	5,3	10,3	8,4	9	7,6	10,2	9,1	9,6	8,2	10	10,4	6,8	63	7	7,4
Redox	194	67	-7	-33	109	68	13	49	-32	102	-43	-44	-23	-79	115	21	190	145	84	162
zuurstof	0,85	0,08	0,32	0,17	0,2	6,4	0,19	0,1	0,1	0,3	0,05	0,7	0,04	0,22	0,9	0,29	1,8	5	11,4	8,05

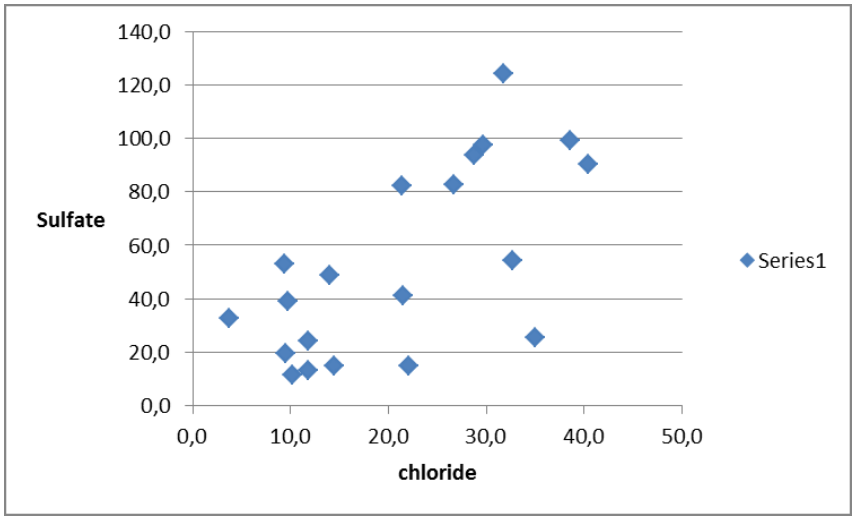
Waterchemie anionen

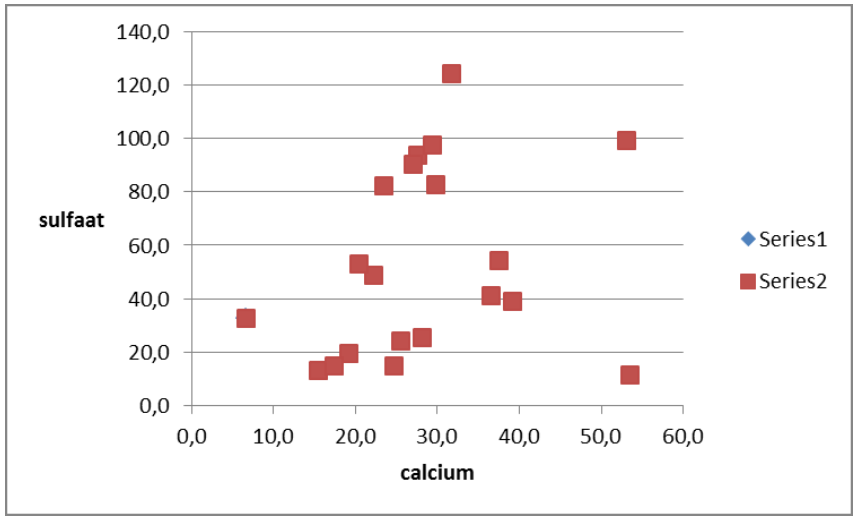
	Diepte onderkant Filter .	Sample Name	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount
	M -mv		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	Filterlengte 1 meter		Fluoride	Chloride	Nitrite	Bromide	Nitrate	Sulfate	Phosphate
			CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1
R3-15	2	2013-029-001	n.a.	3,8	n.a.	n.a.	1,7	32,8	10,2
R3-15A	3.5	2013-029-002	n.a.	9,8	n.a.	n.a.	n.a.	39,2	1,7
R2-10	3	2013-029-003	n.a.	32,7	n.a.	n.a.	n.a.	54,2	n.a.
R2-10A	2	2013-029-004	n.a.	38,5	n.a.	n.a.	n.a.	99,3	2,2
R2-7	4.5	2013-029-005	n.a.	11,8	n.a.	n.a.	29,7	13,1	n.a.
R2-7A	2.7	2013-029-006	n.a.	35,0	n.a.	n.a.	133,4	25,5	n.a.
R1-11	4.5	2013-029-007	n.a.	21,5	n.a.	n.a.	n.a.	41,3	n.a.
R1-11	2.8	2013-029-008	n.a.	9,5	n.a.	n.a.	7,6	19,6	n.a.
R1-8	3.3	2013-029-009	n.a.	28,8	n.a.	n.a.	n.a.	93,7	n.a.
R1-8	2	2013-029-010	n.a.	11,8	n.a.	n.a.	68,6	24,1	n.a.
R1-9	3.2	2013-029-011	n.a.	29,7	n.a.	n.a.	n.a.	97,6	n.a.
R1-9	2	2013-029-012	n.a.	26,7	n.a.	n.a.	n.a.	82,6	n.a.
R1-10	3.2	2013-029-013	n.a.	31,8	n.a.	n.a.	n.a.	124,1	n.a.
R1-10	1.6	2013-029-014	n.a.	10,2	n.a.	n.a.	n.a.	11,6	4,6
R3-14	3.5	2013-029-015	n.a.	14,0	n.a.	n.a.	n.a.	48,7	1,7
R3-14A	2.5	2013-029-016	n.a.	9,4	n.a.	n.a.	n.a.	52,8	n.a.
Sloot 2		2013-029-017	n.a.	14,5	n.a.	n.a.	n.a.	15,0	n.a.
Sloot 1		2013-029-018	n.a.	40,4	n.a.	n.a.	n.a.	90,2	n.a.
Sloot 4		2013-029-019	n.a.	22,1	n.a.	n.a.	n.a.	15,0	n.a.
Sloot 3		2013-029-020	n.a.	21,4	n.a.	n.a.	n.a.	82,1	n.a.

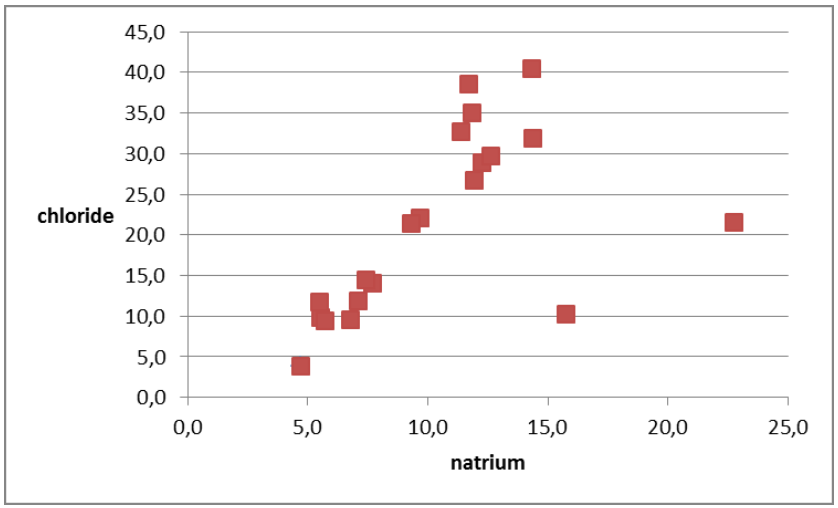
Waterchemie kationen

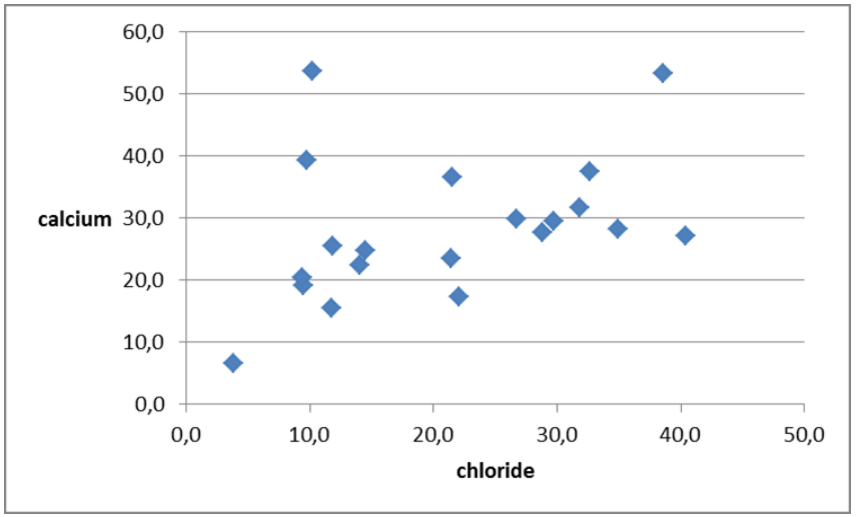
Name		Diepte onderkant Filter .	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount	Amount
		M -mv	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		Filterlengte 1 meter	Lithium	Sodium	Ammonium	Potassium	Magnesium	Calcium
			CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1	CD_1
2013-029-001	R3-15	2	n.a.	4,7	1,7	71,1	0,6	6,6
2013-029-002	R3-15A	3.5	n.a.	5,5	2,7	12,5	4,5	39,2
2013-029-003	R2-10	3	n.a.	11,4	1,3	40,9	17,3	37,5
2013-029-004	R2-10A	2	n.a.	11,7	1,0	19,5	17,1	53,1
2013-029-005	R2-7	4.5	n.a.	5,5	n.a.	5,1	10,9	15,5
2013-029-006	R2-7A	2.7	n.a.	11,8	n.a.	4,4	21,6	28,1
2013-029-007	R1-11	4.5	n.a.	22,7	0,3	11,3	10,1	36,6
2013-029-008	R1-11	2.8	n.a.	6,8	0,4	17,9	14,5	19,1
2013-029-009	R1-8	3.3	n.a.	12,3	n.a.	3,3	8,9	27,6
2013-029-010	R1-8	2	n.a.	7,1	n.a.	18,9	18,0	25,5
2013-029-011	R1-9	3.2	n.a.	12,6	n.a.	3,2	9,2	29,4
2013-029-012	R1-9	2	n.a.	11,9	n.a.	4,0	11,1	29,7
2013-029-013	R1-10	3.2	n.a.	14,4	n.a.	3,7	10,6	31,7
2013-029-014	R1-10	1.6	n.a.	15,8	n.a.	18,1	40,0	53,5
2013-029-015	R3-14	3.5	n.a.	7,7	7,7	10,0	5,0	22,3
2013-029-016	R3-14A	2.5	n.a.	5,7	0,4	3,3	2,6	20,4
2013-029-017	Sloot 2		n.a.	7,4	0,6	1,2	5,0	24,6
2013-029-018	Sloot 1		n.a.	14,3	0,3	3,9	11,5	27,0
2013-029-019	Sloot 4		n.a.	9,7	6,6	5,9	6,9	17,3
2013-029-020	Sloot 3		n.a.	9,3	0,9	3,9	7,7	23,4

Enkele grafieken grondwaterkwaliteit









Uitleg grafieken

- SULFAAT-CHLORIDE: “Diepe” kwel heeft vaak een lage chloride en sulfaat gehalten . Natuurlijke chloride gehalten zijn lager dan 15 ppm.
- CHLORIDE-NATRIUM: in het geval van schoon diep grondwater verhouden zij conform de zeewater verhouding. De bron is meestal atmosferische (natte en droge) depositie.
- SULFAAT-CALCIUM: “Diepe” kwel heeft hoge calciumgehalten en lage sulfaat gehalten.
- CALCIUM-CHLORIDE: “Diepe” kwel bezit lage chloride en hoge calcium gehalten.

Op basis van deze grafieken kan de kans worden ingeschat dat watermonsters op opstijgend diep grondwater wijst. Echter, op basis van deze informatie kunnen hier nu geen uitspraken worden gedaan.

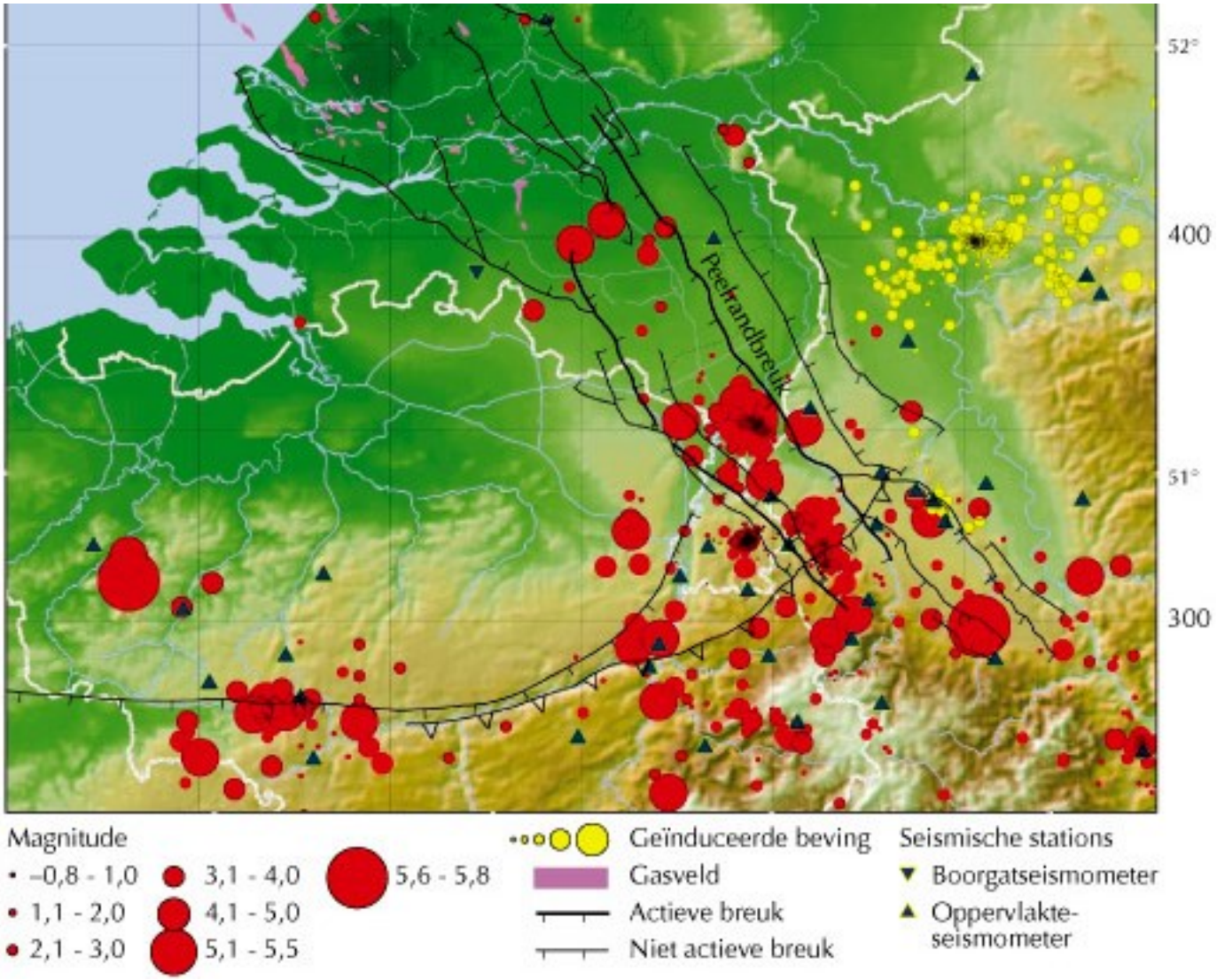
Resultaten grondwateronderzoek

1. De chemische analyse resultaten leverden weinig aanvullende informatie op over de grondwaterstroming;
2. De analyses bezitten allemaal sulfaat, wat er in deze omgeving op wijst dat het water slechts het ondiepe (Sterksel) watervoerende pakket heeft doorstroomt. Dieper grondwater is meestal sterker gereduceerd en sulfaatloos;
3. Enkele monsters stroomopwaarts van de breuk worden gekarakteriseerd door een hoger calciumgehalte (>40 mg/l) en laag chloridegehalte (ca. 10 mg/l). Deze samenstelling wijst op kwel van tientallen meters diepte. Dit water is geïnfiltreerd in een zone met natuurlijke begroeiing (niet vervuild).

Bodembeweging door breuken?

- De weg wordt plaatselijk op de breuk aangelegd:
  - Bestaat er een risico voor schade aan de contructie door breuk beweging?
  - Bestaat er een risico voor schade door aardbevingen?

Bodembeweging door breuken?



Aardbevingen in Zuid-Nederland en omgeving (rode en gele rondjes). Hoe groter, des te zwaarder is de beving. Duidelijk is dat de bevingen geconcentreerd zijn langs breuken in de ondergrond: echte aardbevingen door tektoniek. (www.falw.vu)

Uit bovenstaande kaart blijkt dat “onze” breuk in België, Limburg en Duitsland een relatie bezit met aardbevingen. De breuk kan actief zijn.

Geen zichtbare schade aan boerderij





De af te breken boerderij ligt precies op de breuk. De boerderij is ca. 50 jaar oud. Woonhuis en schuren vertonen geen schade die op breukbeweging kan wijzen.

- Het is echter niet bekend of de gebouwen door breukwerking verzakt zijn.
- Deltariaan Andre Cinjee staat op de breuk

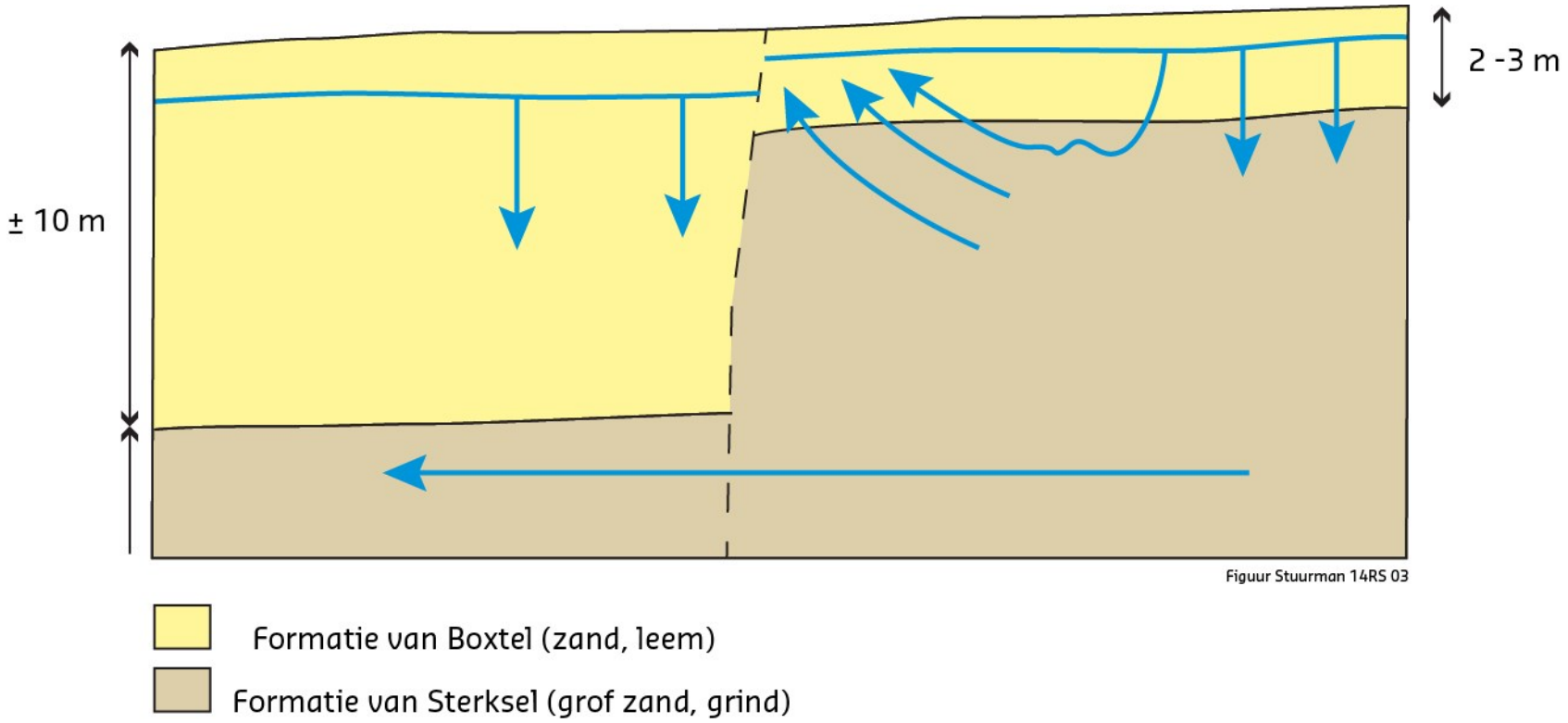
Conclusie bodembeweging

- Er bestaat een kleine kans op verschuiving langs de breuk;

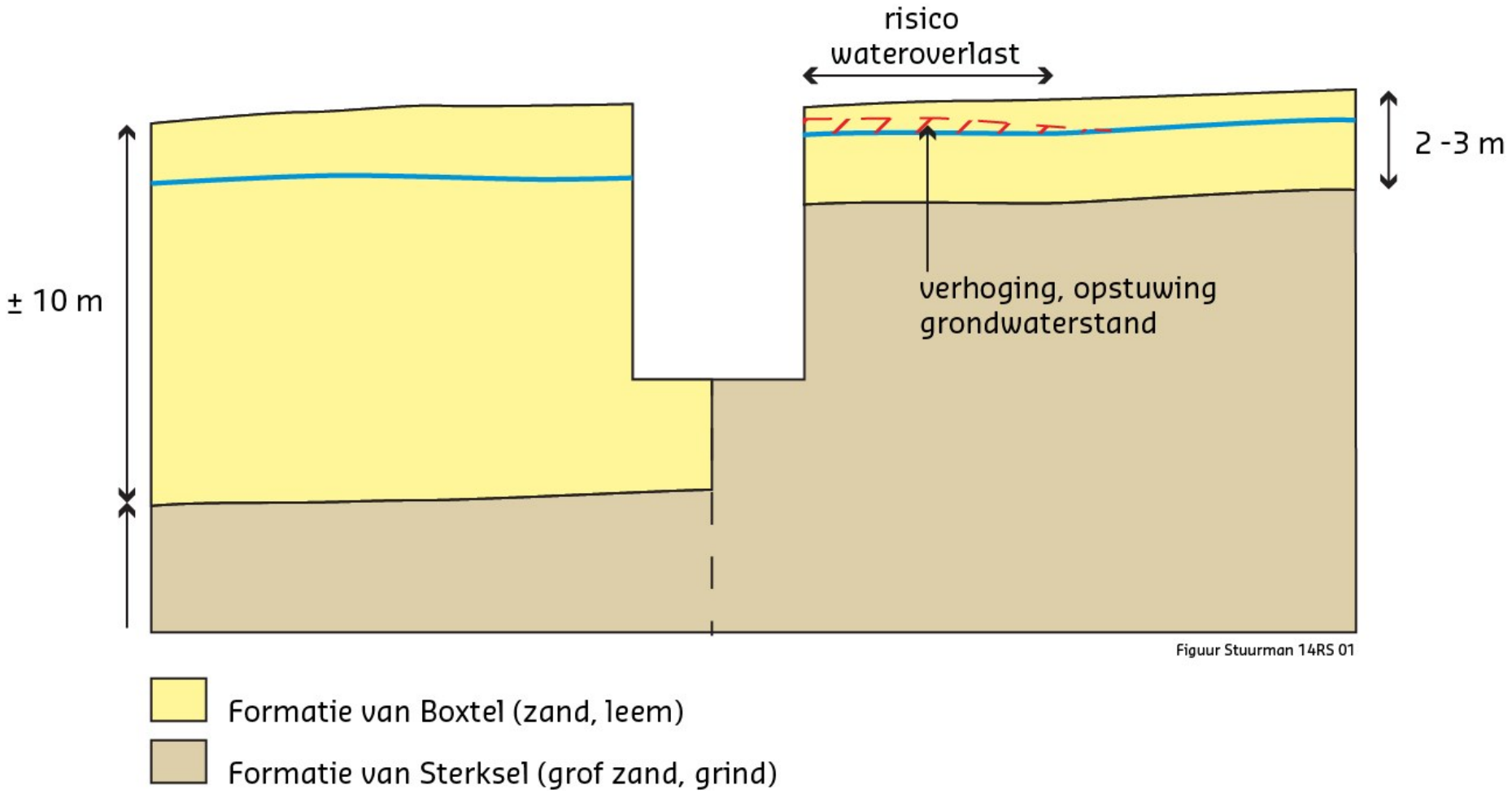
Bespreking scenario’s

- Scenario 1: ontwerpscenario met verdiepte aanleg N69, Broekhovenseweg op maaiveld;
- Scenario 2: Alternatief, Broekhovenseweg verhoogd, N69 op maaiveld;
- Scenario 3: Alternatief, N69 verhoogd op palen, Broekhovense weg op maaiveld

Conceptueel model van natuurlijke grondwatersituatie. (profiel loodrecht op de breuk)



Ter plaatse van de verdieping kan de volgende grondwatersituatie ontstaan.

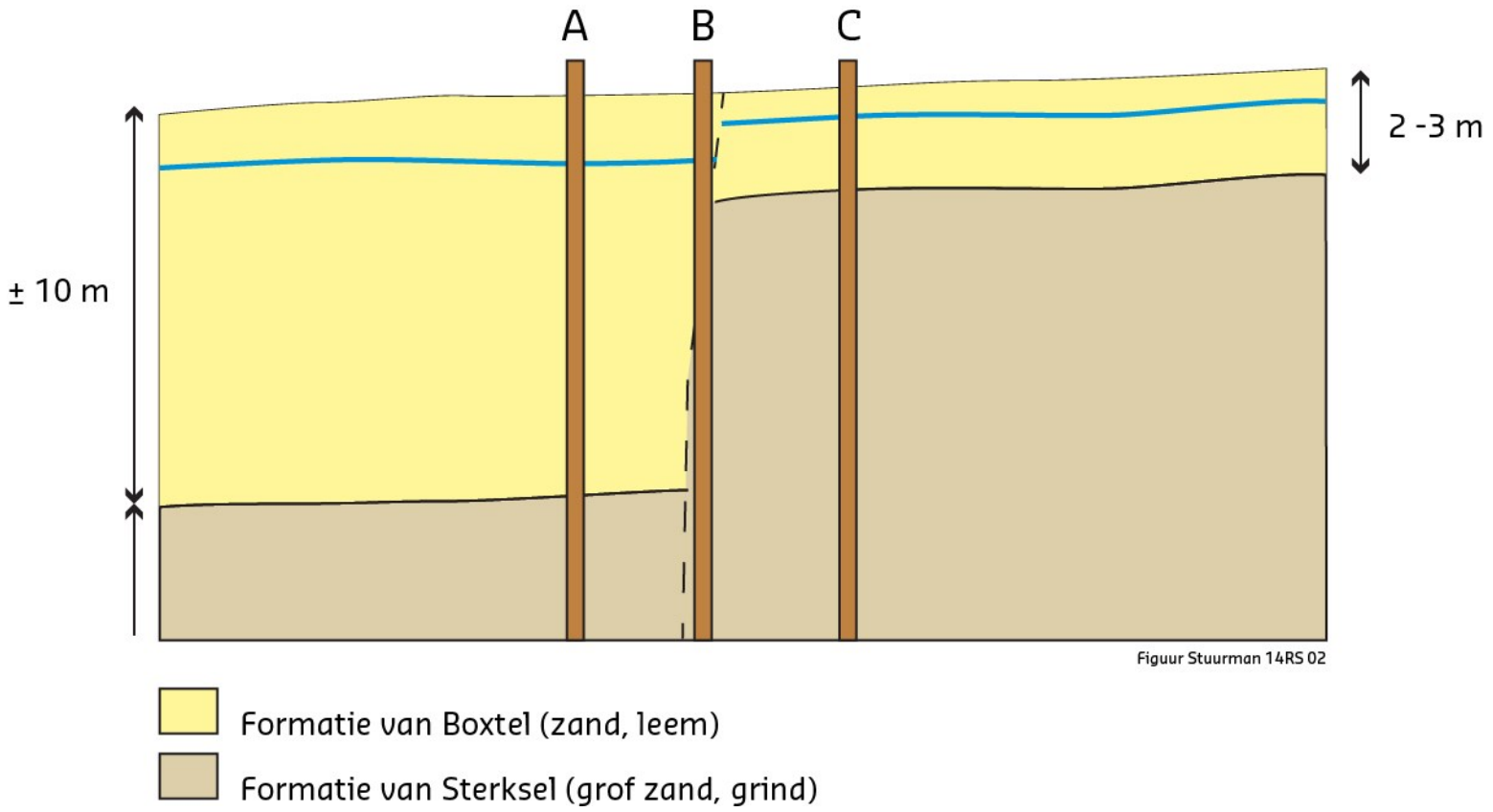


Adviezen i.v.m. funderingstechniek verdiepte bak

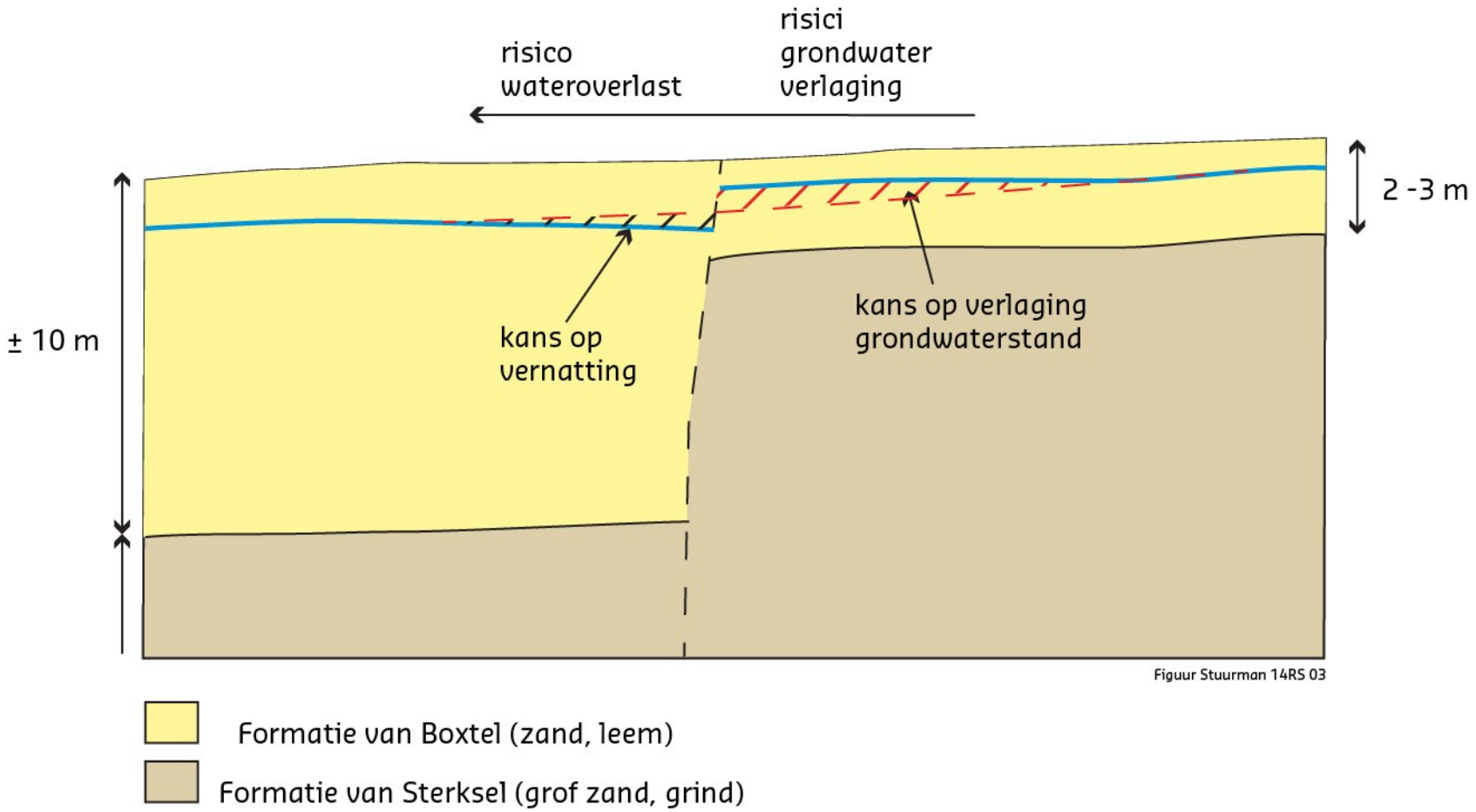
1. Met behulp van (satelliet) INSAR-metingen van laatste 20 jaar aan objecten in de buurt over de breuk heen vast proberen te stellen in hoeverre breuk actief is.
2. verdiepte ligging is starre constructie. Bij lichte beving kan er plotseling verplaatsing orde 1 cm ontstaan. Kans 1/50 jr. Is dat acceptabel?
   - zo ja -> constructief zo flexibel mogelijk maken, bij constructie warning system meenemen voor bevingen boven 3. Dan constructie afsluiten inspecteren en zo nodig herstellen
   - zo nee -> weg 100 m verleggen buiten breukzone

3. Bemaling: Groot waterbezwaar, ijzerhoudend, probleem met lozing > retouren? hoge kosten. Zie bijlage A: per dag zal tussen 3800 en 5500 m3 moeten worden onttrokken (op jaarbasis 1, 4-2 miljoen m3).
4. Hoe is de waterafvoer verzorgd van het slootwater langs de Broekhovenseweg ten zuiden van de bak (breuk)?..en in het aangrenzende maisperceel?

Passage op palen
Risico gering. Voorkom paal aanleg door de breuk (B)



Bij aanleg greppels loodrecht op de breuk kan verdroging en wateroverlast ontstaan. Deze effecten kunnen worden voorkomen door aanleg stuwtjes.



Afweging scenario's

	Grondwater effect	aanleg
Ontwerp scenario N69 verdiept, 2 m - mv	Opstuwing, vernatting aan Kempisch Plateau kant	Hoge kosten voor bronnering of alternatieve verdiepte aanleg. Klein risico op breuk beweging.
Alternatief 1 N69 op maaiveld, Broekh. Weg verhoogd	Geen grondwater effect	Wel rekening houden met kwelsituatie langs de N69 ter plaatse van de breuk.
Alternatief 2 N69 verhoogd, Broekh weg op maaiveld	Geen grondwater effect	

Conclusies

1. De ligging van de breuk ter plaatse kan met grote zekerheid worden aangegeven (fout ca. 5-10 meter);
2. Het verdiepte wegtraject passeert de breuk ter plaatse van de te verwijderen boerderij aan de westzijde van de Broekhovenseweg;
3. De breuk lijkt invloed te hebben op de grondwatersituatie. Stroomopwaarts van de breuk is sprake van kwel.
4. Zogenaamde kwelbuizen, in de sloot bij raai 1, tonen stroomopwaarts van de breuk sterke kwel ter plaatse van het aan te leggen weggedeelte;
5. De stuwende werking van de breuk lijkt, vooral aan de oostzijde van de weg, tot ca. 100 meter merkbaar.
6. Ten hoogte van de boerderij lijkt een grondwatersprongetje aanwezig (ca. 20 cm). Dit is veel minder dan bijvoorbeeld bij Uden!
7. Het verdiepte wegtraject ligt overal vlak boven de zeer goed doorlatende grove zanden en grinden van de F. van Sterksel. De actuele grondwaterstand is meer dan 1 meter hoger dan de geplande diepte van het verdiepte wegtracé.
8. Hiermee moet bij de aanleg rekening worden gehouden. Bronnering lijkt niet een handige optie. Verlaging door bronnering kan alleen door onttrekking van heel veel grondwater;
   - Bij eventuele retourbemaling moet rekening worden gehouden met het hoge ijzergehalte van het grondwater en de hoge grondwaterstand en de lemige bovengrond.
9. De breuk kent nu een zeer geringe snelheid. De 50 jaar oude boerderij die op de breuk is gebouwd toont geen schade. Een kleine kans op effect van aardbevingen bestaat.

Eindconclusie

- Een verdiepte aanleg, zoals hier voorzien, kan verschillende problemen met zich meebrengen:
  - Opstuwing van grondwater stroomopwaarts,
  - Bij gebruik van bronnering moet heel veel, ijzerrrijk, grondwater worden onttrokken,
  - Breukbeweging: de beweging van de breuk lijkt zeer gering, maar is niet uit te sluiten.
- De 2 alternatieve scenario's leveren nauwelijks geologische en grondwater risico's op