

Titel Document

Contactpersoon : Ir. W.O. Molendijk
Datum : juli 2002
Author(s) : Dr.ir. E.J. den Haan
Ir. W.O. Molendijk
Opdrachtgever : Delft Cluster/Waardse Alliantie

Project naam : Voorspelling restzettingen met het a,b,c
isotachenmodel
Betuweroute, km 16.7 en km 11.7
Project nummer : 071.04.02-76

Aantal pagina's :
Aantal tabellen :
Aantal figuren :
Aantal bijlagen :



Keverling Buismanweg 4
Postbus 69
2600 AB Delft

015-2693793
015-2693799

info@delftcluster.nl
www.delftcluster.nl

Delft Cluster verricht lange-termijn
fundamenteel strategisch onderzoek
op het gebied van duurzame inrichting
van deltagebieden.

Projectgroep

Tijdens de uitvoering van de deelopdracht Voorspelling restzettingen met het a,b,c isotachenmodel Betuweroute, km 16.7 en km 11.7 bestond de Delft Cluster-groep van thema 1 uit

	Naam	Organisatie
Thema Trekker	Dr.Ir. P. van den Berg	GeoDelft
Thema Duwer	Dr. A. Scarpas	TUDelft
Thema Leden	Ir. W.O. Molendijk	GeoDelft
	Dr.Ir. E.J. den Haan	GeoDelft
	Ing. F.P.W. van den Berg	GeoDelft
	Dr. H. den Adel	GeoDelft
	Dr.Ir. M.A. Van	GeoDelft

Betrokken personen

Bij de totstandkoming van dit rapport waren betrokken:

Naam	Organisatie
Dr.Ir. P. van den Berg	GeoDelft
Dr. A. Scarpas	TU Delft
Ir. W.O. Molendijk	GeoDelft
Dr.Ir. E.J. den Haan	GeoDelft
Ing. F.P.W. van den Berg	GeoDelft
Dr. H. den Adel	GeoDelft
Dr.Ir. M.A. Van	GeoDelft

Management samenvatting

Titel	Voorspelling restzettingen met het a,b,c isotachenmodel
Auteurs	Betuweroute, km 16.7 en km 11.7 ir. W.O. Molendijk, dr.ir. E.J. den Haan, ing. F.P.W. van den Berg
Datum	juli 2002
Project nummer	01.04.02-76

Met behulp van het a,b,c-isotachenmodel van MSettle en gebruikmakend van K_o -C.R.S. samendrukkingsproeven is voor twee locaties van de aardebaan van de Betuweroute een predictie gemaakt van de te verwachten restzettingen. Bij beide locaties zijn Begemannboringen en sonderingen verricht. De boringen zijn genomen naast de aardebaan in maagdelijk terrein. In het laboratorium zijn de boringen in stukken van 20 cm opgedeeld, en van elk stuk is het volumegewicht bepaald. Hieruit is een nauwkeurige bepaling van de in-situ-spanningen mogelijk. Uit elke boring zijn circa 10 monsters geselecteerd voor beproeving in de K_o -C.R.S. oedometer. Deze proeven leveren de noodzakelijke grondparameters voor MSettle. Uit de beschikbare monitoringgegevens van de aardebaan is het ophoogschema in tijd en ruimte vastgesteld en ingevoerd in MSettle.

De berekende zettingen komen hoger uit dan de gemeten zettingen. Gaande het onderzoek is vastgesteld dat de isotachenmodule van MSettle het stijvere gedrag vóór de grensspanning nog onderschat, hetgeen leidt tot overschatting van de zettingen. Met de zakbaakmodule van MSettle is een fit van de metingen gemaakt door een vijftal parameters aan te passen. De uiteindelijke fit past goed op de meetpunten. De optimale fit echter vergt een forse verhoging van de grensspanning, een matige verhoging van de kruipfactor, en een forse verlaging van de doorlatendheid. Vooral als gevolg van de verhoging van de kruipfactor zijn de met de fit bepaalde restzettingen hoger dan de eerder met de methoden Koppejan en NEN berekende getallen. Daarentegen is de fitmogelijkheid van het isotachenmodel na de grensspanning (dus de bulk van de meetpunten) veel beter gebleken dan de fitmogelijkheden van het Koppejan of NEN model. Met het isotachenmodel is het mogelijk iedere belasting- en ontlastingsstap netjes te laten aansluiten op de gemeten waarden. Verwacht wordt door het stijvere gedrag vóór de grensspanning te modelleren, de fitfactor voor de kruip mogelijk ook omlaag gaat en daarmee ook de restzettingen.

Ter ondersteuning van de parameterkeuze zijn diverse correlaties gemaakt.

Inhoud

1	Inleiding en overzicht	6
2	Diepteprofielen van dichtheid en spanning	8
3	Resultaten K_0-C.R.S. - samendrukkingsproeven	10
3.1	Grondparameters a, b, c	10
3.2	Grensspanning.....	11
3.3	Doorlatendheid.....	11
3.4	K_0, v_{ur}, ϕ'	11
3.5	Berekende grootheden: Tabel 3.2	12
4	Ondergrondmodellen	13
5	Grondparametercorrelaties.....	14
5.1	Schatting doorlatendheidsparameters met gebruik van correlaties.....	14
5.2	Schatting grensspanning met gebruik van correlaties.....	15
5.3	Sonderingen	15
6	Resultaten.....	17
6.1	Inleiding	17
6.2	Uitgangspunten	17
6.2.1	Model	17
6.2.2	Grondopbouw en parameters	17
6.2.3	Verticale drains	17
6.2.4	Verloop ophoging	17
6.2.5	Waterspanningen en stijghoogte	18
6.3	Zakbaakfits.....	19
6.4	Extra sommen met lagere doorlatendheid.....	19
6.5	Resumé berekeningsresultaten	20
7	Evaluatie.....	21
8	Geraadpleegde literatuur.....	23

1 Inleiding en overzicht

Het a,b,c - isotachenmodel van MSettle is gebruikt om de gemeten zettingen nabij km. 11.65 en km. 16.75 van de aardebaan van de Betuweroute na te rekenen en een extrapolatie in de tijd te maken van de te verwachten restzettingen. Het veldwerk heeft bestaan uit sonderingen met waterspanningsmeting in de aardebaan en in het maagdelijke terrein naast de aardebaan en Begemannboringen naast de baan. In het laboratorium is elke boring opgedeeld in stukken van 20 cm en van elk stukje het volumegewicht bepaald. Van elke boring zijn uit de stukken circa 10 monsters geselecteerd voor beproeving in het K_0 -C.R.S. samendrukkingsapparaat. Het veldwerk en laboratoriumwerk is beschreven in rapport nr. CO-710402/90.

De volumegewichten leveren het diepteprofiel van de totale spanning. Samen met de gemeten stijghoogte in het diepe zand, het polderpeil en de doorlatendheden van de slappe lagen bepaalt MSettle een stijghoogteverloop voor de initiële situatie ("nul-isochroon"). Daarmee zijn de effectieve spanningen vast te stellen. De K_0 -C.R.S. samendrukkingsproeven leveren de compressibiliteitsparameters, de (variabele) doorlatendheden, en de grensspanning. Tevens levert de proef ook de K_0 factor, de onlast/herbelast waarde van het Poissongetal ν_{ur} en de critical state waarde van ϕ' . Deze parameters zijn onder andere van belang bij het maken van eindige elementen berekeningen met het Plaxis Soft Soil (Creep) model, maar worden in dit project niet gebruikt.

Per locatie is een lagenmodel opgesteld waarbij elke uitgevoerde proef één laag representeert. De gebruikte samendrukkingsparameters en volumegewichten per laag zijn rechtstreeks uit de proeven bepaald. De volumegewichten bepaald uit de samendrukkingsproeven leveren nagenoeg dezelfde grondspanningen op als berekend uit de 20 cm stukken van de boringen. Met deze parameterset is de basisberekening in MSettle uitgevoerd.

De bepaalde samendrukkingsparameters a, b, c zijn gecorreleerd met indexgrootheden als volumegewicht, watergehalte en soortelijk volume. Met name de samendrukkingsparameters correleren goed met het volumegewicht. Enkele correlaties betreffen MSettle parameters onderling. Met deze correlaties zijn nieuwe parametersets opgesteld, voor hetzelfde lagenmodel als de basisberekening. Deze parametersets zijn echter nog niet in sommen verwerkt.

De parameters van de variabele doorlatendheid C_k en k_0 vertonen onderling een goede correlatie maar zijn slecht te correleren met indexgrootheden. Er is een gemiddelde doorlatendheid bepaald die als constante gebruikt kan worden. Deze is in MSettle gebruikt. Er zijn intussen aanpassingen gedaan aan het MSettlemodel om ook met een spanningsafhankelijke doorlatendheid te rekenen, echter dit is niet meer uitgevoerd voor dit project.

De grensspanning is niet goed te correleren met indexgrootheden.

Er zijn sonderingen uitgevoerd in het maagdelijk terrein naast de korte baan bij km. 11.7 en 16.7. Bij km 16.7 zijn bovendien 2 sonderingen uitgevoerd in de baan, direct naast zakbaken. De sonderingen zijn vooral gebruikt om schattingen te maken van de grensspanning aan de hand van gepubliceerde correlaties. De overstemming is globaal goed, maar niet zondermeer bruikbaar.

De aangebrachte belasting in tijd en omvang is bepaald uit de monitoringsgegevens en ingevoerd in MSettle. De berekende zettingen zijn vergeleken met de metingen. De berekende zetting is in beide dwarsprofielen hoger dan de gemeten zetting. Mogelijk is dit een gevolg van het feit dat het isotachenmodule in MSettle nog niet is ingericht voor de distorsie van de isotachen vóór de grensspanning. Vermoedelijk daardoor worden te hoge zettingen berekend bij lage spanningen. Met de zakbaakoptie van MSettle is een fit gemaakt aan de gemeten zettingen door enkele parameters aan te passen. Maatgevend hierbij is de verhoging van de grensspanning met een factor van circa 3. Hierdoor wordt een goede overeenstemming met de meting is gevonden. De restzettingen zijn vervolgens bepaald voor de periode van de 1e 10 jaar na oplevering van de aardebaan.

De berekende restzettingen blijven in het algemeen binnen de eis van maximaal 300 mm, 10 jaar na opleveren. De zakbaakfits geven zonder uitzondering, hogere restzettingen aan dan de prognoseberekningen. Dit is vooral een gevolg van de aanpassing van de kruipfactor c , met een factor 1.4 à 1.5. Aanpassing van MSettle met een betere beschrijving van de isotachen in het overgeconsolideerde gebied, zal vermoedelijk resulteren in fitfactoren dicht bij 1, niet alleen voor de grensspanning, maar ook voor de kruipfactor. Naar verwachting zal dit kleinere restzettingen opleveren voor zowel de prognoseberekningen als de fitberekningen.

Dit rapport beschrijft eerst summier de uitgevoerde laboratoriumproeven. De parameterbepaling en de correlatie met volumegewicht wordt uitgebreid behandeld. Vervolgens worden de gekozen grondlagenmodel en de relevante monitoringsdata van de ophoging en de schematisatie daarvan beschreven. De resultaten van de MSettle sommen en de vergelijking met de metingen wordt gepresenteerd, evenals de berekeningen met de zakbaakmodule. De berekende restzettingen overeenkomstig de definities van het bestek zijn bepaald uit extrapolatie in de tijd van de zettingsberekening. Tot slot worden de resultaten worden geëvalueerd in het laatste hoofdstuk.

2 Diepteprofielen van dichtheid en spanning

Figuren 2.1 en 2.2 zijn de diepteprofielen van volumegewicht en spanningen van beide locaties. Het volumegewicht in termen van de volumieke massa in 10^3 kg/m^3 van het natte materiaal en de totale spanning s_v zijn uitgezet tegen de diepte onder maaiveld en tegen het NAP-niveau.

De verschillende niveaus van beide locaties zijn als volgt:

Km. 11.7

maaiveldhoogte Begemann boring (naast de baan):	1.66 m-NAP
maaiveldhoogte sondering 11-145 (naast de baan):	1.65 m-NAP
maaiveldhoogte in de baan:	1.51 m-NAP
slootpeil:	2.08 m-NAP
stijghoogte pleistoceen:	0.75 m-NAP

Km. 16.7

maaiveldhoogte Begemann boring (naast de baan):	1.47 m-NAP
maaiveldhoogte sondering 16-145 (naast de baan):	1.50 m-NAP
maaiveldhoogte in de baan:	1.38 m-NAP
slootpeil:	1.80 m-NAP
stijghoogte pleistoceen:	0.78 m-NAP
maaiveldhoogte sondering 16-147 (in de baan):	0.67 m+NAP
maaiveldhoogte sondering 16-148 (in de baan):	0.53 m+NAP

Bij beide locaties is er een opwaartse stroming van grondwater. MSettle berekent een initiële stijghoogteverloop aan de hand van de opgegeven stijghoogten en de initiële doorlatendheden van de grondlagen. De waterspanningen zijn dus niet hydrostatisch. De berekende initiële waterspanningen zijn in Figuren 2.1 en 2.2 opgenomen.

In de figuren 2.1 en 2.2 is tevens de schematisatie van s_v van het gekozen grondmodel weergegeven. Er is zondermeer uitgegaan van de gemeten volumegewichten per monster en de laagdikte die elk monster representeert. Er is dus geen poging gedaan om een optimale fit aan het uit de 20 cm stukken bepaalde verloop van s_v te krijgen. De overeenstemming is niettemin redelijk voor beide locaties.

In Figuren 2.1 en 2.2 zijn ook de uitgevoerde K_o -C.R.S. samendrukkingsproeven aangegeven. De berekende effectieve spanningen (grondspanning - poriënwaterspanning) zijn klein, vooral bij km. 16.7.

De volumegewichten bepaald uit de 20 cm stukken zijn systematisch lager dan die bepaald op de K_o -C.R.S. monsters die uit deze 20 cm stukken zijn genomen. Figuur 2.3 brengt dit in beeld. Voor elk K_o -C.R.S. monster is op de horizontale as de dichtheid (in t/m^3) van de 20 cm stuk uitgezet, en verticaal de dichtheid van het deelmonster dat in de oedometer is beproefd. Er wordt van uitgegaan dat de bepaling voor de oedometerproef betrouwbaar is. Er is een correlatie tussen beide waarden opgesteld,

$$r_{nat, gecorrigeerd} = 1.4234 \ln(r_{nat, boring}) + 1.0282$$

en deze is gebruikt om de volumegewichten van alle 20 cm stukken aan te passen (in opwaartse richting dus). In Figuren 2.1 en 2.2 zijn de gecorrigeerde waarden gebruikt.

N.B.: Het symbool ρ duidt de massadichtheid aan. De eenheid kan t/m^3 zijn, maar het kan ook dimensieloos zijn, namelijk als het wordt opgevat als soortelijke dichtheid, dus de massadichtheid ten opzichte van dat van water ($\rho_{\text{water}} = 1 t/m^3$). Er wordt niet consequent voor één van beide gekozen.

3 Resultaten K_o -C.R.S. - samendrukkingsproeven

Het K_o -C.R.S. apparaat wordt beschreven in het oktober 2001 nummer van het tijdschrift Geotechniek. De uitgevoerde K_o -C.R.S. - samendrukkingsproeven en de parameterbepaling worden beschreven in rapport nr. CO-710402/90. Elke proef heeft bestaan uit Constant Rate of Strain vervorming tot een spanning van 500 kPa, waarbij de snelheid van vervorming $2 \cdot 10^{-6}$ 1/s is geweest. In elke proef is een ontlast/herbelast cyclus uitgevoerd. In de meeste proeven is een relaxatiefase uitgevoerd waarin de vervorming gedurende circa 12 h constant wordt gehouden.

Tabel 3.1 bevat een overzicht van de uitgevoerde proeven en de bepaalde parameters.

De bepaling van de compressibiliteitsparameters a, b, c , de grensspanning σ'_y en de doorlatendheidsparameters worden hieronder summier toegelicht.

Gebruikte Symbolen

a	directe compressieindex
b	helling isotachen
c	seculaire compressieindex
e	lineaire rek
e^H	natuurlijke rek (ook wel "Hencky" rek of logaritmische rek genoemd)
K_o	neutrale gronddrukcoëfficiënt s'_h/s'_v
C_k	doorlatendheidsindex
k_o	initiële doorlatendheid
σ'_y	grensspanning (yield stress ook met p_g en σ'_p aangegeven)
ρ	massadichtheid (t/m^3) of soortelijke dichtheid (dimensieloos)
γ	volumiek gewicht (kN/m^3)
e_o	poriëngetal (volume poriën gedeeld door volume vaste stof)
v_o	soortelijk volume = $1+e_o$ (totaalvolume gedeeld door volume vaste stof)

3.1 Grondparameters a, b, c

In Ref. [3] is een beschrijving van het gebruikte isotachenmodel te vinden. Hier wordt de bepaling van de parameters a, b, c kort toegelicht.

De compressibiliteitsparameters a en b volgen uit de helling van het $e^H - \ln s'_v$ verband, resp. in het ontlast/herbelast deel en het maagdelijke deel. Let wel, de *getekende* $^{10}\log$ moet voor de bepaling van a en b worden omgewerkt naar $^e\log$ oftewel \ln :

$$\ln s'_v = \ln 10 \log s'_v \approx 2.3 \log s'_v$$

b is in hoge mate constant in de meeste uitgevoerde proeven. Het uitzetten van $\log s'_v$ tegen e^H is in soft soil dus nuttig. Het uitzetten van $\log s'_v$ tegen de lineaire rek e leidt meestal niet tot een lineair verband, ook niet in het praktische bereik van te verwachten spanningen. Alleen in de kleiige oppervlaktelaag (klei van Tiel) wordt de maagdelijke tak niet goed recht binnen het toegepaste spanningsbereik.

De kruipparameter c beschrijft het viskeuze gedrag van de grond. De formele definitie is als volgt

$$c = \Delta e_s^H / -\Delta \ln \sigma_s^H$$

waarin ϵ_s^H de natuurlijke kruipreksnelheid is. c volgt uit de relaxatiefase. De hiervoor gebruikte theorie is terug te vinden in [2] en [3]. Het komt erop neer dat door de viskeuze eigenschappen van de grond, bij geforceerd constante hoogte de verticale spanning afneemt. De snelheid van afname is afhankelijk van de parameters a , b en c . Dan kan c bepaald worden omdat a en b al eerder zijn bepaald.

3.2 Grensspanning

De grensspanning wordt op een afwijkende manier bepaald ten opzichte van bijv. het NEN-model. De kromming op de overgang overgeconsolideerd - normaal geconsolideerd wordt niet gezocht. In plaats daarvan wordt de "b-lijn" teruggeëxtrapoleerd naar $e^H = 0$, en de bijbehorende spanning wordt als de grensspanning genomen. Het a, b, c model overschat nog het ontlast/herbelast gedrag. Niettemin is het ook zonder beschrijving van het ontlast/herbelastgedrag goed bruikbaar zolang de spanningen ruim voorbij de grensspanning komen.

Een juiste interpretatie in termen van het isotachenmodel vereist dat de b -lijn gecorrigeerd wordt voor de directe rekken (de a -lijn) en voor het verschil in opgelegde reksnelheid in de proef ($2e-6 \text{ s}^{-1}$) en die van de zgn. referentieisotache (c/t_l) met $t_l = 1$ dag. Correctie voor de directe rekken vereist kennis van de terreinspanning, en dat maakt de interpretatie lastig. Voor de huidige proeven is de terreinspanning beschikbaar en voor een aantal proeven zijn beide correcties uitgevoerd. Zie de eerste 3 kolommen van Tabel 2. Het blijkt dat de totale correctie ≈ 1 houden en derhalve kunnen ze ook achterwege blijven.

De oude aanduiding van de grensspanning, p_g , is verbonden met de oude bepalingwijzen in de Koppejan en NEN-methoden. Elders wordt vaak σ'_p gebruikt. Burland pleit voor σ'_{vy} . Er wordt aan de laatste de voorkeur aan gegeven, zij het dat korthedshalve σ'_y wordt geschreven. De index y staat voor yield.

3.3 Doorlatendheid

De verticale doorlatendheid is een variabele. In de K_o -C.R.S. proef wordt de doorlatendheid berekend uit het hydraulische gradiënt over het monster ten gevolge van de wateroverspanning u_b aan de onderkant. Zolang derhalve u_b/s'_v groter is dan pakweg 0.05 kan de doorlatendheid gevonden worden. In het maagdelijke gebied wordt bijna zonder uitzondering een recht $e - \log k$ verband gevonden (let wel, *lineaire* rek). Het wordt beschreven met

$$e = C_{ke} \log(k/k_o)$$

In de literatuur wordt C_k gedefinieerd in termen van poriëngetal (voids ratio) e . Ter onderscheid wordt hier C_{ke} geschreven. Bepaling van e is niet zondermeer mogelijk. In humeus materiaal is de soortelijke massa van de vaste stoffen lager dan de bekende 2.65 in anorganische grond, en moet dus apart worden bepaald. Dat is in de huidige proevenserie ook gebeurd, zodat desgewenst C_{ke} kan worden gevonden uit

$$\Delta e = C_{ke} \log(k/k_o)$$

3.4 K_o, n_{ur}, j, ζ

De parameters K_o , n_{ur} en ϕ' kunnen uit de K_o -C.R.S. proef worden bepaald. Ze spelen geen rol in MSettle en blijven hier verder buiten beschouwing. Ze zijn wel van belang voor berekeningen met het

Plaxis Soft Soil Creep model, en kunnen daarmee een rol spelen bij eventuele 2-D berekeningen van dwarsdoorsneden van de baan. De omgevingsinvloed kan daarmee berekend worden.

3.5 Berekenende grootheden: Tabel 3.2

In Tabel 3.2 worden OCR en POP gegeven gebaseerd op de gemeten grensspanning en de berekende initiële verticale effectieve spanning. De verhoudingen b/a en b/c die meestal als constanten worden gezien, zijn gegeven, en uitgezet in Figuren 5.4 en 5.5. Hoewel de grootteorde wel klopt, blijken deze verhoudingsgetallen sterk afhankelijk van de dichtheid te zijn. De ingetekende krommen zijn gebaseerd op de fits voor a, b en c gegeven in het hoofdstuk "Grondparametercorrelaties".

Alle K_o -C.R.S. monsters zijn na afloop in hun geheel gedroogd om de massa van de vaste stof te bepalen. Daarna is het gloeiverlies en de soortelijke massa bepaald van resten van het monster. Daarmee is het soortelijk volume en het initiële watergehalte terug te rekenen. Deze zijn in Tabel 3.2 gegeven. v_1 in Tabel 1 is het soortelijk volume op de " b -lijn" door de grensspanning bij een spanning van 1 kPa. Er geldt dus

$$s'_y = \left(\frac{v_o}{v_1} \right)^{-1/b}$$

Met correlaties van en met v_o , v_1 en b moet het dus mogelijk zijn fits voor σ'_y af te leiden. In Tabel 3.2 zijn twee dergelijke fits gegeven. Tenslotte geeft Tabel 3.2 een waarde voor k_{gem} die als constante genomen kan worden in plaats van de variabele doorlatendheid op basis van C_k en k_o . Het is bepaald uit de met de K_o -C.R.S. proef gemeten doorlatendheid bij de rek die overeenkomt met de logaritmisches gemiddelde verticale effectieve spanning, uitgaande van de berekende initiële korrelspanning en een belastingstoename vanuit de ophoging van 50 kPa.

4 Ondergrondmodellen

In Tabellen 4.1 en 4.2 zijn de "ondergrondmodellen" voor km 11.7 en 16.7 gegeven. Hiermee zijn de basisberekeningen in MSettle uitgevoerd, met dien verstande dat niet van de optie voor variabele doorlatendheid is gebruik gemaakt. De vervangende gemiddelde doorlatendheden in Tabel 5.1 zijn daarom gebruikt.

Elk uitgevoerde K_o -C.R.S. proef representeert een laag grond en bepaalt de parameters van die laag.

5 Grondparametercorrelaties

In Figuren 5.1 t/m 5.21 worden diverse parameters van de K_o -C.R.S. proeven gecorreleerd met indexgrootheden en met elkaar. De figuren zijn zelf-verklarend. Hieronder een samenvatting van de gevonden correlatieformules.

$$a = 0.0535(r_{nat})^{-3.95} = 0.535(g_{nat}/9.81)^{-3.95} \quad g_{nat} \text{ in } kN/m^3$$

$$\begin{aligned} \text{hollandveen, gorcum licht} \quad b &= 0.33 - 0.36(r_{nat} - 1) \\ \text{graszode} \quad b &= 0.285 - 0.36(r_{nat} - 1) \\ \text{kreftenheye} \quad b &= 0.29 - 0.25(r_{nat})^{-2.11} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 0.029 - 0.05(r_{nat} - 1) \quad r_{nat} < 1.5 \text{ t}/m^3 \\ c &= 0.004 \quad r_{nat} > 1.5 \text{ t}/m^3 \end{aligned}$$

$$k_o = 1.63 \cdot 10^{-14} (C_{ke})^{-9.19} \quad [m/s]$$

$$\begin{aligned} \log k_o &= -5.5 - 15(r_{nat} - 1) \quad k_o = 10^{-5.5-15(r_{nat}-1)} = 3.2 \cdot 10^9 \cdot 10^{-15 r_{nat}} \quad [m/s] \quad r_{nat} < 1.2 \\ k_o &= 3.2 \cdot 10^{-9} \quad [m/s] \quad r_{nat} < 1.2 \end{aligned}$$

$$C_{ke} = 0.1424 v_o + 0.395$$

$$\begin{aligned} \log k_{gem} &= -5.7 - 17.9(r_{nat} - 1) \quad k_{gem} = 10^{-5.7-17.9(r_{nat}-1)} = 1.6 \cdot 10^{12} \cdot 10^{-17.9 r_{nat}} \quad [m/s] \quad r_{nat} < 1.16 \\ k_{gem} &= 2.7 \cdot 10^{-9} \quad [m/s] \quad r_{nat} < 1.16 \end{aligned}$$

$$v_1 = 1.336 \exp(9.26b)$$

$$v_o = 1.32 \exp(6.39b)$$

$$v_1 = 1.0418b^{1.374}$$

$$v_o/v_1 = 0.2456 b^{-0.4528}$$

$$\frac{1}{r_s} = \frac{N}{1.365} + \frac{1-N}{2.695}$$

De correlatieformules voor a, b en c zijn gebruikt om een alternatieve dataset voor a, b, c op te stellen; zie Tabel 5.1. Daar is tevens k_{gem} opgenomen.

5.1 Schatting doorlatendheidsparameters met gebruik van correlaties

Uitgaande van de correlatieformules

$$k_o = 1.63 \cdot 10^{-14} (C_{ke})^{-9.19} \quad [m/s]$$

$$\begin{aligned} \log k_o &= -5.5 - 15(r_{nat} - 1) \quad k_o = 10^{-5.5-15(r_{nat}-1)} = 3.2 \cdot 10^9 \cdot 10^{-15 r_{nat}} \quad [m/s] \quad r_{nat} < 1.2 \\ k_o &= 3.2 \cdot 10^{-9} \quad [m/s] \quad r_{nat} < 1.2 \end{aligned}$$

is Figuur 5.14 opgesteld die aangeeft hoe veel de doorlatendheid berekend op basis van de correlaties afwijkt van de gemeten doorlatendheid bij rekken van resp. 0 en 30%. De afwijking is groot. De correlaties zijn onbetrouwbaar. Daarom is nog een gemiddelde doorlatendheid berekend, k_{gem} , zoals in hoofdstuk 3 beschreven. Deze kan als constante genomen worden in de berekeningen. In de MSettle berekeningen is van de constante k uitgegaan.

5.2 Schatting grensspanning met gebruik van correlaties

Met de opgestelde correlaties zijn 2 fits voor de grensspanning gemaakt:

$$s'_y = \{v_o / v_1\}^{-1/b}$$

$$\text{"}v_o \text{ fit"}: s'_y = \{v_o / (1.0418v_o^{1.374})\}^{-6.39/\ln(v_o/1.32)}$$

$$\text{"}r_{nat} \text{ fit"}: s'_y = \{0.246b^{-0.453}\}^{-1/b} \quad \text{waarin } b \text{ volgt uit correlaties met } r_{nat}$$

Figuur 5.20 zet de fits af tegen de gemeten grensspanningen. De afwijkingen zijn vrij groot. De correlaties zijn onbetrouwbaar.

5.3 Sonderingen

De uitgevoerde sonderingen zijn weergegeven in Figuren 5.22 t/m 5.28.

Ook uit de sonderingen kan een grensspanning worden afgeleid. Ook c_u trouwens, maar daar wordt in dit rapport niet mee gewerkt. Onderstaande relaties zijn afkomstig van Mesri [6]

Mesri: for organic clays and silts :

$$s_u(mob) / s'_p = 0.26$$

$$s_u(mob) = \frac{q_c - s_{vo}}{16}$$

$$s'_p = \frac{q_c - s_{vo}}{4.24}$$

Mesri geeft ook aan dat voor organic clays and silts :

$$s_u(mob) / s'_p = 0.26$$

Als gesteld wordt

$$s_u(mob) = q_f$$

waarin q_f de mantelwrijving is volgt

$$s'_p = q_f / 0.26$$

Figuur 5.22 laat sondering 11-065 zien. Het is geplaatst bij km. 11.7, naast de baan. De conusweerstand is op logaritmische schaal weergegeven om het lage spanningsgebied in de slappe lagen beter zichtbaar te maken. Ook het wrijvingsgetal is op logaritmische schaal weergegeven. De wrijving, de penetratiewaterdruk en de berekende grensspanning zijn op lineaire schaal weergegeven. Tevens is het hydrostatische verloop van de waterspanning ingetekend uitgaande van resp. het slootpeil voor de holocene lagen, en de aangenomen stijghoogte in het onderliggende pleistoceen.

Met bovenstaande formules zijn 2 schattingen van de grensspanning berekend. In Figuur 5.23 zijn deze uitgezet en vergeleken met de K_o -C.R.S. proef gemeten waarden. De overeenstemming is redelijk in de minder slappe Holocene lagen, zowel voor de schatting op basis van q_c als die op basis van q_f .

Gemiddeld voldoet de schatting, maar de afwijking rondom het gemiddelde is groot. Dit kan een gevolg zijn van de geringe nauwkeurigheid van de sondering bij de lage weerstanden in de slappe lagen.

In de zeer slappe lagen met dichtheden dicht bij 1.0, is de schatting veel te hoog.

Bij km 16.7 is één sondering naast de baan geplaatst en twee sonderingen in de baan nabij zakkakens. In Figuren 5.24-5.27 zijn resp. q_c , q_f , q_f/q_c , en de penetratiewaterdruk getekend voor de drie sonderingen samen. Hierbij is het niveau van sondering 16-148 iets omhooggebracht om aan het oppervlak samen te vallen met 16-147. Voor sondering 16-145 naast de baan is in Figuur 5.28 de schatting van de grensspanning op basis van q_c resp. q_f vergeleken met de meetwaarden van de K_o -C.R.S. proef. Hier is de schatting wat te hoog, en ook hier gaat het om zeer slap materiaal.

Geconcludeerd kan worden dat

- de grensspanning globaal is te bepalen met sonderingen
- de schatting op basis van q_f doet niet onder voor die op basis van q_c en σ'_{vo} en heeft het voordeel dat de volumegewichten van de lagen niet bekend hoeven te zijn
- de nauwkeurigheid van de schattingen zijn wellicht te verbeteren door gebruik van voldoende gevoelige conussen in de slappe lagen
- voor dit moment is de nauwkeurigheid van de schattingen te gering.

De sonderingen zelf geven aanleiding tot de volgende waarnemingen:

- gebruik van de log. schaal in slappe lagen is zinvol, maar de beperkte nauwkeurigheid van de sondering moet niet uit het oog verloren worden
- de ophoging resulteert in een duidelijke toename van q_c bij km. 16.7, en beide sonderingen door de ophoging heen zijn goed vergelijkbaar.
- het wrijvingsgetal van de slappe lagen bij km. 16.7 nemen af door de ophoging en lijkt dus niet zondermeer een materiaalconstante te zijn
- de waterspanningen in het pleistoceen zijn bij km. 11.7 circa 4 kPa (40 cm waterkolom) lager dan volgt uit de aangenomen stijghoogte. Bij km. 16.7 is er goede overeenstemming.
- de waterspanningen in de slappe lagen zijn onder de ophoging groter dan naast de baan. Dit is een aanwijzing voor afgenomen doorlatendheid
- in de ophoging zijn de waterspanningen hydrostatisch vanaf een diepte van circa 2m. In de oppervlaktelaag van Klei van Tiel bij km. 16.7 (naast de baan) wordt een sterk negatieve waterspanning opgebouwd, en in de onderliggende zeer slappe grond is de toename min of meer hydrostatisch. Bij km. 11.7 wordt de waterspanning niet negatief, en is de toename in de slappe lagen wel lineair, maar sterker dan hydrostatisch.

6 Resultaten

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de verdere uitgangspunten ten behoeve van de (rest)zettingsprognose verwoord en de uiteindelijke resultaten van de zettingsberekeningen en de zakbaakfit voor de locaties km 11,65 en km 16,75 van de aardebaan van de Betuweroute Traject Sliedrecht – Gorinchem. De dwarsdoorsnede van beide profielen zoals geïnterpreteerd voor de MSettle-berekening is opgenomen in bijlage 6.1 en 6.4.

6.2 Uitgangspunten

6.2.1 Model

Alle berekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma MSettle 6.1 (build 3.1). Er is gebruik gemaakt van het onderstaande model:

Calculation type	: Integrated consolidation
Model	: Isotache
Options	: Vertical drains

6.2.2 Grondopbouw en parameters

De grondopbouw is geschematiseerd op basis van de resultaten van de boring 152/011-065 voor km 11,65 en van boring 152/016-146 voor km 16,75 (Betuweroute-nummering). Uit deze boringen zijn de monsters gekozen om met behulp van de CRS- K_0 samendrukkingsproeven een parameterset te bepalen. De bepaalde a, b en c-parameters dienen voorsnog voor genoemde MSettle-versie met een factor ln10 vermenigvuldigd te worden om in MSettle ingevoerd te worden.

6.2.3 Verticale drains

Voor de schematisering van de drains is de onderstaande input toegepast:

flow type	: radial
Bottom position	: -9,0 [m]
c.t.c. distance	: 1,15 [m] (hart op hart afstand)
Diameter	: 0,065 [m]
Time	: 17 [dagen] voor locatie 11,65 : 53 [dagen] voor locatie 16,75
Airpressure	: 0 [kPa]
Waterlevel	: -1,5 [m] voor locatie 11,65 : -1,8 [m] voor locatie 16,75
Calculations options	: Default waarden

6.2.4 Verloop ophoging

Voor beide berekeningen zijn de gehanteerde volumegewichten voor de ophoging:

$$\gamma_d = 17 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_n = 20 \text{ kN/m}^2$$

km 11,65

Op basis van de gegevens van de zakbaak 152/11-064 (Betuweroute nummering) is het verloop van de ophoging bepaald. Deze zakbaak bevindt zich in de as van de Betuweroute. De dikte van de

aangebrachte slag is bepaald door het verschil in zandhoogte én de toename van de zetting, beiden ten opzichte van de vorige meting. Zie Tabel 6.1

Activiteit/slag	Datum	Relatieve tijd [dagen]	dikte slag [m]
Aanbrengen zakbaak	24-09-2001	0	0,00
slag 1	10-10-2001	16	1,26
Aanbrengen drains	11-10-2001	17	n.v.t..
slag 2	30-10-2001	36	0,73
slag 3	20-11-2001	57	0,70
slag 4	03-12-2001	70	0,36
slag 5	28-1-2002	126	0,40

Tabel 6.11 Ophoogschema km 11,65

De totale hoeveelheid zand die tot en met slag 5 is aangebracht is 3,45 m.

De opleverdatum is 15-11-2003. Dat is dus 766 dagen na het aanbrengen van de eerste slag.

km 16,75

Op basis van de gegevens van de zakbaak 152/16-075 (Betuweroute nummering) is het verloop van de ophoging bepaald. Deze zakbaak bevindt zich in de as van de Betuweroute. De dikte van de aangebrachte slag is bepaald door het verschil in zandhoogte én de toename van de zetting, beiden ten opzichte van de vorige meting. Zie Tabel 6.2. (Gewijzigd begin juli 2002 in overleg met Chris Dijkstra: De kolom relatieve tijd is aangepast, er wordt gesimuleerd dat de zakbaak gelijktijdig is aangebracht met slag 1.)

Activiteit/slag	datum	Relatieve tijd [dagen]	Dikte slag [m]
Aanbrengen zakbaak	2-08-2000	0	0,00
slag 1,	17-07-2000	0	0,87
Aanbrengen drains	26-9-2000	70	n.v.t.
slag 2	26-09-2000	71	1,02
slag 3	08-01-2001	175	1,04
slag 4	21-03-2001	247	0,90
slag 5	14-07-2001	362	0,65
Verwijderen overhoogte	06-05-2002	658	-0,97

Tabel 6.2 Ophoogschema km 16,75

In bovenstaand ophoogschema is rekening gehouden met het feit dat de zakbaak 18 dagen na het aanbrengen van de eerste slag is aangebracht. Voor het aanbrengen van de perskade is er ca 0,42 m van het maaiveld “geroofd” en aangevuld met zand. Het zo ontstane cunet is ook in de berekening meegenomen.

De totale hoeveelheid zand die tot en met slag 5 is aangebracht is 4,48 m. Vervolgens is er 0,97 m overhoogte verwijderd.

De opleverdatum is 15-11-2003. Dat is dus 1216 dagen na het aanbrengen van de eerste slag.

De restzettingseis tussen opleveren en 10 jaar na opleveren is 300 mm.

6.2.5 Waterspanningen en stijghoogte

km 11,65

Het aangenomen freatische vlak is NAP –2,08 m en de gemiddelde stijghoogte in het Pleistoceen is NAP – 0,75 m. De gemiddelde stijghoogte per laag is bepaald en is als bijlage opgenomen. In de berekening is de waterspanning als stijghoogte per laag aangegeven door middel van een zogenoemde PN-lijn.

km 16,75

Het aangenomen freatische vlak is NAP –1,80 m en de gemiddelde stijghoogte in het Pleistoceen is NAP – 0,77 m. De gemiddelde stijghoogte per laag is bepaald en is als bijlage opgenomen. In de berekening is de waterspanning als stijghoogte per laag aangegeven door middel van een zogenoemde PN-lijn.

6.3 Zakbaakfits

Met behulp van de “zakbaak-module” in MSettle is voor de dwarsprofielen de zetting gefit aan de zakbaken:

Km 11.65 gefit aan zakbaak 152/11-064 (HBSC nr. 3062)

Km 16.75 gefit aan zakbaak 152/16-075 (HBSC nr. 4117)

Hierbij worden een aantal parameters met fitfactoren vermenigvuldigd om een optimale overeenstemming van berekening en meting te krijgen.

6.4 Extra sommen met lagere doorlatendheid

Naar aanleiding van de grote optredende zetting van de eerste slag is voor km. 16.75 een aantal berekeningen uitgevoerd met een lagere k-waarde. Dit omdat de in de K_0 -C.R.S.-proeven bepaalde doorlatendheden significant hoger zijn dan de beschikbare doorlatendheden uit de proevenverzameling van de Waardse Alliantie. Tevens is hierbij gebruik gemaakt van een nieuwere MSettle versie, 6.3 i.p.v. 6.2. De vermelde resultaten gelden derhalve voor km. 11.65 nog voor versie 6.2, maar voor km. 16.75 voor versie 6.3.

Er zijn 3 aanvullende berekeningen uitgevoerd voor km. 16.75, waarbij gevarieerd is in de k-waarde. De berekeningen zijn:

#	K-waarde
1	* 1
2	* 0,1
3	* 0,01

6.5 Resumé berekeningsresultaten

locatie	berekening	k-waarde	Zetting op opleverdatum* [m]	Zetting 10 jaar na opleveren [m]	Eindzetting na 10.000 dagen [m]	Restzetting 10 jaar na opleveren [m]
11.65	prognose	* 1	2,721	2,966	3,068	0,245
11.65	zakbaakfit		1,865	2,242	2,405	0,377**
16.75	#1 prognose	* 1	2,90	2,99	3,04	0,09
16.75	#1 zakbaakfit		2,15	2,32	2,42	0,17
16.75	#2 prognose	* 0,1	2,85	2,95	3,00	0,10
16.75	#2 zakbaakfit		2,17	2,35	2,45	0,18
16.75	#3 prognose	* 0,01	2,55	2,84	2,93	0,29
16.75	#3 zakbaakfit		2,27	2,58	2,73	0,31

* opleverdatum na 766 dagen (11.65) resp. 1216 dagen (16.75)

** onnauwkeurig: nog te weinig metingen beschikbaar

Tabel 6.4 Berekeningsresultaten.

De berekeningsresultaten worden grafisch weergegeven als volgt:

bijlage 6.1: dwarsdoorsnede grondlagen en ophoging, km. 11.65

bijlage 6.2: prognoseberekening, km. 11.65

bijlage 6.3: zakbaakfit, km. 11.65

bijlage 6.4: dwarsdoorsnede grondlagen en ophoging, km. 16.75

bijlage 6.5: prognoseberekening, km. 16.75

bijlage 6.6: zakbaakfit, km. 16.75

bijlage 6.7: stijghoogteverloop -7.495 m - NAP, km. 16.75

bijlage 6.8: k met factor 10 verlaagd, prognoseberekening, km. 16.75

bijlage 6.9: k met factor 10 verlaagd, zakbaakfit, km. 16.75

bijlage 6.10: k met factor 10 verlaagd, stijghoogteverloop -7.495 m - NAP, km. 16.75

bijlage 6.11: k met factor 100 verlaagd, prognoseberekening, km. 16.75

bijlage 6.12: k met factor 100 verlaagd, zakbaakfit, km. 16.75

bijlage 6.13: k met factor 100 verlaagd, stijghoogteverloop -7.495 m - NAP, km. 16.75

De fitfactoren staan in onderstaande tabel (tabel 6.3). Met de fitfactoren wordt hier bedoeld de waarden waarmee de oorspronkelijke parameters moeten worden vermenigvuldigd om tot een betere aansluiting van de berekeningen op de gemeten zettingen te komen.

berekening	Zakbaak	Cc (b)	C α (c)	POP	k
11.65	152/11-064	0,618	1,528	3,785	1,519
16.75 #1	152/16-075	1,008	1,440	3,46	0,276
16.75 #2		0,924	1,414	3,060	1,393
16.75 #3		0,627	1,899	2,802	4,988

Tabel 6.3: Fitfactoren

Voor beide fits hebben de laatste zettingmetingen een gewicht van achtereenvolgens 10, 7, 5, 3, 2, 1½ meegekregen in plaats van een gewicht van 1.

Opmerking: De berekening voor 11.65 is met versie 6.1 uitgevoerd; voor 16.75 met versie 6.3. Dit leidt tot geringe enkele verwaarloosbare verschillen in zetting.

7 Evaluatie

Op basis van de prognoseberekeningen voldoen beide profielen aan de gestelde restzettingseisen. Uit de zakbaakfits blijkt dat bij km 11.65 is de restzettingen groter zijn dan de eis, terwijl bij km 16.75 de restzettingen ruim onder de eis blijven.

Bij km 11.65 geeft de zakbaakfit een restzetting hoger dan de eis, echter er zijn nog te weinig metingen beschikbaar om betrouwbaar met de zakbaakmethode te kunnen extrapoleren. Derhalve moet voorsnag niet teveel waarde worden gehecht aan het 'niet voldoen' van dit profiel.

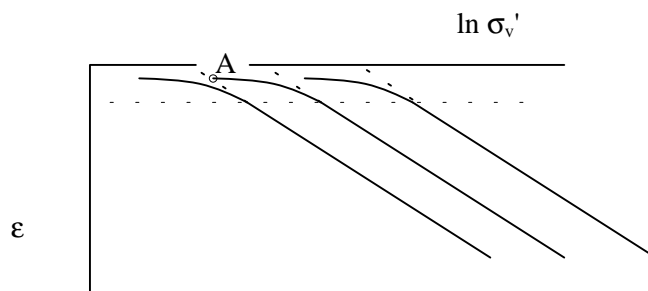
De berekende zettingen komen aanzienlijk hoger uit dan de zakbaakmetingen. De laatst gemeten zakking bij km 11.65 is circa 1.50 m terwijl de prognose circa 2.0 m was. Bij km 16.75 is dit respectievelijk circa 2.15 m en bijna 2.9 m.

De afwijking lijkt voornamelijk in het lage-spanningsbereik te ontstaan. De eerste ophoging van circa 1,26 m voor km 11.65 en 0,87 voor km 16.75 m veroorzaakt meteen een groot verschil tussen prognose en zakbaakmeting, daarna neemt het verschil niet meer zo sterk toe. De zakbaakfits bevestigen dit doordat de grensspanning met een factor van circa 3.8 respectievelijk circa 3.1 moet worden opgevoerd. De vervorming bij lage spanningen wordt daardoor beperkt. Tevens moet b enigszins worden verlaagd, en c met een factor 1.4 à 1.5 worden verhoogd.

Het verlagen van de doorlatendheid met een factor 10 helpt zowel om een betere fit te verkrijgen als lagere fitfactoren. Hiermee sluiten de voor dit project uitgevoerde K_o -C.R.S.-proeven beter aan op de bestaande proevenverzameling van de Waardse Alliantie. Over het algemeen staat de laboratoriumbepaling van de doorlatendheid ver af van de in-situ omstandigheden en een grote afwijking is niet opzienbarend. Wel is het gebruikelijk dat laboratoriumwaarden te ongunstig zijn ten opzichte van in-situ, en het omgekeerde gebeurt hier. De variabele doorlatendheid zoals bepaald uit de K_o -C.R.S. proeven (C_k , k_o) is omgezet in een $k_{\text{gemiddeld}}$, maar wellicht zou een berekening met variabele k vanzelf tot langere aanpassingstijden en dus betere aansluiting bij de meting, hebben geleid. In een van de komende versies van MSettle is het mogelijk te rekenen met een spanningsafhankelijke doorlatendheid.

Het verlagen van de doorlatendheid met een factor 100 leidt tot slechte fits en is duidelijk ongeloofwaardig.

De forse aanpassing van POP in de fits, wijst erop dat het niet modelleren van de invloed van



overconsolidatie op de isotachen, een sterke invloed op de berekende eindzetting heeft. Het is bekend, zie [3], dat bij ontlasten de eerst rechte, maagdelijke isotachen omlaag worden gebogen. Dit wordt in het bijgaande figuurtje toegelicht. De invloed van de overconsolidatie strekt zich uit tot de gebroken lijn. Daaronder zijn de isotachen recht en maagdelijk. Erboven zijn ze gebogen. In punt A is de kruipnelheid op de overgeconsolideerde isotach, hoger dan op de maagdelijke isotach. De uitwerking van de overgeconsolideerde isotachen bij herbelasten is dat een *lagere* vervorming wordt berekend. Evenals de Koppejan en NEN-modellen een hogere stijfheid kennen in het overgeconsolideerde gebied, zou dat ook in het isotachenmodel moeten zitten. Dat is nu nog niet het geval maar is in dit

onderzoek naar voren gekomen als zijnde een van de belangrijkste benodigde aanpassingen van het model. In [3] is daar reeds een formulering voor gegeven. De parameter a is in dit opzicht niet te vergelijken met $1/C_p$ respectievelijk C_s .

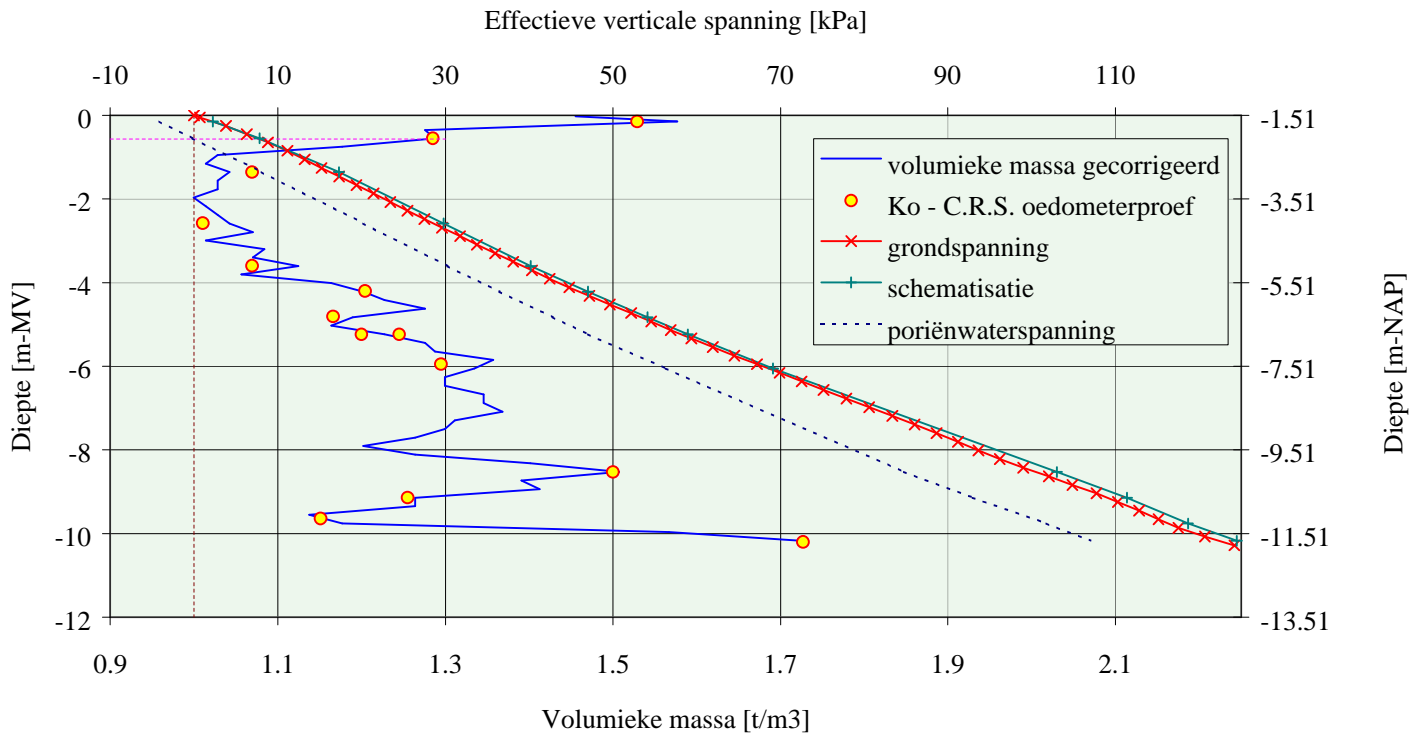
De zakbaakfits geven zonder uitzondering hogere restzettingen dan de prognoseberekningen. Dat is vooral een effect van de fitfactoren van 1.4 à 1.5 voor de kruipfactor c . Het is denkbaar dat als eenmaal het effect van overconsolidatie op de isotachen juist wordt gemodelleerd, de aanpassingen van Zakbaak minder fors kunnen zijn, niet alleen voor de grensspanning, maar ook voor b en c . Dan zullen naar verwachting *lagere* restzettingen worden berekend, zowel in de prognose als in de fit.

8 Geraadpleegde literatuur

- [1] Delft Cluster rapport "Interpretatie meetdata K_o -C.R.S. - apparaat", nr. CO-710203/22, sept. 2001
- [2] De K_o C.R.S. - proef. Geotechniek, oktober 2001
- [3] Den Haan, E.J. & Sellmeijer, J.B. (2000). Calculation of soft ground settlement with an isotache model. Geot. Spec. Publication Nr. 112, A.S.C.E., p. 93-104.
- [4] Den Haan, E.J. (1992). The formulation of virgin compression of soils. Géotechnique 3:465-484.
- [5] GeoDelft rapport "Uitvoering K_0 -CRS proeven ten behoeve van zettingsonderzoek Betuweroute Sliedrecht-Gorinchem", nr. CO-710402/90, april 2002
- [6] Mesri, G. (2001). Undrained shear strength of soft clays from push cone penetration test. Géotechnique 2: 167-168.

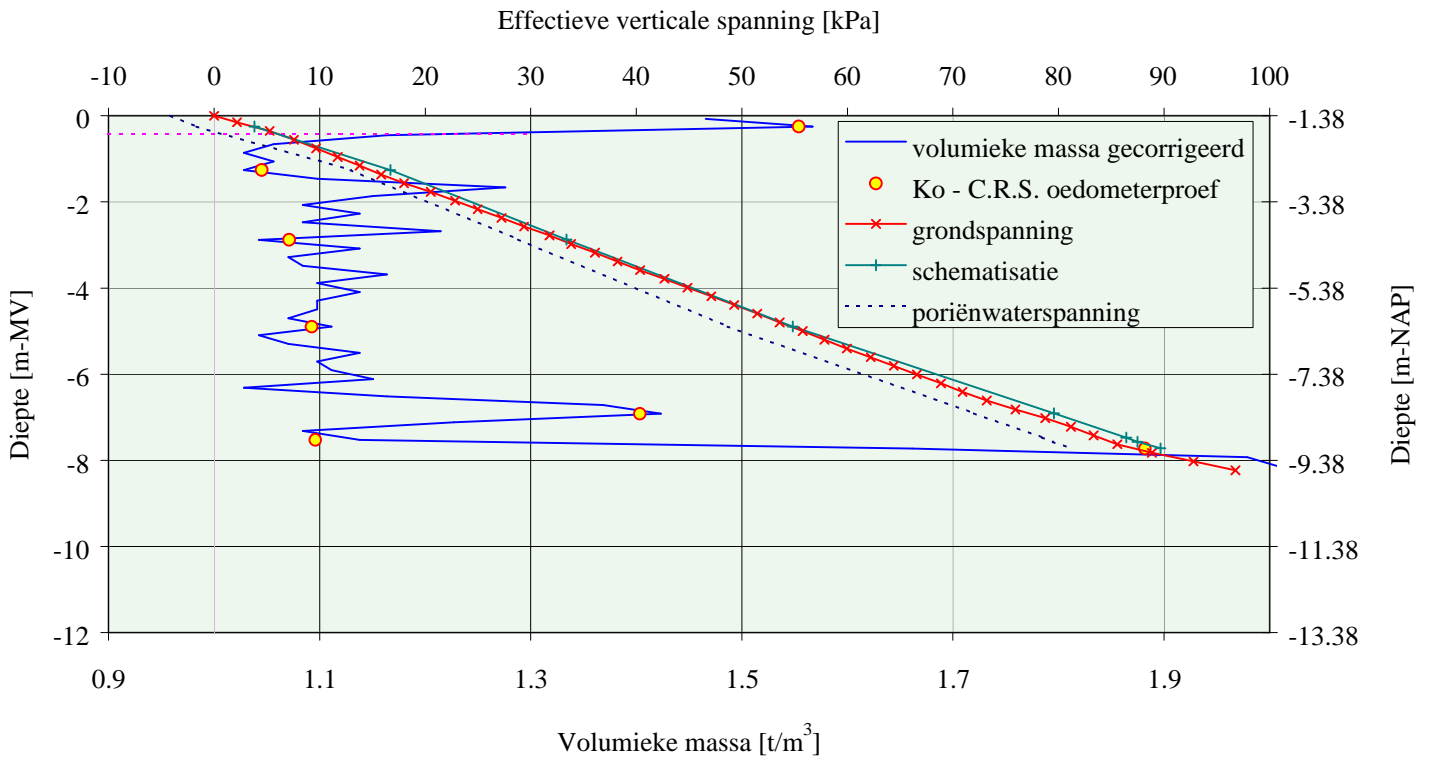
BIJLAGEN

Boring 152/011-066 (11.7)

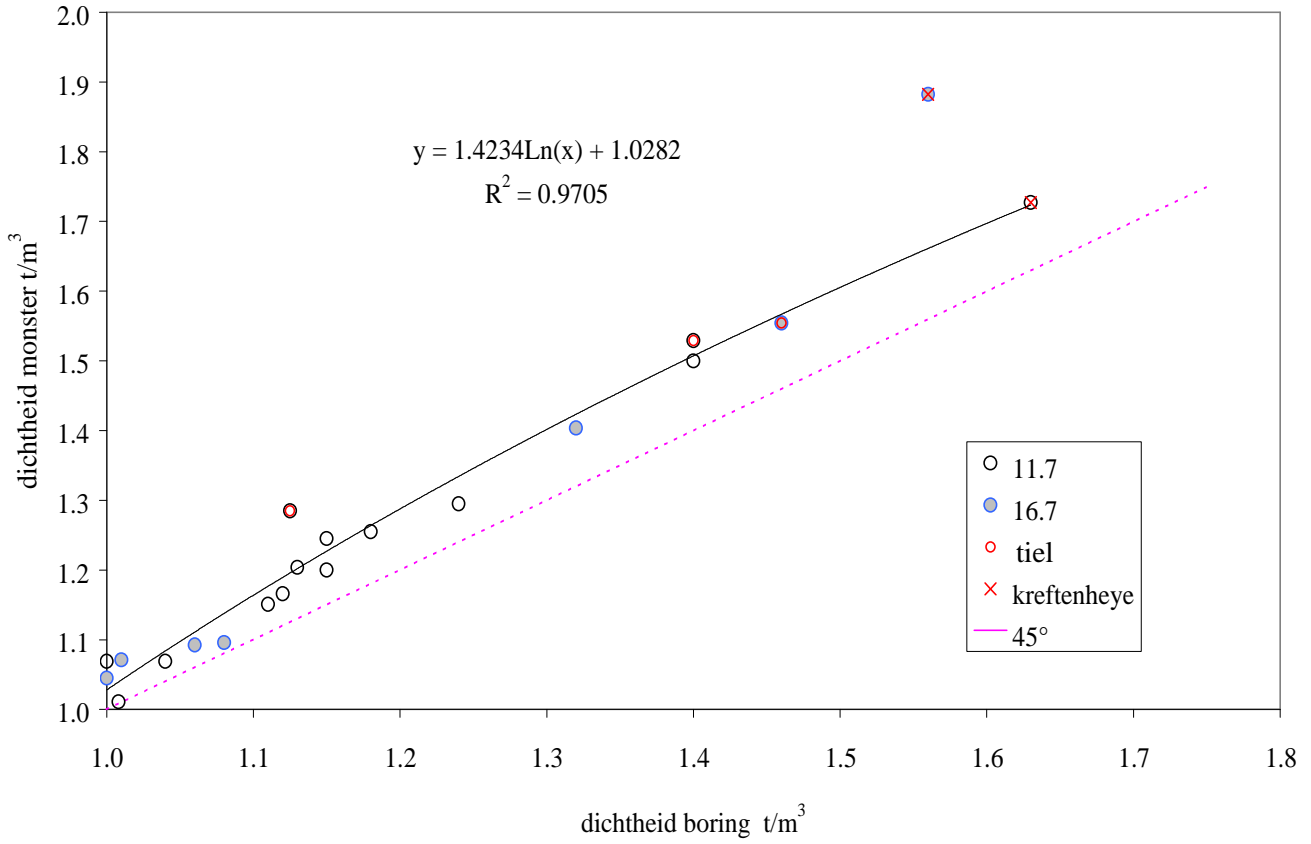


Figuur 2.1 Diepteprofielen van volumieke massa en spanningen, km. 11.7

Boring 152/016-146 (16.7)



Figuur 2.2 Diepteprofielen van volumieke massa en spanningen, km. 16.7



Figuur 2.3 Correlatie tussen gemeten dichtheid van de 20cm stukken uit de boringen, en de gemeten dichtheid van de K_0 -C.R.S. oedometermonsters, en aangehouden correctieformule

	z	ρ_{nat}	a	b	c	C_k	k_o	$K_{o,n.c.}$	$\sigma'_{vy,b}$	σ'_{vo}	σ'_{vo}	ρ_s	gloeiverlies	
	m=m.v.	t/m ³					m/s		kPa			t/m ³	bij 500°C	
km 11.7	40b	-0.15	1.529	0.0071	0.093	0.0044		0.44	45.7	6.4	6.2	2.476	0.116	
	40d	-0.55	1.285	0.015	0.18	0.015	0.169	1.4E-08	43.6	8.0	7.3			
	40d2	-0.5	1.314	0.014	0.17	0.014	0.164	1.3E-08	0.36	54.5	8.0	7.3	2.229	0.142
	41c	-1.35	1.069	0.049	0.30		0.208	4.1E-08		13.6	9.2	7.7	1.713	0.536
	42d	-2.58	1.011	0.014	0.28	0.020	0.132	3.0E-06	0.40	24.2	9.6	7.7	1.717	0.592
	43d	-3.6	1.069	0.019	0.29	0.023	0.156	2.6E-07	0.39	18.3	9.9	8.0	1.875	0.436
	44b	-4.2	1.204	0.023	0.26	0.018	0.213	1.3E-08	0.37	18.5	10.5	8.4	2.280	0.158
	44e	-4.81	1.166	0.024	0.26	0.021	0.216	2.0E-08	0.37	16.3	11.3	9.3	2.212	0.250
	45b1	-5.15	1.200	0.036	0.27		0.250	9.0E-09		13.7	11.9	9.8		
	45b2	-5.15	1.245	0.030	0.27		0.224	1.0E-08	0.39	17.6	11.9	9.8	2.323	0.200
	46a	-6.05	1.295	0.018	0.22	0.014	0.257	4.0E-09	0.46	17.8	12.8	11.5	2.462	0.098
	48c	-8.35	1.500	0.012	0.15		0.222	7.2E-09	0.51	20.3	18.3	17.0	2.613	0.057
	49a	-9.14	1.255	0.019	0.25	0.018	0.322	1.5E-09		34.2	18.4	18.8	2.388	0.130
	49d	-9.64	1.151	0.025	0.29	0.019	0.239	2.8E-09	0.36	40.4	16.9	19.6	2.000	0.399
	50a	-10.17	1.727	0.0073	0.11	0.0038	0.177	3.3E-09		29.1	17.5	21.3	2.683	0.047
km 16.7	30a	-0.25	1.554	0.012	0.085	0.0032	0.124	8.9E-10	0.41	33.7	5.5	5.1	2.472	0.126
	31a	-1.26	1.045	0.044	0.32	0.022	0.205	1.8E-07	0.30	15.1	3.7	5.8	1.571	0.607
	32d	-2.87	1.071	0.042	0.29	0.023	0.159	9.6E-07	0.29	11.4	4.6	7.1	1.872	0.420
	34d	-4.89	1.093	0.033	0.29	0.029	0.164	5.0E-07	0.35	15.2	6.2	8.2	1.927	0.385
	36d	-6.91	1.404	0.023	0.18	0.009	0.225	3.6E-09	0.46	17.4	7.6	9.9	2.497	0.092
	37b	-7.52	1.096	0.037	0.31	0.028	0.156	1.6E-07	0.33	22.2	7.9	10.7	1.926	0.370
	37b2	-7.52	1.063	0.034	0.31	0.036	0.156	4.1E-07	0.31	21.9	8.0	10.7	1.842	0.426
37c	-7.72	1.882	0.0035	0.069	0.0033	0.235	3.9E-09	0.50	21.1	8.5	11.3	2.619	0.024	

Tabel 3.1 Proefresultaten Ko-C.R.S. samendrukkingsproeven

	$\sigma'_{vy,b-a}$ kPa	$v_{cr}/(c/\tau_1)$	$\sigma'_{vyc,b-a}$	OCR	POP	b/a	b/c	v_o	w_o ber.	v_1	$\sigma'_{vy,fit1}$	$\sigma'_{vy,fit2}$	k_{gem} m/s	
km 11.7	40b	53.8	35.0	44.9	7.2	38.7	13.1	21.2	2.97	0.84	4.2	34.1	34.2	
	40d	51.1	6.5	43.3	6.0	36.0	12.2	12.2		1.25				1.1E-08
	40d2	65.4					12.0	12.3	3.76	1.21	7.4	26.5	33.7	1.1E-08
	41c	15.2			1.8	5.9	6.1		9.43	4.89	20.5	17.5	18.0	7.1E-09
	42d	25.7	5.2	22.8	3.0	15.1	20.3	14.5	9.98	4.87	24.6	17.2	15.5	2.4E-06
	43d	19.4	4.2	17.2	2.2	9.2	15.7	12.7	9.46	4.40	22.3	17.5	17.0	7.4E-08
	44b	19.9	5.2	17.5	2.1	9.1	11.3	14.1	6.47	2.42	13.8	19.5	21.4	5.5E-09
	44e						10.9	12.7	6.79	2.58	14.0	19.2	20.0	5.4E-09
	45b1	14.4			1.4	3.9	7.4			0.33			21.3	1.7E-09
	45b2	18.9			1.8	7.8	9.1		6.19	2.21	13.5	19.9	23.1	3.1E-09
	46a	18.5	7.0	16.2	1.4	4.7	11.9	15.8	4.88	1.57	9.1	22.2	25.4	1.6E-09
	48c	20.6			1.2	3.3	12.7		3.23	0.85		30.7	37.3	3.0E-09
	49a	36.0	5.4	31.5	1.7	12.7	12.6	13.7	5.36	1.81	12.8	21.1	23.6	1.4E-09
	49d	43.4	5.1	38.5	2.0	18.9	11.4	15.2	6.91	2.98	19.9	19.1	19.5	2.4E-09
50a	29.8	5.1	28.0	1.3	6.7	14.9	28.9	2.35	0.51	3.4	54.5	38.5	2.6E-09	
km 16.7	30a				6.6	28.6	7.1	26.9	2.79	0.75	3.8	37.7	29.2	6.9E-10
	31a				2.6	9.2	7.3	14.8	11.53	6.68	27.5	16.7	16.4	9.3E-08
	32d				1.6	4.3	6.9	12.6	10.45	4.98	21.1	17.1	17.1	2.4E-07
	34d				1.9	7.0	8.7	9.9	9.23	4.23	20.0	17.6	17.7	2.2E-07
	36d				1.8	7.4	7.7	19.5	3.80	1.14	6.3	26.2	31.5	2.6E-09
	37b				2.1	11.5	8.3	10.9	9.06	4.16	23.5	17.6	17.8	9.4E-08
	37b2				2.0	11.2	9.2	8.8	9.94	4.73	26.2	17.3	16.8	2.5E-07
37c				1.9	9.8	19.8	21.1	1.87	0.34	2.3	158.4	16.4	3.7E-09	

Tabel 3.2 Diverse berekende parameters Ko-C.R.S. samendrukkingsproeven

mv -1.51
gws -2.08
stijgh -0.75
pleist

Iteratieve berekening ϕ_o .
Kwel vanuit pleistoceen.
Freatisch boven gws.

	b.k. laag		ρ	γ_{nat}	a	b	c	$p_{g,b}$	C_k	k_o	k_o	Iteratieve berekening ϕ_o .		u_o	σ_v	σ'_v	OCR	POP
	m+MV	m+NAP										ϕ_o^*	ϕ_o^{**}					
	0		t/m3	kN/m3				kPa		m/s	m/d	m+NAP	m+NAP	kPa	0	kPa		
40b	-0.15	-1.51	1.529	15.00	0.0071	0.093	0.0044	45.7	1000	1.0E-07	8.6E-03	-2.08	-2.08	-4.12	2.25	6.37	7.2	39.3
40d2	-0.55	-1.86	1.314	12.89	0.0140	0.168	0.0137	54.5	0.1644	1.3E-08	1.2E-03	-2.08	-2.08	-0.20	7.83	8.02	6.8	46.5
41c	-1.36	-2.47	1.069	10.49	0.0492	0.298	0.0199	13.6	0.2080	4.1E-08	3.5E-03	-2.05	-2.05	8.09	17.30	9.21	1.5	4.4
42d	-2.58	-3.48	1.011	9.91	0.0139	0.283	0.0195	24.2	0.1317	3.0E-06	2.6E-01	-2.03	-2.03	20.23	29.78	9.55	2.5	14.7
43d	-3.60	-4.60	1.069	10.49	0.0188	0.294	0.0231	18.3	0.1556	2.6E-07	2.2E-02	-2.03	-2.03	30.25	40.19	9.93	1.8	8.4
44b	-4.22	-5.42	1.204	11.81	0.0231	0.260	0.0184	18.5	0.2127	1.3E-08	1.2E-03	-2.03	-2.01	36.47	47.01	10.55	1.7	7.9
44e	-4.83	-6.03	1.166	11.44	0.0239	0.260	0.0205	16.3	0.2163	2.0E-08	1.7E-03	-1.99	-1.97	42.80	54.13	11.33	1.4	5.0
45b2	-5.24	-6.54	1.245	12.21	0.0299	0.272	0.0181	17.6	0.2240	1.0E-08	8.9E-04	-1.97	-1.95	47.07	58.95	11.89	1.5	5.7
46a	-6.05	-7.15	1.295	12.70	0.0184	0.218	0.0138	17.8	0.2569	4.0E-09	3.4E-04	-1.91	-1.82	56.32	69.13	12.81	1.4	5.0
48c	-8.53	-8.80	1.500	14.72	0.0120	0.152	0.0101	20.3	0.2220	7.2E-09	6.2E-04	-1.55	-1.39	84.77	103.02	18.25	1.1	2.0
49a	-9.14	-10.34	1.255	12.31	0.0195	0.246	0.0179	34.2	0.3222	1.5E-09	1.3E-04	-1.36	-1.17	92.98	111.37	18.39	1.9	15.8
49d	-9.76	-10.96	1.151	11.29	0.0251	0.285	0.0188	40.4	0.2394	2.8E-09	2.5E-04	-0.99	-0.90	101.77	118.67	16.90	2.4	23.5
50a	-10.17	-11.48	1.727	16.94	0.0073	0.109	0.0038	29.1	0.1766	3.3E-09	2.8E-04	-0.83	-0.78	107.00	124.50	17.49	1.7	11.6
	-10.37	-11.68										-0.75						

* op de laagscheiding boven het punt

** ter hoogte van het punt

Tabel 4.1 Ondergrondmodel km 11.7

mv -1.38
 gws -1.8
 stijgh pleist -0.78 bovenkant
 laag

Iteratieve berekening ϕ_o .
 Kwel vanuit pleistoceen.
 Freatisch boven gws.

monster	m+MV	m+NAP	ρ t/m3	γ_{nat} kN/m3	a	b	c	$p_{g,b}$ kPa	C_k	k_o m/s	k_o m/d	ϕ_o^* m+NAP	ϕ_o^{**} m+NAP	u_o -4.12	σ_v 0	σ'_v kPa	OCR	POP
30a	-0.25	-1.38	1.554	15.2	0.0119	0.085	0.0032	33.7	0.124	8.9E-10	7.7E-05	-1.80	-1.80	-1.67	3.81	5.48	6.1	28.2
31a	-1.26	-2.14	1.045	10.3	0.0441	0.321	0.0217	15.1	0.205	1.8E-07	1.5E-02	-1.32	-1.32	12.95	16.69	3.74	4.0	11.3
32d	-2.87	-3.45	1.071	10.5	0.0420	0.289	0.0229	11.4	0.159	9.6E-07	8.3E-02	-1.31	-1.31	28.81	33.40	4.59	2.5	6.8
34d	-4.89	-5.26	1.093	10.7	0.0326	0.285	0.0289	15.2	0.164	5.0E-07	4.3E-02	-1.31	-1.31	48.66	54.83	6.17	2.5	9.0
36d	-6.91	-7.28	1.404	13.8	0.0227	0.175	0.0090	17.4	0.225	3.6E-09	3.1E-04	-1.31	-0.95	72.00	79.56	7.57	2.3	9.8
37b	-7.47	-8.57	1.096	10.8	0.0369	0.307	0.0281	22.2	0.156	1.6E-07	1.4E-02	-0.85	-0.85	78.48	86.43	7.95	2.8	14.2
37b2	-7.57	-8.90	1.063	10.4	0.0340	0.314	0.0358	21.9	0.156	4.1E-07	3.5E-02	-0.85	-0.85	79.47	87.49	8.02	2.7	13.9
37c	-7.72	-9.03	1.882	18.5	0.0035	0.069	0.0033	21.1	0.235	3.9E-09	3.4E-04	-0.85	-0.82	81.18	89.66	8.48	2.5	12.6
	-8.00	-9.24											-0.78					

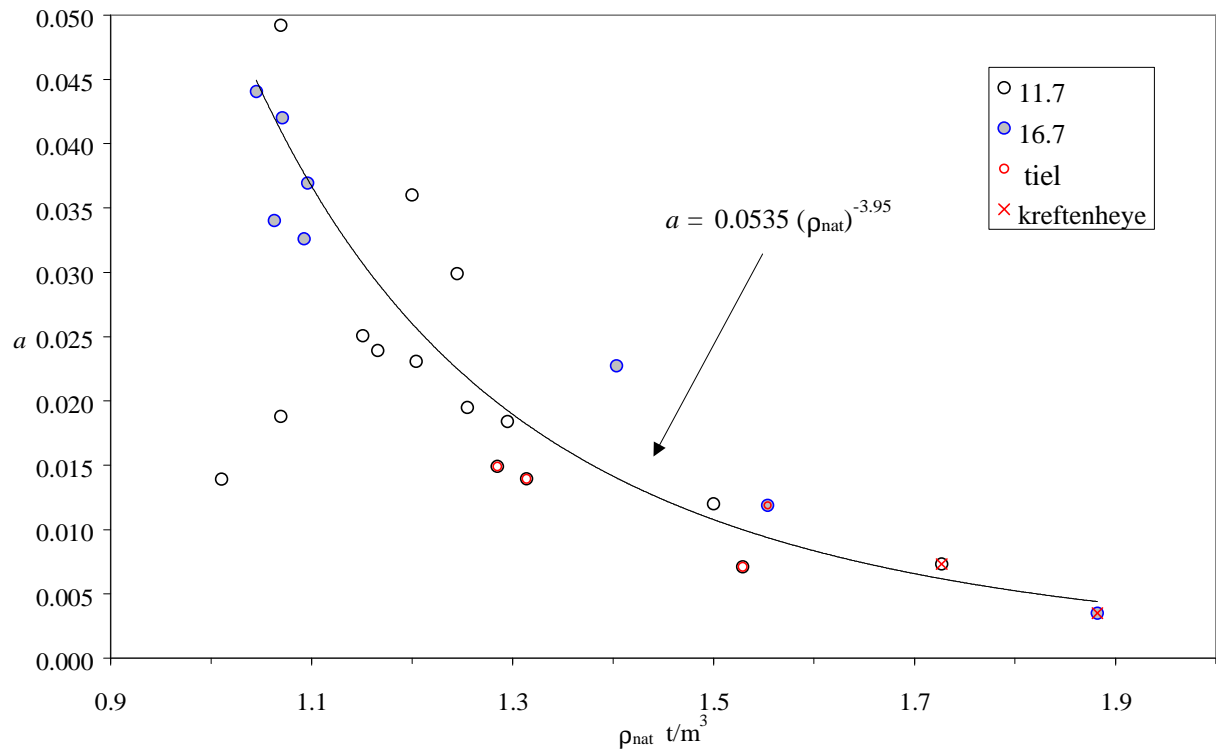
* op de laagscheiding boven het punt

** ter hoogte van het punt

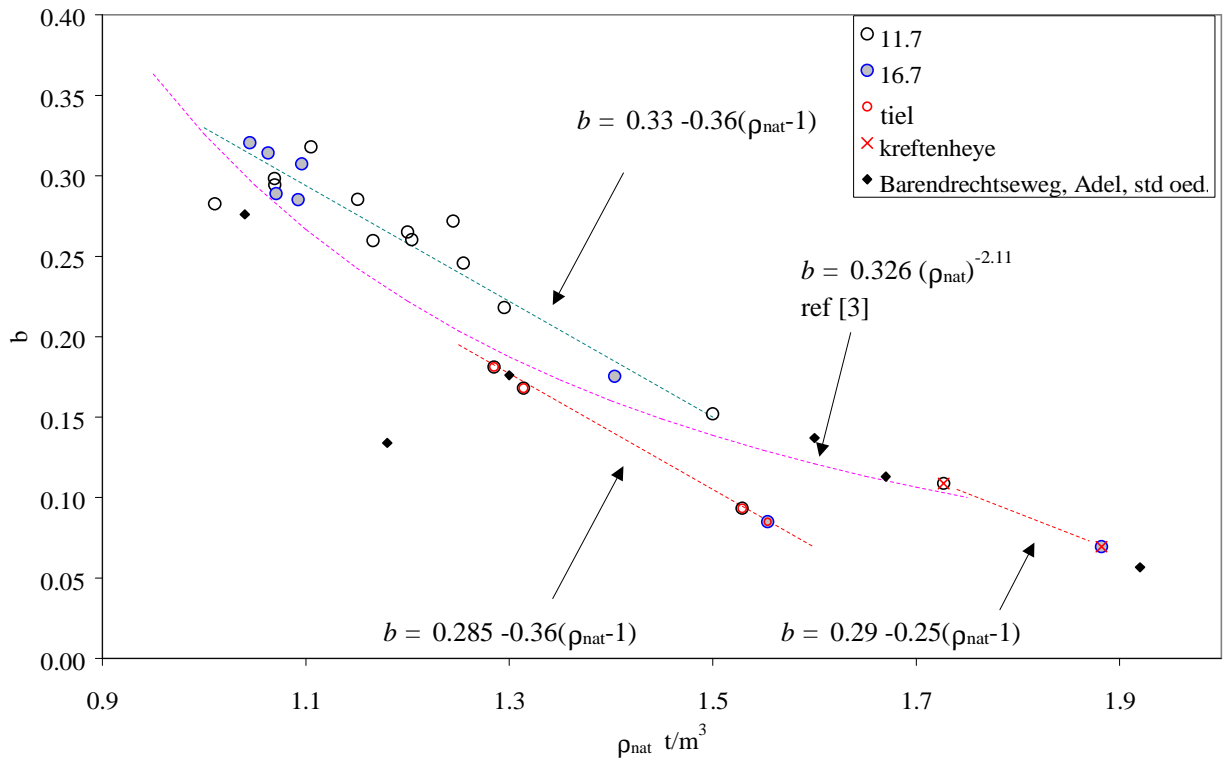
Tabel 4.2 Ondergrondmodel km 16.7

	z	ρ_{nat}	a	b	c	k_{gem}	
	m=m.v.	t/m ³				m/s	
km 11.7	40b	-0.15	1.529	0.0100	0.095	0.0040	1.1E-08
	40d	-0.55	1.285	0.0199	0.182	0.0148	1.1E-08
	40d2	-0.5	1.314	0.0182	0.183	0.0133	1.1E-08
	41c	-1.35	1.069	0.0411	0.283	0.0255	7.1E-09
	42d	-2.58	1.011	0.0513	0.319	0.0285	2.4E-06
	43d	-3.6	1.069	0.0410	0.283	0.0255	7.4E-08
	44b	-4.2	1.204	0.0257	0.220	0.0188	5.5E-09
	44e	-4.81	1.166	0.0292	0.236	0.0207	5.4E-09
	45b1	-5.15	1.200	0.0260	0.222	0.0190	1.7E-09
	45b2	-5.15	1.245	0.0225	0.205	0.0168	3.1E-09
	46a	-6.05	1.295	0.0193	0.189	0.0143	1.6E-09
	48c	-8.35	1.500	0.0108	0.139	0.0040	3.0E-09
	49a	-9.14	1.255	0.0218	0.202	0.0163	1.4E-09
	49d	-9.64	1.151	0.0307	0.242	0.0215	2.4E-09
	50a	-10.17	1.727	0.0062	0.11	0.0040	2.6E-09
km 16.7	30a	-0.25	1.554	0.0094	0.086	0.0040	6.9E-10
	31a	-1.26	1.045	0.0450	0.297	0.0268	9.3E-08
	32d	-2.87	1.071	0.0408	0.282	0.0255	2.4E-07
	34d	-4.89	1.093	0.0377	0.270	0.0244	2.2E-07
	36d	-6.91	1.404	0.0140	0.159	0.0088	2.6E-09
	37b	-7.52	1.096	0.0372	0.269	0.0242	9.4E-08
	37b2	-7.52	1.063	0.0420	0.287	0.0259	2.5E-07
	37c	-7.72	1.882	0.0044	0.07	0.0040	3.7E-09

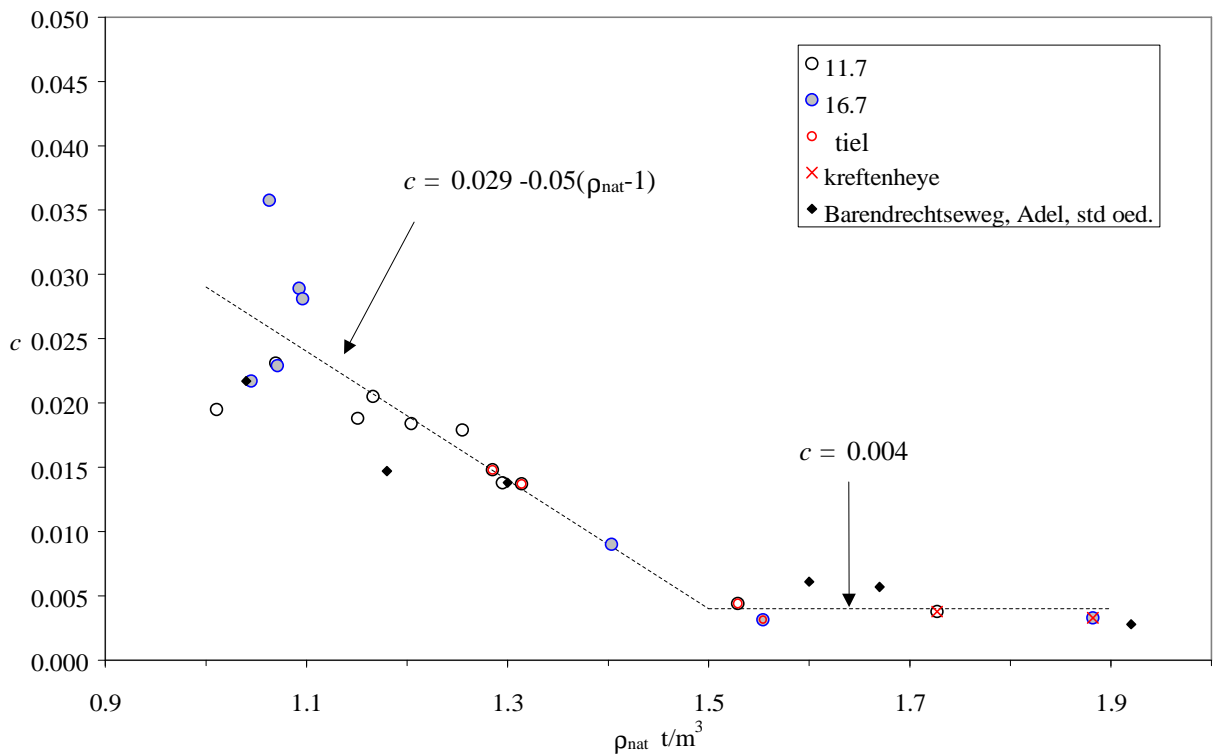
Tabel 5.1 Parameters bepaald uit correlaties



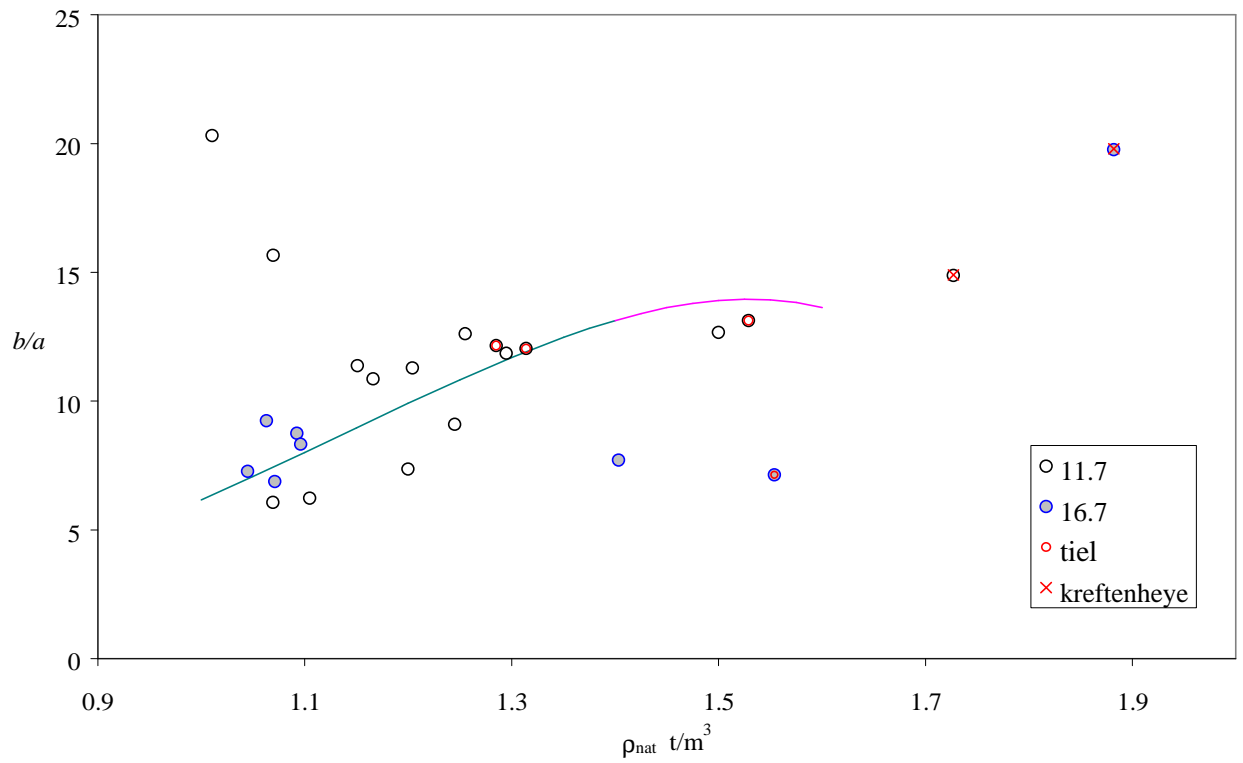
Figuur 5.1 Correlatie van a met dichtheid



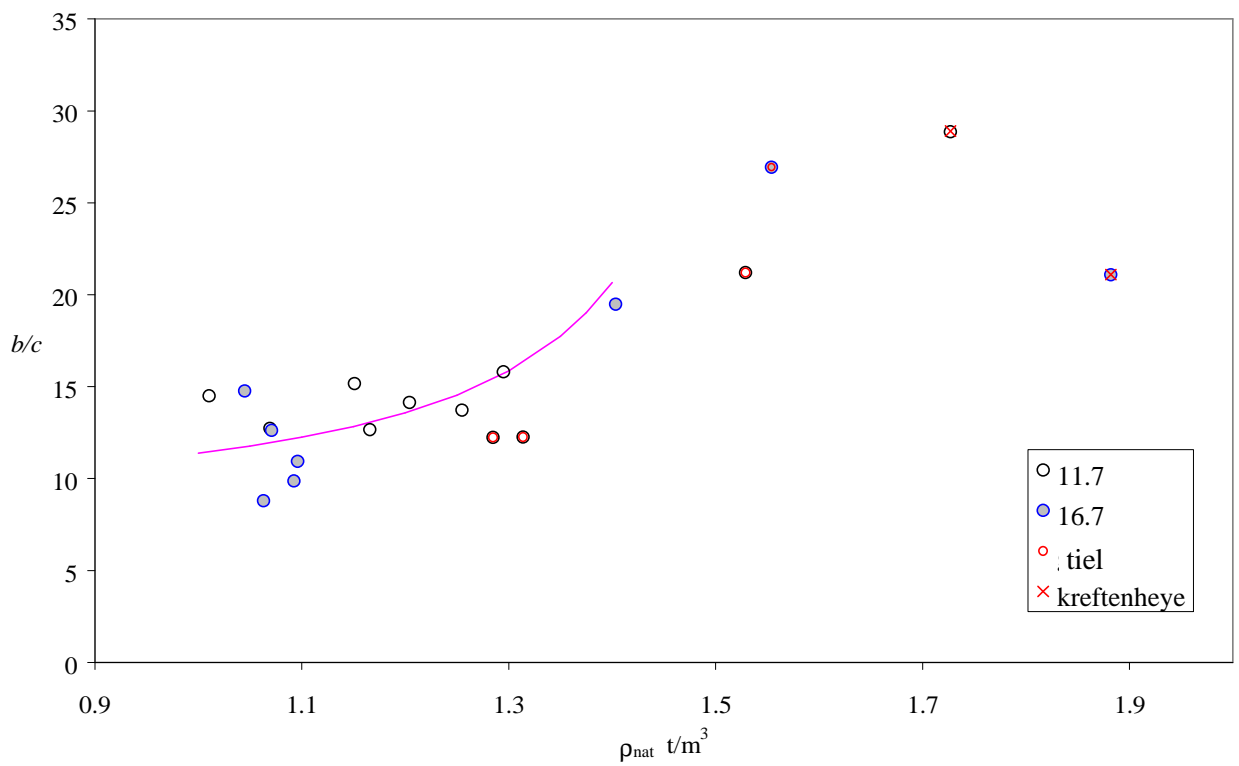
Figuur 5.2 Correlatie van b met dichtheid



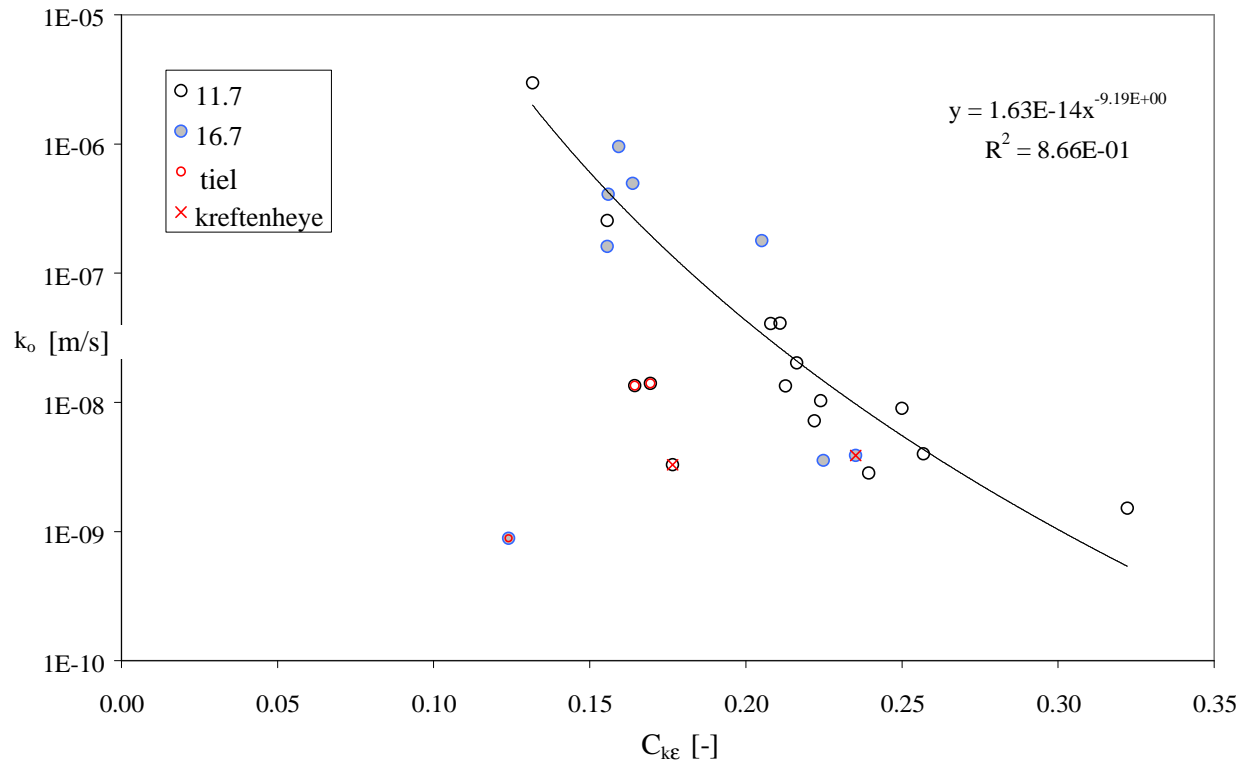
Figuur 5.3 Correlatie van c met dichtheid



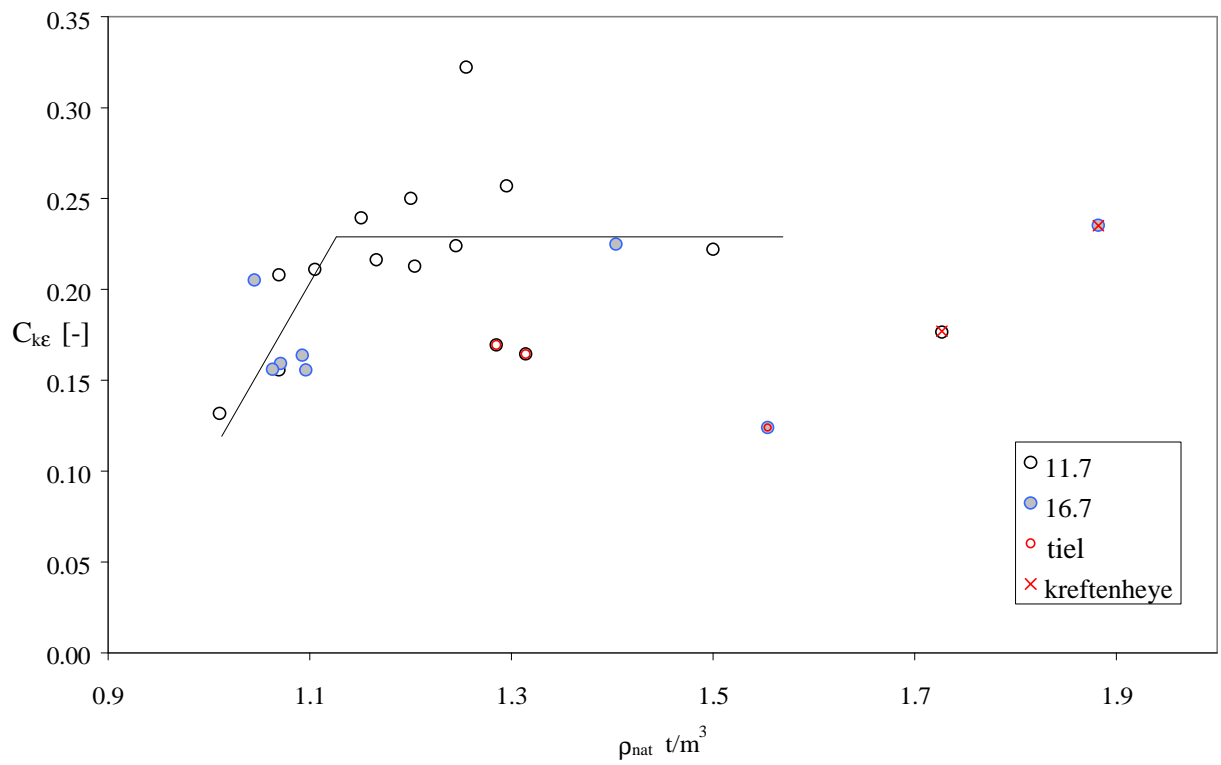
Figuur 5.4 Correlatie van b/a met dichtheid



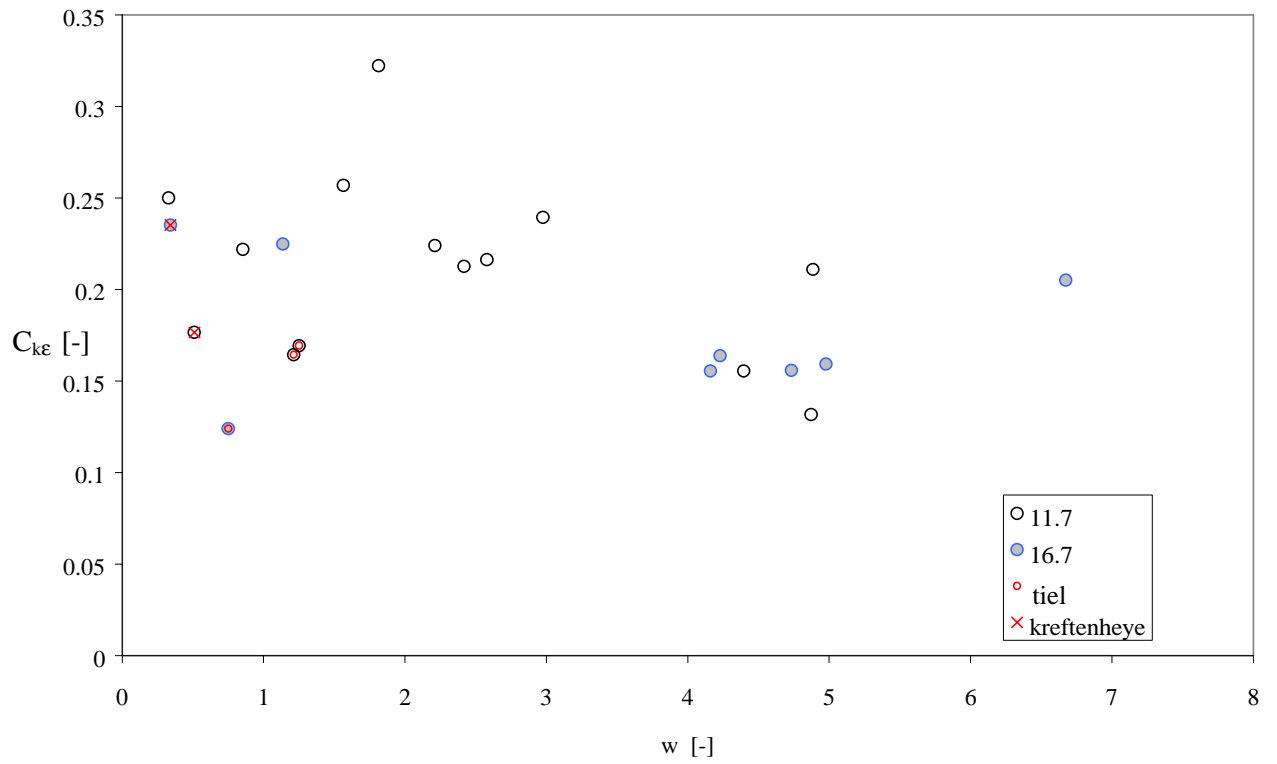
Figuur 5.5 Correlatie van b/c met dichtheid



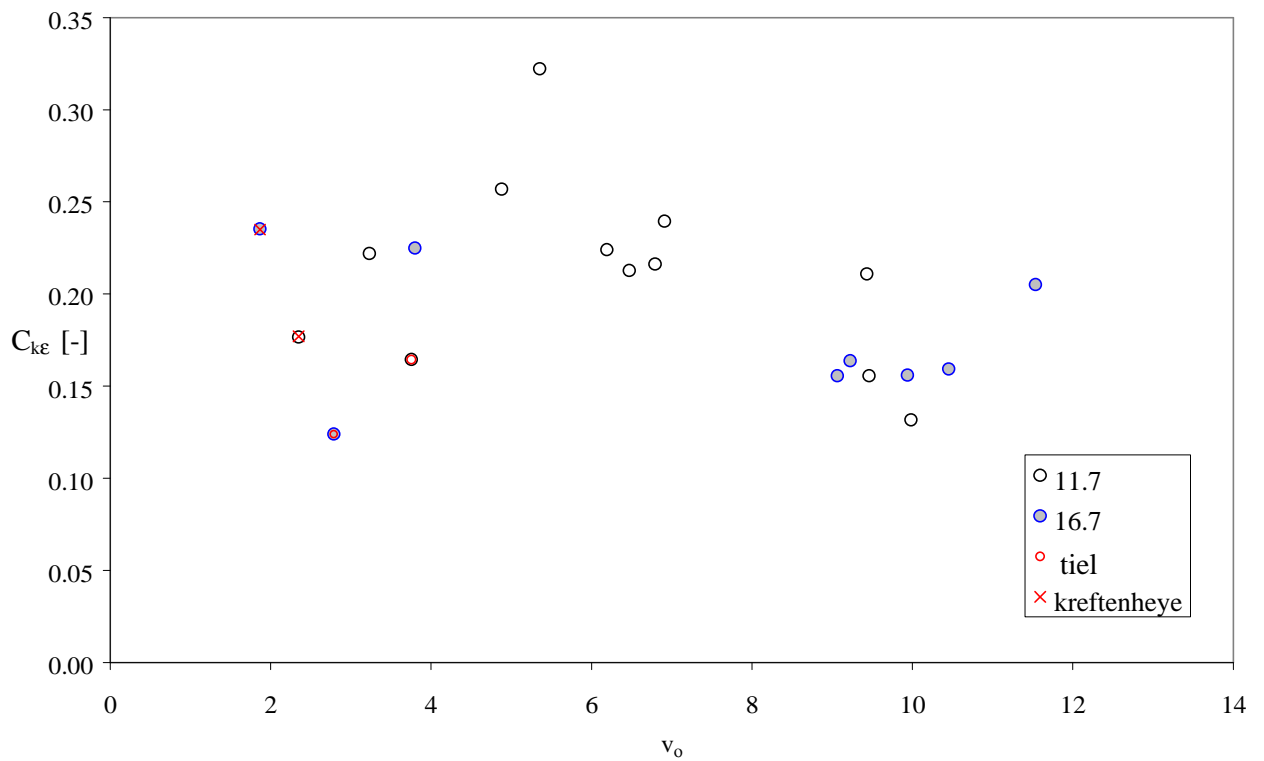
Figuur 5.6 Correlatie van k_0 met $C_{k\epsilon}$



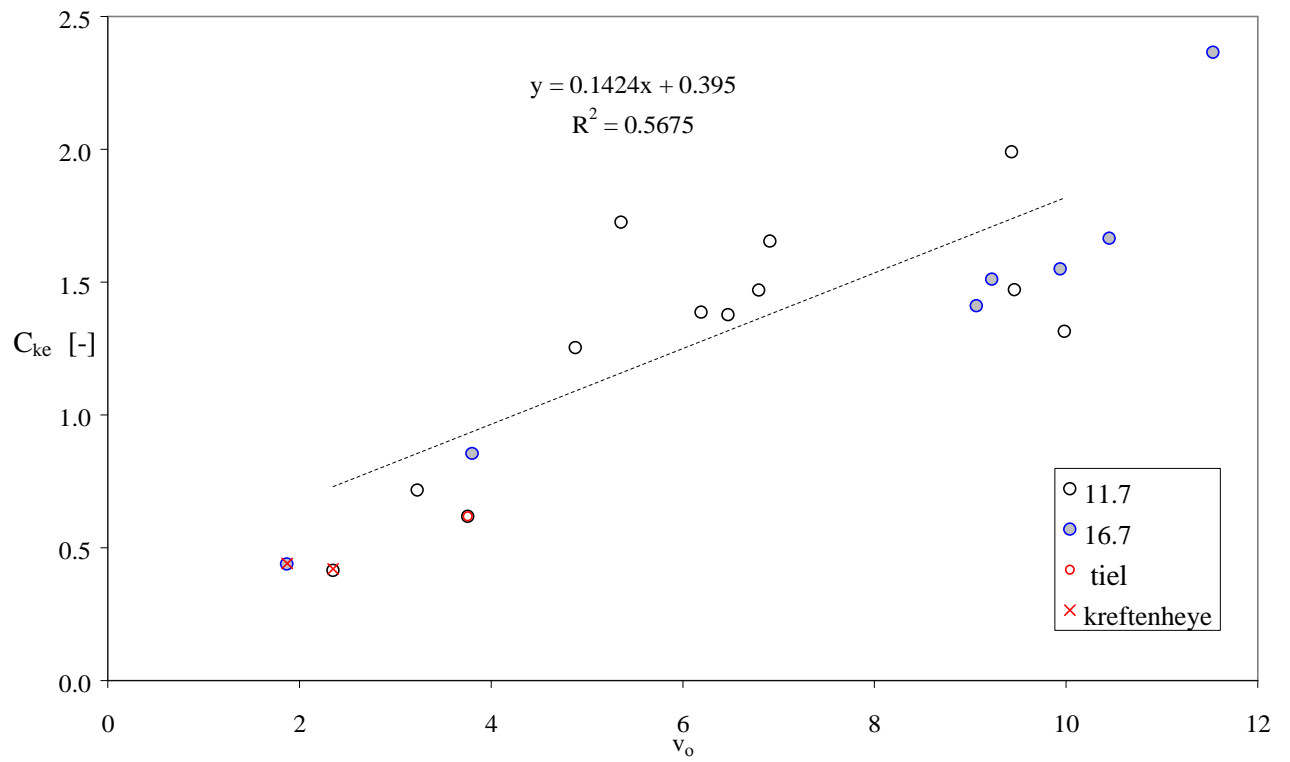
Figuur 5.7 Correlatie van $C_{k\epsilon}$ met dichtheid



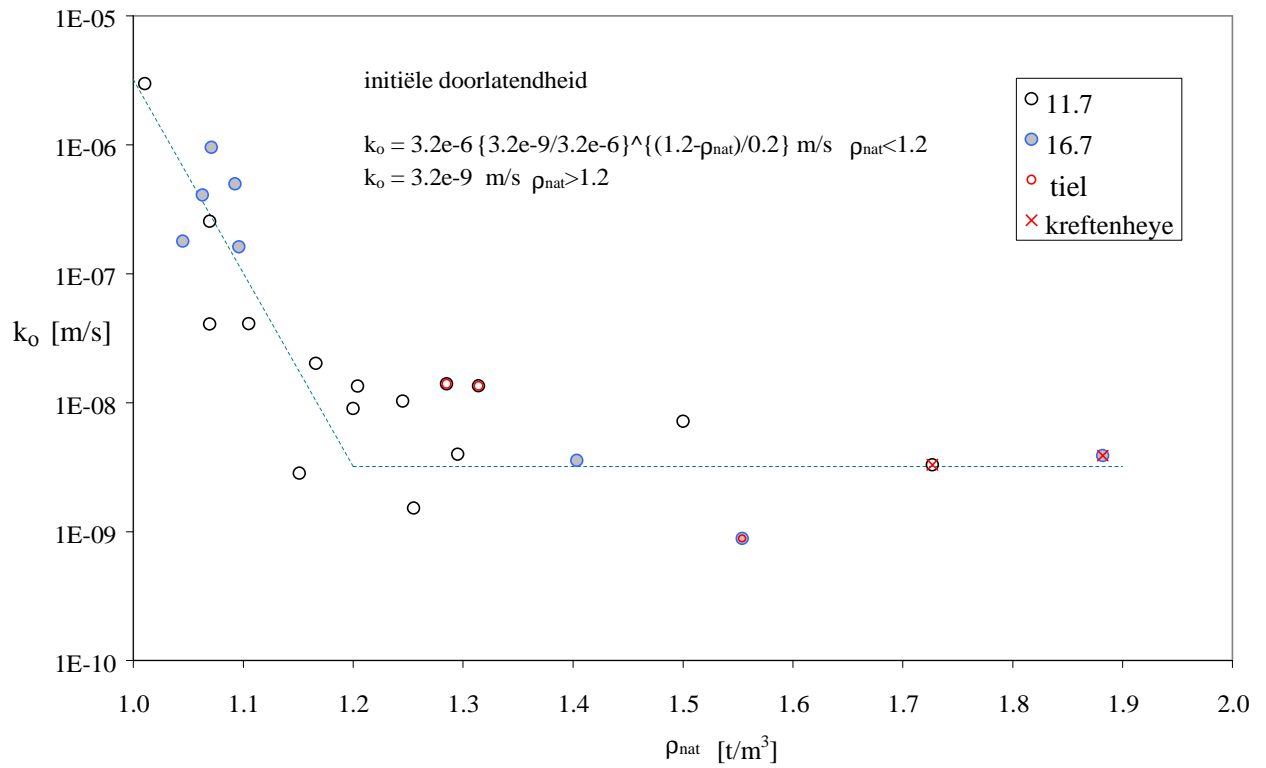
Figuur 5.8 Correlatie van $C_{k\epsilon}$ met (teruggerekende) initiële watergehalte



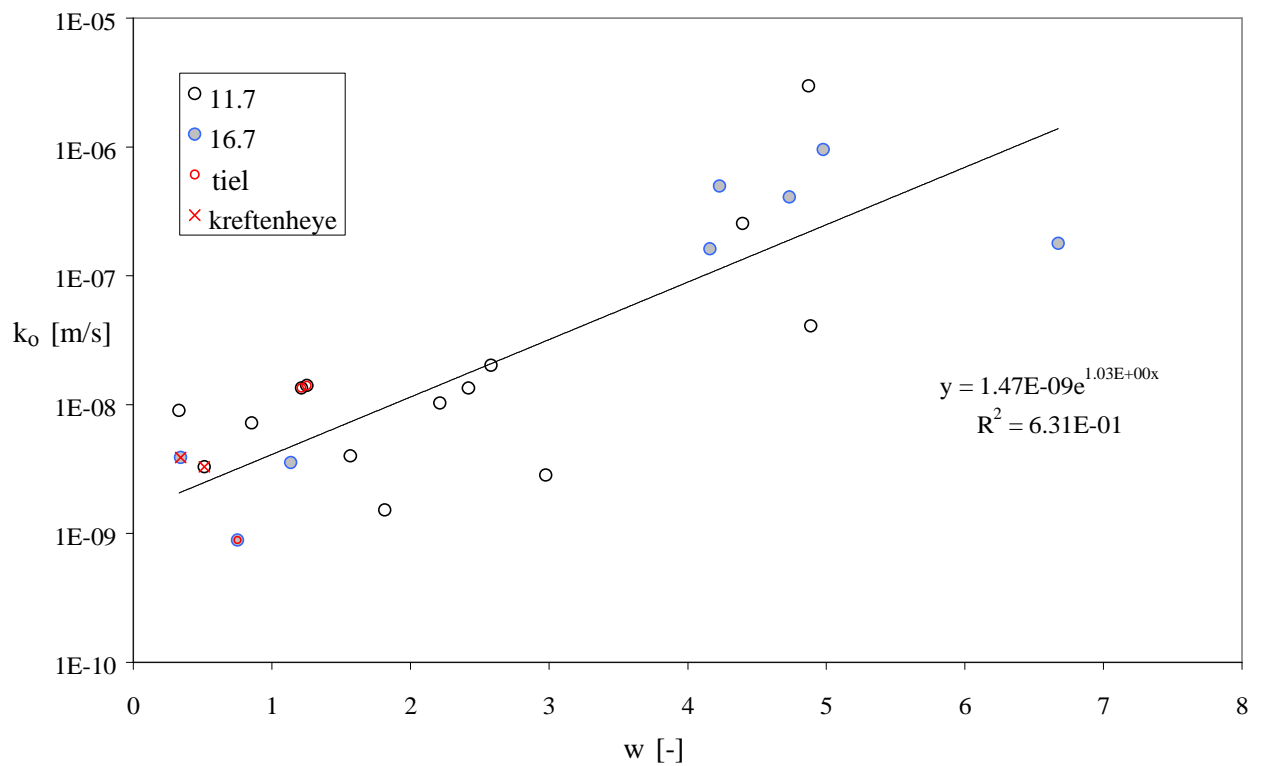
Figuur 5.9 Correlatie van $C_{k\epsilon}$ met initiaal soortelijk volume v_o



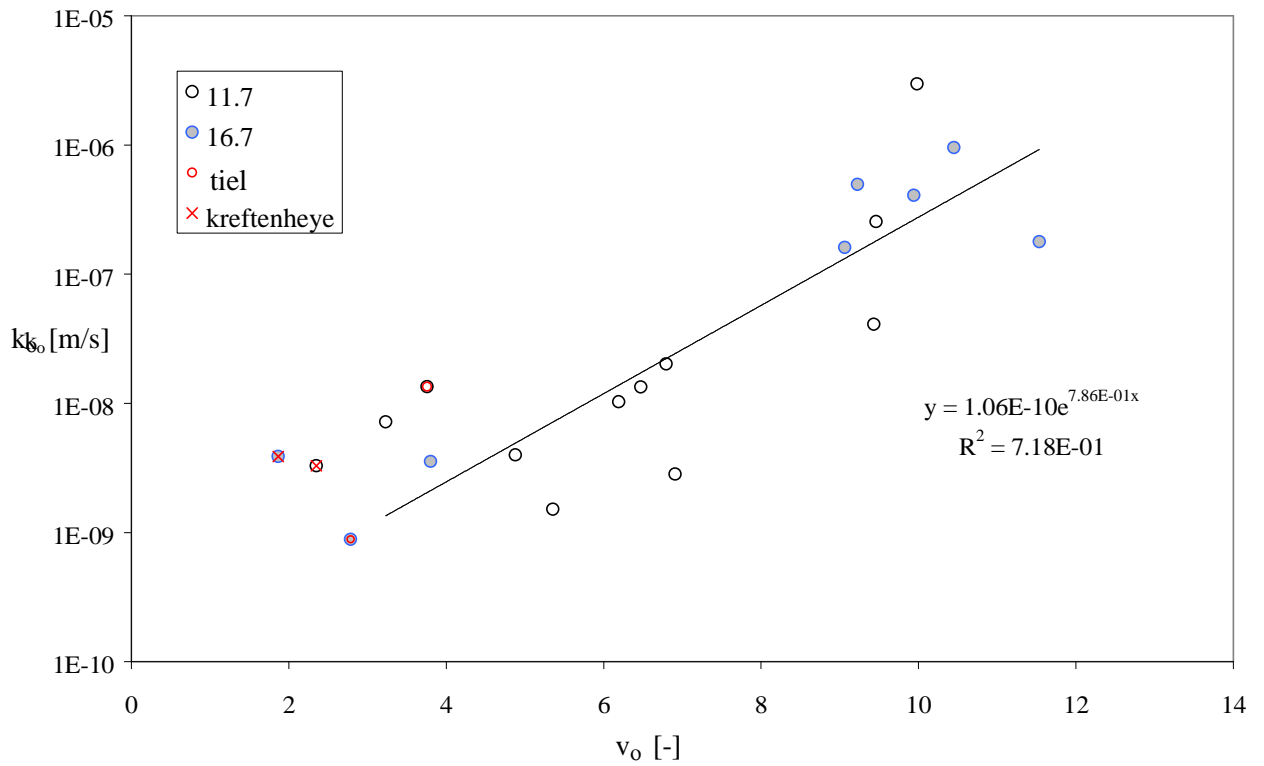
Figuur 5.10 Correlatie van C_{ke} met initieel soortelijk volume v_0



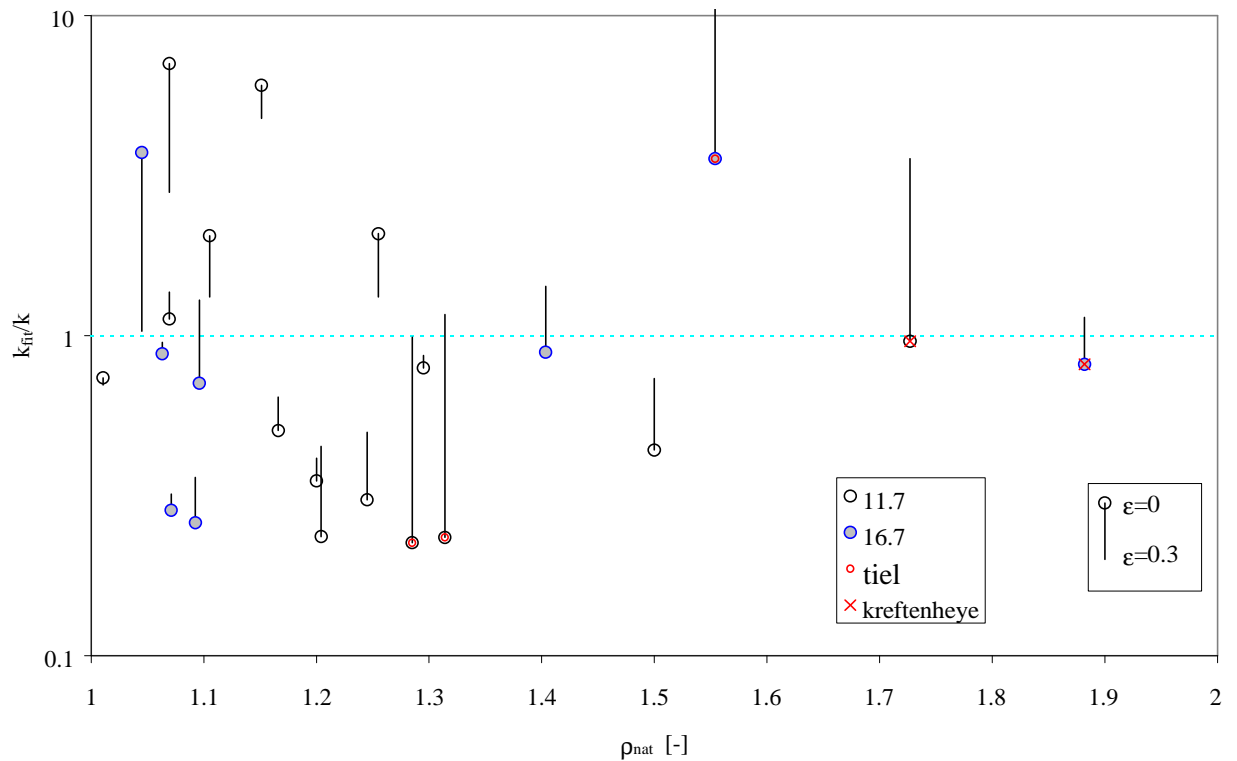
Figuur 5.11 Correlatie van k_0 met dichtheid



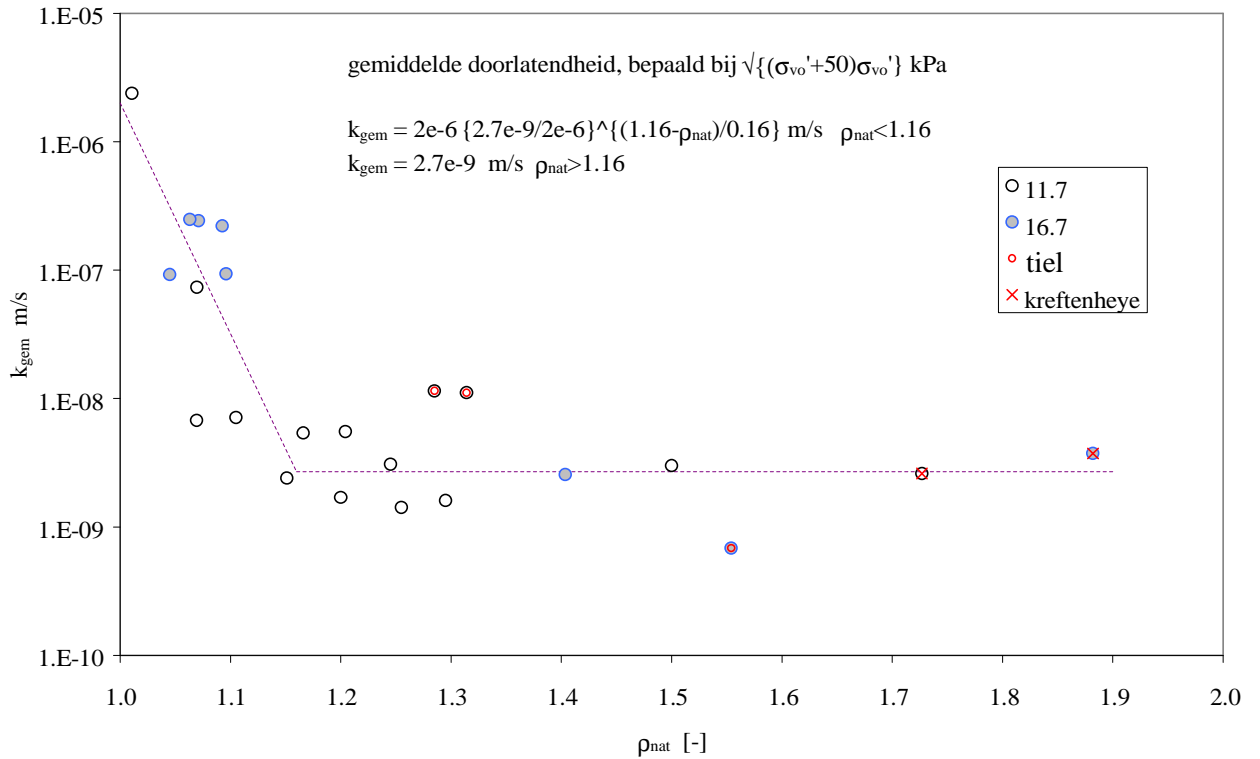
Figuur 5.12 Correlatie van k_0 met (teruggerekende) initiële watergehalte



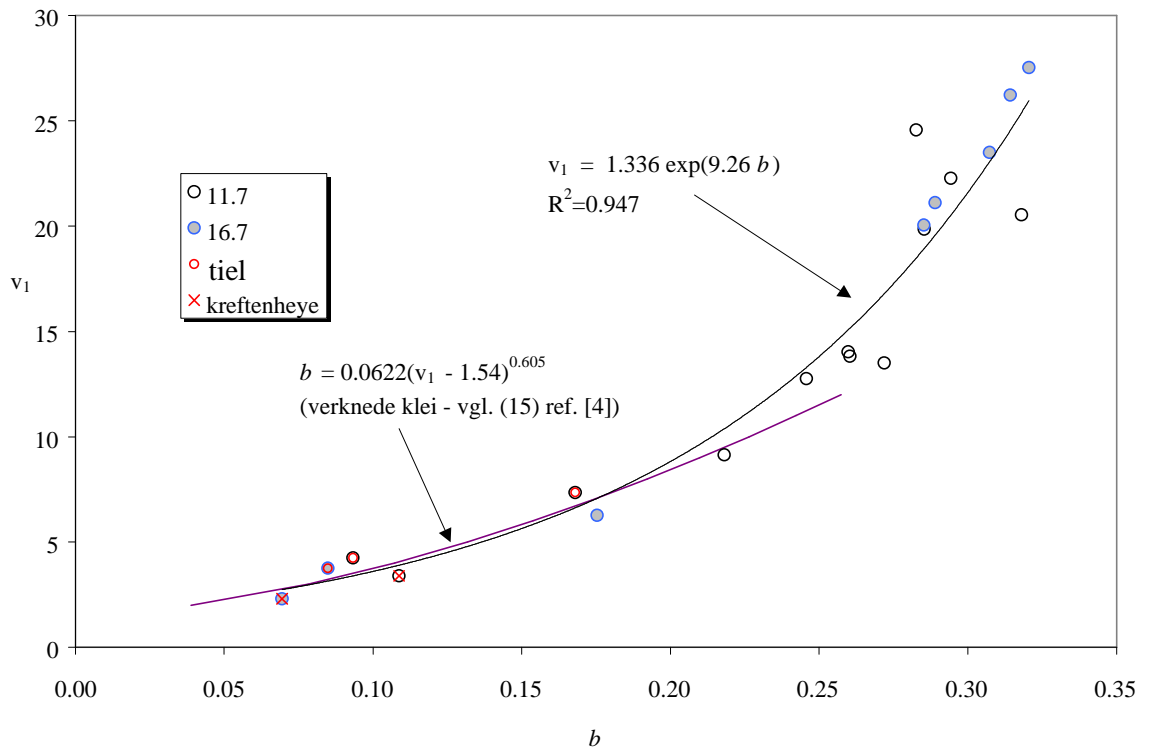
Figuur 5.13 Correlatie van doorlatendheid k_0 met initieel soortelijk volume v_0



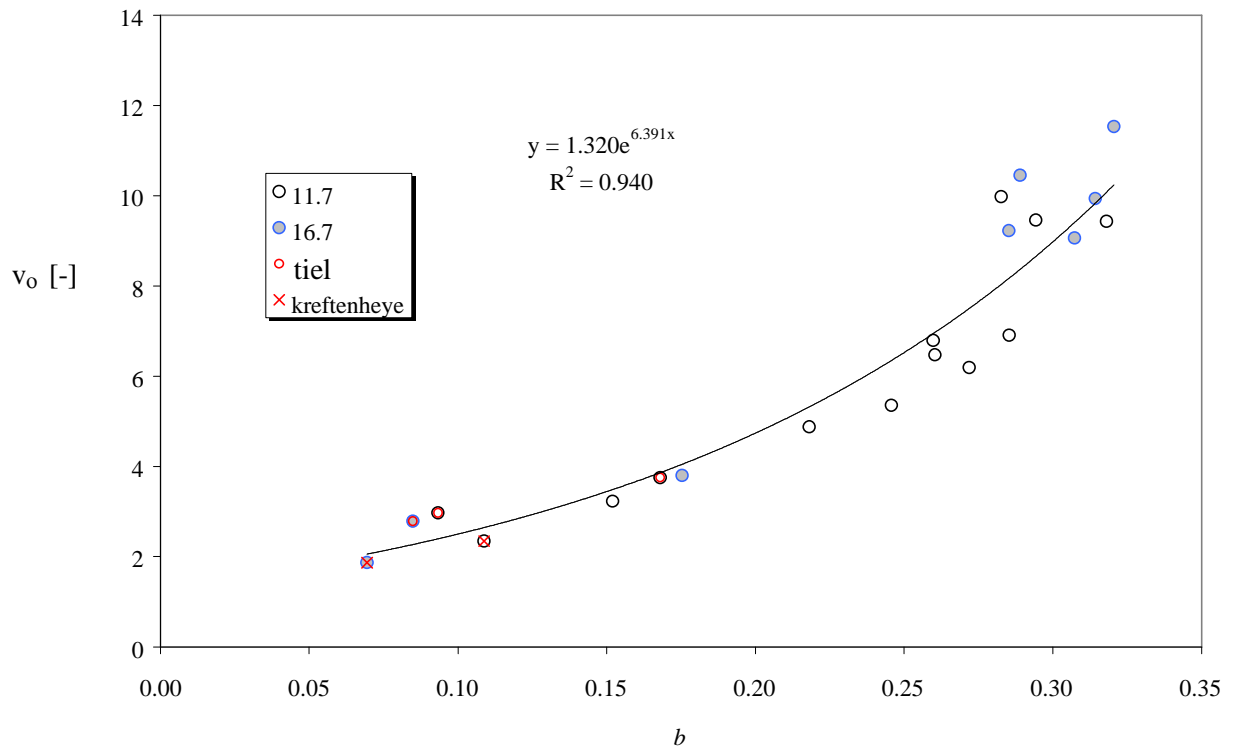
Figuur 5.14 Toetsing van fitformules voor doorlatendheid op basis van de correlaties in Fig. 9 ($C_{k\epsilon}-k_0$) en Fig. 13 ($k_0-\rho_{nat}$), aan gemeten doorlatendheden bij rekken van 0 en 30%



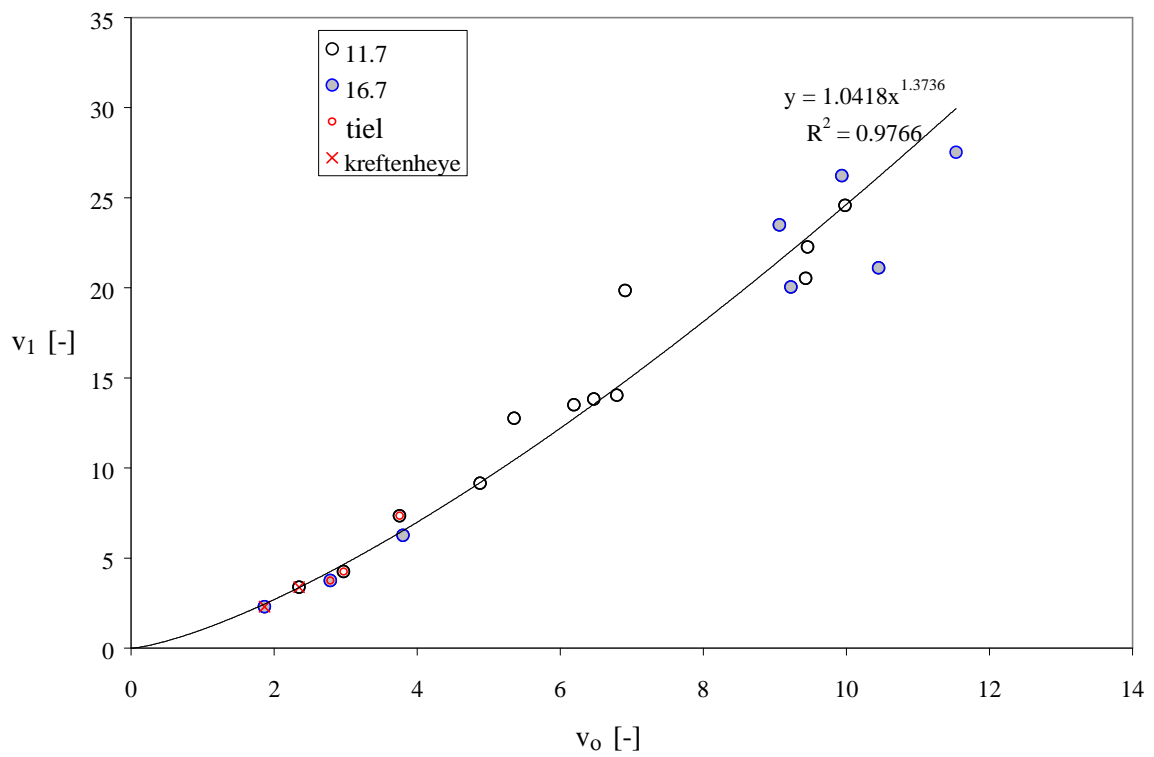
Figuur 5.15 Correlatie van gemiddelde doorlatendheid met dichtheid. Gemiddelde bepaald uit rek bij logarithmisch gemiddelde spanning bij spanningstoename van 50 kPa, en C_k, k_o waarden per proef.



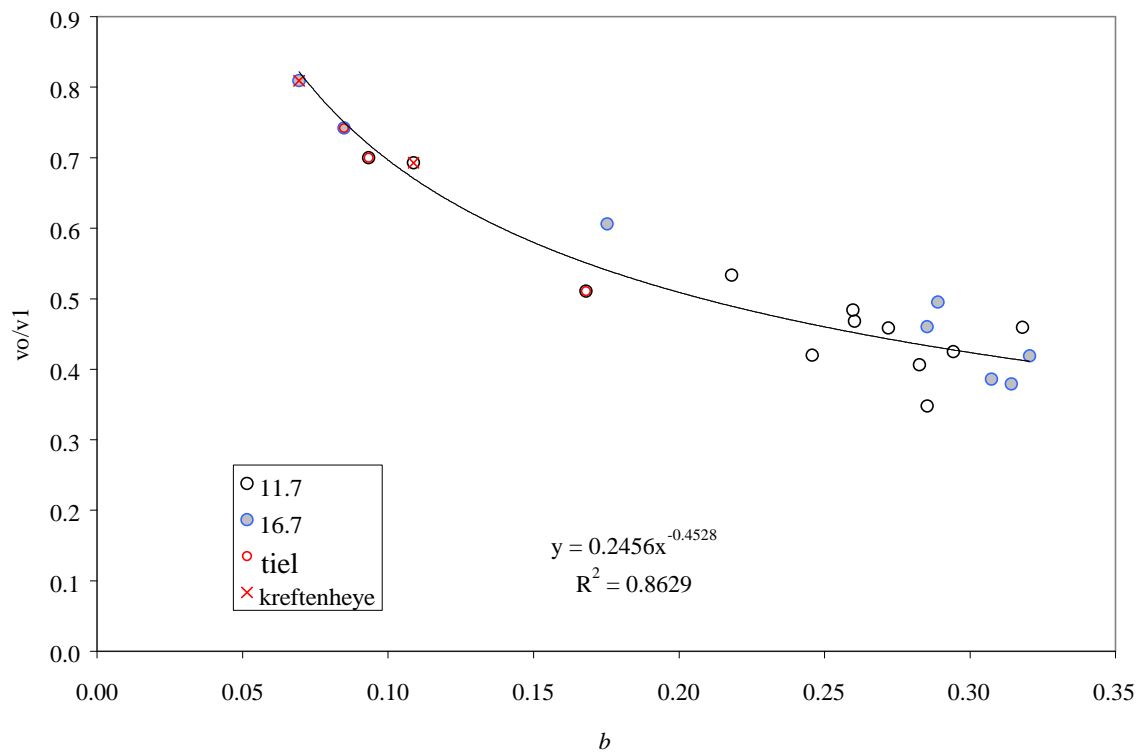
Figuur 5.16 Correlatie van soortelijk volume op b -lijn bij 1 kPa (v_1) en b



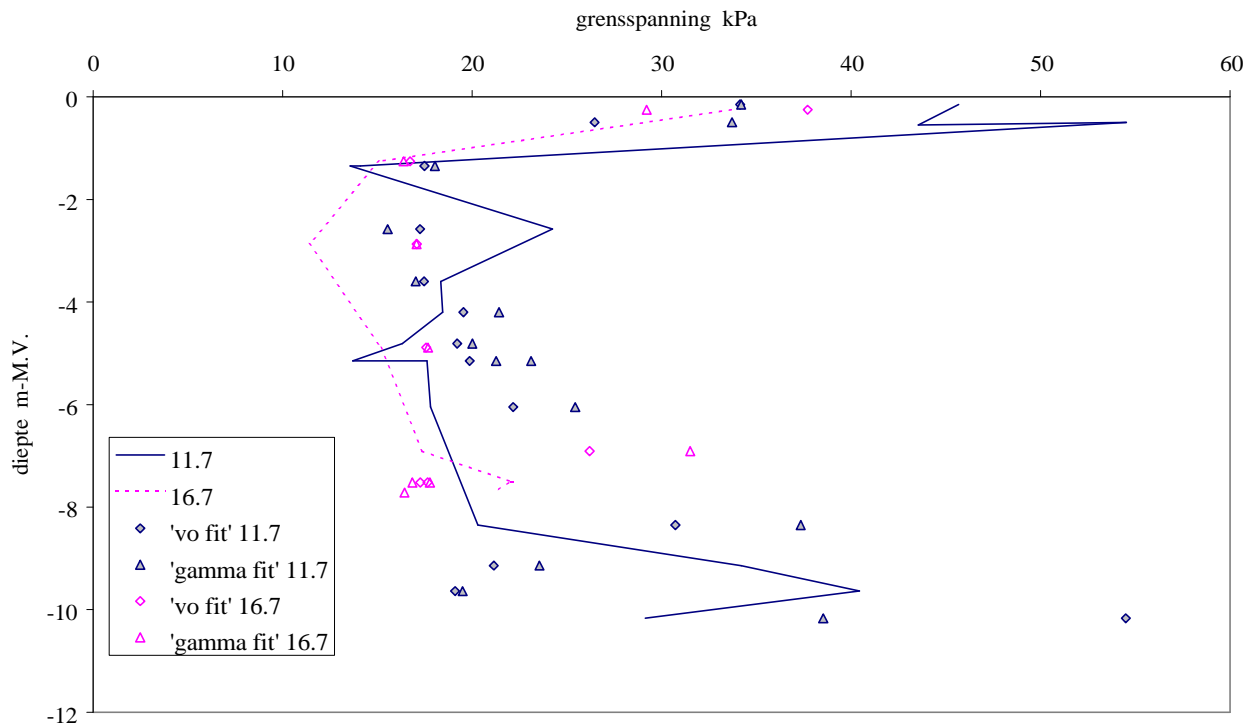
Figuur 5.17 Correlatie van initieel soortelijk volume v_0 en b



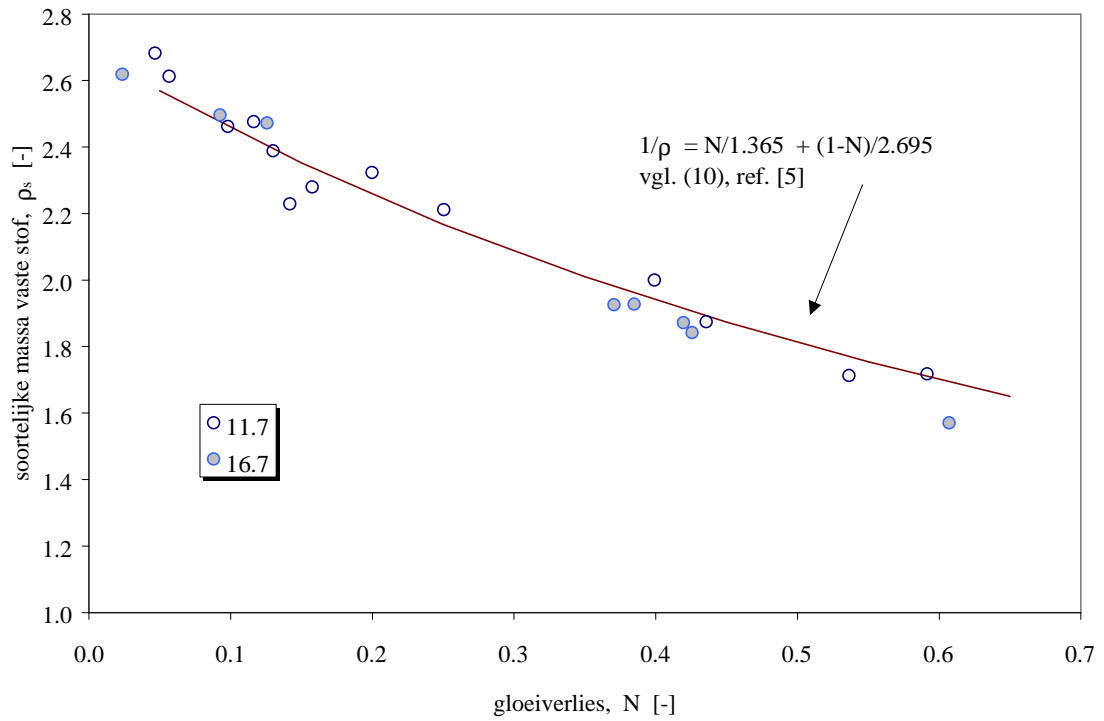
Figuur 5.18 Correlatie van v_1 en v_0



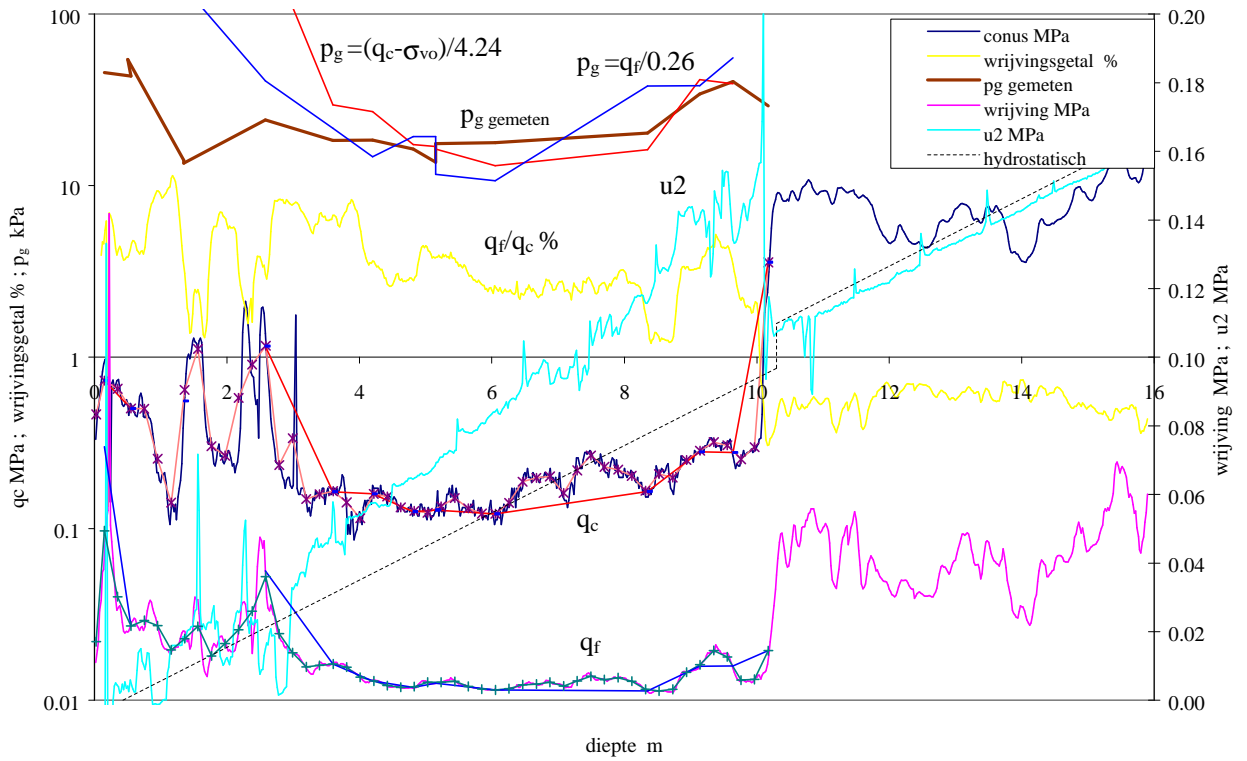
Figuur 5.19 Correlatie van v_0/v_1 en b



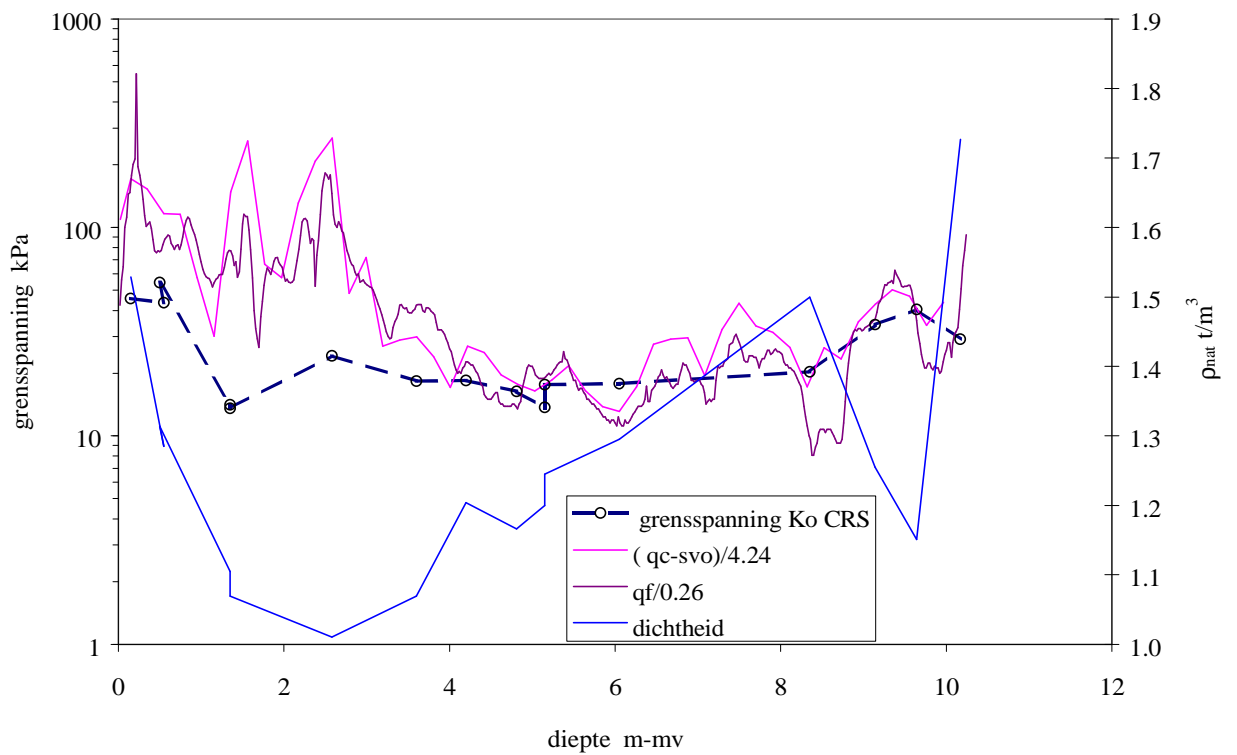
Figuur 5.20 Grensspanning versus de diepte, met enkele fitpogingen op basis van v_0 , v_1 en ρ_{nat}



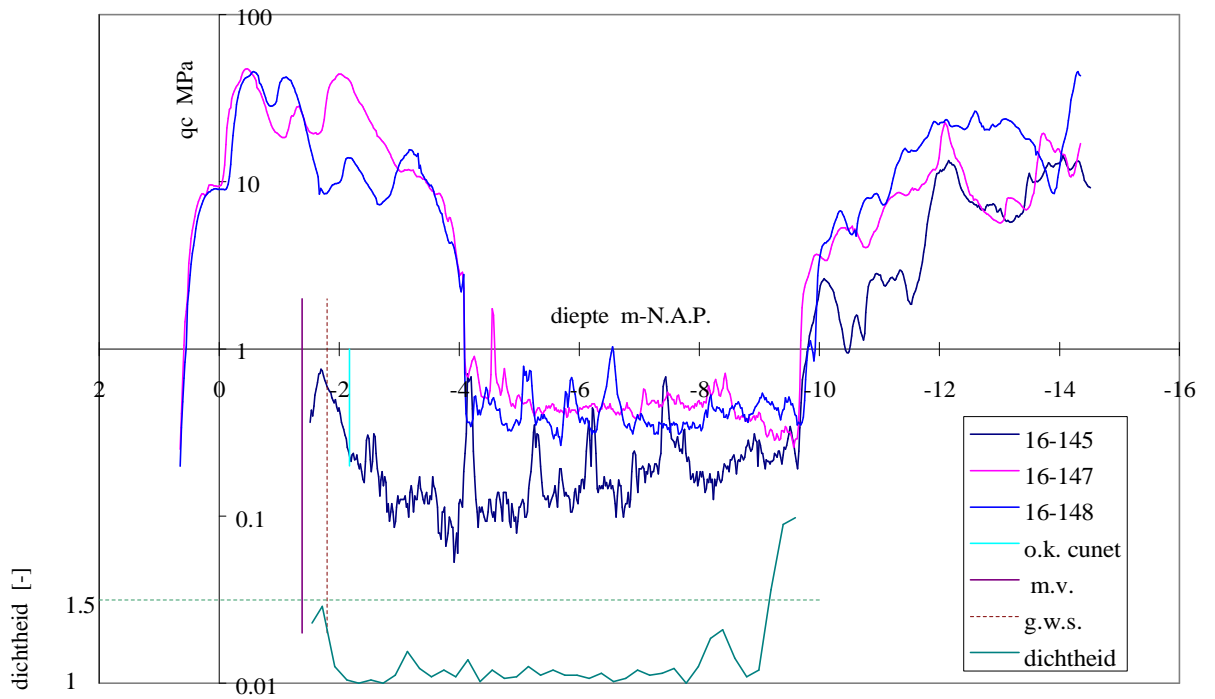
Figuur 5.21 Soortelijke massa ρ_s van de K_0 -C.R.S. oedometermonsters versus het gloeiverlies, en fitformule gebaseerd op twee vaste fasen: mineraal met $\rho=2.695$ en organisch met $\rho=1.365$



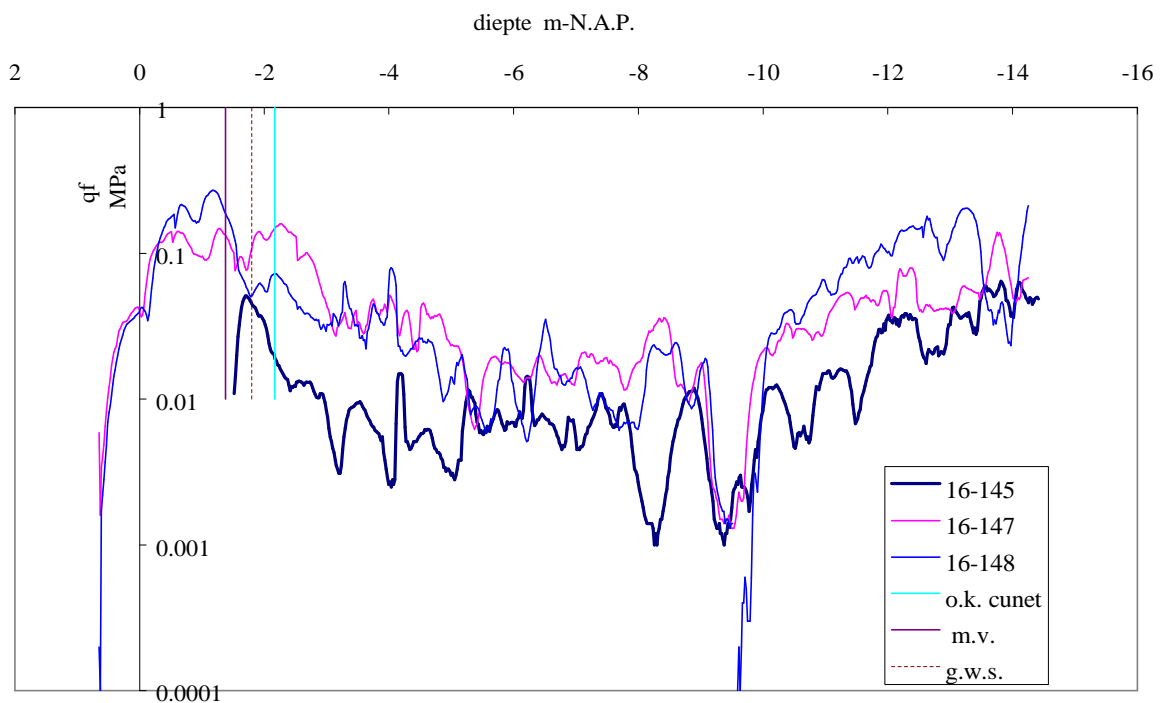
Figuur 5.22 Sondering 11_065 naast de baan bij km. 11.7



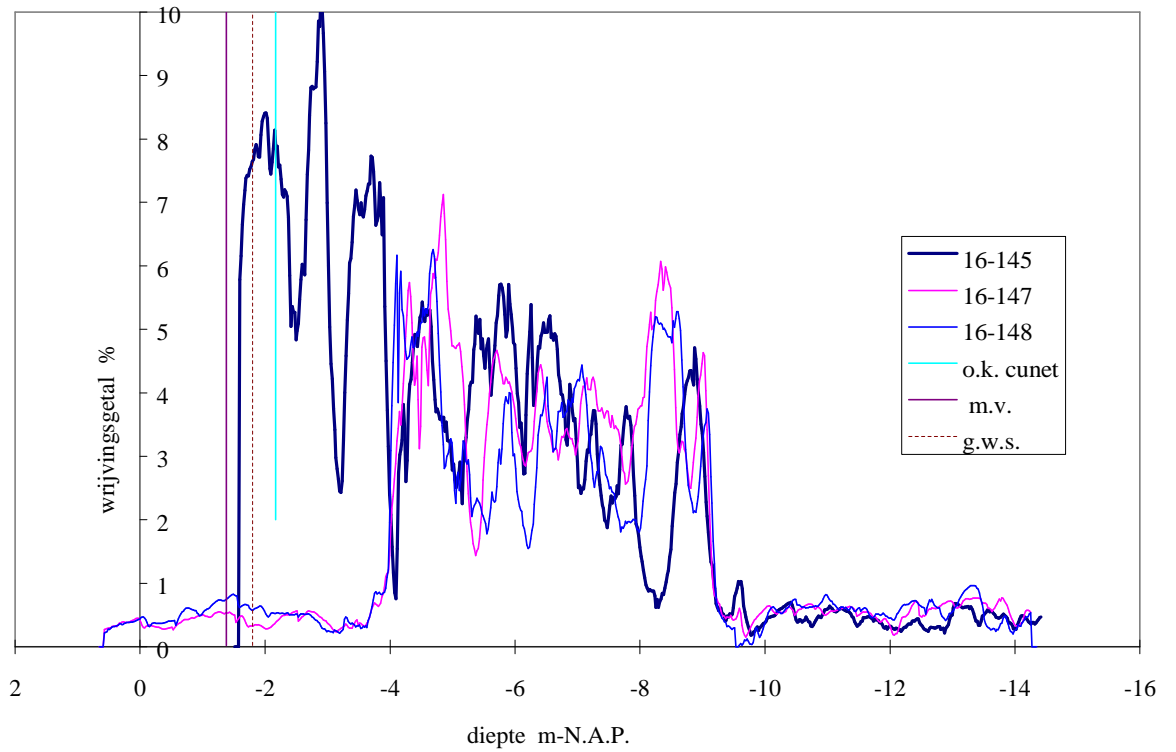
Figuur 5.23 Grens spanning op basis van resp. K_0 -C.R.S. proef, conusweerstand en wrijvingsweerstand, km. 11.7



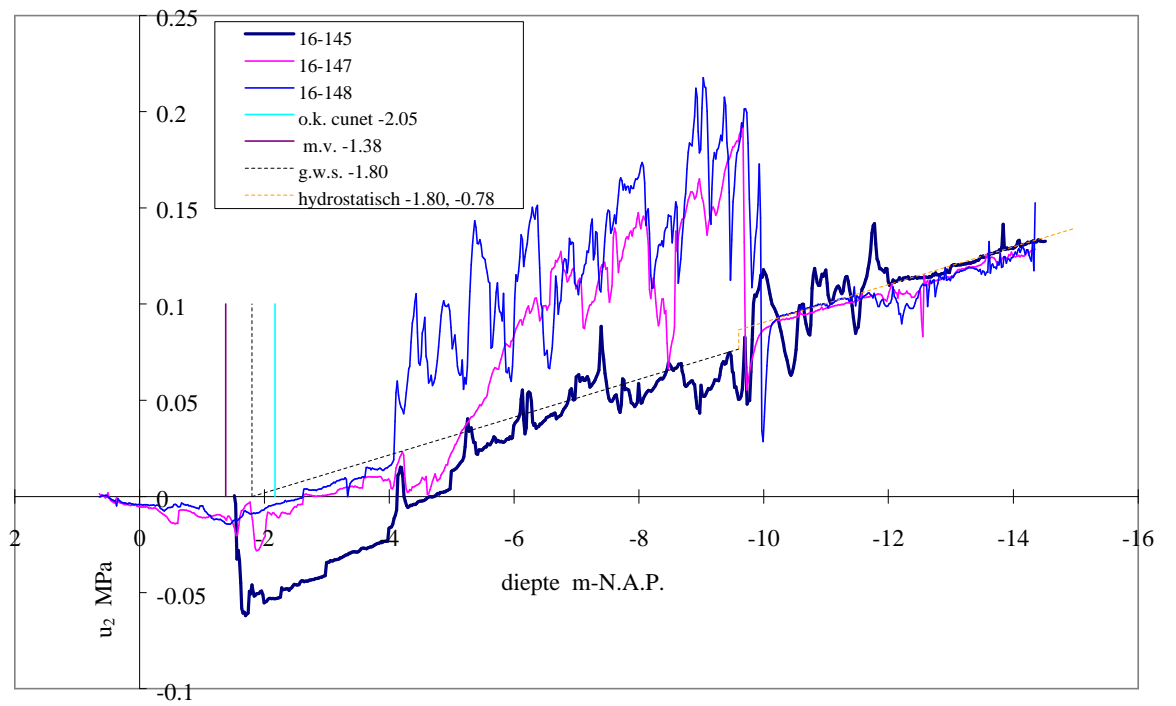
Figuur 5.24 Conusweerstand van sonderingen nabij km. 16.7



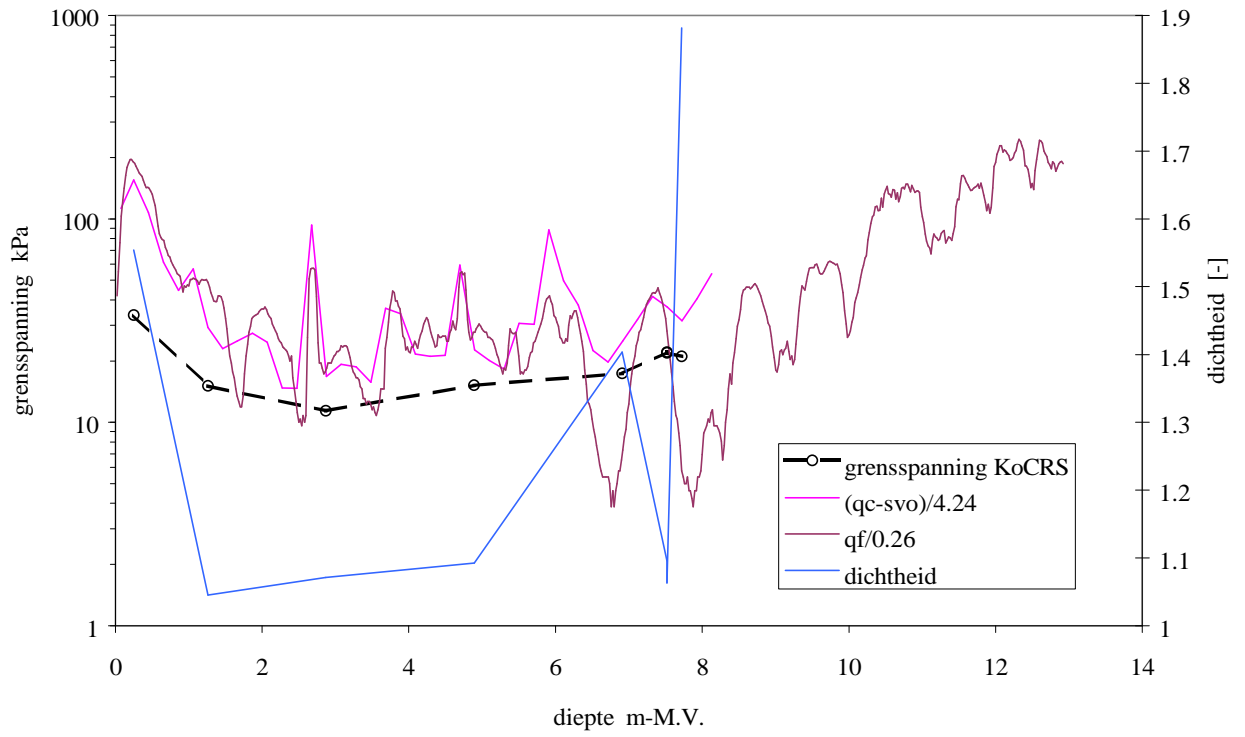
Figuur 5.25 Wrijvingsweerstand van sonderingen nabij km. 16.7



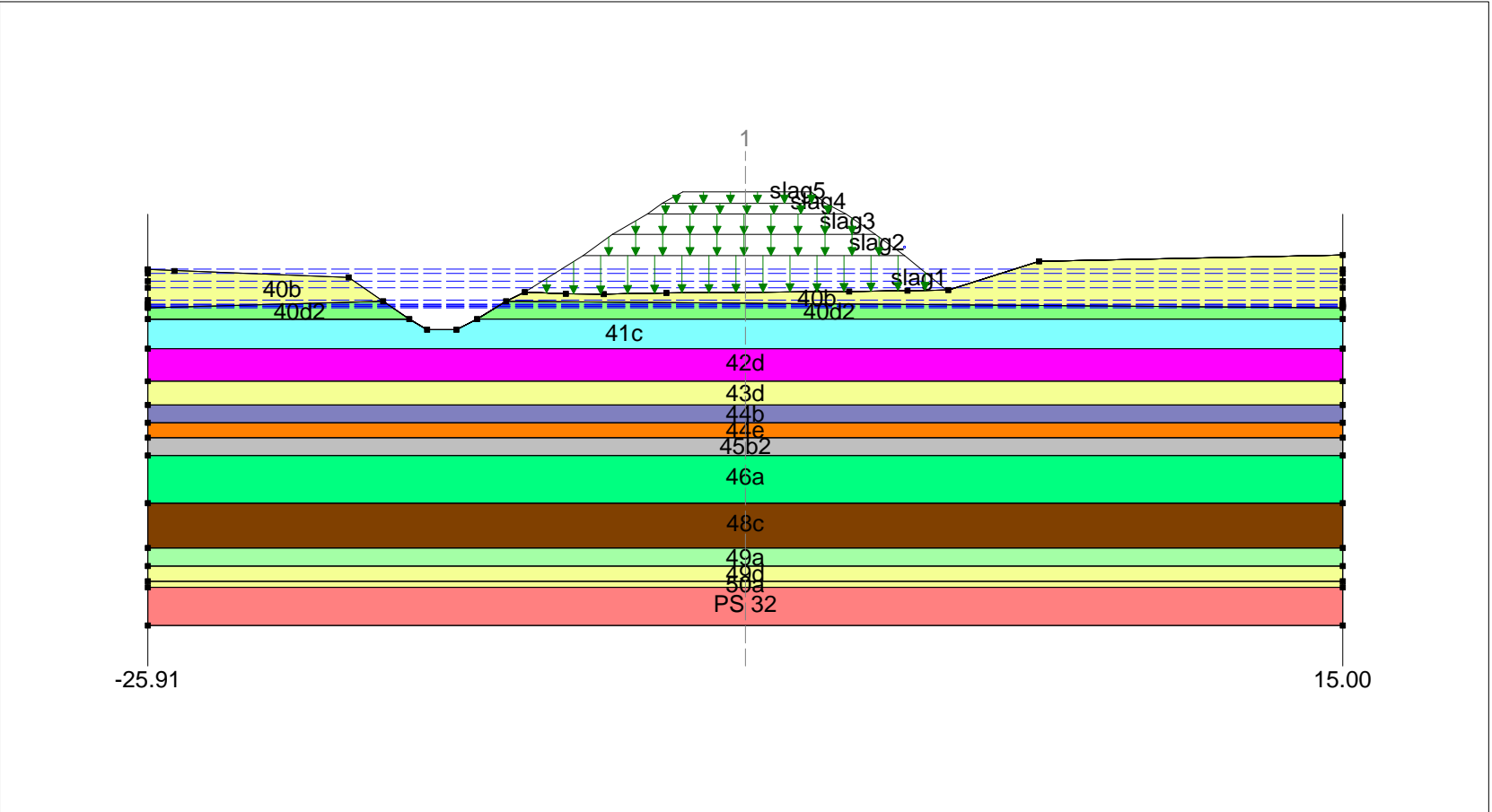
Figuur 5.26 Wrijvingsgetal van sonderingen nabij km. 16.7



Figuur 5.27 Penetratie-waterspanningen van sonderingen nabij km. 16.7



Figuur 5.28 Grensspanning op basis van resp. K_0 -C.R.S. proef, conusweerstand en wrijvingsweerstand, km. 16.7



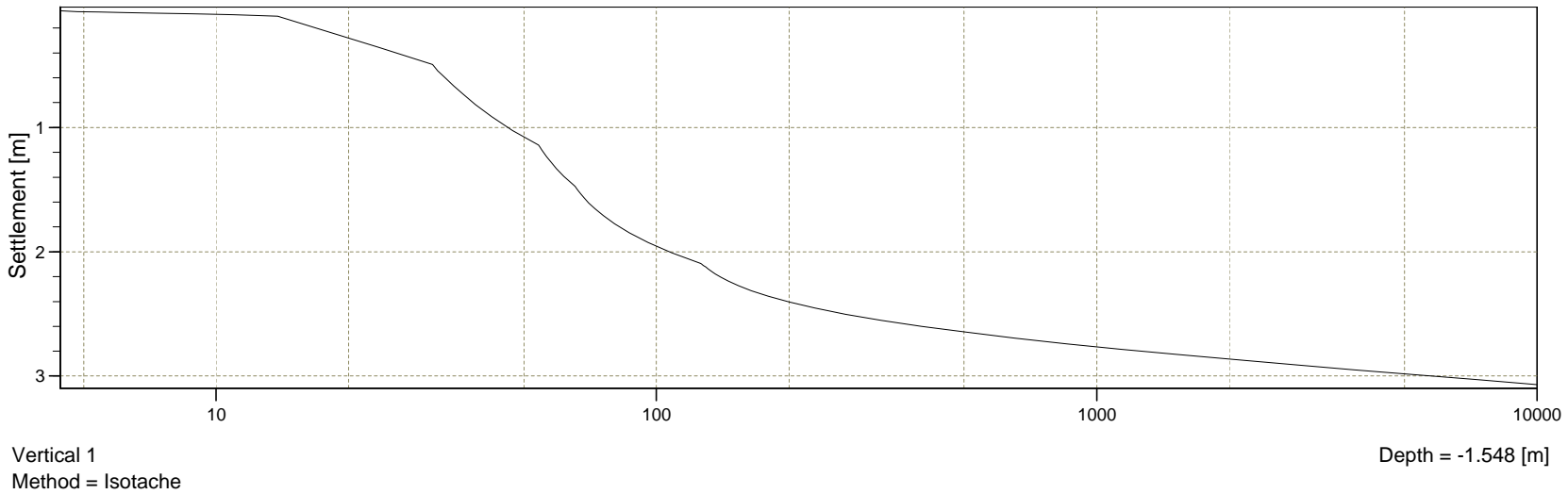
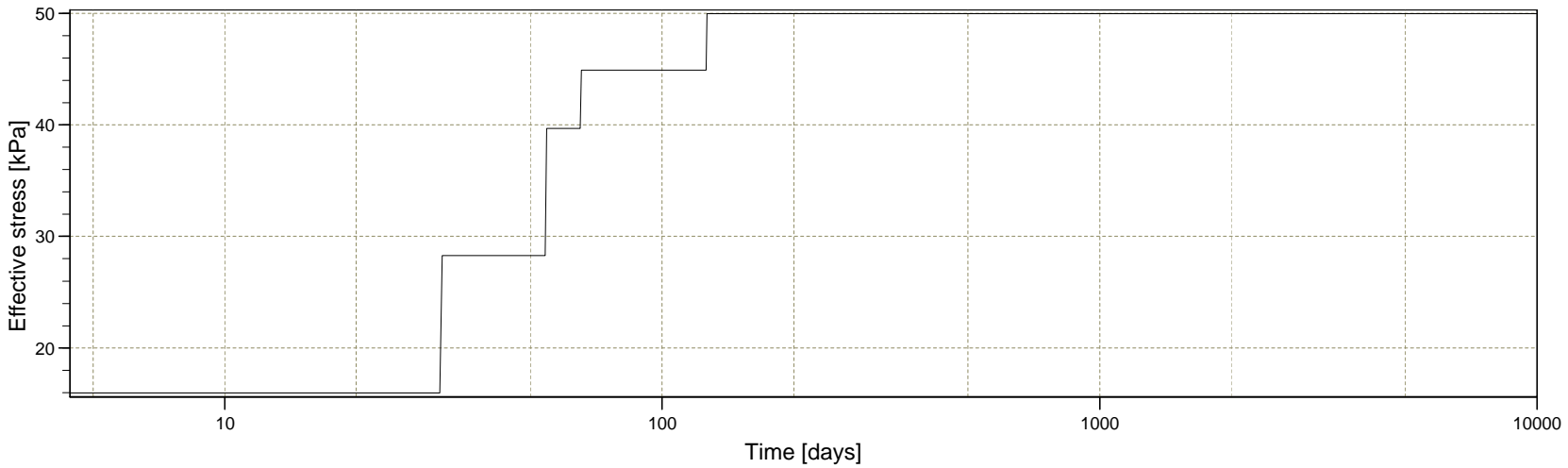
Stieltseweg 2
2628 CK
Phone +31-15-2685600
Fax +31-15-2610821

km 11.7

Gef. bel. schema aangepast

MSettle 6.1 : km1170-C1pzakbaakfit.sii

date	5/27/2002	drw.	beg
ctf.	-	form.	A4
Annex	6.1		



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = -1.548 [m]



Stellingsweg 2
2628 CK

Phone +31-15-2693500
Fax +31-15-2610821

date
5/27/2002

drv.
beg

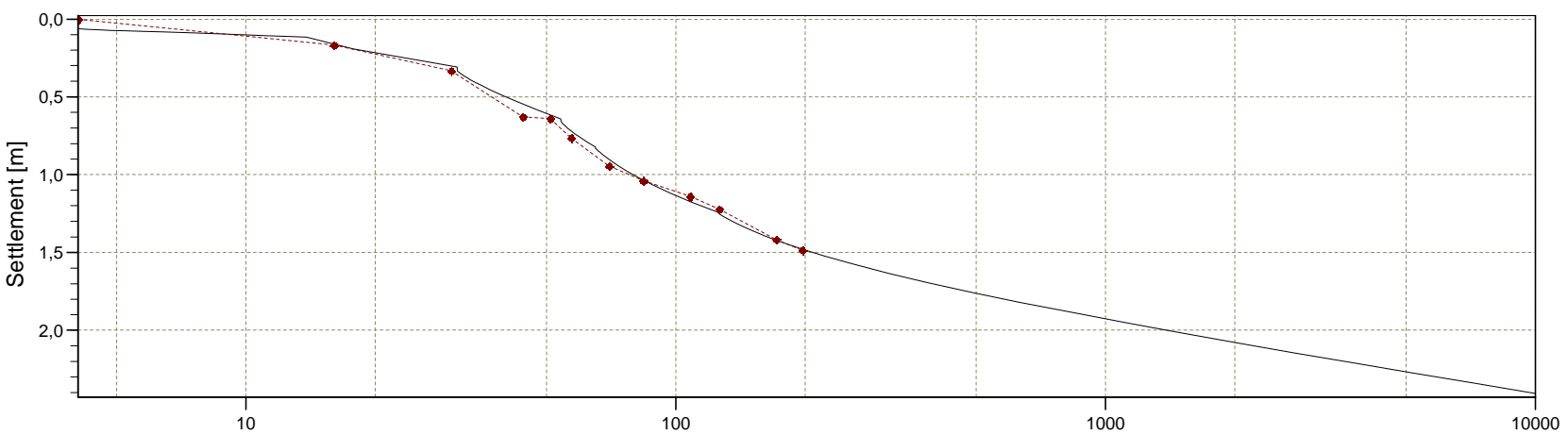
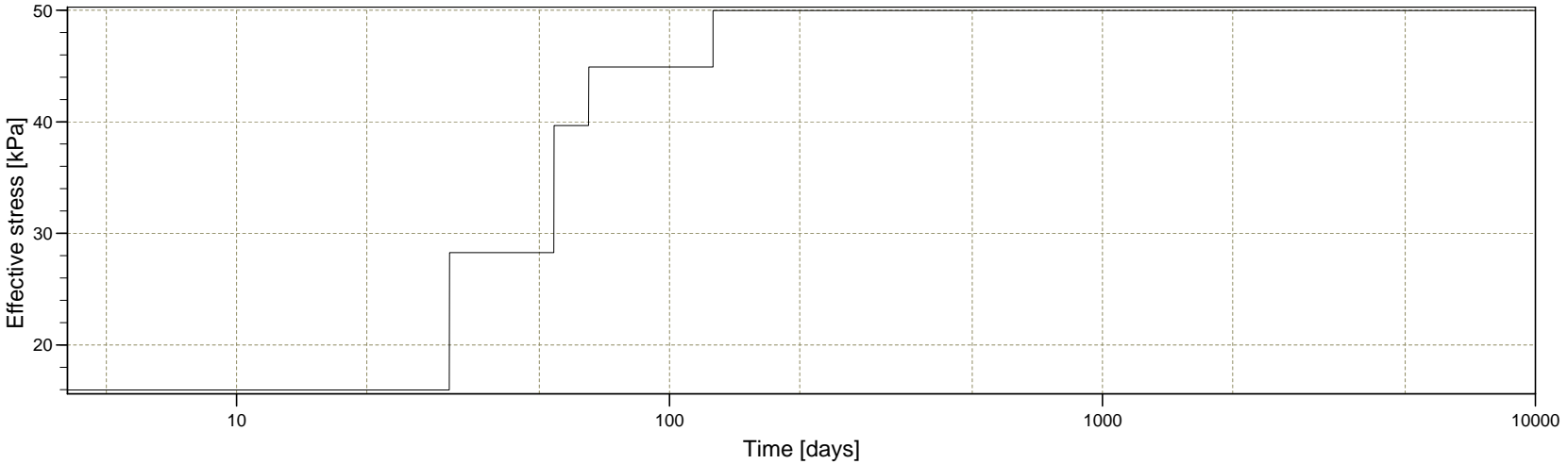
km 11.7

Gef. bel. schema aangepast

MSettle 6.1 : km1170-C1pzakbaakfit.sli

Annex 6.2

form.
A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = -1,548 [m]



Stationsweg 2
2638 CK
Phone +31-15-2683500
Fax +31-15-2610821

date
27-5-2002

drw.
beg

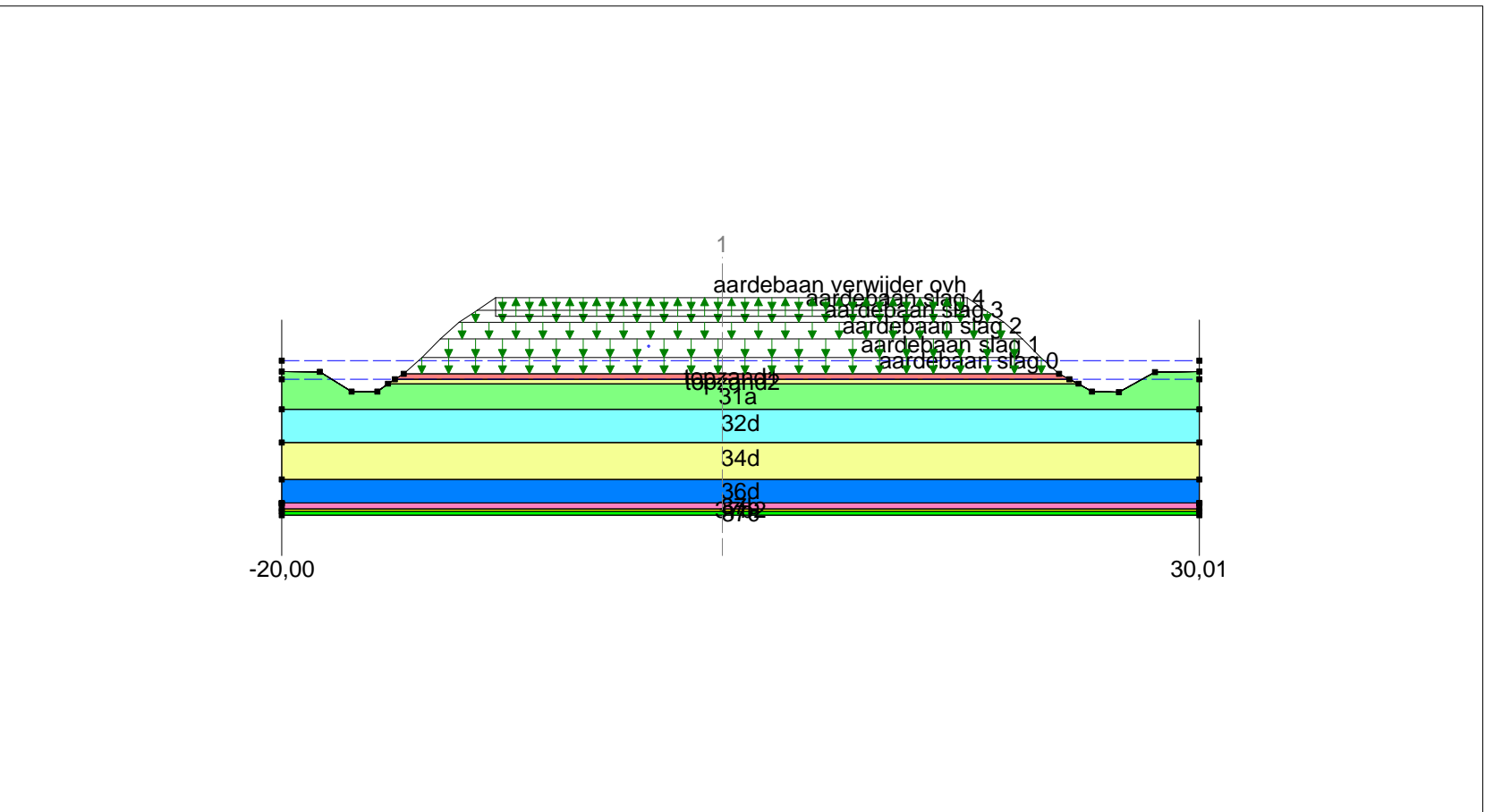
km 11.7

Get. bel. schema aangepast

MSettle 6.1 : km1170-C1pzakbaakfit.sli

Annex 6.3

form.
A4



Stuifsweg 2
2628 CK

Phone +31-15-2693500
Fax +31-15-2610921

date
27-5-2002

drw. -

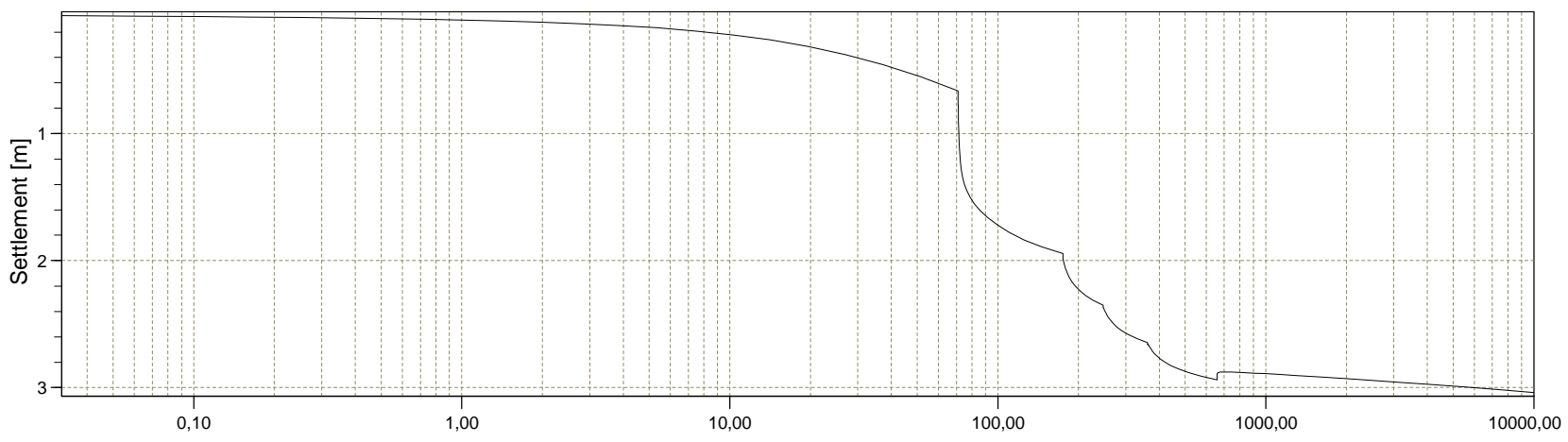
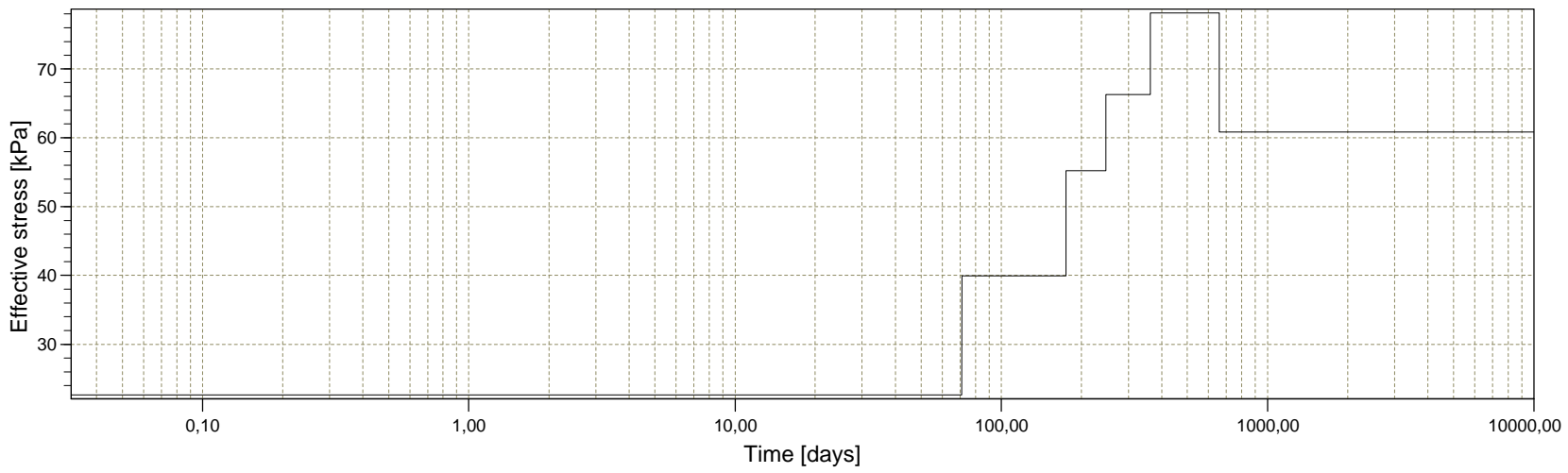
km 16.7 toplagen vervangen door deel cunetzand

GEEF bel. schema aangepast ivm nulslag

MSettle 6.1 : 16.7 dha 21 mei 2002 belasting beg.sli

Annex 6.4

form.
A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 2,050 (-) [m]
Final settlement = 3,038 [m]



Postbus 99
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

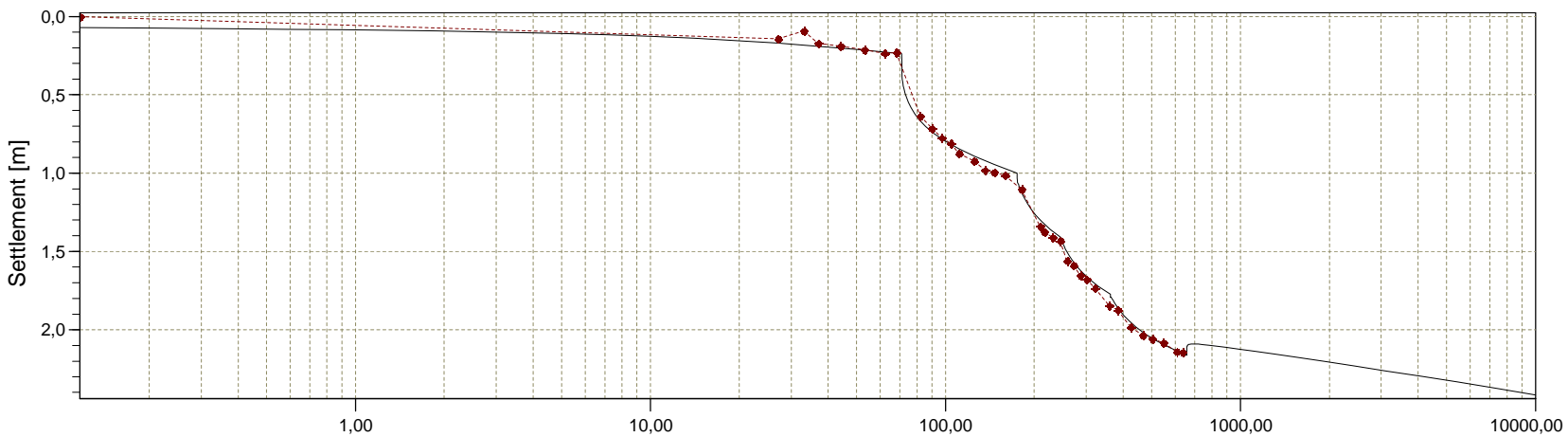
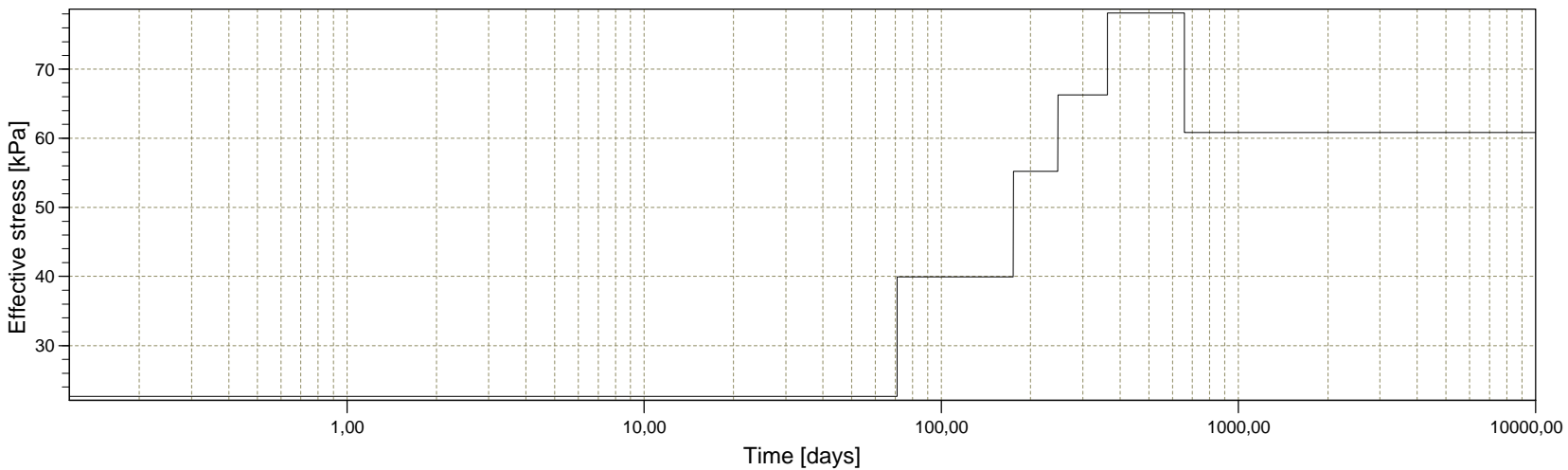
date
26-6-2002

drw. -

km 16.7 toplagen verv door deel zand k=parm;set
GEF bel. schema aangepast ivm nulslag en datum
MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

Annex 6.5
710402

form. A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 2,050 (-) [m]
Final settlement = 2,416 [m]



Postbus 69
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

date
26-6-2002

dw.

km 16.7 toplagen verv door deel zand k=parm. set
GEF bel. schema aangepast ijm nulslag en datum

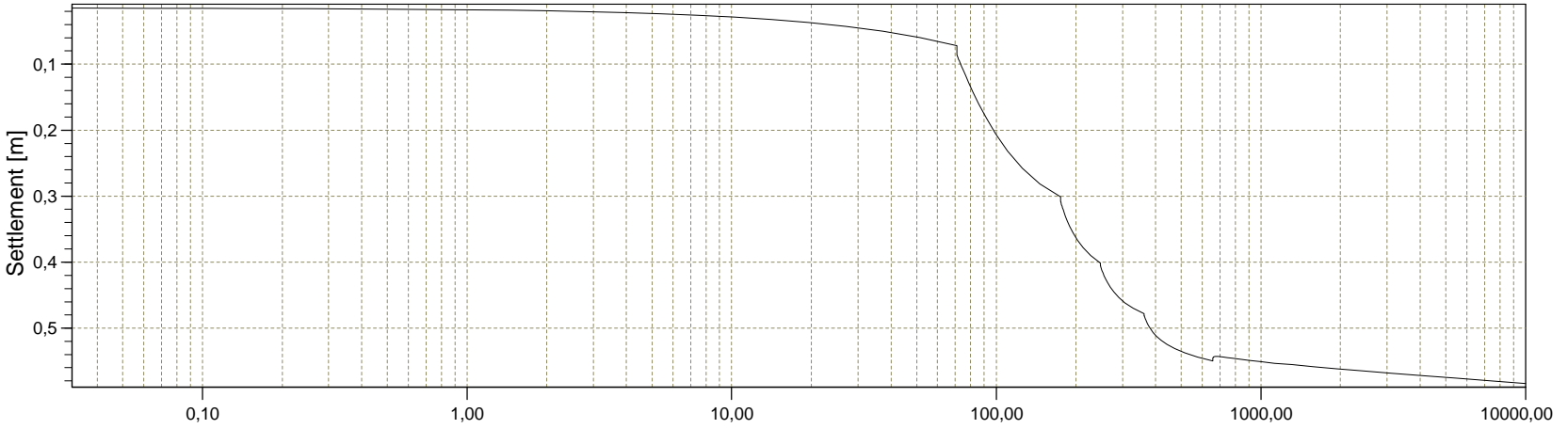
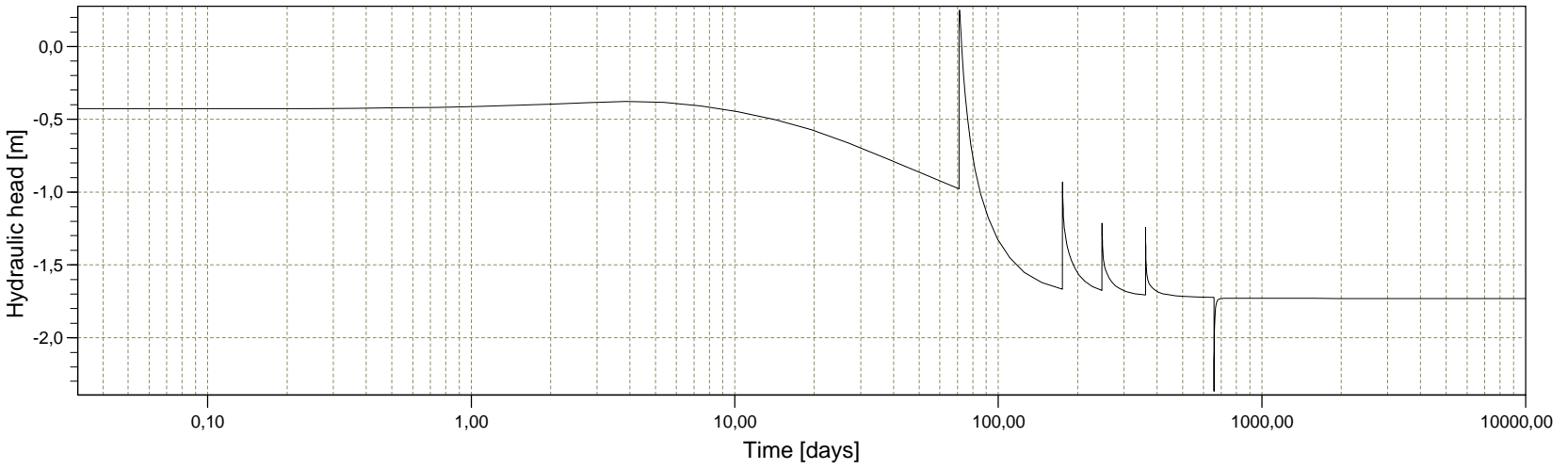
710402

df.

MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

Annex 6.6

form.
A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 7,495 (-) [m]
Final settlement = 0,584 [m]



Postbus 69
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

date
26-6-2002

drw. -

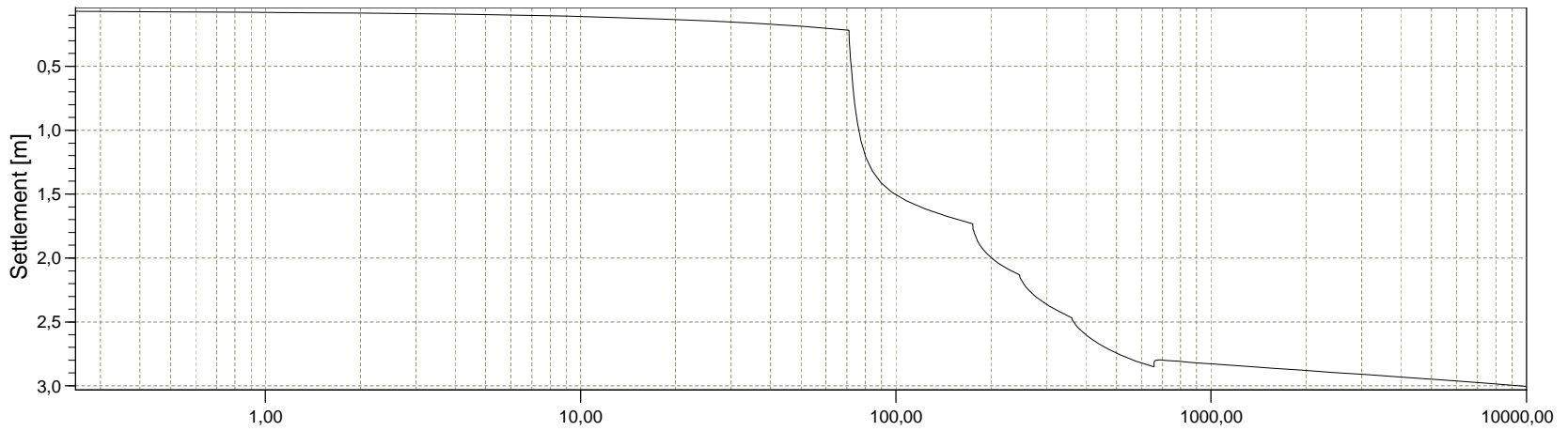
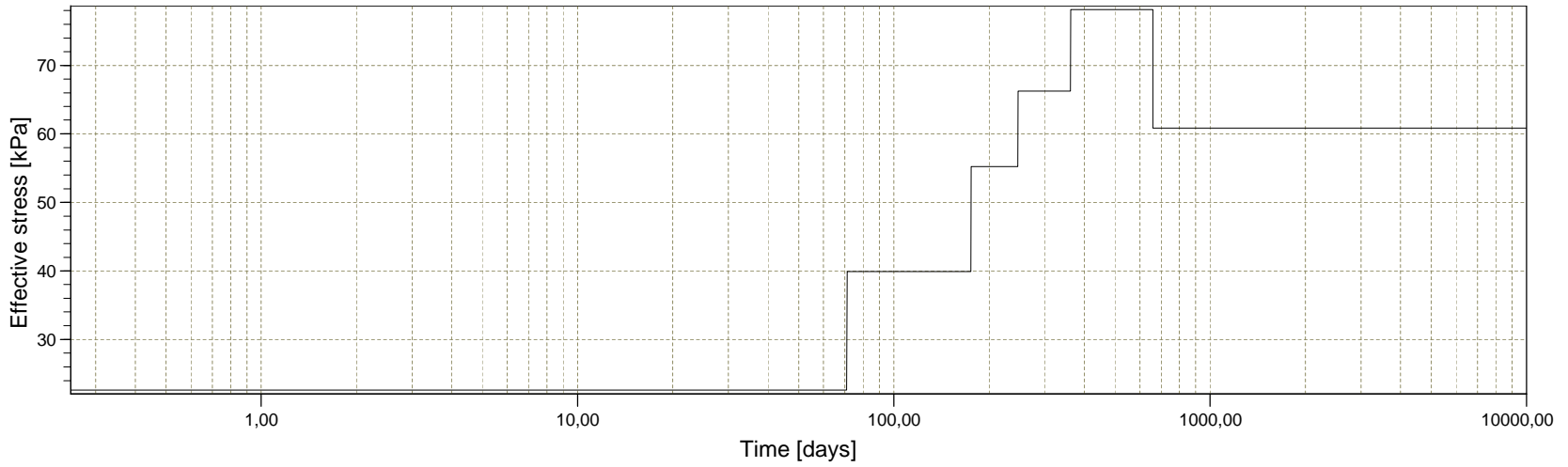
710402

ctf.

Annex 6.7

form.
A4

km 16.7 toplagen verv door deel zand k=parm.set
GEF bel. schema aangepast ijm nulslag en datum
MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 2,050 (-) [m]
Final settlement = 3,004 [m]



Postbus 69
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

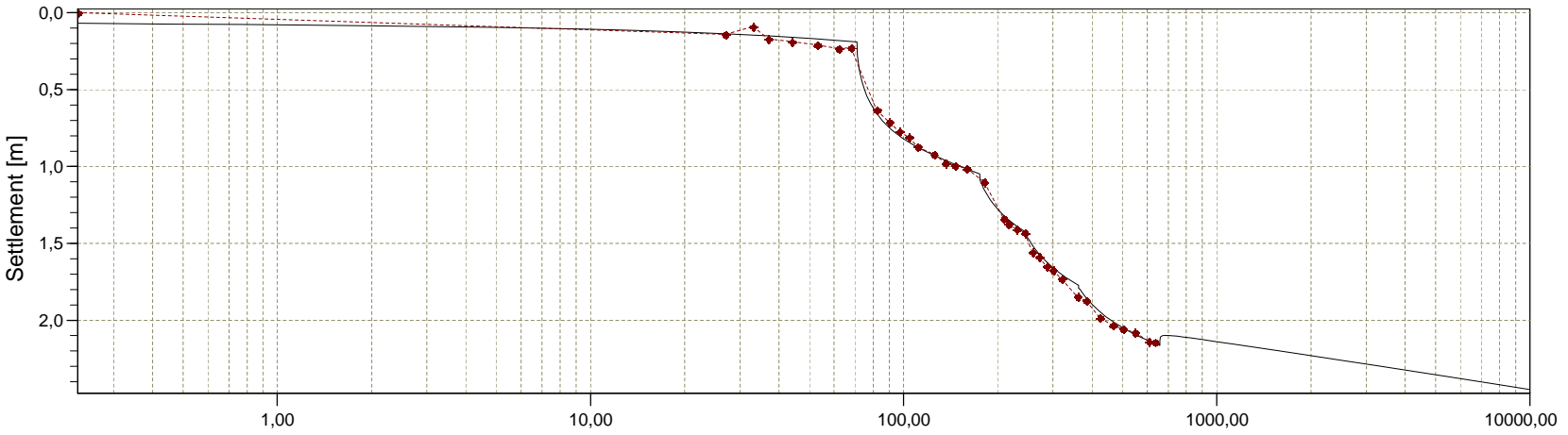
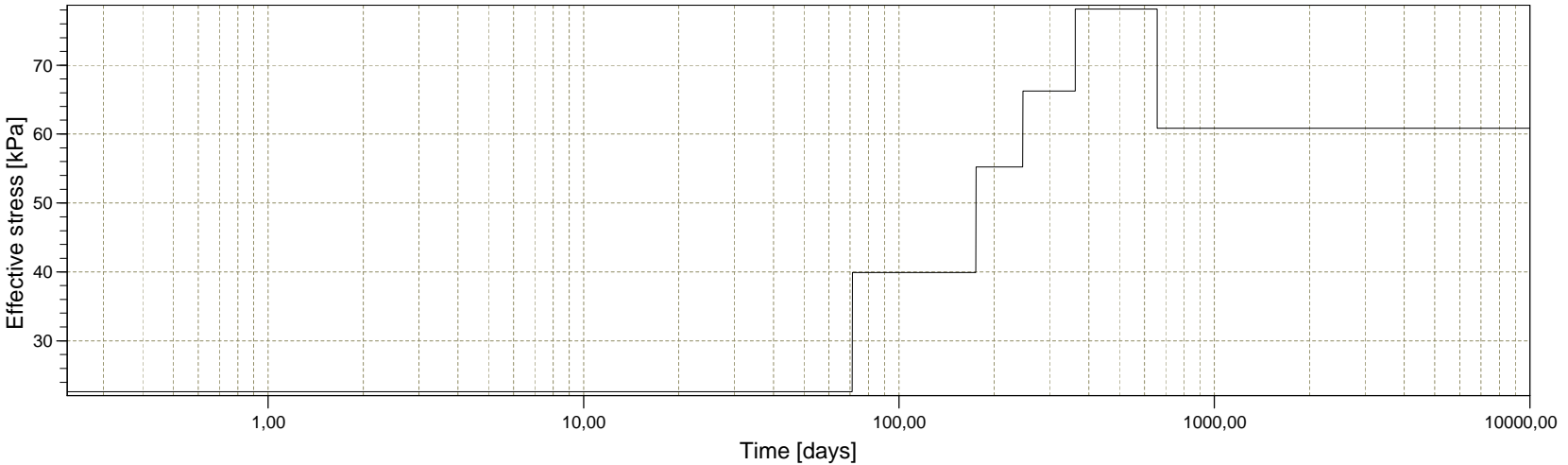
date
26-6-2002

710402

Annex 6.8

km 16.7 topl verv door deel zand k=0,1*parm.set
GEF bel. schema aangepast ivm nuislslag en datum
MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

drv. -
ctr.
form. A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 2,050 (-) [m]
Final settlement = 2,451 [m]



Postbus 69
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

date
26-6-2002

drw. -

km 16.7 top| verv door deel zand k=0,1*parm.set

GEEF bel. schema aangepast ivm nuitslag en datum

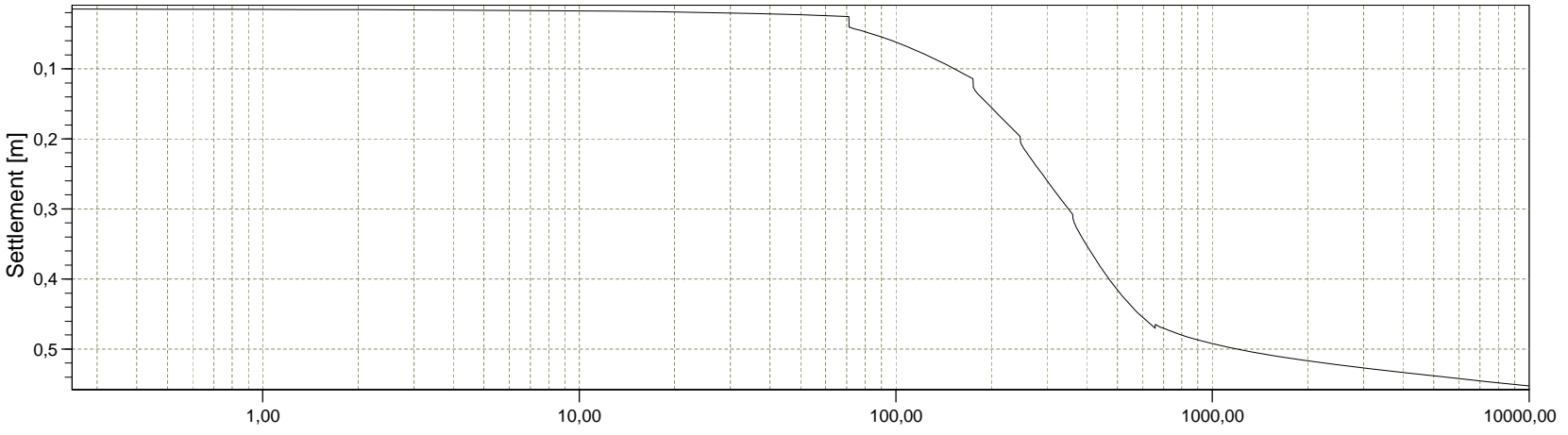
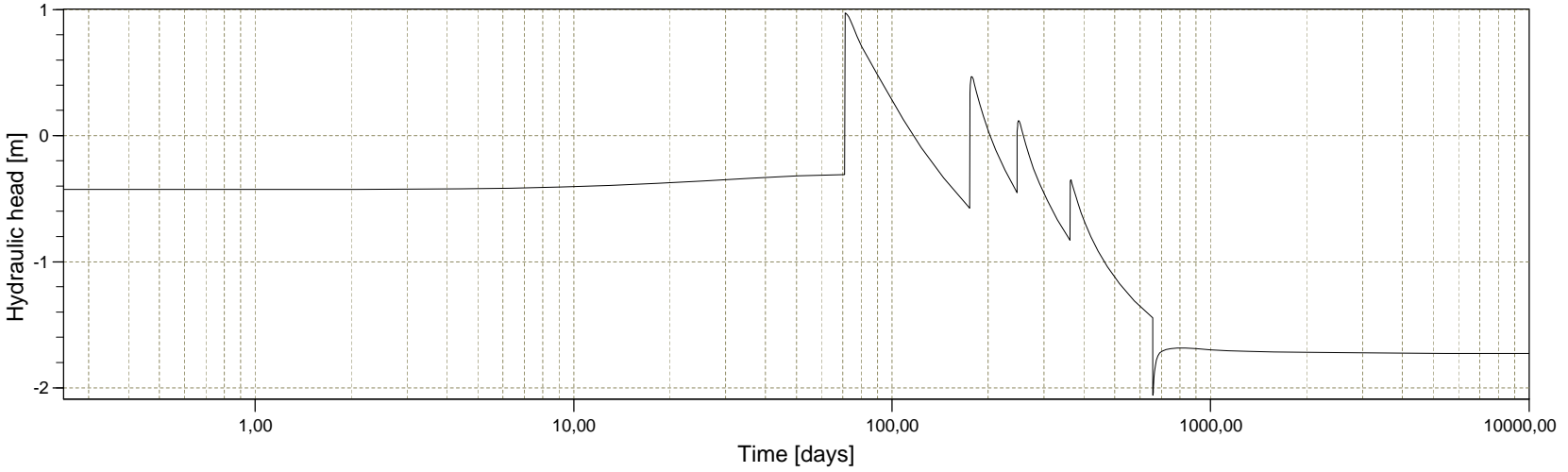
710402

ctr.

MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

Annex 6.9

form. A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 7,495 (-) [m]
Final settlement = 0,552 [m]



Postbus 69
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

date
26-6-2002

drv.
-

km 16.7 topl verv door deel zand k=0, 1*parm.set
GEF bel. schema aangepast ivm nulslag en datum

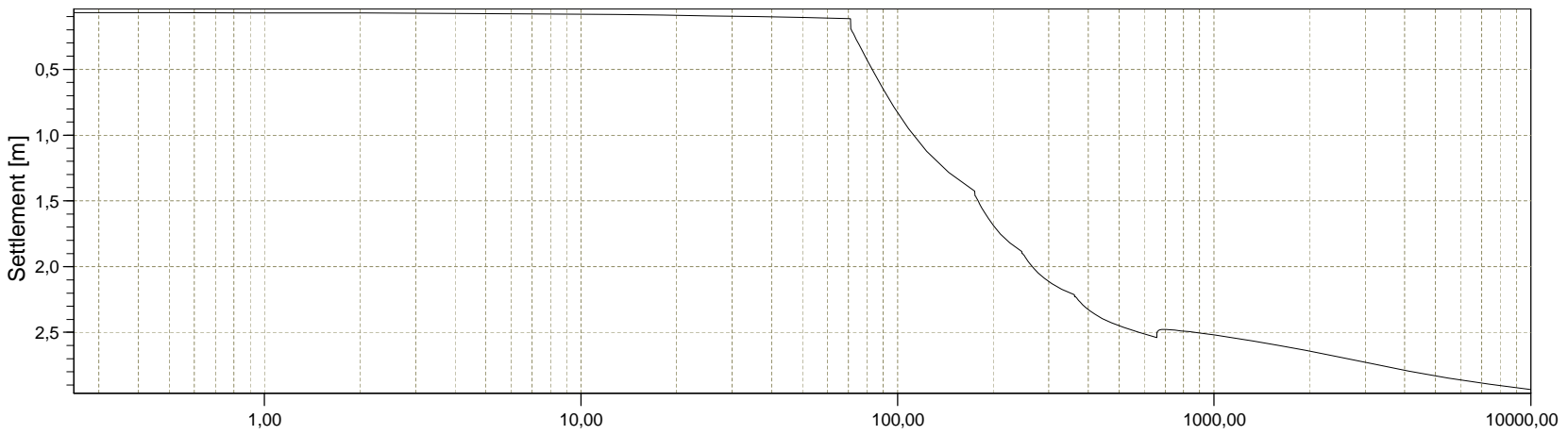
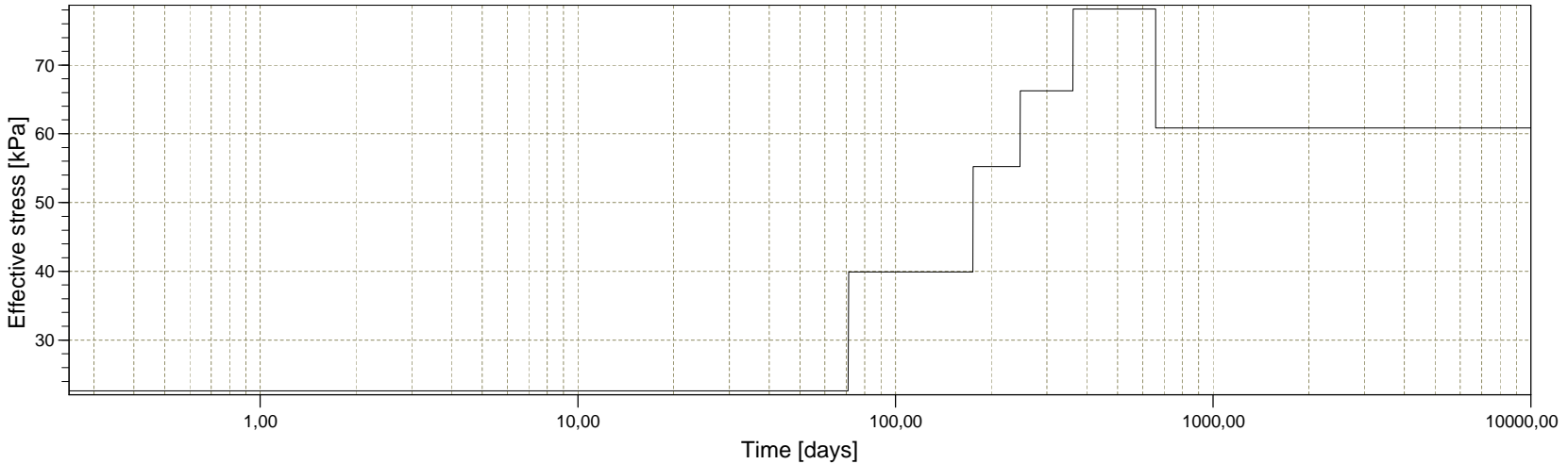
710402

ctf.
-

MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

Annex 6.10

form.
A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 2,050 (-) [m]
Final settlement = 2,933 [m]

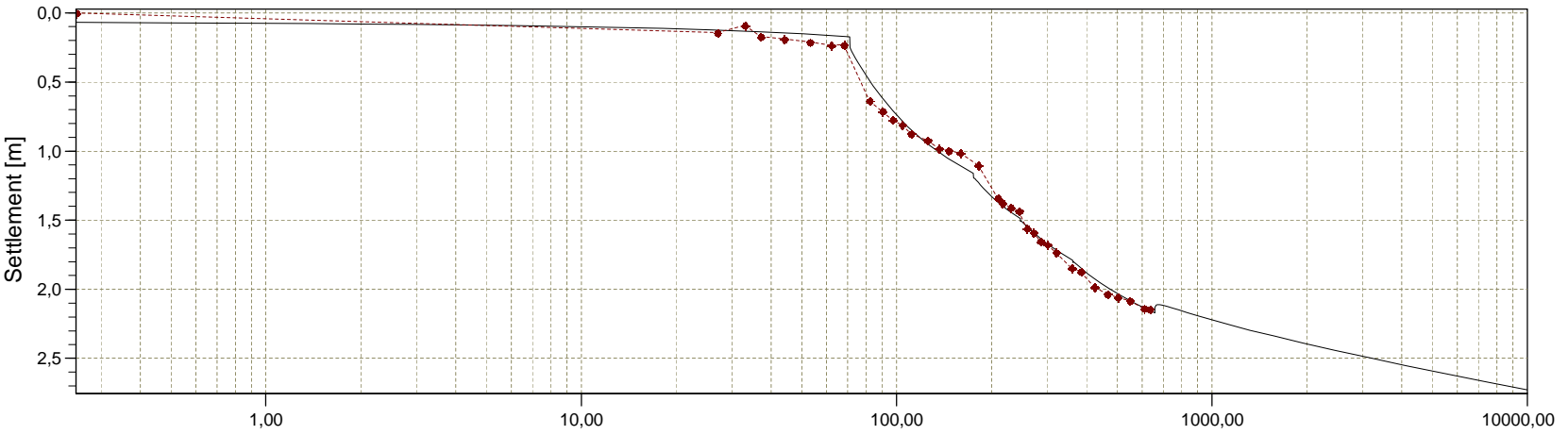
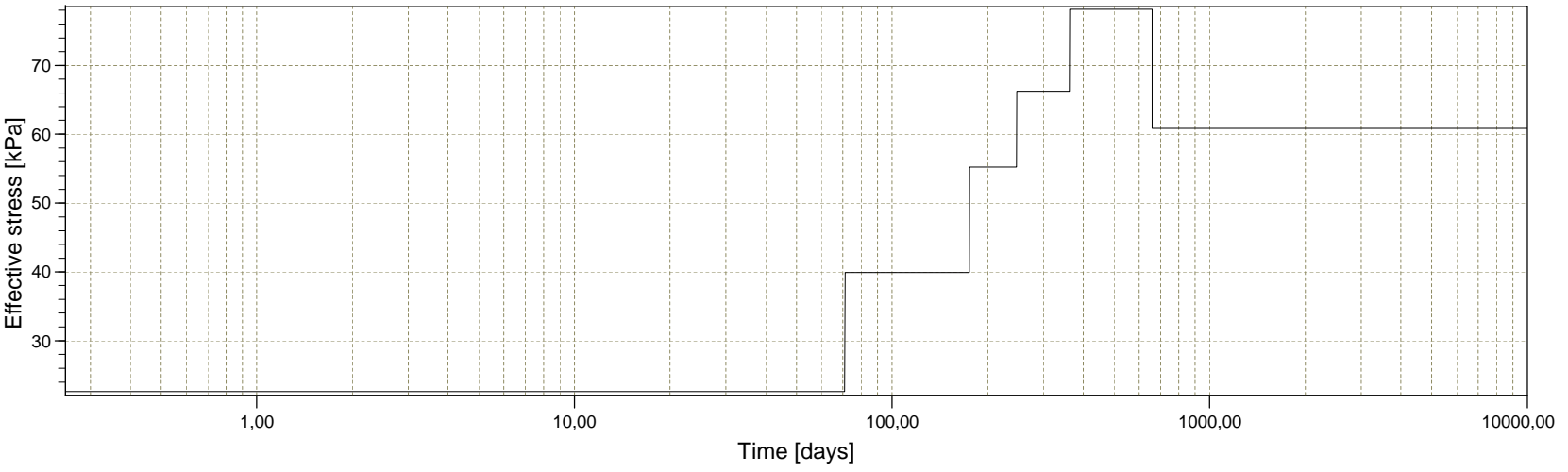


Postbus 69
2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

km 16.7 top| verv door deel zand k=0,01*parm.set
GEFF bel. schema aangepast ivm nuislslag en datum
MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

date	26-6-2002	drw.	-
	710402	ctr.	
Annex	6.11	form.	A4



Vertical 1
 Method = Isotache
 Depth = 2,050 (-) [m]
 Final settlement = 2,727 [m]



Postbus 69
 2600 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
 Fax +31 15 261 08 21

date
 26-6-2002

drw. -

km 16.7 topl verv door deel zand $k=0,01^*$ parm:set
 GEF bel. schema aangepast ijm nulsleg en datum

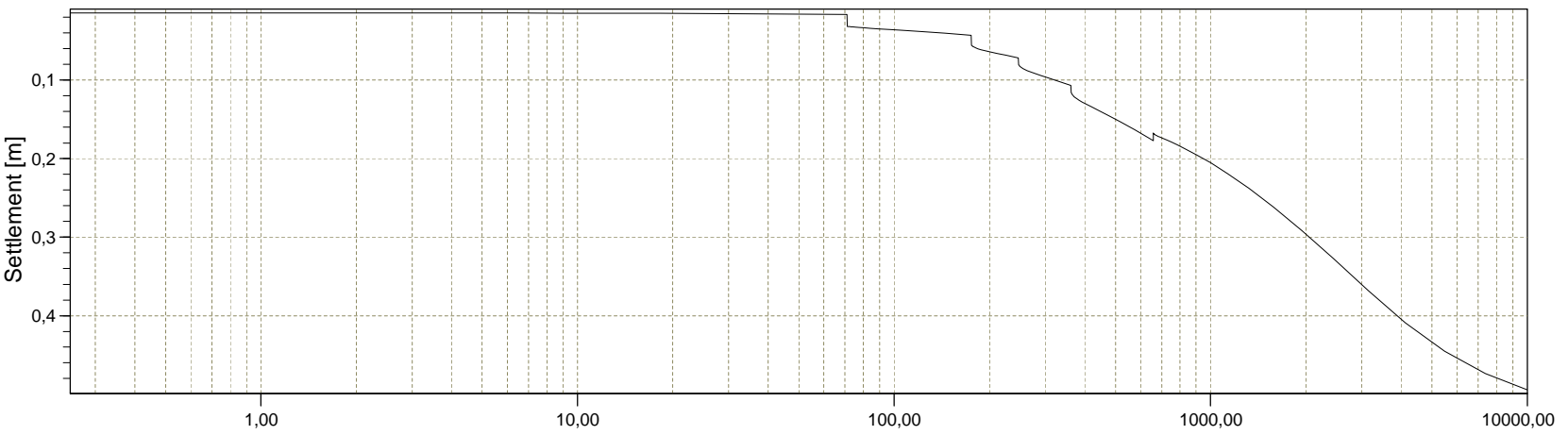
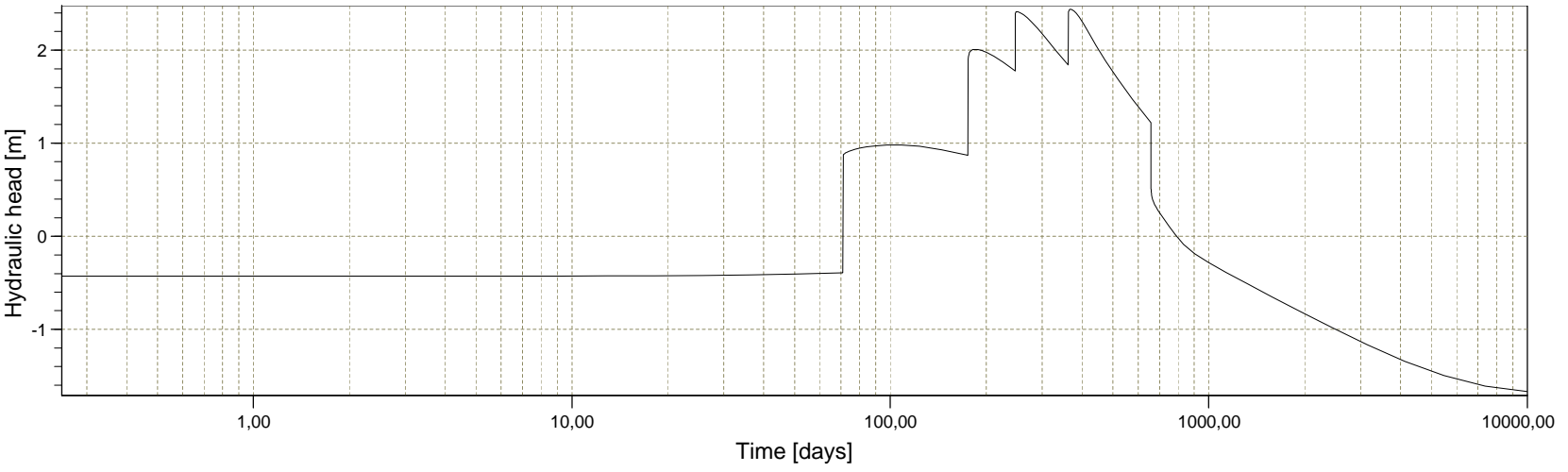
710402

tit.

MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

Annex 6.12

form. A4



Vertical 1
Method = Isotache

Depth = 7,495 (-) [m]
Final settlement = 0,494 [m]



Postbus 69
2000 AB Delft

Phone +31 15 269 35 00
Fax +31 15 261 08 21

date
26-6-2002

drw. -

km 16.7 topl verv door deel zand $k=0,01^*$ parm:set
GEF bel. schema aangepast ivm nulsleg en datum

710402

dr. -

MSettle 6.3 : 16.7 dha 16 juni 2002 belasting beg.sli

Annex 6.13

form. A4