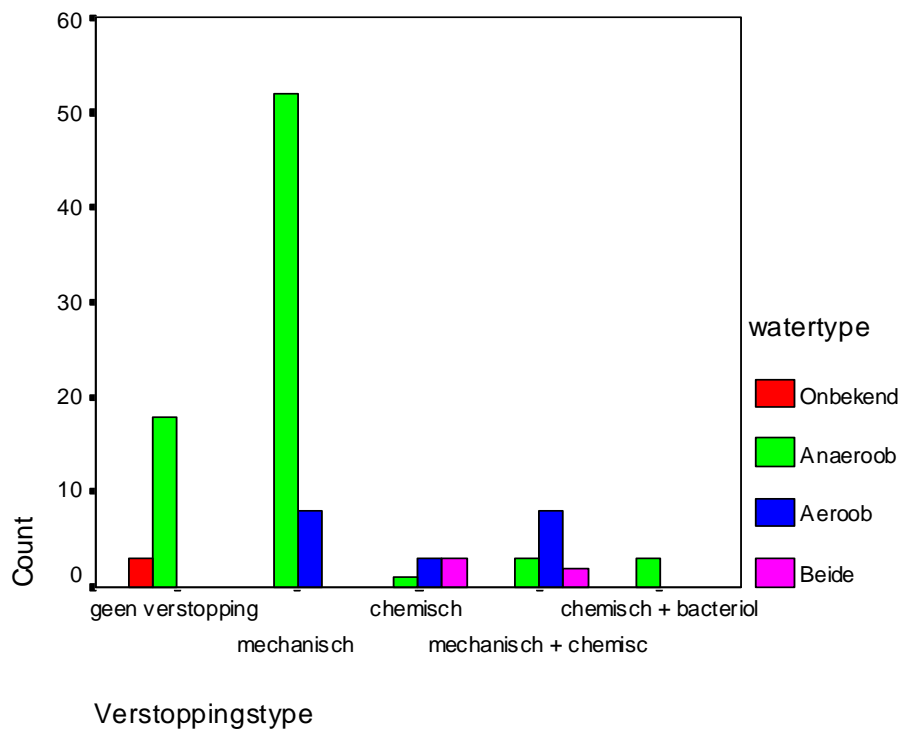


Matrix Putverstopping in Nederland

Vaststellen relatie puteigenschappen en putverstopping met statistische analyse



KWR 04.053
Juni 2004

Matrix Putverstopping in Nederland

Vaststellen relatie puteigenschappen en
putverstopping met statistische analyse

© 2004 Kiwa N.V.
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Opdrachtgever
Stuurgroep BTS project
putverstopping

Projectnummer
30.5867.400

Kiwa N.V.
Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511
Fax 030 60 61 165
Internet www.kiwa.nl

Colofon

Titel

Matrix Putverstopping in Nederland

Projectnummer

30.5867.400

Projectmanager

Jan Willem Kooiman

Kwaliteitsborger(s)

Bert-Rik de Zwart

Auteur(s)

Jorien Schaaf (TU Delft/Kiwa)

Caroliene van der Lee (TU Delft/Kiwa)

Voorwoord

Het in dit rapport gepresenteerde onderzoek is een deel van het putverstopingsonderzoek dat uitgevoerd wordt binnen het BTS-project. Dit BTS-project is gerealiseerd door een subsidie van Senter, onderdeel van het Ministerie van Economische Zaken. Door de subsidie was het mogelijk om binnen het project een promovendus van de TU Delft aan te trekken, die wetenschappelijk onderzoek uitvoert. In het kader van dit promotieonderzoek is het zogenaamde matrixonderzoek tot stand gekomen. Binnen het project participeren vier waterbedrijven, een aantal bedrijven uit de particuliere sector en drie onderzoekinstellingen.

Al bij aanvang van het onderzoek werd duidelijk dat binnen het project veel data beschikbaar is, maar helaas niet gestructureerd beschikbaar. Dat werd vooral duidelijk toen binnen de verschillende werkpakketten (onderzoeksonderdelen) veel werd gesproken over relaties tussen putverstopping en de verschillende putonderdelen. Om een aantal van deze besproken hypothesen te bevestigen is gekozen om eerst de data overzichtelijk weer te geven en deze vervolgens te analyseren. In eerste instantie is de matrix putverstopping opgezet door de promovendus en kort geanalyseerd. Deze resultaten zijn gepresenteerd tijdens een workshop met alle BTS-deelnemers op 6 mei 2003. De eerste resultaten wezen uit de er een aantal relaties bestaan, maar vanwege een te klein aantal putten kon hierover geen volledig oordeel geveld worden. Daarom is besloten om het project verder uit te diepen en heeft Caroline van der Lee de matrix verder aangevuld en heeft Jorien Schaaf vervolgens de volledige dataset door middel van een statische methode geanalyseerd. Deze beide onderdelen zijn uitgevoerd bij Kiwa Water Research en de TU Delft.

De matrix bevat nu gegevens van 153 putten. Naast de resultaten van de analyse kan deze data ook verder gebruikt worden binnen de verschillende werkpakketten om nog gedetailleerder te kunnen uitwerken. Daarnaast vormt de matrix en goede database om een aantal cases uit te zoeken die gebruikt worden binnen het promotieonderzoek.

Omdat de matrix putverstopping binnen het BTS is opgezet is deze ook alleen beschikbaar binnen de deelnemers van het project.

Samenvatting

Dit project heeft als doel een matrix op te stellen met putgegevens uit heel Nederland.

Deze matrix is bedoeld om de putgegevens van alle waterleidingbedrijven *eenduidig* vast te leggen en te gebruiken om *relaties* te vinden tussen puteigenschappen en putverstopping door middel van een statistische analyse.

De matrix is door Caroline van der Lee geheel gevuld met data. Op basis van deze matrix is een statistische data analyse gedaan en een visualisatie in GIS. De matrix bevat verstoppende en niet verstoppende putten van vier waterbedrijven; Brabant Water, Hydron, Vitens en WML. In totaal zijn 153 putten verwerkt.

De 'tools' die gebruikt zijn voor de statistische data analyse zijn; visualisatie door middel van grafieken, Pearson's correlatie coefficient, boxplots en gemiddelden.

In deze statistische analyse zijn de verschillende variabelen uit de matrix door middel van de 'tools' uitgezet tegen de verstoppingsnelheid. De verstoppingsnelheid is het percentage dat het specifiek debiet per jaar afneemt ten opzichte van het specifiek debiet bij oplevering (100%). In dit onderzoek wordt nader gekeken naar de groepen 'mechanische verstopping' (verstoppingsnelheid > 0%/jaar) en 'geen verstopping' (verstoppingsnelheid = 0%/jaar). Hierna worden conclusies getrokken aan de hand van de relatie tussen de putverstoppingsnelheid en de variabelen.

Een aantal variabelen vertoont geen tot matige relatie met de verstoppingsnelheid. Ook kunnen een aantal variabelen niet geëvalueerd worden vanwege te weinig gegevens. Uit dit onderzoek komt naar voren dat voornamelijk de volgende variabelen gerelateerd zijn aan een hogere verstoppingsnelheid:

- Klein M50-getal
- Hoge Cl-concentratie
- Een kleine diepte van de put en hiermee samengaan een kleine netto filterlengte.
- Een hoog aantal draaiuren per dag
- Oevergrondwaterwinning als type waterwinning

Conclusie

De belangrijkste relaties die uit de analyse komen zijn weergegeven in de tabel op de volgende bladzijde. De tabel is alleen een weergave van de resultaten en geeft geen verklaring voor het vóórkomen van deze relaties.

M50-getal	Negatieve relatie: fijne korrelgrootte heeft hogere verstoppingsnelheid.
Formatienaam	Afhankelijkheid van formatie via korrelgrootte.
Cl-concentratie	Een hoge Cl-concentratie is gerelateerd aan een gemiddeld hogere verstoppingsnelheid.
Ca-concentratie	Een hoge Ca-concentratie is gerelateerd aan een gemiddeld hogere verstoppingsnelheid.
Netto filterlengte	Korte filterlengtes hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid.
Putdiepte	Ondiepe putten hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid.
Korrelgrootte grind/ korrelgrootte laag	Hoe groter het verschil in korrelgrootte, hoe hoger de gemiddelde verstoppingsnelheid.
Draaiuren	Putten met een hoger aantal draaiuren hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid.
Flux boorgatwand	Lage flux op de boorgatwand gaat gepaard met een hoge verstoppingsnelheid.
Type waterwinning	Oevergrondwaterwinning geeft het hoogste percentage mechanische verstopping. Diepe grondwaterwinning geeft het hoogste percentage geen verstopping.

Inhoud

Voorwoord		1
Samenvatting		3
Inhoud		5
1	Inleiding	7
2	Data collectie	9
3	Statistische Data Analyse	27
3.1	Inleiding	27
3.1.1	Betrouwbaarheid van de data	27
3.1.2	Verstoppingsnelheid	28
3.1.3	Soort verstopping	28
3.2	Variabelen in relatie tot putverstopping	29
3.2.1	Scatterplot	30
3.2.2	Correlatie coefficient	30
3.2.3	Grafiek	31
3.2.4	Boxplot	31
3.2.5	Gemiddelde	32
3.2.6	Verwachting/Observatie	32
3.3	Putgegevens	32
3.4	Geologie/sedimentkarakteristiek in filtertraject	33
3.5	Aanleg	49
3.6	Regeneratie	64
3.7	Bedrijfsvoering	68
3.8	Berekeningen	70
3.9	Type waterwinning	71
4	Visualisatie van de resultaten met GIS	73
4.1	Inleiding	73
4.2	Verstoppingskaart	73
4.3	Chloridekaart	74
4.4	Aanbeveling GIS	75
5	Conclusie	77
6	Aanbevelingen	79
I	Beschrijving Matrix	81

II	Interpretatie kD-waarden	87
III	Kalk-koolzuur evenwicht	89
IV	Correlatie-matrix	91

1 Inleiding

Doelstelling

In het kader van het BTS-project putverstopping is een onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen putverstopping en de verschillende put eigenschappen. Het project heeft als doel een matrix op te stellen met putgegevens uit heel Nederland en door middel van een statistische analyse de belangrijkste parameters te verkrijgen.

Daarnaast is de matrix bedoeld om de putgegevens van alle waterleidingbedrijven *eenduidig* vast te leggen. Door middel van een statistische analyse zal geprobeerd worden om *relaties* tussen puteigenschappen en putverstopping te verkrijgen.

Dit doel wordt nagestreefd door middel van het uitvoeren van het volgende stappenplan:

1. Parameters matrix bepalen
2. Data verzamelen in matrix
3. Statistische data analyse
4. Data visualisatie met behulp van GIS

De eerste twee stappen zijn uitgevoerd door Caroline van der Lee en resulteerden in een matrix met data van 153 putten. Op basis van deze matrix zijn de laatste twee stappen uitgevoerd. Stap (2), (3) en (4) worden beschreven in dit rapport.

De matrix

Wat bevat de matrix?

De matrix bevat verstoppende en niet verstoppende putten van vier waterbedrijven; Brabant Water, Hydron, Vitens en WML. In totaal zijn 153 putten verwerkt. Het onderzoek concentreert zich op mechanische verstopping. De afmeting van de matrix is 263 rijen bij 163 kolommen

De matrix is opgedeeld in zes verschillende groepen:

1. Putgegevens: bijv. winlocatie, aantal filtertrajecten, soort verstopping
2. Geologie/sedimentkarakteristiek: bijv. korrelgrootte in filtertraject, formatienaam
3. Aanleg: bijv. boordiameter, korrelgrootte omstortingsgrond, ontwikkel methode, gebruikte boorspoeling
4. Regeneratie: bijv. regeneratie methode, frequentie specifiek debiet voor en na regeneratie
5. Bedrijfsvoering: bijv. aantal draaiuren, schakelingen
6. Berekeningen: bijv. flux boorgatwand, specifiek volume stroom per m filter

2 Data collectie

Naar aanleiding van een verkennend onderzoek met putdata, is besloten om verder te gaan met het uitbreiden en invullen van een zogenaamde putten matrix. De eerste fase bestond uit het opstellen van de matrix en invullen daarvan. De belangrijkste onderdelen staan hier genoemd

Controle ingevulde data en maken begrippen lijst

Uit het verkennende onderzoek bleek dat niet alle de data op dezelfde manier was ingevuld en dat er verwarring was over een aantal begrippen. Er is daarom een begrippenlijst gemaakt, zodat de gegevens op dezelfde manier werd ingevuld.

Invoegen extra kolommen

In de eerste matrix waren nog niet alle relevante parameters genoemd, daarom is de matrix uitgebreid (invoegen nieuwe kolommen).

Invullen extra putgegevens en nieuwe putten

De matrix is in samenwerking met de waterbedrijven en Caroline van der Lee ingevuld. Het betrof aanvulling van de oude putgegevens en invullen van ongeveer 20 nieuwe putten. De extra putten zijn nodig om een goede en betrouwbare analyse te kunnen uitvoeren.

Dit onderdeel nam meer tijd in beslag dan van tevoren gedacht. De data is echter wel op eenduidige wijze ingevuld en daardoor onderling te vergelijken. Op 20 januari 2004 is door Caroline van der Lee gepresenteerd hoe het verzamelen van de data in zijn werk gegaan is. Hierna volgen alle sheets met een duidelijk beeld hoe het invullen van de matrix in zijn werk is gegaan.




Caroline van der Lee

De BTS Matrix
Data verzameling

20 januari 2004, Nieuwegein

Overzicht Presentatie

- **Waarom de matrix**
- **Wat heb ik gedaan**
- **De Matrix**
- **Ervaring tijdens data verzamelen**
- **Conclusies**
- **Aanbevelingen**



Waarom → Gedaan → Matrix → Ervaring → Conclusies → Aanbevelingen

2

BTS-project Putverstopping

Achtergrond

■ Gezamenlijk onderzoek naar putverstopping

- Bedreiging duurzame bedrijfsvoering

- Kosten

 - Circa 12 miljoen Euro/jaar



Doel BTS-project: Via samenwerking en fundamenteel onderzoek tot een beter inzicht komen in putverstopping en het putverstoppingsproces

Waaron → Gedaan → Matrix → Ervaring → Concl. clusies → Aanbevelingen

3

Gezamenlijk onderzoek van Kiwa en vier waterbedrijven: Brabant Water, Hydron, Vitens, Wml

Waarom dit onderzoek? Putverstopping bedreigt de duurzame bedrijfsvoering van putten en de kosten voor putregeneratie of nieuwe boringen kost 12 miljoen euro per jaar.

Het doel van BTS. Het BTS project putverstopping komt via samenwerking en fundamenteel onderzoek tot een beter inzicht in putverstopping en het putverstoppingsproces. Dit leidt tot praktische richtlijnen voor ontwerp, aanleg en onderhoud van putten.

Waarom opnieuw de matrix?

- Grotere selectie putten noodzakelijk voor analyse
- 1 centraal persoon → uniform ingevulde data
- Aantal parameters extra toegevoegd



Doel Matrix: Relaties vinden tussen puteigenschappen en putverstopping



Waarom → Gedaan → Matrix → Ervaring → Conclusies → Aanbevelingen

Waarom opnieuw de matrix?

Een jaar geleden is er ook al een analyse uitgevoerd m.b.v. data uit de matrix. Er bleken toen nog onvoldoende putten geselecteerd te zijn om de analyse van de data betrouwbaar te achten.

Ook was soms de data niet eenduidig genoeg

Na meer onderzoek/ervaring zijn er extra parameters toegevoegd aan de matrix.

Het doel van de matrix is om relaties te vinden tussen de belangrijkste puteigenschappen en putverstopping

Overzicht aanpak invullen Matrix

- Parameters matrix bepalen
 - Data verzamelen in matrix
 - Data analyseren m.b.v. SPSS
 - Resultaten analyse en data visualiseren met GIS
- } *afgerond*



5

De aanpak van de matrix bestaat uit 4 stappen.
Op dit moment zijn de eerste 2 stappen afgerond.

Mijn Werkwijze

- Inlezen
- Bedrijven benaderd
- Bedrijven in willekeurige volgorde bezocht
- Matrix aangevuld en oude gegevens gecontroleerd op zo uniform mogelijke wijze
- Handleiding bij matrix gemaakt (om data later zo goed mogelijk te kunnen gebruiken)

Waaronder → Gedaan → Matrix → Ervaring → Concllusies → Aanbevelingen



6

Wat heb ik de afgelopen 3 maanden 2 a 3 dagen in de week gedaan

Inlezen in puteigenschappen en putverstopping

Bedrijven benaderd en data verzameld in willekeurige volgorde

Elk bedrijf nogmaals bezocht, na eerste ronde, om af te ronden en nieuwe ideeën, opgedaan bij de eerste bezoeker, mee te nemen

De oude gegevens van de matrix zijn gecontroleerd en de nieuwe gegevens zijn toegevoegd

Een handleiding is gemaakt die verduidelijking geeft over de betekenis/waarde van de ingevulde data

Contacten waterbedrijven

- **Brabant Water:**
 - Carl van Rosmalen
 - Luc van Vegchel
- **Hydron:**
 - Harry Timmer
- **Vitens:**
 - Friesland-Ate Oosterhof
 - Gelderland-Ton Ebbing
 - Overijssel-Herman Sluiter
- **WML:**
 - Maria Juhasz

Waaron → Gedaan → Matrix → Ervaring → Concluzies → Aanbevelingen



Binnen elk bedrijf hebben de volgende mensen mij wegwijs gemaakt in alle beschikbare data. Ook hebben zij vanuit hun ervaring meegedacht over mogelijke redenen voor putverstopping en ideeën gegeven om de data te vertalen naar de gewenste parameters

Ideeën om data bovenwater te krijgen ontstonden tijdens verzamelen

- **Doorlaatbaarheid**
 - Bepalen o.b.v. korrelgrootte boorbeschrijving
 - Capaciteitsmeting
- **Definiëring samenstelling watervoerend pakket**
- **Bepaling kalkrijk/kalkarm water in de put**

Waaronder → Gedaan → Matrix → Ervaring → Concluzies → Aanbevelingen



Bij het opstellen van de matrix waren parameters benoemd die tijdens het verzamelen van de data aangepast zijn of waarvan vooraf nog niet duidelijk was op welke manier ze ingevuld moesten worden.

De doorlaatbaarheid kan op 2 manieren bepaald worden:

- 1) o.b.v. de korrelgrootte bekend uit de boorbeschrijving die dan via een tabel wordt omgerekend naar doorlaatbaarheid.
- 2) een capaciteitsmeting kan de doorlaatbaarheid voorspellen

Voor de beschrijving van het watervoerende pakket is besloten om het filtertraject op te delen in aparte lagen om zo inzicht te krijgen in de opbouw en al dan niet homo/heterogeniteit

Via een kalk-koolzuur evenwicht wordt gekeken of de oplossing kalkagressief of kalkafzettend is

Opzet matrix

- Selectie putten van Brabant Water, Hydron, Vitens en WML
- Totale aantal putten: 152
- Onderverdeeld in: 96 mechanisch verst, 33 niet verst, rest chemisch/bacteriologisch/combinatie van
- 80% verstoppende putten (mechanisch), 20% niet verstoppend
- 250 rijen (putten per filtertraject)
- 186 kolommen (puteigenschappen)



Waaronder → Gedaan → **Matrix** → Ervaring → Concluzies → Aanbevelingen

Wat bevat de matrix?

Verstoppende en niet verstoppende putten van de vier waterbedrijven totaal 152 putten gebruikt

We streefde naar 80% mechanisch verstoppende putten en 20% niet verstoppende putten. (Het onderzoek concentreert zich op mechanische verstopping)

De afmeting van de matrix is 250 rijen bij 186 kolommen

Inhoud Matrix (I)

■ Putgegevens

- winlocatie
- aantal filtertrajecten
- soort verstopping

■ Geologie/sedimentkarakteristiek in filtertraject

- korrelgrootte in filtertraject
- formatienaam

■ Aanleg(ontwikkelen, constructie)

- boordiameter
- korrelgrootte omstortingsgrind
- ontwikkel methode
- gebruikte boorspoeling

Waarom → Gedaan → **Matrix** → Ervaring → Concllusies → Aanbevelingen



10

De matrix is opgedeeld in 6 noemers:

- 1) putgegevens: b.v. winlocatie, aantal filtertrajecten, soort verstopping
- 2) Geologie/sedimentkarakteristiek : b.v. korrelgrootte in filtertraject, formatienaam
- 3) Aanleg: b.v. boordiameter, korrelgrootte omstortingsgrind, ontwikkel methode, gebruikte boorspoeling

Inhoud Matrix (II)

■ Regeneratie

- regeneratie methode
- frequentie regeneratie
- specifiek debiet voor en na regeneratie

■ Bedrijfsvoering

- aantal draaiuren per dag
- aantal schakelingen per dag

■ Berekeningen

- flux boorgatwand
- specifiek volume stroom per meter filter

Waarom → Gedaan → **Matrix** → Ervaring → Concllusies → Aanbevelingen

11

- 4) Regeneratie: b.v. regeneratie methode, frequentie specifiek debiet voor en na regeneratie
- 5) Bedrijfsvoering: b.v. aantal draaiuren, schakelingen
- 6) Berekeningen: b.v. flux boorgatwand, specifiek volume stroom per m filter

Opmerkingen data

- Verstoppingsnelheid
- doorlaatbaarheid
- korrelgrootte watervoerend pakket
- gebruikte boorspoeling
- ontwikkeling van de put
- aantal draaiuren
- aantal schakelingen

Waaronder: Gedaan Matrix Ervaring Concluzies Aanbevelingen



13

Sommige data was lastig te verkrijgen

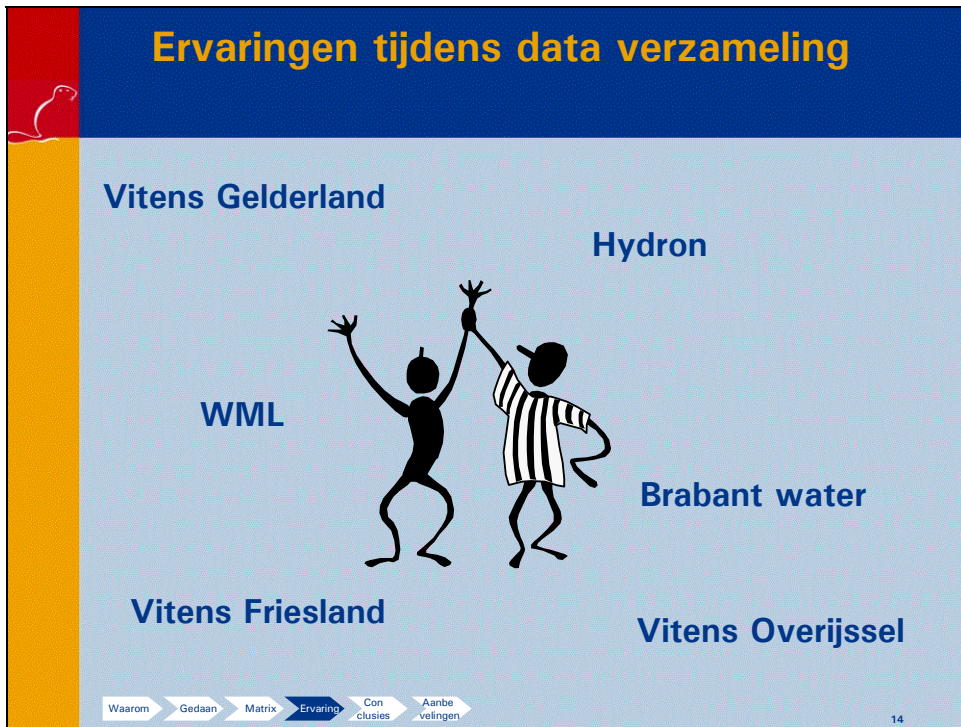
Verstoppingsnelheid met de hand bepaald

Doorlaatbaarheid m.b.v. conversie tabel; voor vergelijking goed, maar getal lijkt te hoog

Korrelgrootte waarde bepaald met conversie tabel. Veel verschillende boorstaten zo goed mogelijk uniform definiëren

Data boorspoeling en ontwikkeling vaak niet beschikbaar of uit ervaring voorspeld

Aantal draaiuren en schakelingen belangrijke parameters, maar moeilijk te achterhalen



Tijdens data verzameling ben ik zelf aan de hand meegenomen door de data heen, nu zou ik jullie even mee willen nemen en een paar dingen willen laten zien die ik als buitenstaander heb ervaren m.b.t. de kijk op het project en de data

Contact personen hebben andere invalshoek/achtergrond

- WML
- Hydron
- Vitens Friesland



- Brabant water
- Vitens Overijssel
- Vitens Gelderland?

Waaron Gedaan Matrix Ervaring Con clusies Aanbe velingen

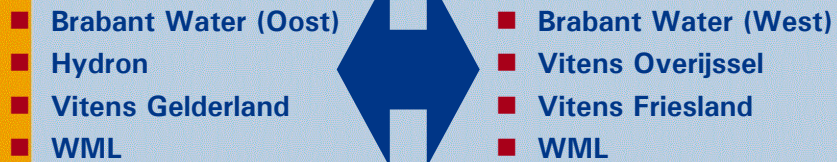


15

Het samenwerken met de verschillende contacten bij de waterbedrijven was erg leerzaam vooral omdat de achtergronden verschillend waren. Bij de bedrijven links werd ik door hydrologen begeleid en bij de andere door mensen uit de praktijk, die meer aanwezig waren geweest bij de boringen/regeneraties. Doordat men door de verschillende achtergrond vaak ook een andere invalshoek had om bv het verstoppingprobleem te benaderen leverde dat goede ideeën voor het vinden van de gevraagde parameters

Beschikbaarheid data zeer uiteenlopend

Specifiek debiet

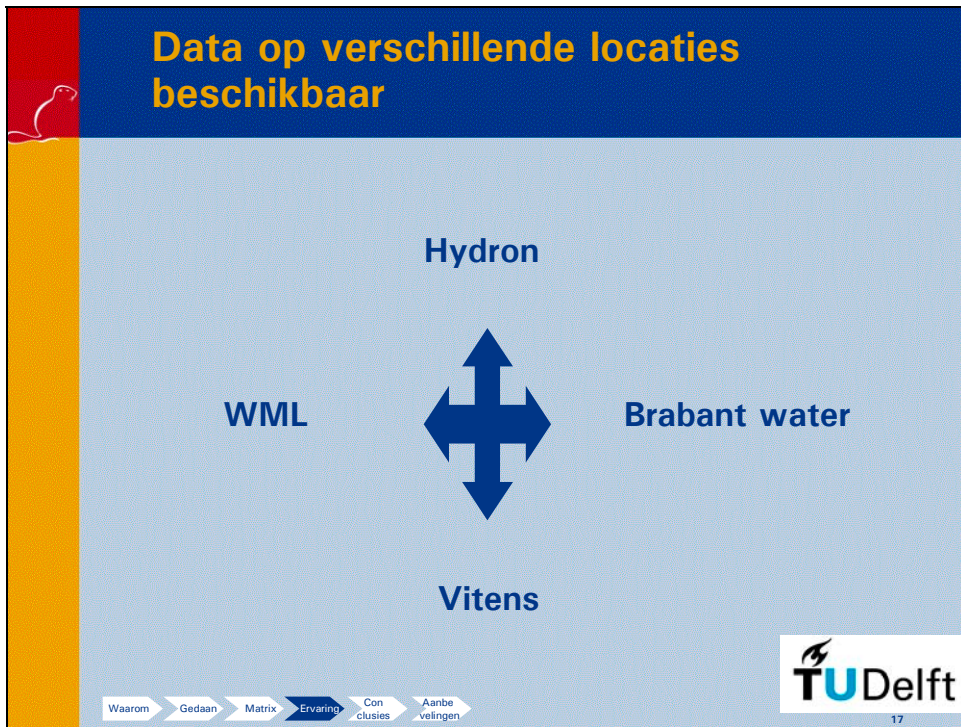


Waaronder → Gedaan → Matrix → Ervaring → Concluzies → Aanbevelingen

TU Delft

16

Verskillende manieren van meten en vastleggen specifiek debiet



De data voor de matrix is zo verspreid over verschillende gebieden dat het moeilijk is om overzicht te krijgen over alles. Bij het zoeken van de data werd ik vaak doorverwezen naar iemand die zich weer specifiek ergens mee bezig hield. Samenwerking/overleg is dus belangrijk om evt. relaties m.b.t. putverstopping te verkrijgen. Een goede bron van data was Dawaco waarin al een eerste stap is gezet om data digitaal en uniform vast te leggen.

Conclusie

- Matrix bijna volledig
- Data uniform ingevuld met uitzonderingen
- Verschillende achtergrond bedrijven komt naar voren in beschikbaarheid data
- Samenwerking tussen verschillende bedrijven in dit project belangrijk
- Samenwerking kan leiden tot meer uniformiteit
- Bezoeken aan de bedrijven interessante en leuke ervaring

Waaron > Gedaan > Matrix > Ervaring > **Conclusies** > Aanbevelingen



18

Aanbevelingen voor analyse

- **Putverstoppingsvariabelen vorige analyse**
 - Samenstelling watervoerend pakket
 - Flux op de boorgatwand
 - Boormethode
 - Ontwikkelingsgraad
 - Putontwerp (Boordiameter, "leeftijd" en omstorting)
- **Nieuwe parameter(s)**
 - Putschakeling data
 -



Waaron Gedaan Matrix Ervaring Con clusies Aanbe velingen

19

De data in de matrix kan gebruikt worden om relaties te zoeken die putverstopping kunnen onderbouwen. Bij de vorige analyse bleek dat er 5 parameters van invloed zijn.

Uit ander onderzoek is al naar voren gekomen dat putschakelingen waarschijnlijk een relatie heeft tot verstopping en dit is dan ook zeker een parameter die wordt meegenomen in de analyse, waarschijnlijk zullen er nog meer volgen

3 Statistische Data Analyse

3.1 Inleiding

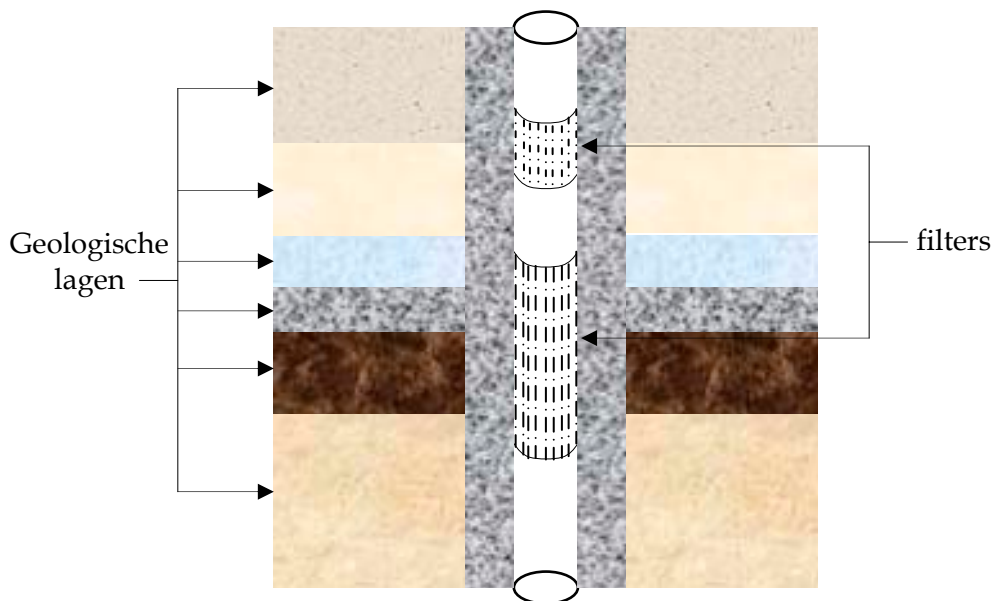
In dit hoofdstuk wordt het resultaat van de analyse van de matrix gepresenteerd. In de meest gevallen wordt de verstoppingsnelheid uitgezet tegen de verschillende variabelen. In de eerste sectie worden de belangrijkste variabelen en de statische technieken toegelicht. In de daarop volgende paragrafen wordt de data weergegeven en wordt de interpretatie daarvan gemaakt.

3.1.1 Betrouwbaarheid van de data

Erg belangrijk bij de analyse van data is de vraag: "Hoe betrouwbaar is de data die we gebruiken?". Zowel de onnauwkeurigheid van de metingen als menselijke fouten spelen hierbij een rol. Daarbij speelt in deze analyse ook het verschil tussen de deelnemende bedrijven mee; de meting kan per bedrijf afhangen van bijvoorbeeld verschil in het meetinstrument of verschil in interpretatie.

Tevens is in een aantal gevallen gebruik gemaakt van gewogen gemiddelden van een variabele per put. De geologische variabelen staan in de matrix per laag beschreven. Zoals in het plaatje hieronder te zien is, bestaat een put uit meerdere geologische lagen die in de filtertrajecten voorkomen. Aangezien bepaalde variabelen per geologische laag verschillen is ervoor gekozen het gewogen gemiddelde te berekenen om zo één getal te kunnen weergeven voor de gehele put. Ook dit zorgt voor een zekere onnauwkeurigheid in de waarde van de variabele.

Het gaat hier om de volgende geologische variabelen: M50-getal, formatienaam, sortering, doorlaatbaarheid en korrelgrootte omstortingsgrind/ korrelgrootte geologische laag.



Op de derde plaats moet er nog een kanttekening geplaatst worden bij de verhouding verstoppende putten ten opzichte van niet verstoppende putten. Om een vergelijking te maken tussen mechanisch verstoppende putten en niet verstoppende putten moet van ieder soort voldoende voorbeelden aanwezig zijn. Deze verhouding ligt momenteel op 72% mechanisch verstoppende putten en 28% niet verstoppende putten, wat de vergelijking moeilijk en onnauwkeurig maakt.

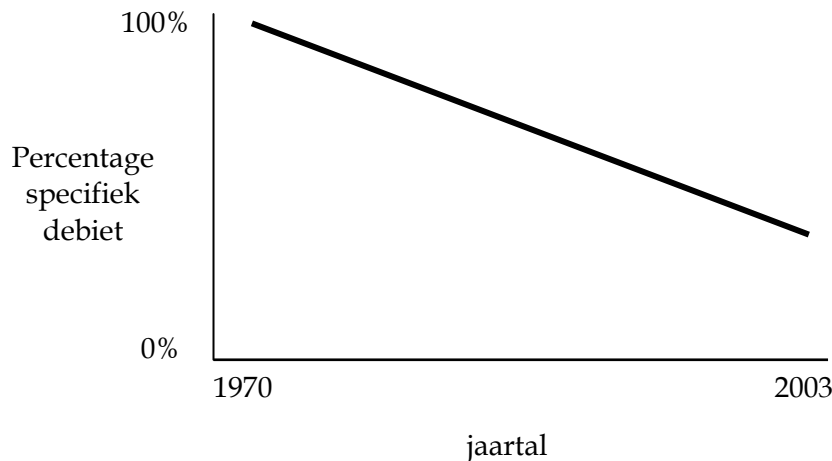
3.1.2 *Verstoppingsnelheid*

De verstoppingsnelheid is het percentage dat het specifiek debiet per jaar afneemt ten opzichte van het specifiek debiet bij oplevering (100%). De verstoppingsnelheid wordt uitgedrukt in procent per jaar [%/jaar].

In formule ziet dit er als volgt uit:

$$\text{Verstoppingsnelheid} = \frac{100\% - \text{percentage}(\text{nieuw})}{\text{aantal_jaren}}$$

Deze verstoppingsnelheid kan berekend worden uit de onderstaande (algemene) grafiek:



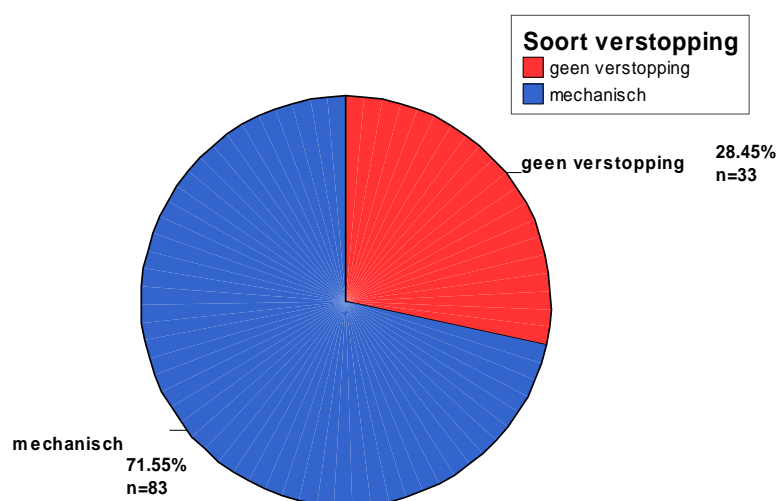
3.1.3 *Soort verstopping*

In de matrix staan 153 putten met verschillende soorten verstopping:

1. Mechanisch
2. Mechanisch + chemisch
3. Mechanisch + chemisch/bacteriologisch
4. Chemisch
5. Chemisch + bacteriologisch
6. Geen verstopping

In dit onderzoek wordt nader gekeken naar de groep 'mechanische verstopping' en naar de groep 'geen verstopping'. De overige groepen zijn buiten beschouwing gelaten. De hoeveelheid data was niet voldoende om hierover een uitspraak te doen. 'Geen verstopping' hebben wij gedefinieerd als 0% verstopping, alles boven de 0% hebben we gedefinieerd als zijnde 'mechanische verstopping' (N.B. alleen categorie 1 en 6 zijn meegenomen). Deze verdeling resulteert in 33 putten die niet verstoppend zijn en 83 putten die mechanisch verstoppend zijn. In totaal wordt dus gekeken naar 116 putten.

De verdeling van deze verstoppingssoorten is te zien in het volgende taartdiagram:



De grens van 0% is slechts een definitie die wij in dit rapport hanteren. Als we de grens verleggen naar bijvoorbeeld 2,5% dan zou dit resulteren in 45 mechanisch verstoppende putten en 71 niet-verstoppende putten.

3.2 Variabelen in relatie tot putverstopping

In dit onderzoek is vooral gekeken naar één op één relaties tussen variabelen en putverstopingssnelheid. De verstoppingsnelheden worden uitgezet tegen een groot aantal variabelen (de betekenis van de variabelen kan opgezocht worden in Bijlage I). In tabel 3.1 staat een overzicht van alle variabelen en in welke paragraaf deze gepresenteerd worden.

Par.	Data groep	Variabele
3.3	Putgegevens	Jaar van aanleg
3.4	Geologie/ sedimentkarakteristiek in filtertraject	<ul style="list-style-type: none"> • M50 getal • Formatienaam • Sortering • Doorlaatbaarheid • Kalkrijkdom • Watertype

		<ul style="list-style-type: none"> • Ionsoort:
3.5	Aanleg	<ul style="list-style-type: none"> • Boormethode • Boorspoeling • Ontwikkelen • Aantal keer mechanisch ontwikkelen • Boordiameter • Netto filterlengte • Putdiepte • Dikte omstorting • Korrelgrootte omstortingsgrind • Korrelgrootte pakket
3.6	Regeneratie	<ul style="list-style-type: none"> • Grenswaarde - effect regeneratie • Frequentie - effect regeneratie • Grenswaarde - frequentie
3.7	Bedrijfsvoering	<ul style="list-style-type: none"> • Draaiuren • Schakelfrequentie
3.8	Berekeningen	<ul style="list-style-type: none"> • Flux boorgatwand • Type waterwinning

De variabelen zijn geanalyseerd met behulp van de een aantal statische parameters welke per put steeds berekend zijn. De volgende parameters zijn gebruikt:

- Scatterplot
- Correlatie coëfficiënt
- Uitzetten data in een grafiek
- Boxplot
- Bepalen gemiddelden

3.2.1 Scatterplot

In dit hoofdstuk worden de hierboven genoemde variabelen uitgezet tegen de verstoppingsnelheid. Vaak gebeurt dit in de vorm van een scatterplot. In deze scatterplot wordt de verstoppingsnelheid uitgezet tegen de betreffende variabele per put. Deze wordt weergegeven door een punt. Visueel kan dan bepaald worden of zich een correlatie bevindt tussen de verschillende putten.

3.2.2 Correlatie coefficient

Om te toetsen of er een lineair verband bestaat tussen de verschillende putten maken we gebruik van een correlatie coëfficiënt. De meest voorkomende maat om correlatie weer te geven is de Pearson's correlatie coëfficiënt. Pearson's correlatie coëfficiënt geeft de mate van lineaire relatie tussen twee variabelen weer. Hij varieert van +1 naar -1. Een correlatie van +1 betekent dat er een perfecte positieve lineaire relatie is tussen de variabelen. Een correlatie van -1 betekent dat er een perfecte negatieve lineaire relatie is

tussen de variabelen. Een correlatie van 0 betekent geen relatie tussen de variabelen.

De vergelijking ziet er als volgt uit:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sqrt{(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{N})}}$$

3.2.3 Grafiek

De data kan ook weergegeven worden in een grafiek. De eerste grafiek geeft dan het aantal putten weer. De tweede grafiek geeft het percentage weer, zodat vergelijking mogelijk is.

3.2.4 Boxplot

Omdat de grafieken geen informatie geven over de verstoppingsnelheid wordt deze weergegeven door middel van een boxplot. Dit is een goede manier om een dataset grafisch weer te geven. De figuur onderaan deze paragraaf toont een boxplot.

De binnenste **box** geeft het gedeelte van de data weer tussen het eerste en het derde kwartiel. Het eerste kwartiel is het midden van de eerste helft van de geordende data. Met andere woorden, grofweg $\frac{1}{4}$ van de data is kleiner dan het eerste kwartiel. Het derde kwartiel is het midden van de tweede helft van de geordende data: grofweg $\frac{3}{4}$ van de data is kleiner dan het derde kwartiel. De afstand tussen het eerste en het derde kwartiel noemt men de **kwartielf afstand** of **IQR**, hetgeen staat voor "Inter Quartile Range".

De **streep** in de box geeft de plaats weer van de mediaan (midden van de geordende dataset) van de data.

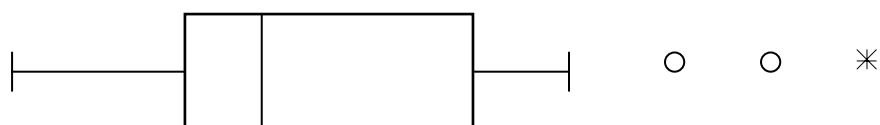
Tenslotte lopen er boven en onder zogenaamde "**whiskers**" of **snorharen**.

Degene onder de box loopt vanaf het eerste kwartiel naar het kleinste getal dat nog net binnen $1.5 \cdot \text{IQR}$ ligt van het eerste kwartiel. Degene boven de box loopt vanaf het derde kwartiel naar het grootste getal dat nog net binnen $1.5 \cdot \text{IQR}$ ligt van het derde kwartiel.

Het symbool \bullet geeft een getal in de dataset aan dat tussen 1,5 en 3 keer de IQR ligt.

Het symbool $*$ geeft de zogenaamde 'extremen' aan. Extremen zijn getallen in de dataset die meer dan 3 maal de IQR verwijderd liggen. Deze getallen worden als 'verdacht' beschouwd, d.w.z. alsof ze eigenlijk niet in de dataset thuis horen.

Boxplot:



3.2.5 Gemiddelde

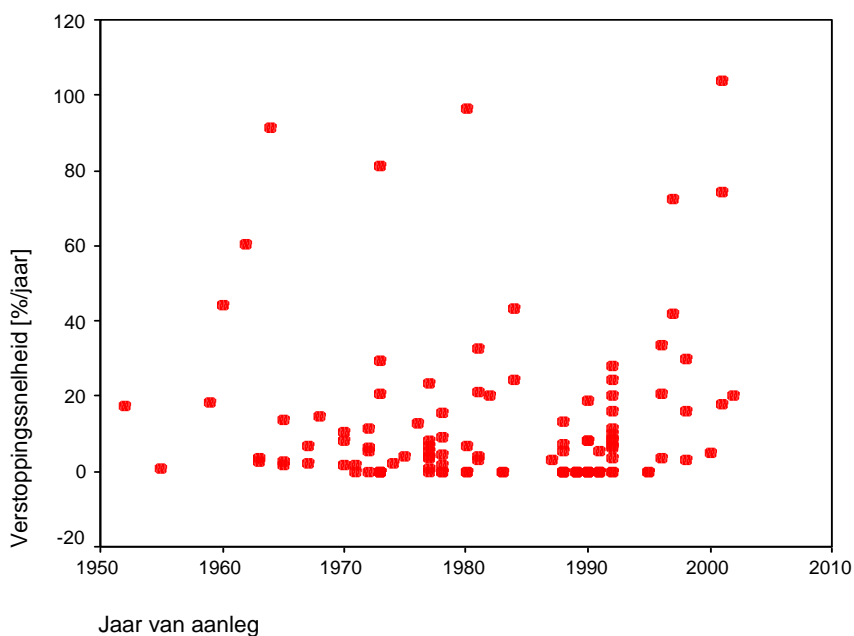
Tevens wordt het gemiddelde gegeven van de verschillende datasets ter vergelijking. Dit gemiddelde houdt het rekenkundig gemiddelde in: de som gedeeld door het aantal getallen.

3.2.6 Verwachting/Observatie

Per variabele wordt de correlatie met de verstoppingsnelheid nader bekeken. Dit zal beschreven worden in een *verwachting* en een *observatie*. In de verwachting wordt beschreven welk soort correlatie we van te voren hadden verwacht. In de observatie wordt beschreven of deze verwachting uitkomt en wat de daadwerkelijke observatie is.

3.3 Putgegevens

Jaar van aanleg



De Pearson correlatie coefficient:

Correlations

		Jaar van aanleg
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.048
	Sig. (2-tailed)	.615
	N	112
Jaar van aanleg	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	113

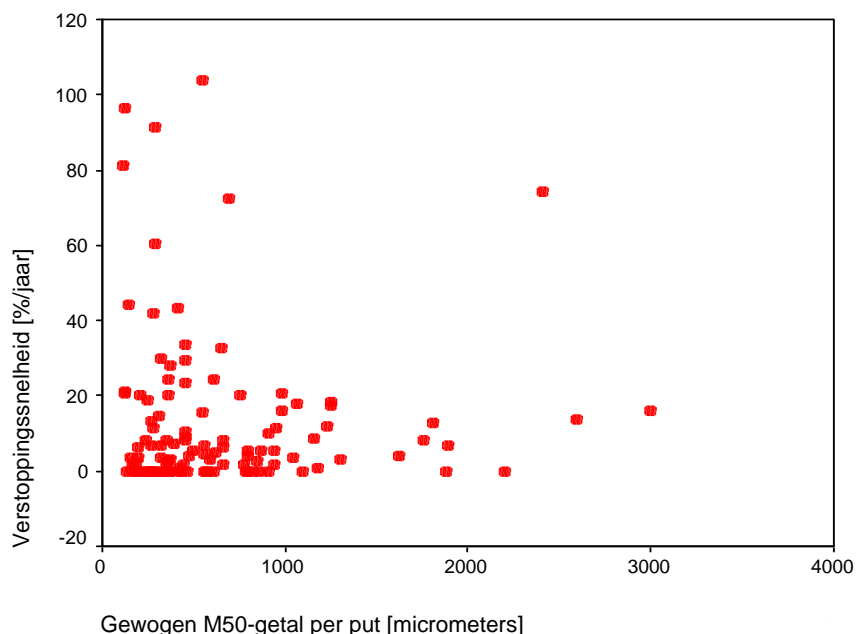
Verwachting: We verwachten dat oudere putten een hogere verstoppingsnelheid zullen hebben.

Observatie: Echter bestaat er geen duidelijk verband tussen jaar van aanleg en mechanische verstoppingsnelheid. Zowel oude als jonge putten verschillen danig in verstoppingsnelheid.

3.4 Geologie/sedimentkarakteristiek in filtertraject

M50-getal

Het M50-getal geeft de korrelgrootte waarvan 50% van het gewicht fijner is oftewel de mediaan van de korrelgrootte. Het M50-getal per put wordt berekend door het gewogen gemiddelde te nemen van het M50-getal over de geologische lagen in alle filtertrajecten. Hierbij wordt dus rekening gehouden met de dikte van de lagen.



De Pearson correlatie coefficient:

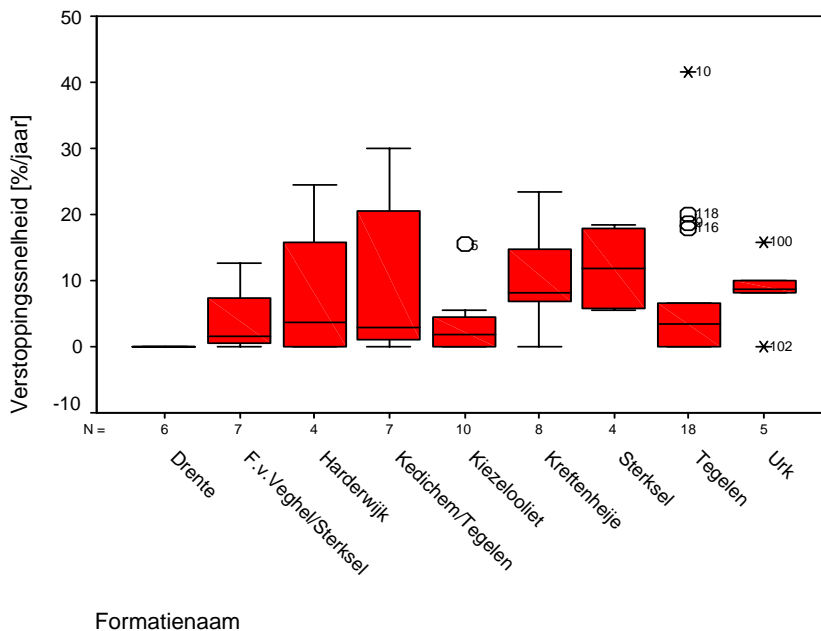
		Gewogen M50-getal per put [micrometers]
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.023
	Sig. (2-tailed)	.804
	N	114
Gewogen M50-getal per put [micrometers]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	115

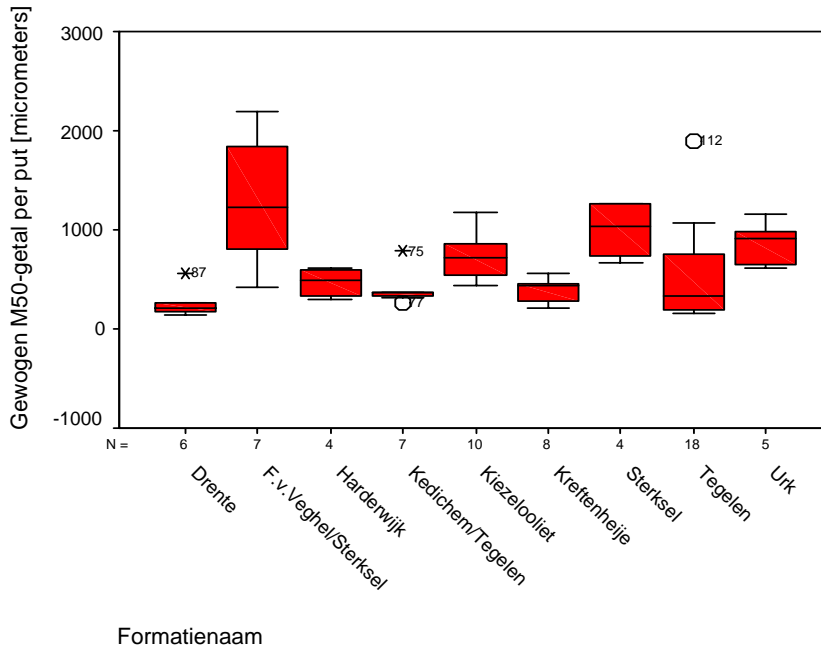
Verwachting: We verwachten dat de verstoppingsnelheid bij kleine korrelgroottes hoger zal zijn dan bij grotere korrelgroottes.

Observatie: Bij kleinere korrelgroottes zien we inderdaad gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid dan bij grotere korrelgroottes. De correlatie coefficient bevestigt deze visie, al is de waarde erg laag.

Formatienaam

Aangezien bij een aantal putten de formatienaam per filtertraject verschilt, is voor deze putten de overheersende formatienaam gekozen.



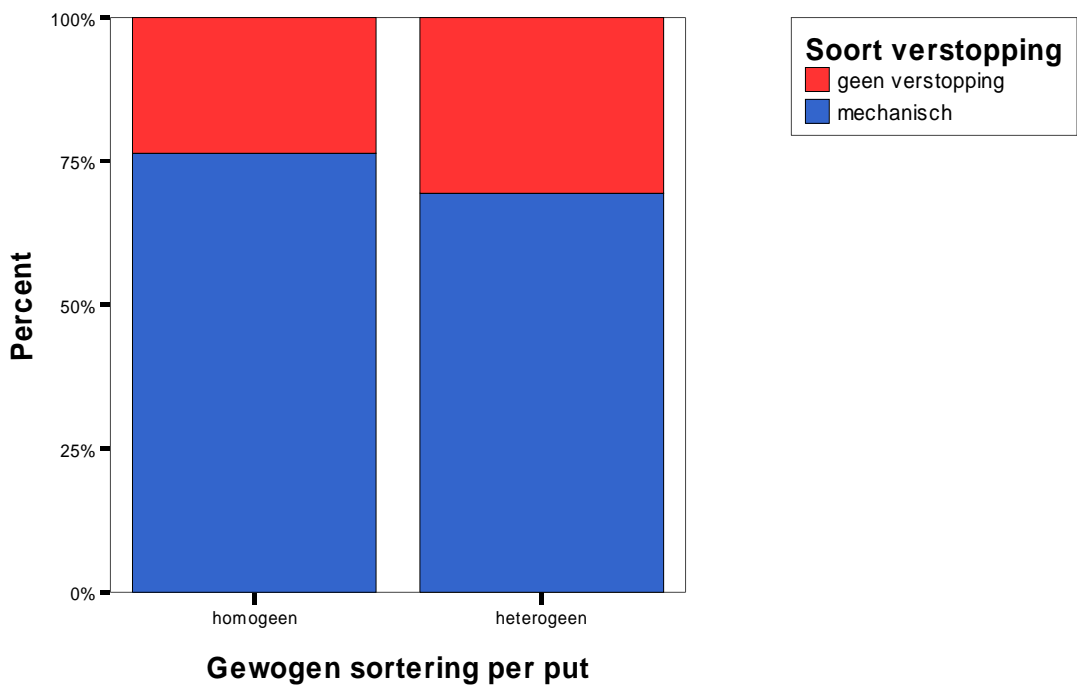
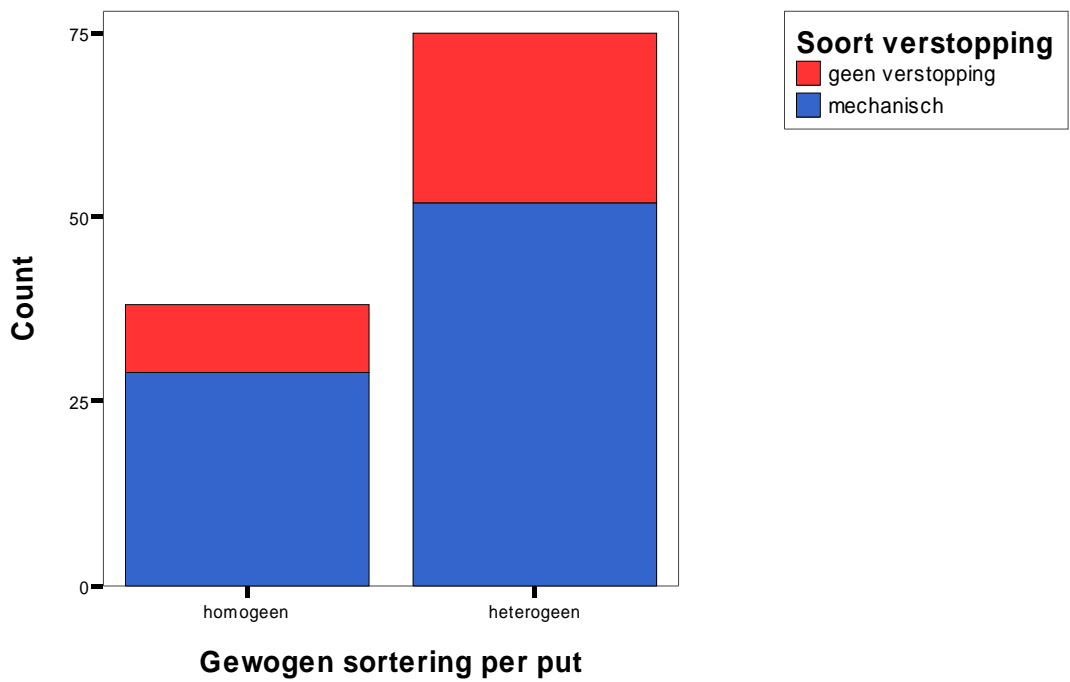


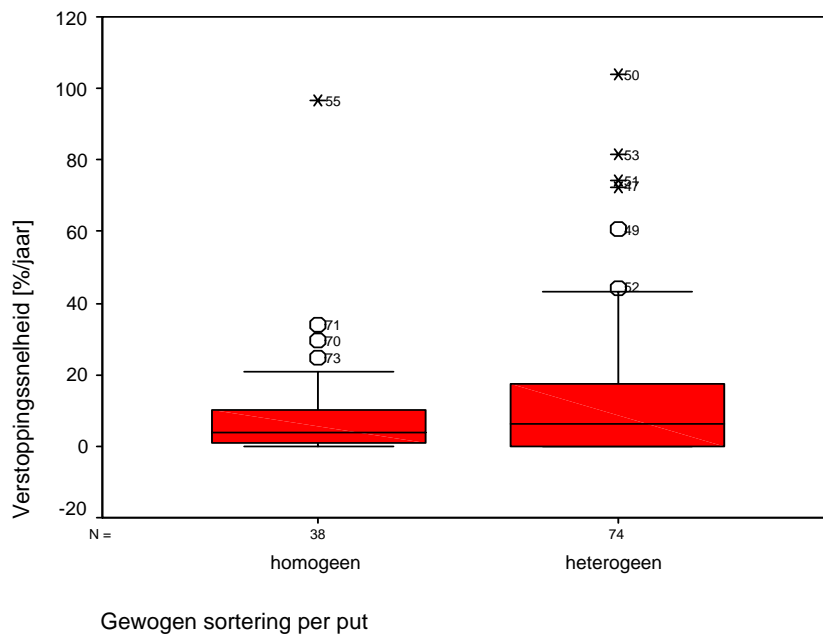
Verwachting: We verwachten geen relatie.

Observatie: Uit de eerste boxplot zien we dat de verstoppingsnelheid afhangt van de formatie waarin geboord is. Als we de vergelijking maken met het M50-getal, zoals uitgezet in de tweede boxplot, dan blijkt dat voor veel formaties een lage verstoppingsnelheid samengaat met een gemiddeld hoog M50-getal en vice versa. Het M50-getal blijkt dus een belangrijke eigenschap van de formatie die van invloed is op de verstoppingsnelheid.

Sortering

De sortering van de lagen is onderverdeeld in homogeen en heterogeen. De sortering per put wordt berekend door getallen toe te kennen aan respectievelijk zeer heterogeen (2), heterogeen(1), homogeen(-1) en zeer homogeen(-2) en vervolgens het gewogen gemiddelde te berekenen over de lagen in de verschillende filtertrajecten. Wederom wordt dus rekening gehouden met de dikte van de lagen. Het gemiddelde getal geeft uiteindelijk de sortering van de put aan. Dit getal kan dan weer vertaald worden naar heterogeen(>0) en homogeen(<0). Het aantal en de verhouding van overwegend homogene en overwegend heterogene putten ziet er als volgt uit:





Gemiddelde:

Report

VERST Verstopingsnelheid [%/jaar]

SORTERIN Gewogen	Mean	N	Std. Deviation
1 homogeen	9.8737	38	17.02160
2 heterogeen	13.6932	74	20.92668
Total	12.3973	112	19.69476

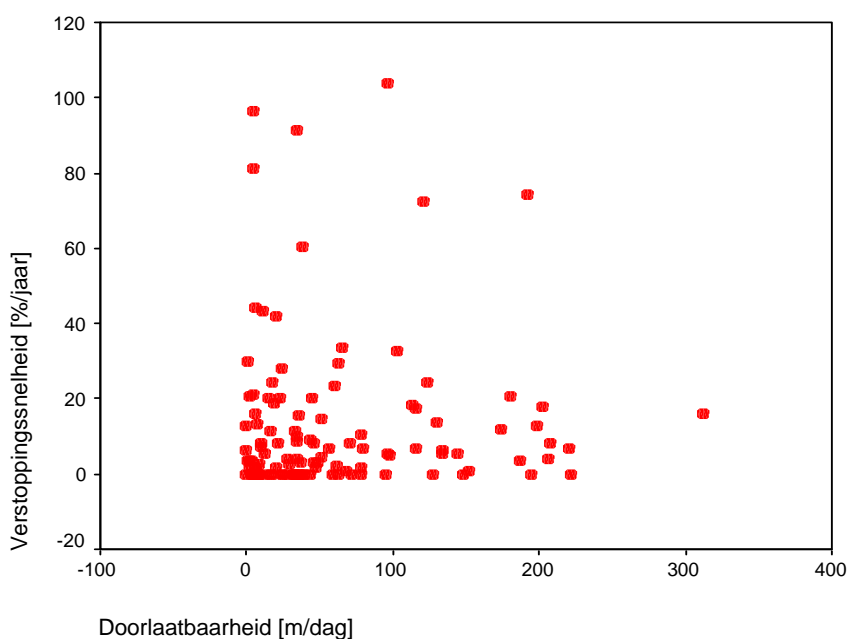
Verwachting: We verwachten dat putten die zijn geslagen in voornamelijk heterogene lagen een hogere verstopingsnelheid zullen hebben.

Observatie: Hoewel uit de grafieken blijkt dat zich meer niet verstoppende putten bevinden in de overwegend heterogene lagen hebben deze putten gemiddeld wel een hogere verstopingsnelheid, zoals we verwacht hadden. Echter is dit verschil minder groot dan we hadden verwacht. Dit kleine verschil zou verklaard kunnen worden door de uitmiddeling van de verschillende geologische lagen die heeft plaats gevonden.

Doorlaatbaarheid [m/dag]

De doorlaatbaarheid per laag is bepaald aan de hand van de conversietabel die voor verschillende korrelgroottes de doorlaatbaarheid geeft voor homogeen en heterogeen gesorteerd materiaal (zie bijlage I). De k-waarde uit de tabel komt hoger uit dan de werkelijke waarde moet zijn, maar dit maakt voor onderlinge vergelijking niet uit.

De doorlaatbaarheid per put is berekend door voor alle lagen in de filtertrajecten de dikte van de laag te vermenigvuldigen met de doorlaatbaarheid en bij elkaar op te tellen en dit getal te delen door de netto filterlengte.



Correlations

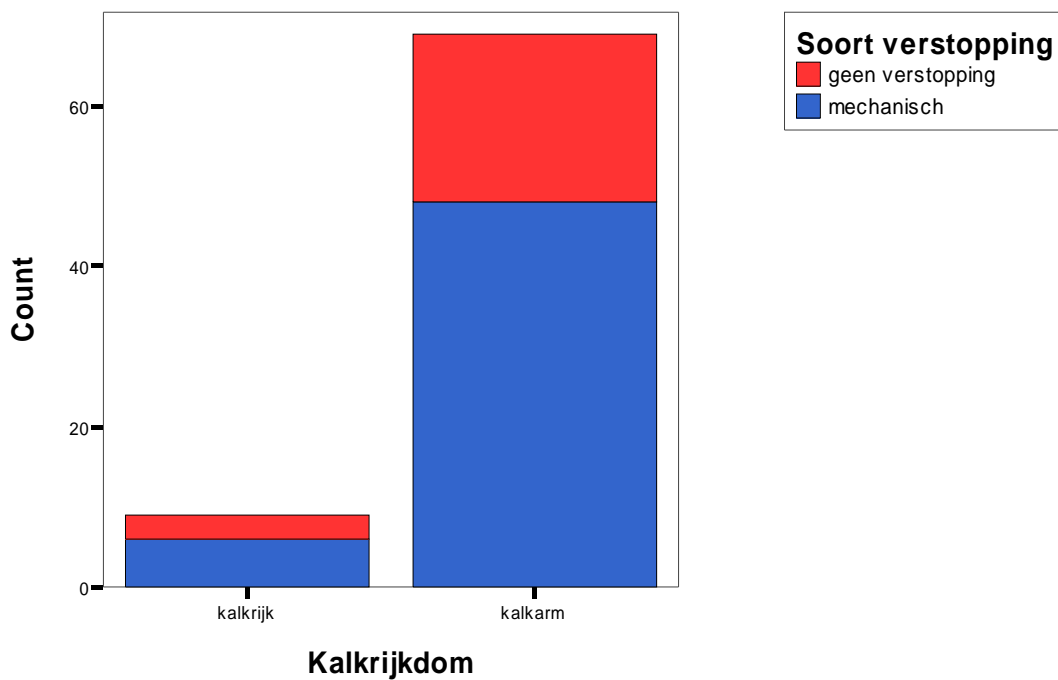
		Doorlaatbaarh eid [m/dag]
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.031
	Sig. (2-tailed)	.744
	N	115
Doorlaatbaarheid [m/dag]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	116

Verwachting: Aangezien de doorlaatbaarheid voornamelijk afhangt van de korrelgroottes verwachten we een hoge verstoppingsnelheid bij lage doorlaatbaarheid en dus kleine korrelgroottes.

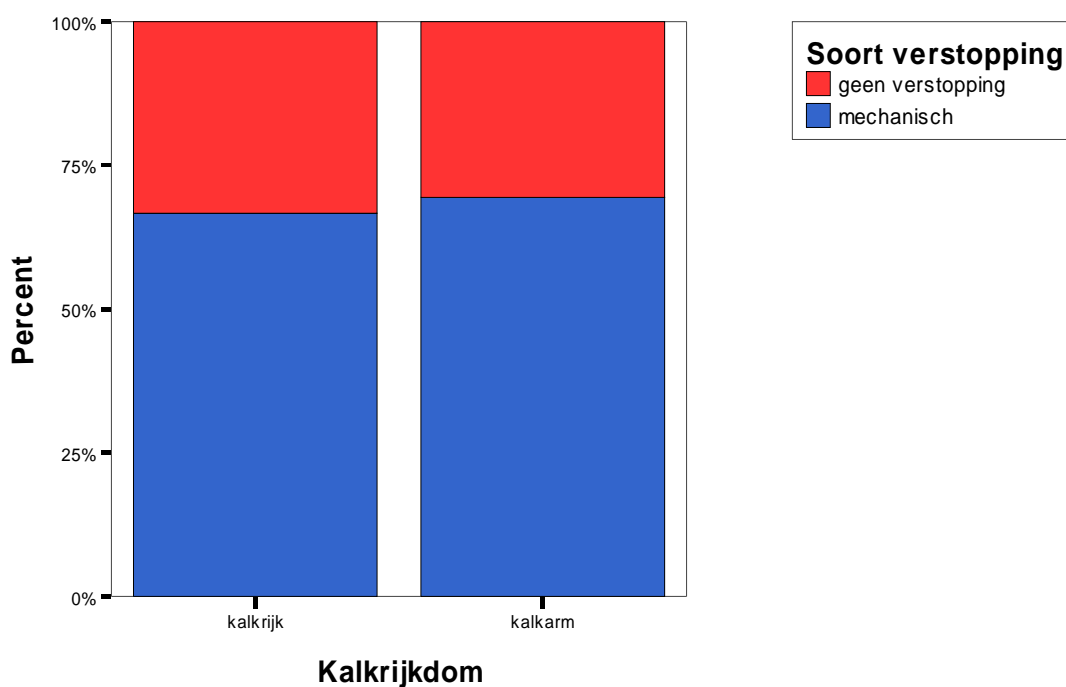
Observatie: Dit verband is echter niet terug te zien in de scatterplots noch in de correlatie coëfficiënt.

Kalkrijkdom

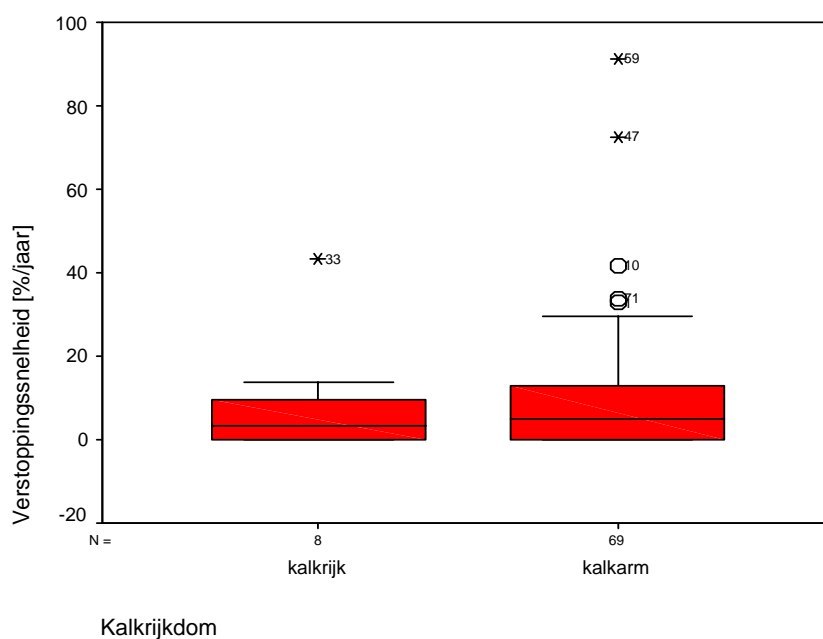
Aantal putten dat kalkrijk ofwel kalkarm water produceert, onderverdeeld in mechanisch verstoppend en niet verstoppend:



Verhoudingen weergegeven in percentages van totaal:



De boxplot en gemiddelden zijn gebaseerd op alle putten, zowel mechanisch verstoppende als niet verstoppende putten:



Report

VERSTV Verstopingsnelheid [%/jaar]

KALKRIJK	Kalkrijkdom	Mean	N	Std. Deviation
1	kalkrijk	8.6875	8	14.67782
2	kalkarm	10.2928	69	15.83007
	Total	10.1260	77	15.63007

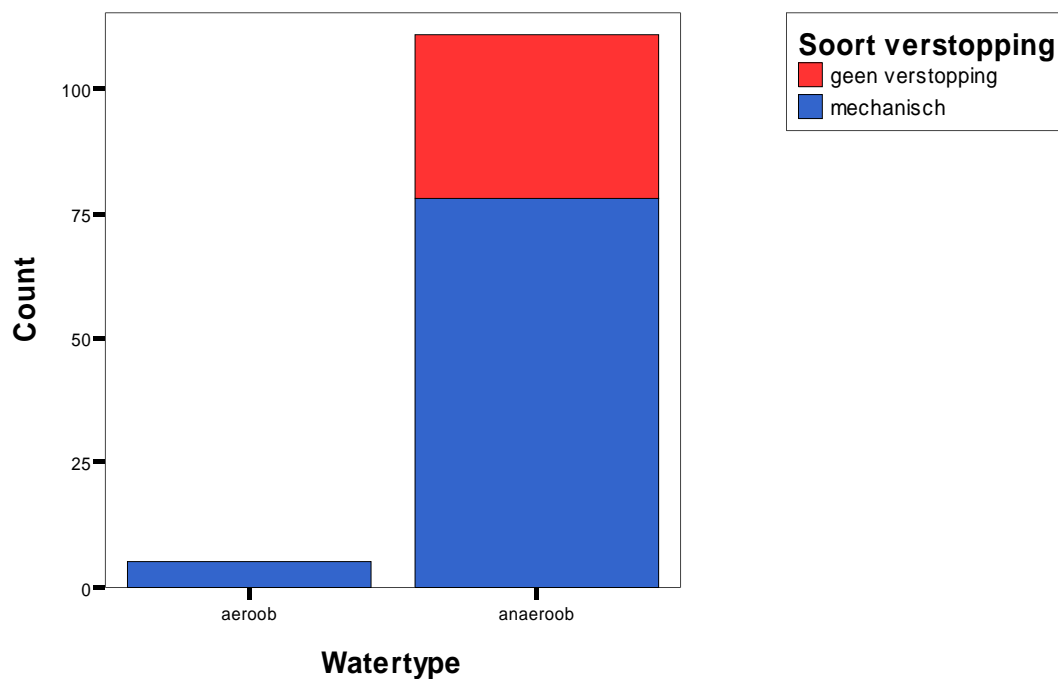
Verwachting: We verwachten geen verschil.

Observatie: De verhoudingen tussen 'niet verstoppend' en 'mechanische verstoppend' zijn gelijk voor kalkrijk en kalkarm water. De boxplot en de gemiddelden geven aan dat er nauwelijks verschil is tussen de gemiddelde mechanische verstopingsnelheden van kalkrijk en kalkarm water.

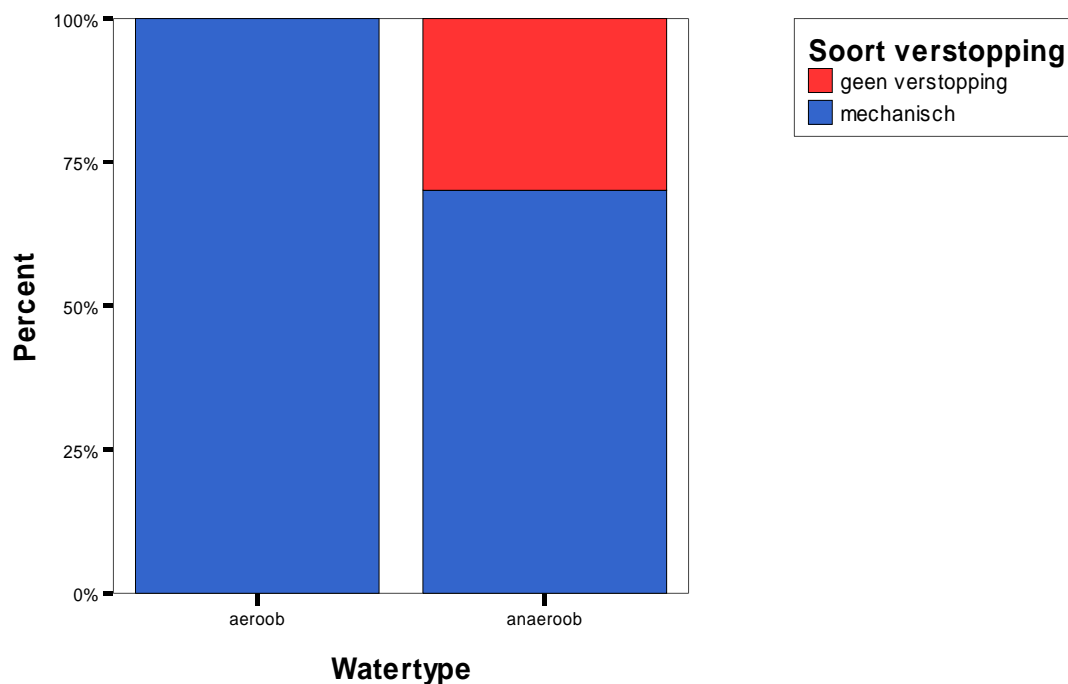
Watertype

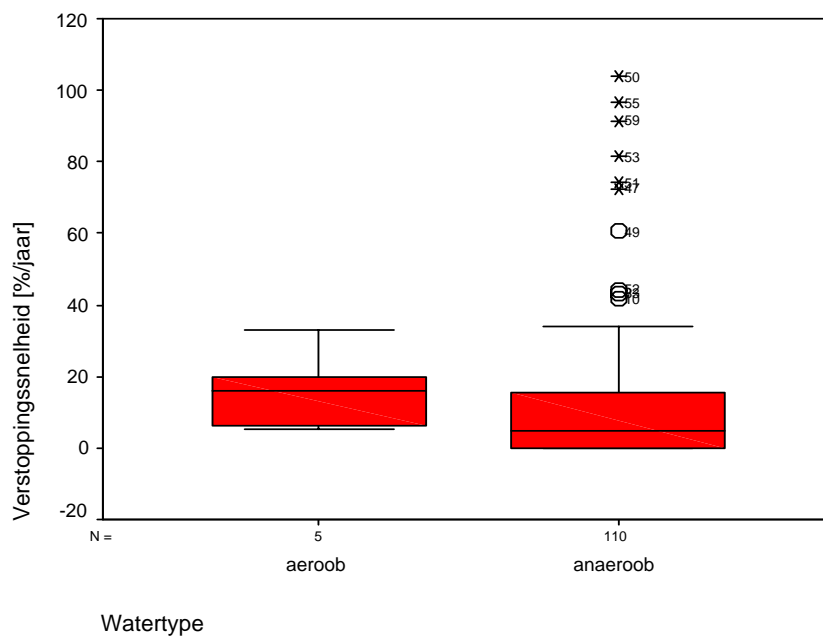
Aantal putten dat aerob ofwel anaerob water produceert, onderverdeeld in mechanisch en niet verstoppend:

Verhoudingen weergegeven in percentages van totaal:



De boxplot en gemiddelden zijn gebaseerd op alle putten:





Report

VERSTV Verstopingsnelheid [%/jaar]

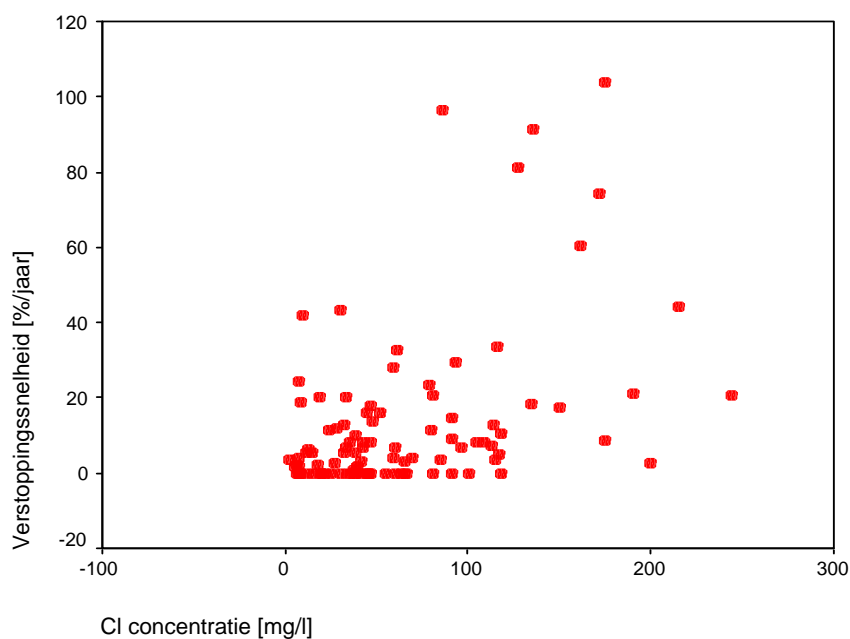
WATERTYP	Watertype	Mean	N	Std. Deviation
1	aerob	16.1000	5	11.23032
2	anaerob	12.8400	110	21.17120
Total		12.9817	115	20.81903

Verwachting: We verwachten dat mechanische verstopping voornamelijk voor zal komen in anaerobe pakketten.

Observatie: We zien dat 5 putten mechanisch verstoppt zijn in aerobe pakketten, wat een te klein aantal is om hier een conclusie uit te trekken. De boxplot en de gemiddelden geven aan dat er nauwelijks verschil is tussen de gemiddelde mechanische verstoppingsnelheden van aerob en anaerob water.

IONSOORT

Cl-concentratie



De Pearson correlatie coefficient:

Correlations

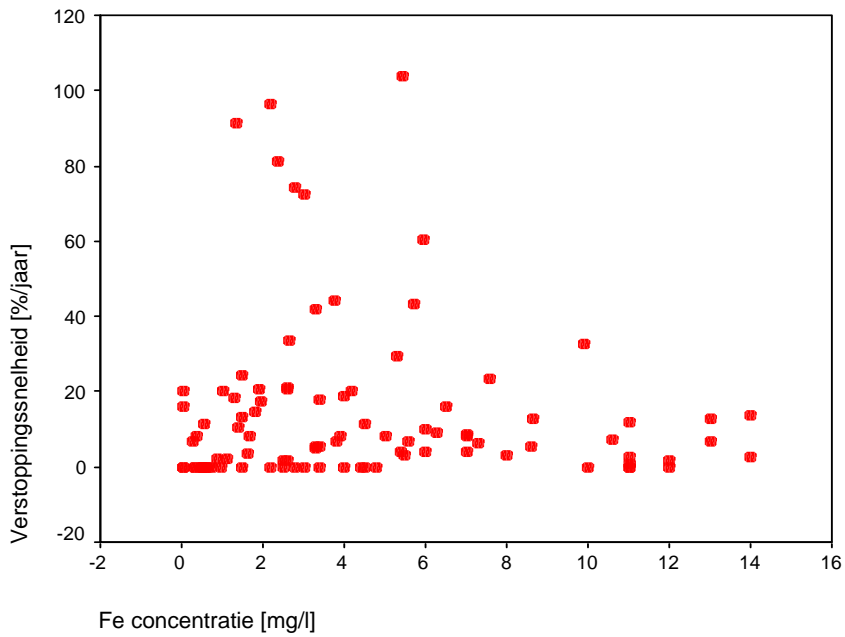
		Cl concentratie [mg/l]
Verstopingssnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.459**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	101
Cl concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	102

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Verwachting: We verwachten geen relatie.

Observatie: Uit de scatterplot kan visueel geconcludeerd worden dat verstoppende putten gemiddeld een hogere concentratie aan chloride hebben dan niet-verstoppende putten. Ook geeft de correlatie coefficient een duidelijk lineair verband weer.

Fe-concentratie



De Pearson correlatie coefficient:

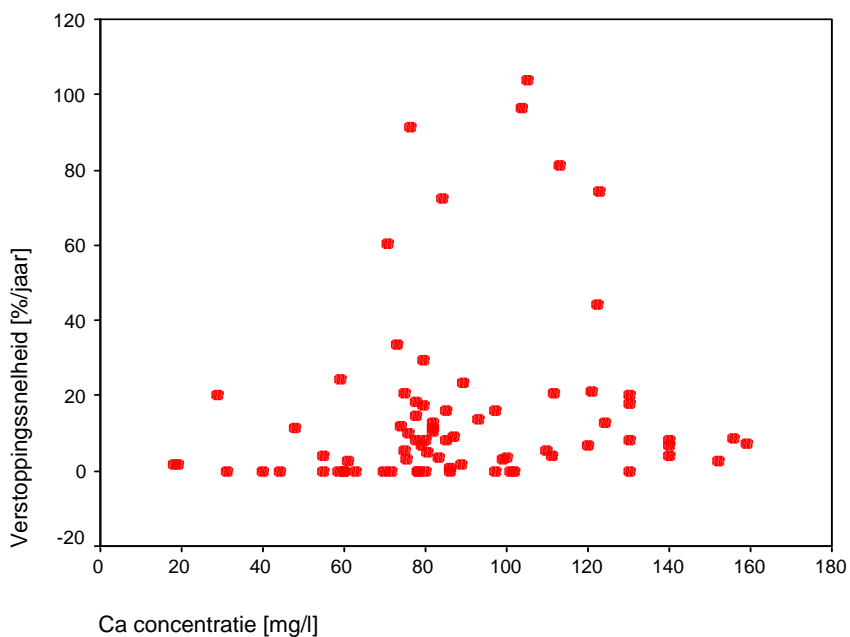
Correlations

		Fe concentratie [mg/l]
Verstopingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.078
	Sig. (2-tailed)	.453
	N	94
Fe concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	95

Verwachting: We verwachten geen relatie.

Observatie: Voor de Fe-concentratie is in deze dataset geen relatie gevonden met de verstopingsnelheid.

Ca-concentratie



De Pearson correlatie coefficient:

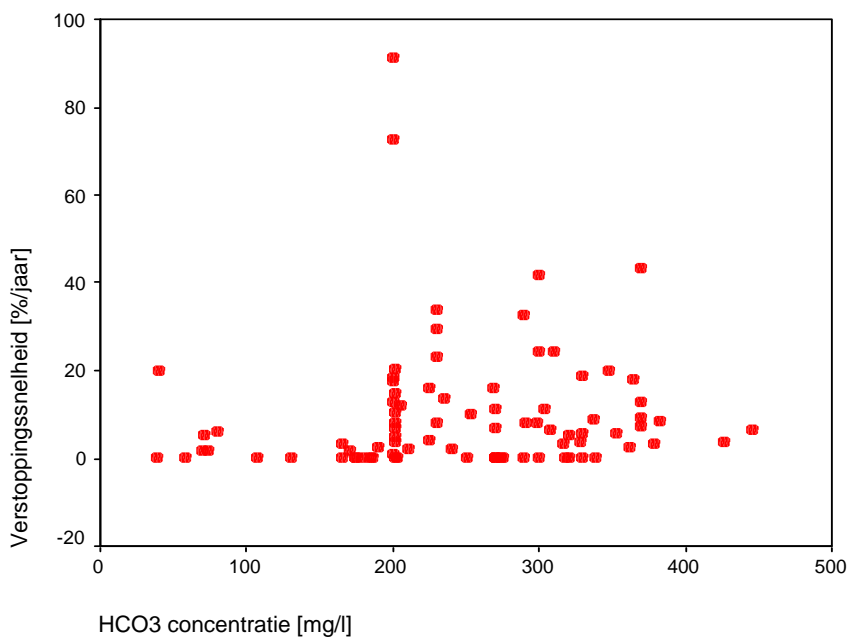
Correlations

		Ca concentratie [mg/l]
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.153
	Sig. (2-tailed)	.186
	N	76
Ca concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	77

Verwachting: We verwachten geen relatie.

Observatie: De Ca-concentratie neemt toe met de verstoppingsnelheid. Dit wordt ondersteund door de correlatie coefficient.

HCO₃-concentratie



De Pearson correlatie coefficient:

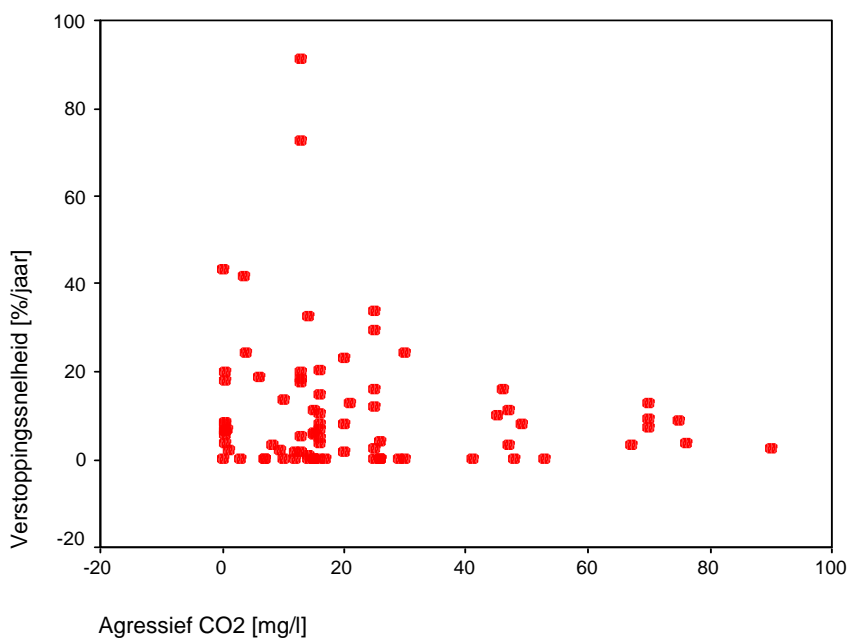
Correlations

		HCO ₃ concentratie [mg/l]
Verstopingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.062
	Sig. (2-tailed)	.573
	N	85
HCO ₃ concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	86

Verwachting: We verwachten geen relatie.

Observatie: Uit de scatterplots kan visueel geconcludeerd worden dat verstoppende putten gemiddeld een hogere concentratie aan carbonaat hebben dan niet-verstoppende putten. Ook de correlatie coefficient geeft deze correlatie weer.

Agressief CO₂



De Pearson correlatie coefficient:

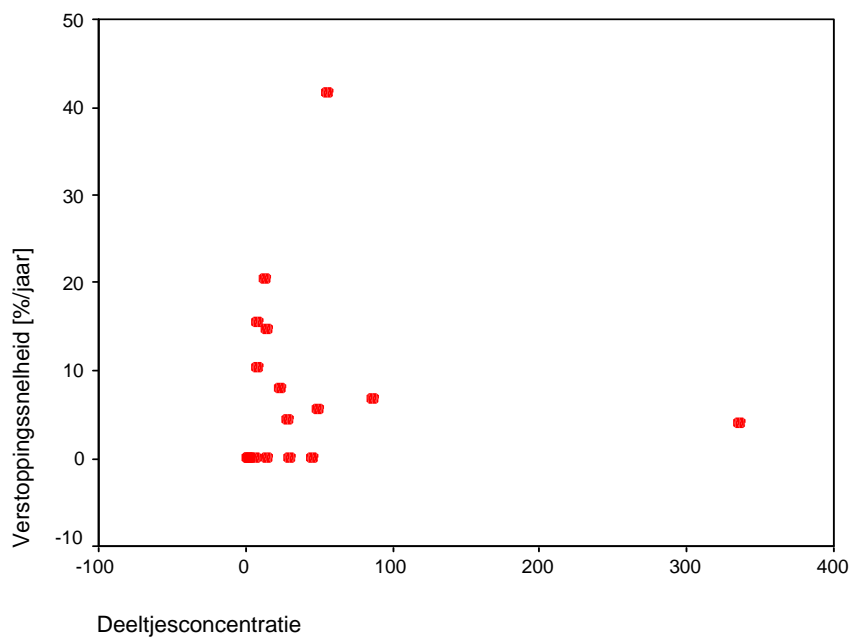
Correlations

		Agressief CO ₂ [mg/l]
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.134
	Sig. (2-tailed)	.229
	N	82
Agressief CO ₂ [mg/l]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	83

Verwachting: We verwachten geen relatie.

Observatie: Zowel de scatterplot als de correlatie coefficient geven een negatieve relatie weer; een hoger CO₂-concentratie is gerelateerd aan een lage verstoppingsnelheid en vice versa.

Deeltjesconcentratie



De Pearson correlatie coëfficiënt:

Correlations

		Deeltjesconcentratie
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.006
	Sig. (2-tailed)	.983
	N	17
Deeltjesconcentratie	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	17

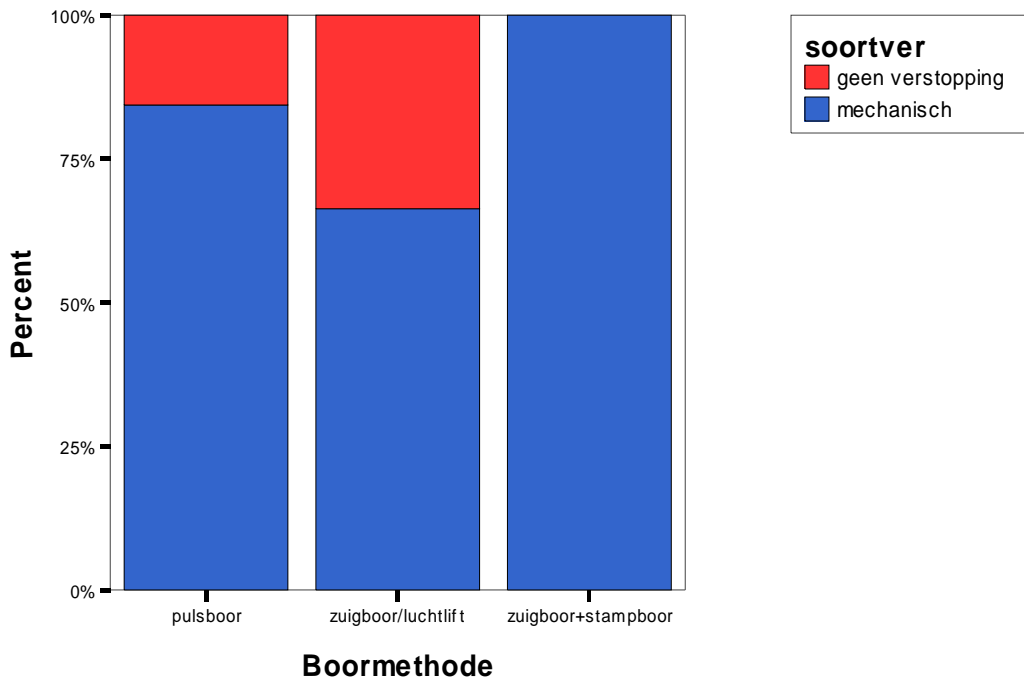
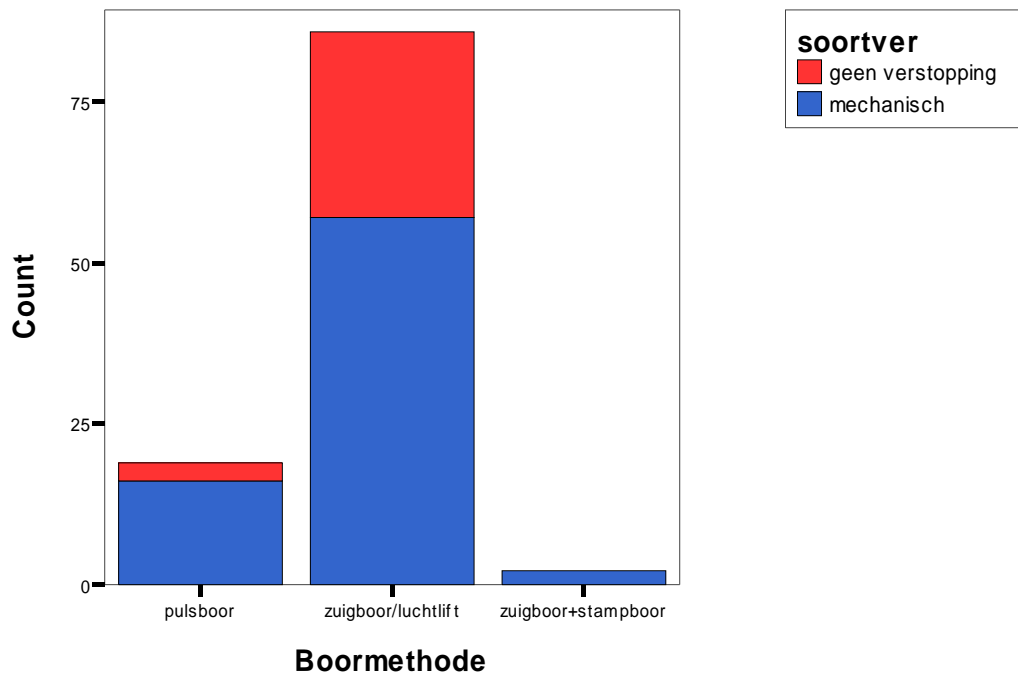
Verwachting: We verwachten dat een hogere deeltjes concentratie zal leiden tot een hogere verstoppingsnelheid.

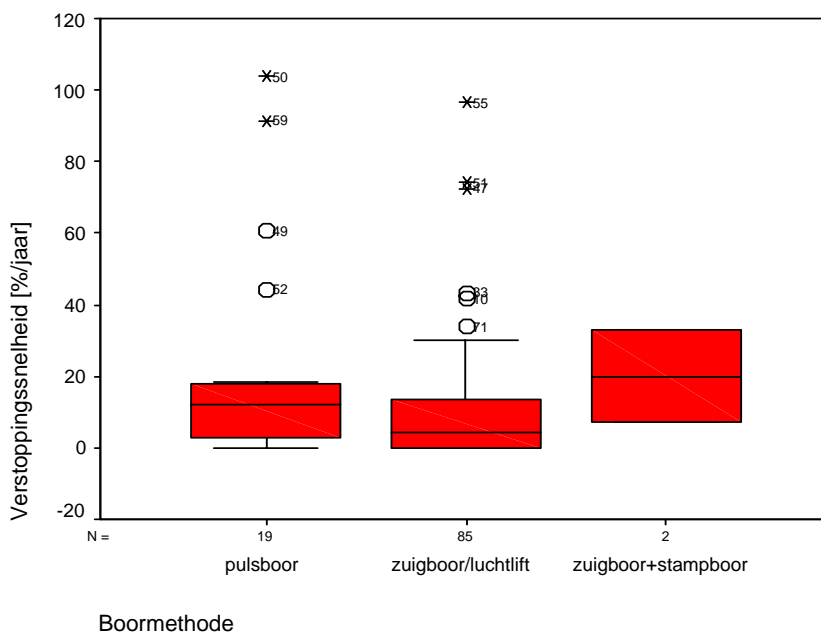
Observatie: Helaas zijn maar van 17 putten de deeltjestellingen bekend. Dit is te weinig data om hier een conclusie uit te trekken.

3.5 Aanleg

Boormethode

Ook als alleen zuigboor is gebruikt staat dit onder zuigboor/luchtlift.





Gemiddelden:

Report

VERST Verstopingsnelheid [%/jaar]

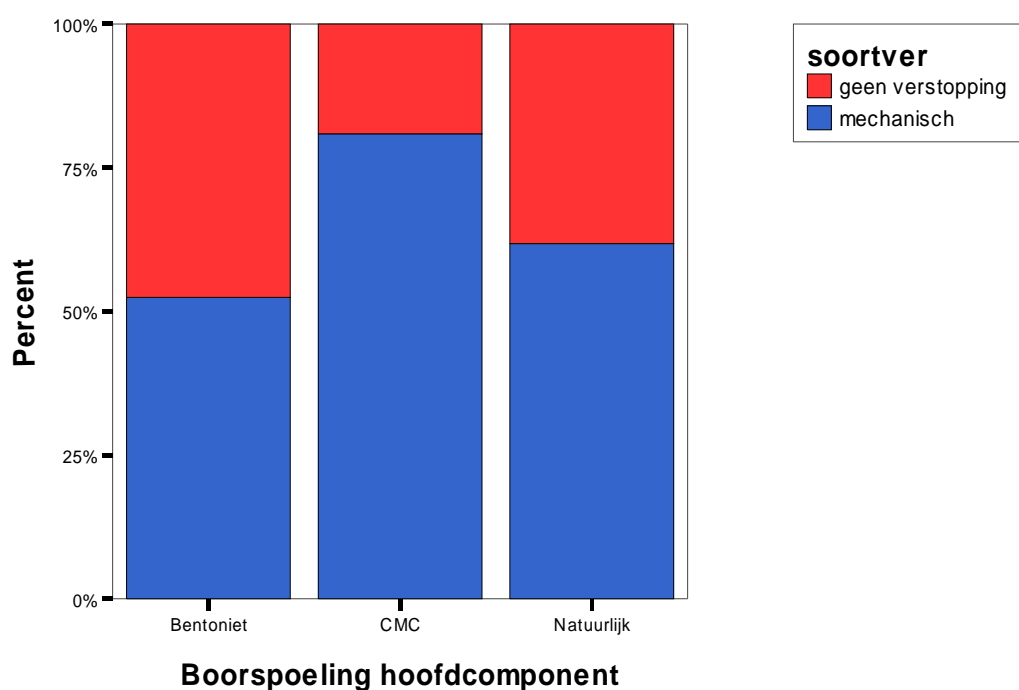
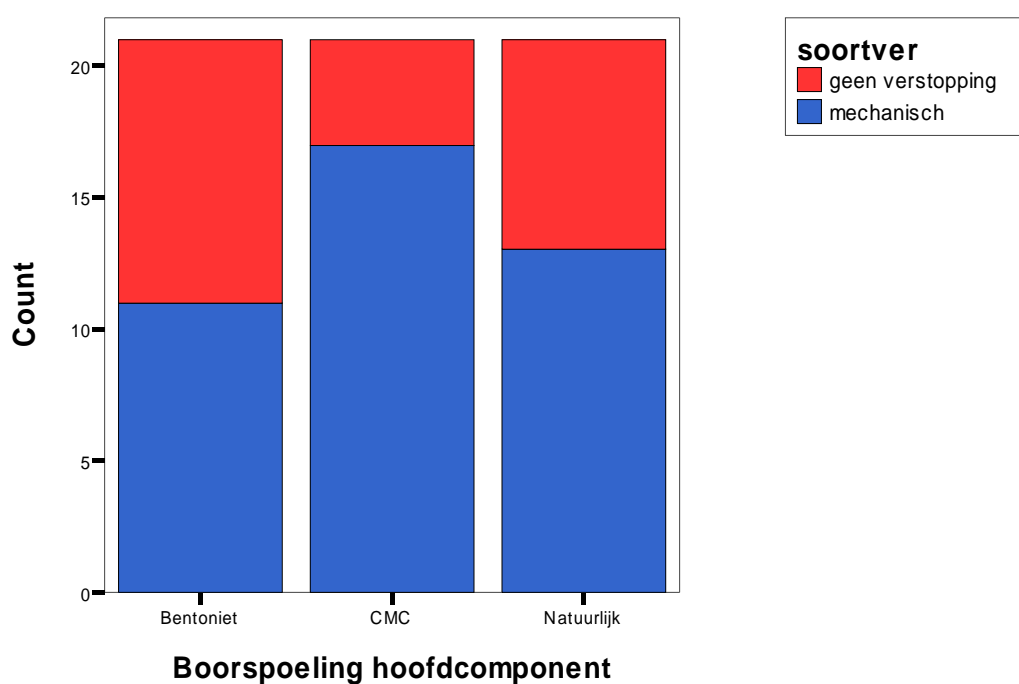
BOOR	Boormethode	Mean	N	Std. Deviation
2	pulsboor	22.1000	19	30.82544
3	zuigboor/luchtlift	10.5824	85	17.04412
4	zuigboor+stampboor	19.9000	2	18.24335
	Total	12.8226	106	20.47084

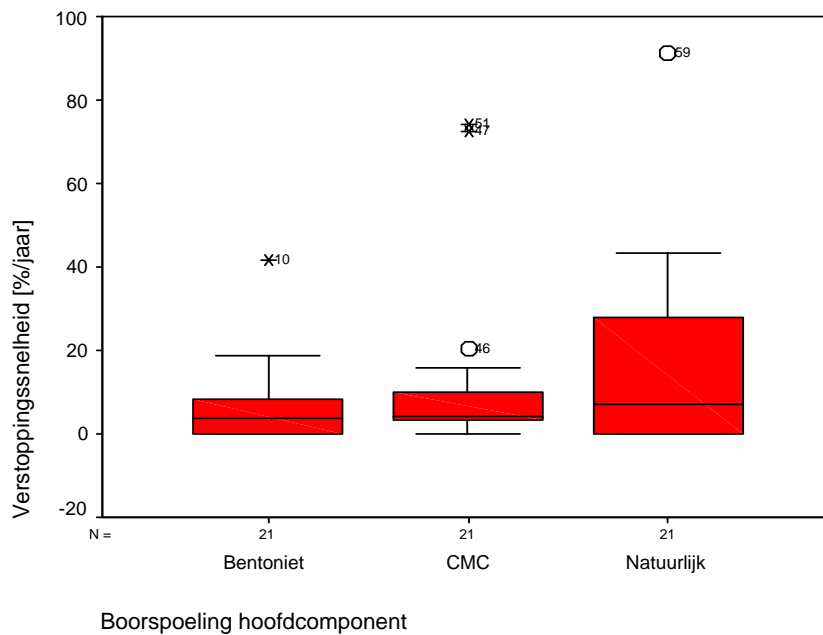
Verwachting: We verwachten bij het gebruik van de pulsboormethodes het minste aantal verstopte putten.

Observatie: Deze verwachting klopt echter niet. De grafieken geven een hoger aantal verstopte putten aan bij pulsbooren. Ook de verstopingsnelheid blijkt gemiddeld hoger te liggen. Echter zou nog gekeken moeten worden naar de soort ontwikkeling en de ontwikkelingsgraad in combinatie met de boormethode die bij aanleg gebruikt is.

Boorspoeling - hoofdcomponent

Onder CMC vallen ook combinaties met antisol, zetmeel, bentoniet en dolomiet. Onder natuurlijk espoeling wordt verstaan dat er geboord wordt met alleen water. Er ontstaat een spoeling door het vrijkomen van fijne deeltjes uit de verschillende pakketten.





Gemiddelden:

Report

VERST Verstopingsnelheid [%/jaar]

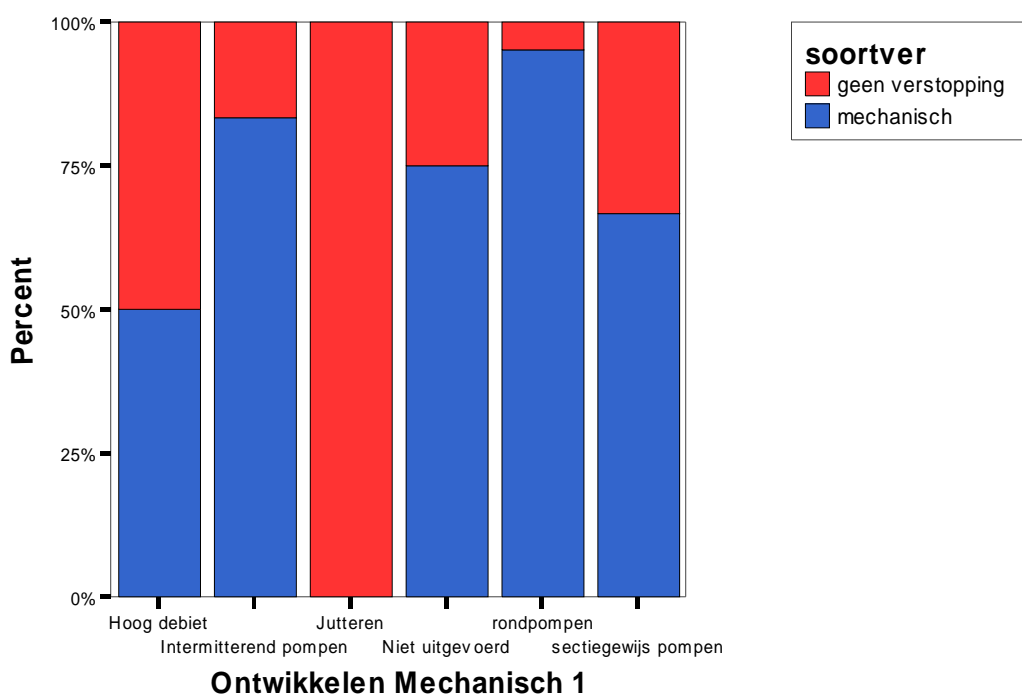
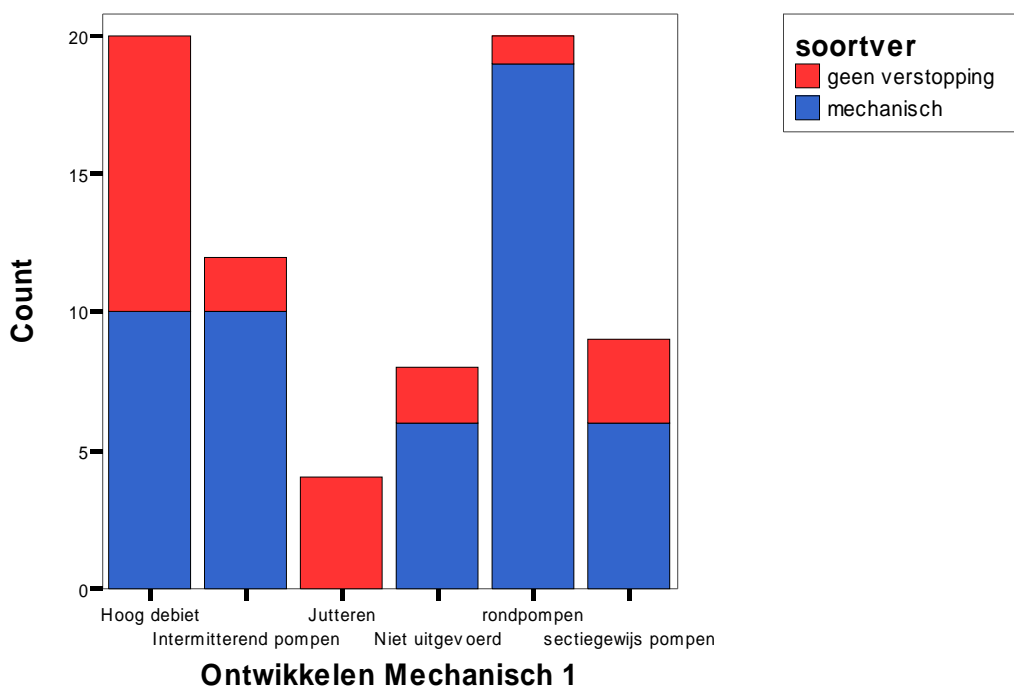
HOOFD Boerspoeling	Mean	N	Std. Deviation
3 Bentoniet	6.4857	21	10.10551
4 CMC	12.1476	21	21.02781
5 Natuurlijk	16.5286	21	21.95651
Total	11.7206	63	18.66181

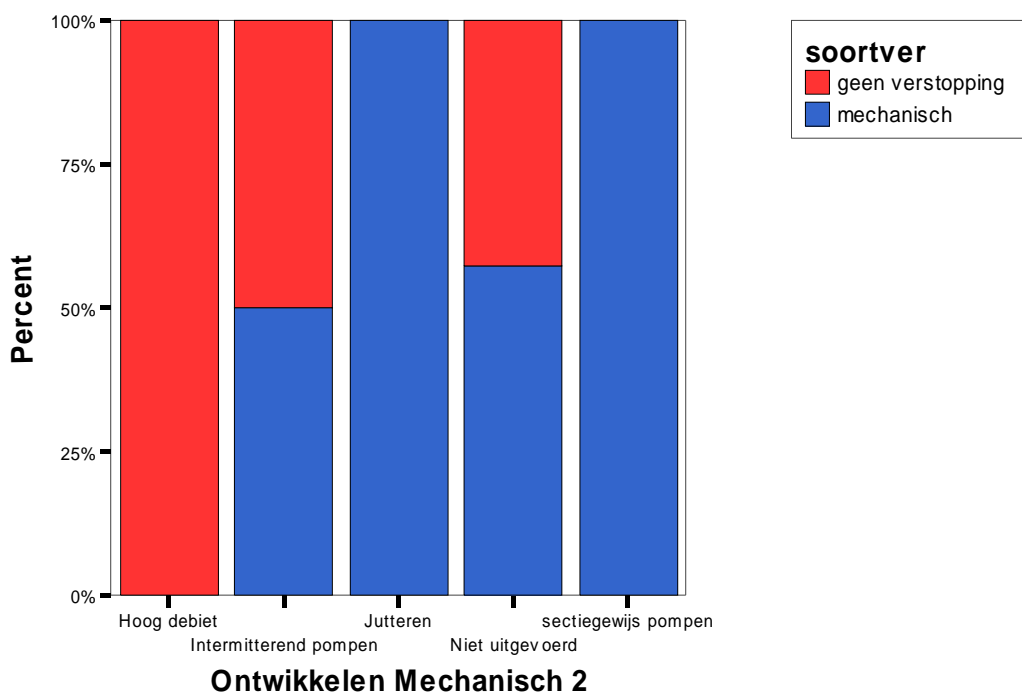
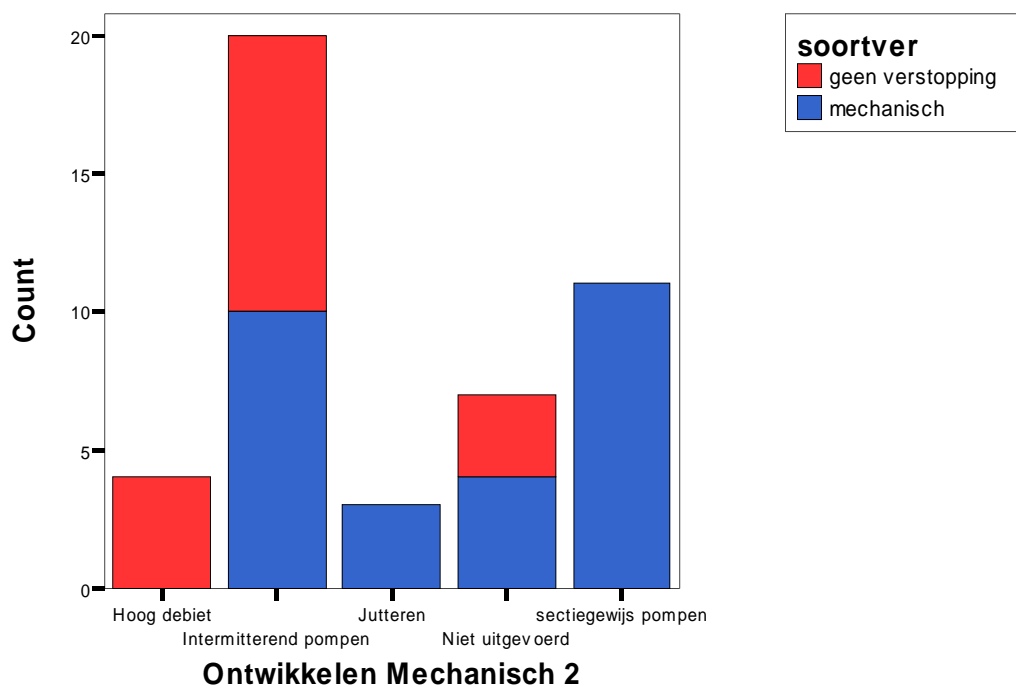
Verwachting: We verwachten geen verschil.

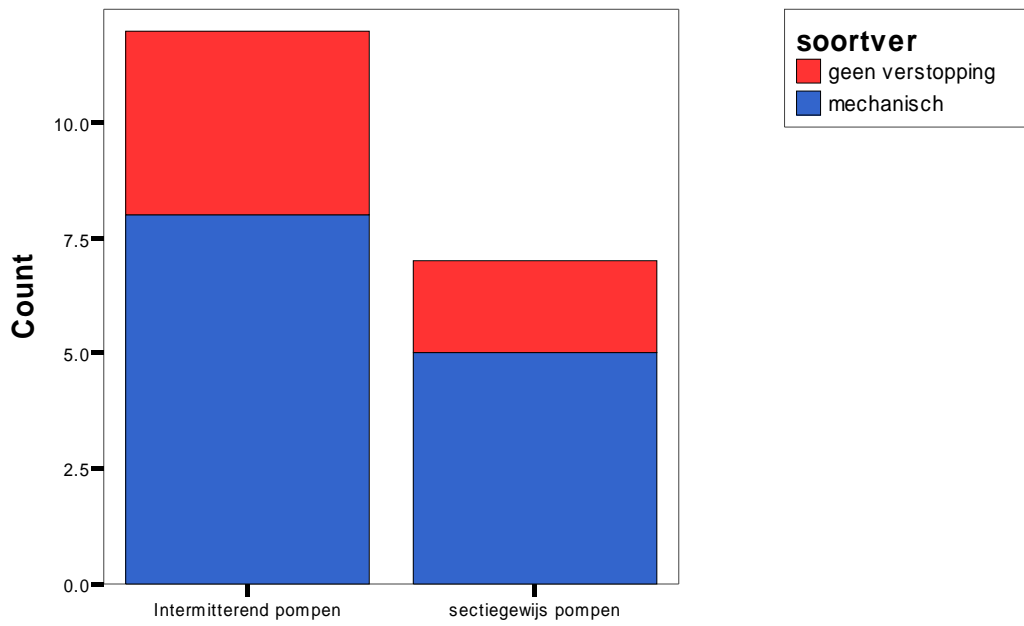
Observatie: We zien dat boerspoelingen met als hoofdcomponent CMC het meeste verstoppen. Ook de gemiddelde verstopingsnelheid ligt hoger dan bij Bentoniet. De gemiddelde verstopingsnelheid ligt het hoogst bij boerspoelingen met een natuurlijke hoofdcomponent.

Ontwikkelen - mechanisch 1/2/3 - chemisch

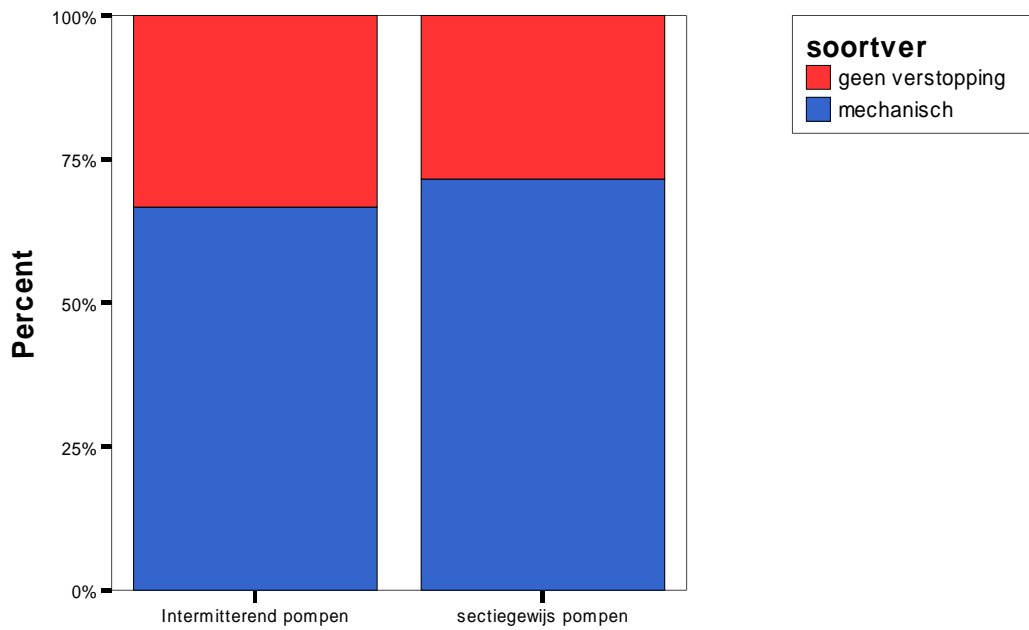
Vaak worden verschillende mechanische ontwikkelmethoden na elkaar gebruikt; mechanisch 1/2/3 betekent respectievelijk de eerste tot met de derde mechanische ontwikkelmethode.





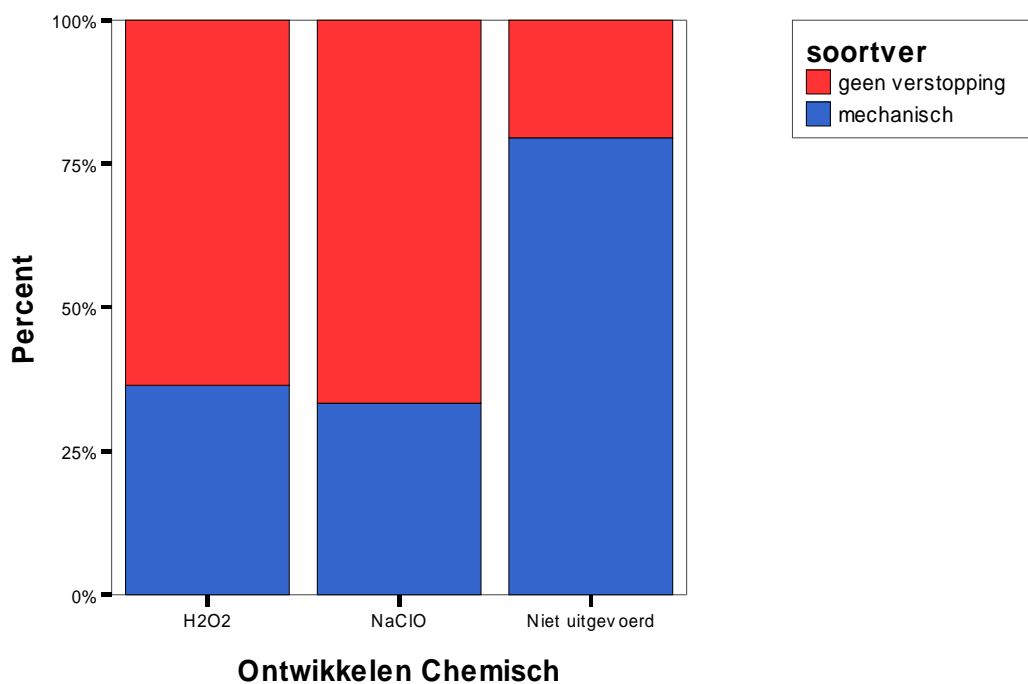
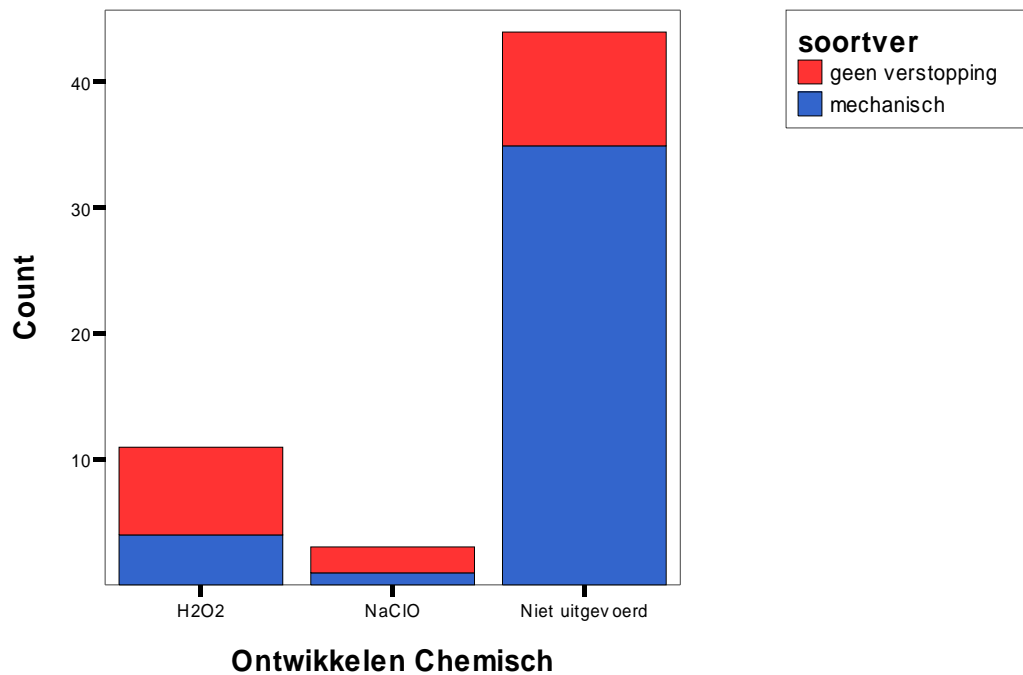


Ontwikkelen Mechanisch 3



Ontwikkelen Mechanisch 3

Verwachting: We verwachten geen verschil.

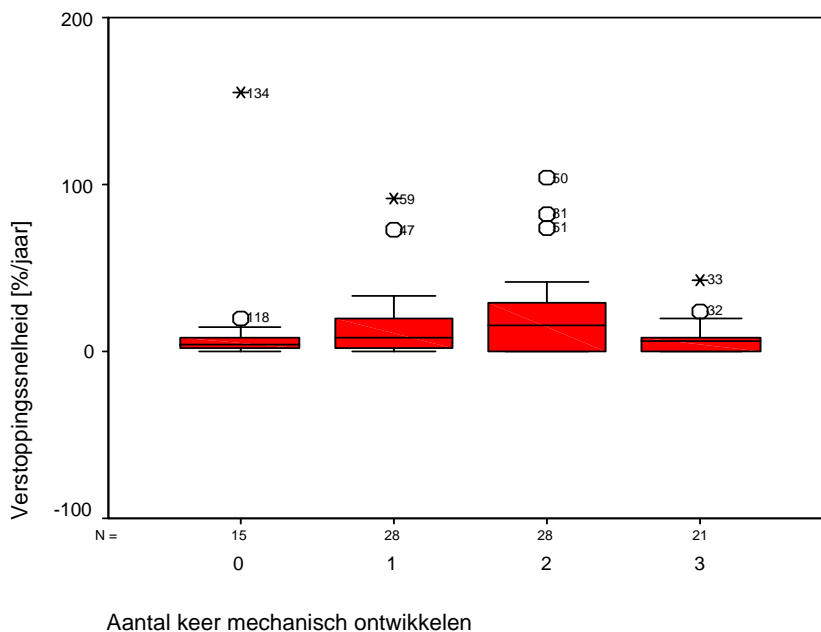


Observatie: Door de vele verschillende soorten van mechanisch ontwikkelen is moeilijk een conclusie te trekken. Over het algemeen is niet een eenduidige conclusie te trekken over de manier van mechanisch ontwikkelen uit deze dataset.

Verwachting: We verwachten dat chemisch ontwikkelen de verstopping zal tegengaan.

Observatie: Chemisch ontwikkelen heeft een duidelijk effect aangezien wanneer dit niet wordt uitgevoerd, en er dus mechanisch wordt ontwikkeld, dit een hoger aantal mechanisch verstoppende putten geeft.

Aantal keer mechanisch ontwikkelen



De gemiddelde verstopingsnelheden voor het aantal keer mechanisch ontwikkelen:

Report

VERST Verstopingsnelheid [%/jaar]

AANTAL	Aantal keer	Mean	N	Std. Deviation
0		15.6133	15	38.94987
1		15.8679	28	21.25740
2		21.4857	28	26.52624
3		8.5810	21	10.42692
Total		15.8728	92	24.94223

De gemiddelde verstopingsnelheden voor de verschillende soorten chemische ontwikkelen:

Report

VERST Verstoppingsnelheid [%/jaar]

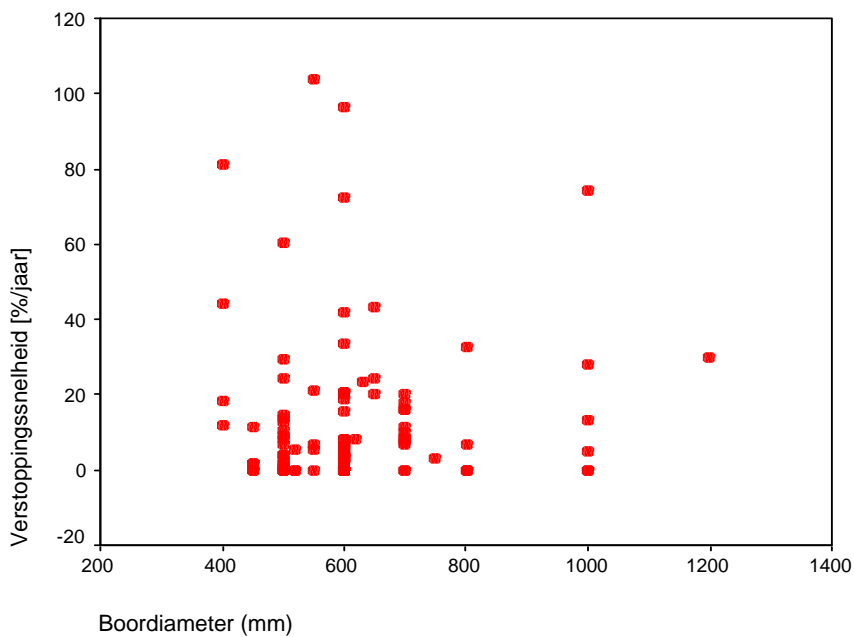
CHEM Ontwikkelen	Mean	N	Std. Deviation
2 H2O2	8.1818	11	12.14173
4 NaClO	6.6667	3	11.54701
5 Niet uitgevoerd	18.9636	44	27.77798
Total	16.2828	58	25.21344

Verwachting: We verwachten een afnemende verstoppingsnelheid naarmate er meer keren mechanisch en chemisch wordt ontwikkeld.

Observatie: We zien dat pas bij de derde keer mechanisch ontwikkelen de verstoppingsnelheid afneemt. Bij twee keer ontwikkelen neemt hij zelfs toe. Ook uit de laatste tabel blijkt dat chemisch ontwikkelen in deze dataset samengaat met een lage verstoppingsnelheid die ongeveer gelijk is aan drie keer mechanisch ontwikkelen.

Opmerking: De duur van het ontwikkelen is niet meegenomen in de analyse omdat deze bij de meeste putten onbekend is.

Boordiameter



De Pearson correlatie coefficient:

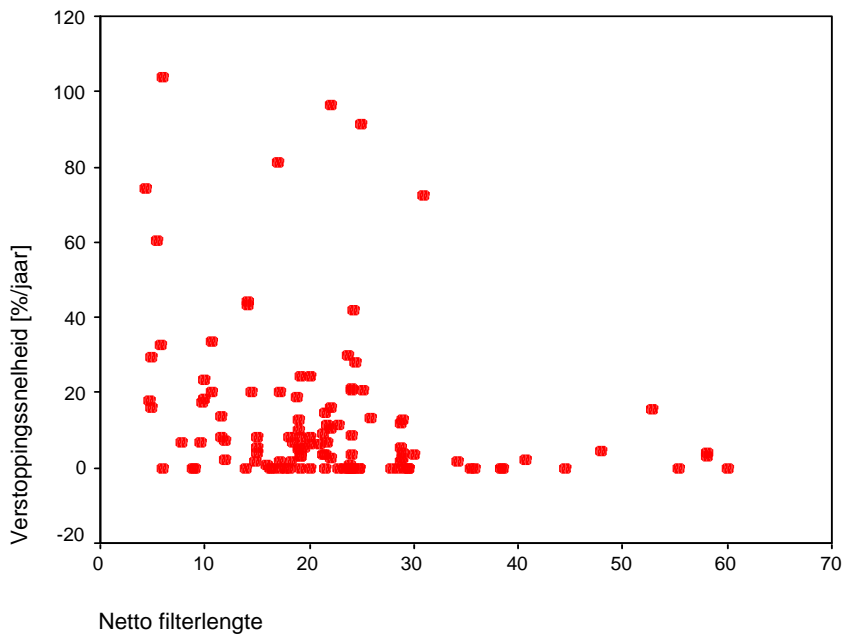
Correlations

		Boordiameter (mm)
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.036
	Sig. (2-tailed)	.711
	N	110
Boordiameter (mm)	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	111

Verwachting: We verwachten een lagere verstoppingsnelheid bij een grotere boordiameter.

Observatie: Gemiddeld geeft een kleinere boordiameter een hogere verstoppingsnelheid en vice versa. De correlatie coëfficiënt is echter positief en geeft geen duidelijke correlatie.

Netto filterlengte



De Pearson correlatie coëfficiënt:

Correlations

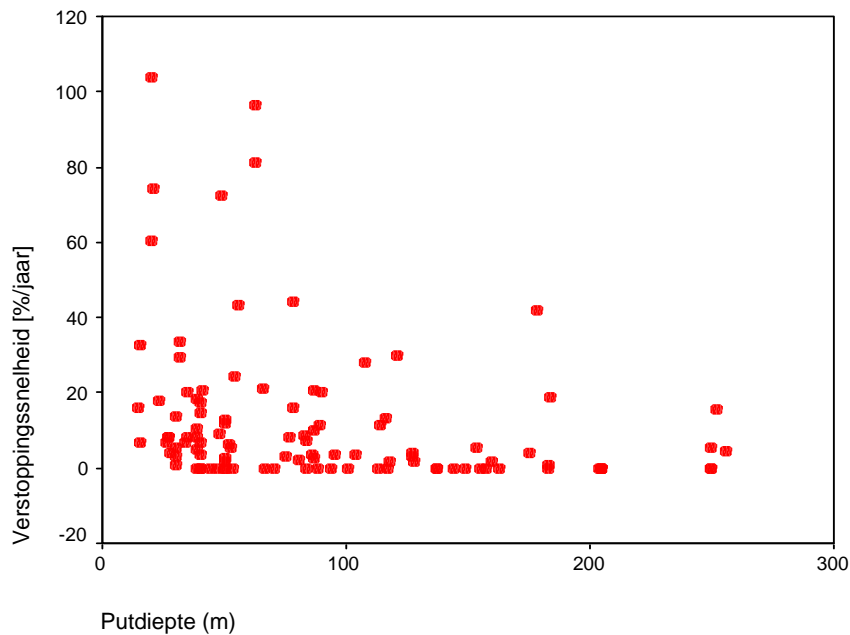
		Netto filterlengte
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.258**
	Sig. (2-tailed)	.005
	N	115
Netto filterlengte	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	116

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Verwachting: We verwachten bij kortere filterlengtes een hogere verstoppingsnelheid.

Observatie: Zowel de scatterplot als de correlatie coëfficiënt geeft een negatief verband; korte filterlengtes hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid dan langere filterlengtes.

Putdiepte



De Pearson correlatie coëfficiënt:

Correlations

		Putdiepte (m)
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.271**
	Sig. (2-tailed)	.005
	N	104
Putdiepte (m)	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	105

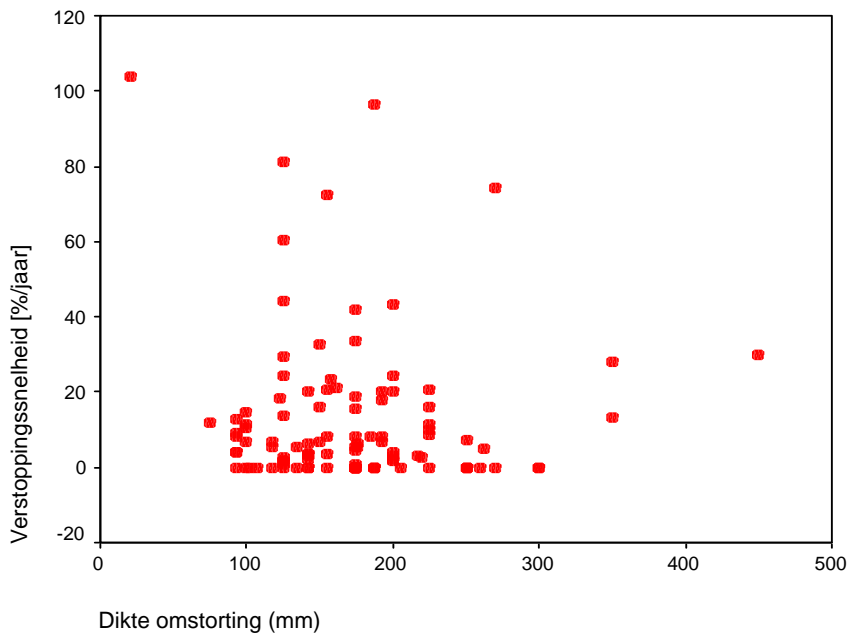
** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Verwachting: We verwachten geen verschil.

Observatie: Zowel de scatterplot als de correlatie coefficient geeft een negatief verband: ondiepe putten hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid dan diepe putten.

Dikte omstorting

De dikte van de omstorting is berekend door de putdiameter af te trekken van de boordiameter en te delen door twee.



De Pearson correlatie coefficient:

Correlations

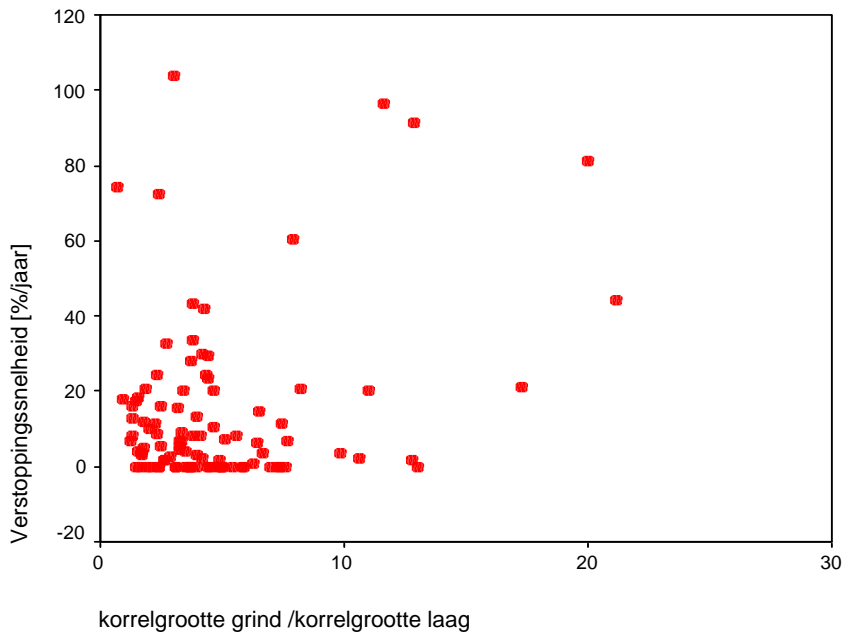
		Dikte omstorting (mm)
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.057
	Sig. (2-tailed)	.552
	N	110
Dikte omstorting (mm)	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	111

Verwachting: We verwachten dat de verstoppingsnelheid hoger wordt naarmate de omstorting dikker wordt.

Observatie: Zowel de scatterplots als de correlaties laten geen duidelijk verband zien tussen dikte van de omstorting en verstopping.

Korrelgrootte omstortingsgrind/ korrelgrootte laag

Per filtertraject is de gemiddelde korrelgrootte van het omstortingsgrind en van de verschillende lagen berekend. De gemiddelde korrelgrootte van het omstortingsgrind is gedeeld door de gemiddelde korrelgrootte van de lagen. Daarna is per put het gemiddelde genomen van deze waarden over alle filtertrajecten.



De Pearson correlatie coefficient:

Correlations

		korrelgrootte grind /korrelgrootte laag
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.292**
	Sig. (2-tailed)	.004
	N	96
korrelgrootte grind /korrelgrootte laag	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	97

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

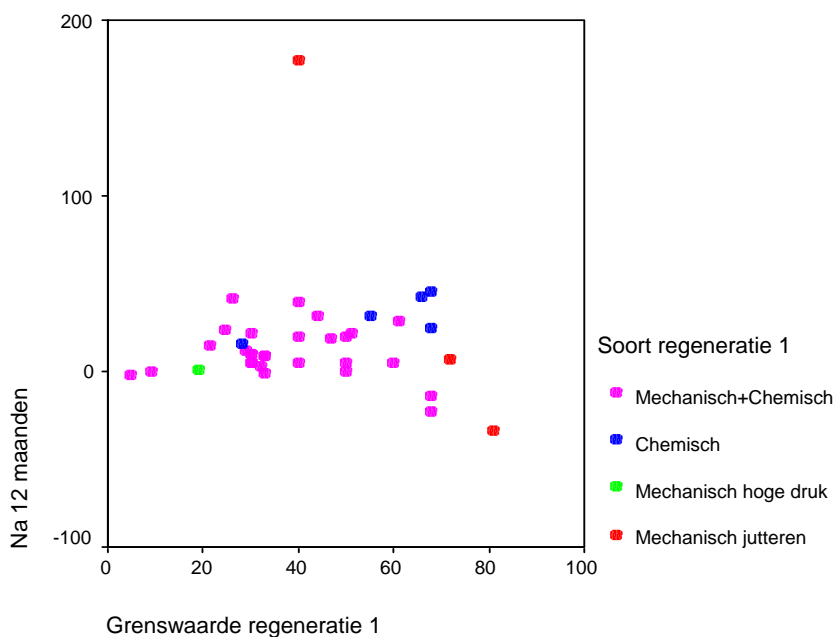
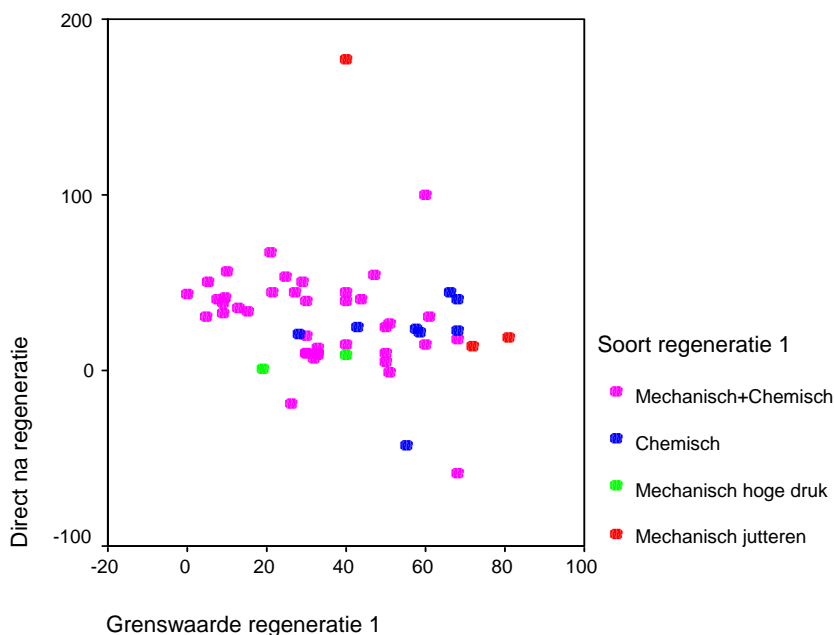
Verwachting: We verwachten een hoge verstoppingsnelheid bij een groot verschil tussen de waarde van de korrelgrootte van het omstortingsgrind en van de korrelgrootte van de geologische lagen.

Observatie: Zowel de scatterplot als de correlatie coefficient geven een positief verband; hoe groter het verschil in korrelgrootte, hoe hoger de verstoppingsnelheid. Dit is echter ook weer terug te leiden op korrelgroottes, aangezien een groot verschil ook weer aangeeft dat er zich kleine korrelgroottes in de lagen bevinden.

3.6 Regeneratie

Grenswaarde – effect regeneratie op korte en lange termijn. Dit in vier verschillende groepen: (1) mechanisch en chemisch, (2) mechanisch jutteren, (3) mechanisch hogedruk en (4) chemisch

Hier hebben we de grenswaarde uitgezet tegen het effect van de regeneratie; dus hoeveel procent is het specifiek debiet verbeterd (positief) of verslechterd

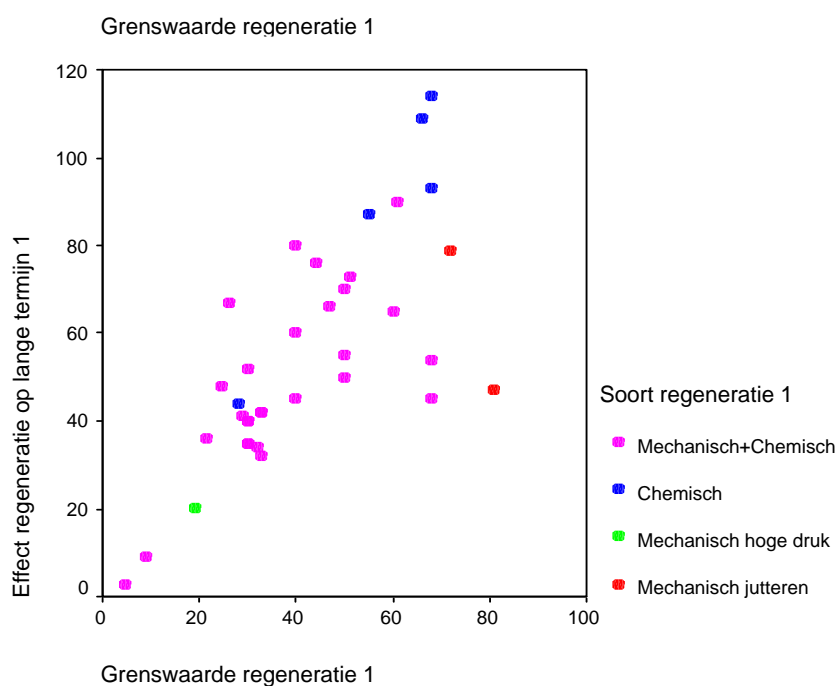
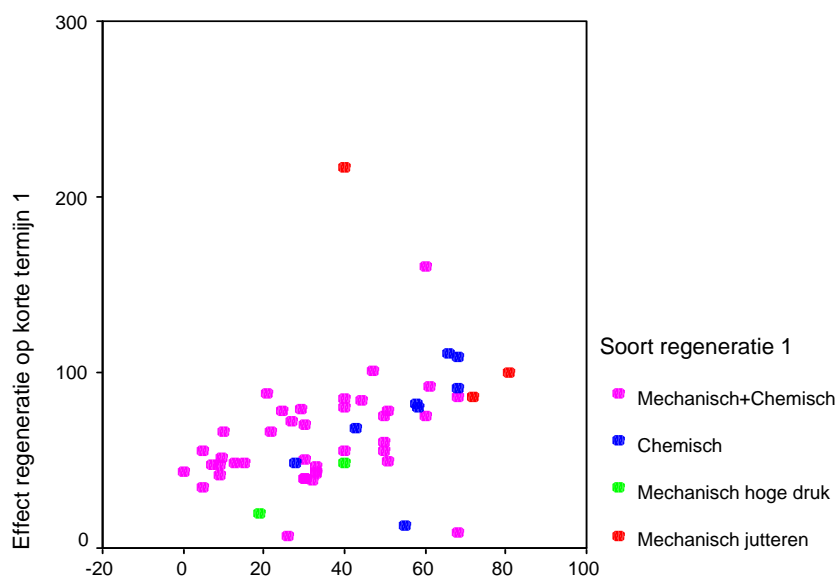


(negatief) ten opzichte van het specifiek debiet bij de grenswaarde. Verwachting: We verwachten een positief verband; hoe hoger de grenswaarde, hoe beter het effect. Bij een hogere grenswaarde zal er vaker

geregenereerd worden en zal het effect van regeneratie op de lange termijn beter zijn.

Observatie: We zien echter zowel op korte als op lange termijn geen duidelijk verband. We zien zelfs een licht negatief verband bij de scatterplot van de eerste regeneratie op korte termijn. Dit is te verklaren aangezien een regeneratie bij een zeer verstopte put meer effect zal hebben dan een regeneratie bij een matig verstopte put.

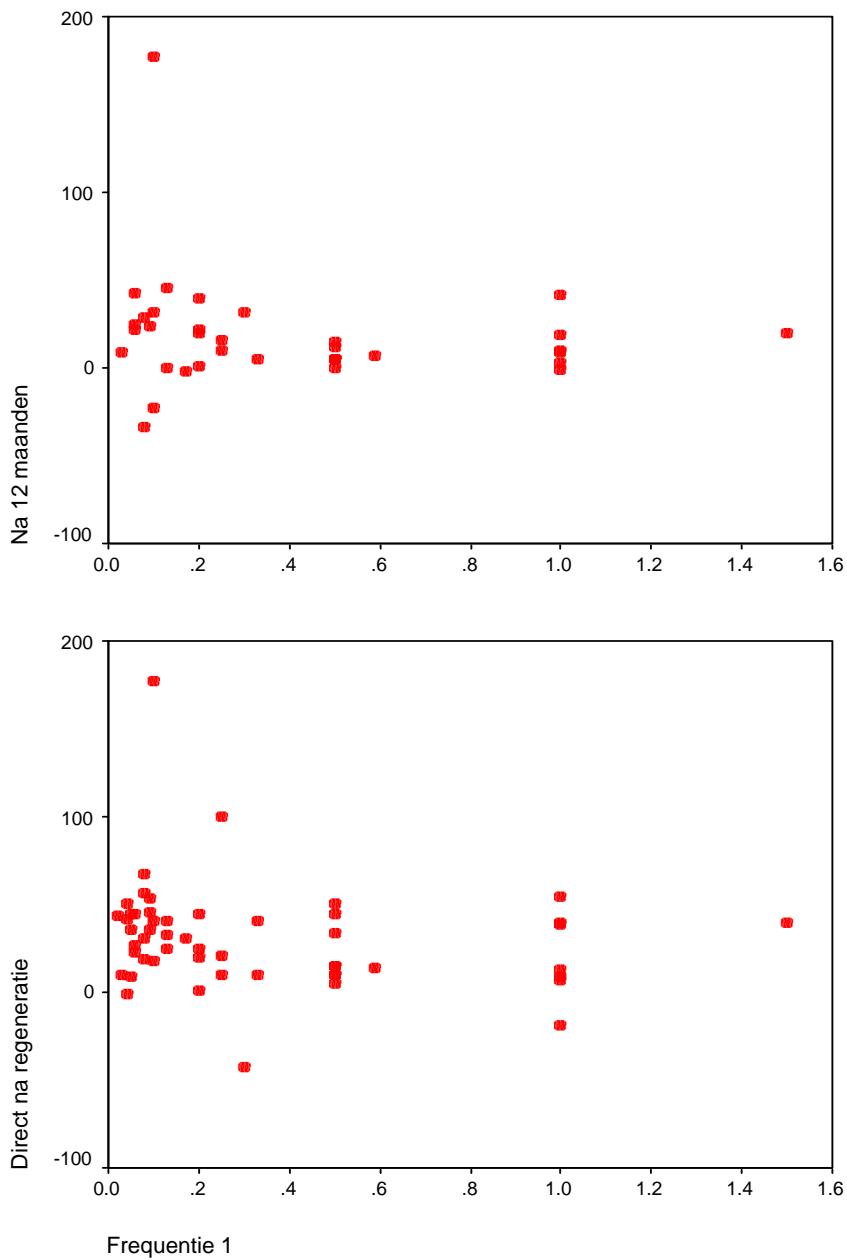
Ook hebben we de grenswaarde van de eerste regeneratie uitgezet tegen het effect van de regeneratie op korte en lange termijn ten opzichte van het specifiek debiet bij aanleg:



Verwachting: We verwachten een positieve relatie aangezien het specifiek debiet na de regeneratie meestal hoger zal zijn dan het specifiek debiet bij de grenswaarde.

Observatie: Onze verwachting komt overeen met wat we zien; er ontstaat een positief verband. Dit is te verklaren uit het feit dat geregenereerd wordt rond de grenswaarde en het effect van de regeneratie ten opzichte van het specifiek debiet bij aanleg ook altijd rond deze waarde zal zitten.

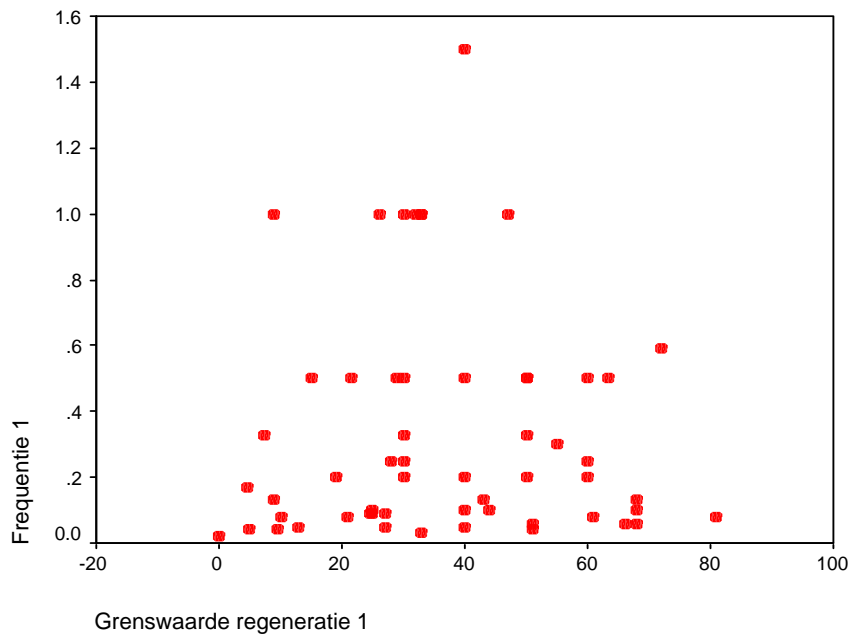
Frequentie - effect regeneratie op de korte en lange termijn



Verwachting: Bij een hogere frequentie verwachten we een beter effect.

Observatie: Uit de scatterplots kan geen duidelijke relatie worden afgeleid.

Grenswaarde - frequentie

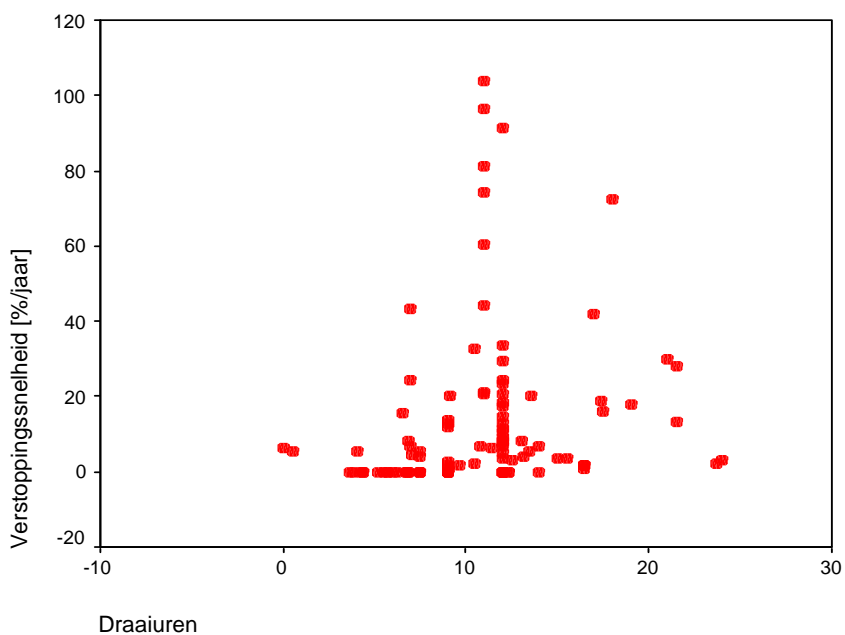


Verwachtingen: Een hogere grenswaarde zou moeten leiden tot een hogere frequentie.

Observatie: Deze verwachting is echter niet af te leiden uit de scatterplot.

3.7 Bedrijfsvoering

Draaiuren



De Pearson correlatie coefficient:

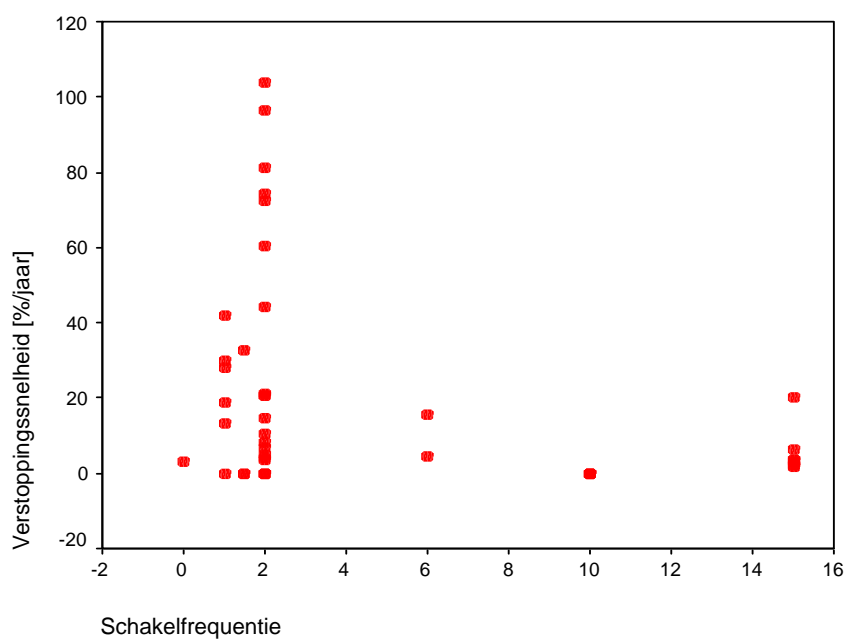
Correlations

		Draaiuren
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	.188
	Sig. (2-tailed)	.058
	N	102
Draaiuren	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	103

Verwachting: We verwachten een positief verband.

Observatie: Putten met een hoger aantal draaiuren per dag hebben over het algemeen in deze dataset een hogere verstoppingsnelheid.

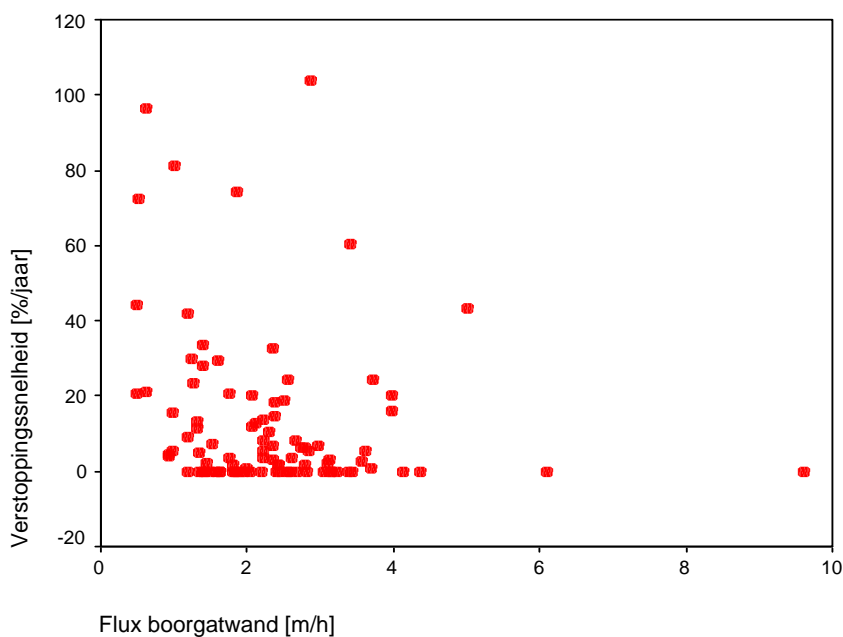
Schakelfrequentie



Verwachting: We verwachten dat een hogere schakelfrequentie leidt tot een lagere verstoppingsnelheid.

Observatie: Nog te weinig data om er iets over te kunnen zeggen. Ook is vaak dezelfde waarde ingevuld wat aangeeft dat de data niet betrouwbaar en nauwkeurig is.

3.8 Berekeningen



Flux boorgatwand

De flux op de boorgatwand is berekend door het debiet te delen door de oppervlakte van het filter. De eenheid wordt meter per uur.

De Pearson correlatie coëfficiënt:

Correlations

		Flux boorgatwand [m/h]
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	-.205*
	Sig. (2-tailed)	.048
	N	93
Flux boorgatwand [m/h]	Pearson Correlation	1
	Sig. (2-tailed)	.
	N	93

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Verwachting: We verwachten bij een hoge flux op de boorgatwand ook een hoge verstoppingsnelheid.

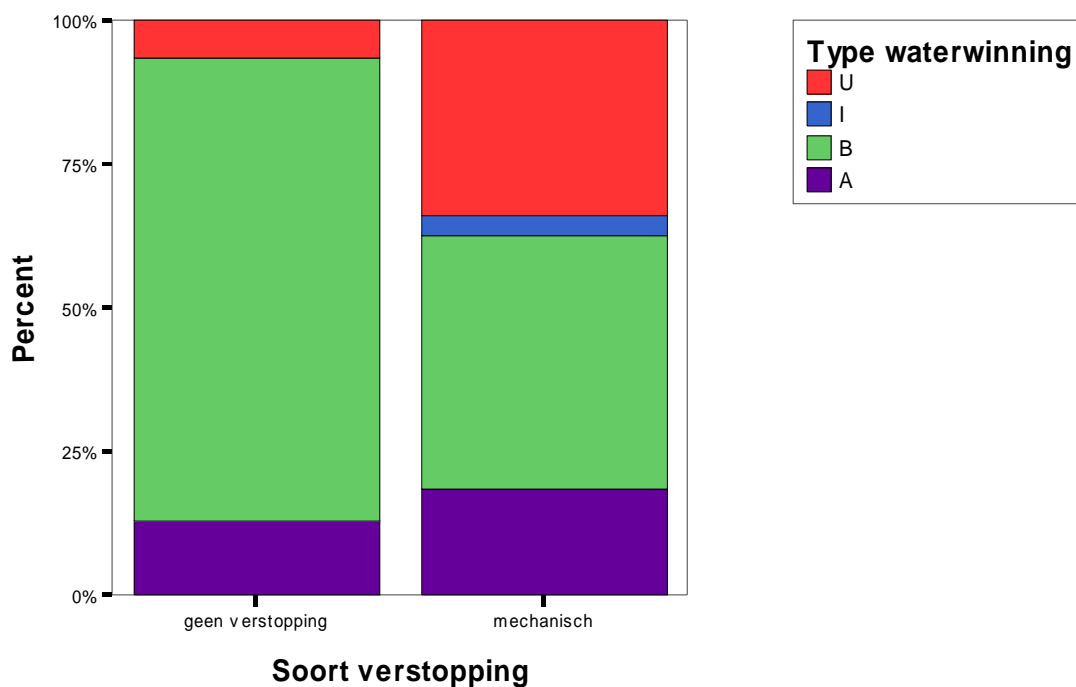
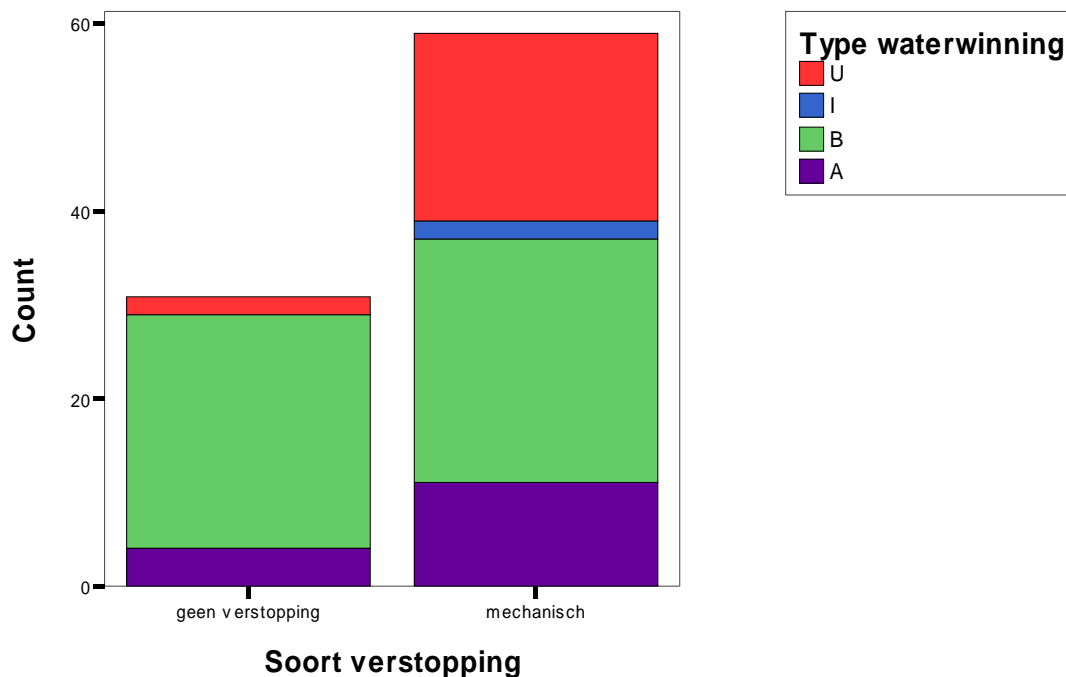
Observatie: Het omgekeerde van onze verwachting blijkt zowel uit de scatterplot als uit de correlatie coëfficiënt; een lage flux op de boorgatwand gaat gepaard met gemiddeld een hoge verstoppingsnelheid en vice versa.

Echter kunnen we oorzaak en gevolg hier misschien beter omdraaien. Een hoge verstoppingsnelheid heeft een lage flux op de boorgatwand tot gevolg.

3.9 Type waterwinning

Het type grondwaterwinning is onderverdeeld in:

- U oevergrondwater
- I duin infiltraat
- B diep
- A ondiep freatisch



Verwachting: We verwachten een hoog percentage mechanische verstopping bij het winnen van oevergrondwater.

Observatie: We zien inderdaad een hoog percentage mechanische verstopping bij oevergrondwaterwinning. Ook zien we dat bij diepe grondwaterwinning het percentage geen verstopping groter is dan mechanische verstopping.

4 Visualisatie van de resultaten met GIS

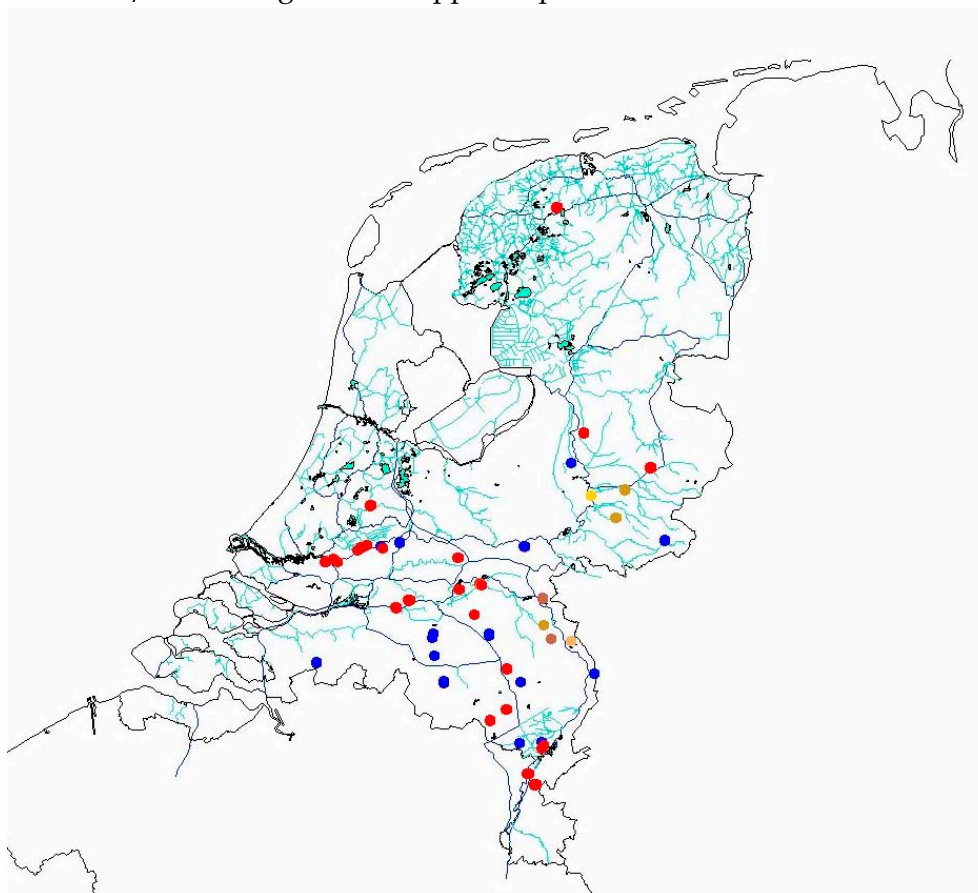
4.1 Inleiding

Door het gebruik van GIS is geprobeerd om de data te visualiseren, zodat verdere conclusies getrokken kunnen worden over voornamelijk locatie en mogelijke oorzaak van verstopping. Het importeren van de data in GIS is zeer gemakkelijk. De GIS programmatuur kan EXCEL sheets inlezen en daarna opslaan. Verder kan met GIS ook nog extra berekeningen gemaakt worden of data opnieuw gesorteerd worden.

Helaas is vanwege de opdracht de uitwerking hiervan alleen verkend en niet volledig uitgevoerd. De volgende paragrafen laat daarom twee voorbeelden zien wat er mogelijk is met GIS.

4.2 Verstoppingskaart

Figuur 4.1 geeft de locatie van de putten beschreven in de matrix. De rode putten geven de mechanisch verstoppende putten weer en de blauwe putten geven de niet-verstoppende putten weer. De overige kleuren geven chemische/bacteriologisch verstoppende putten weer.

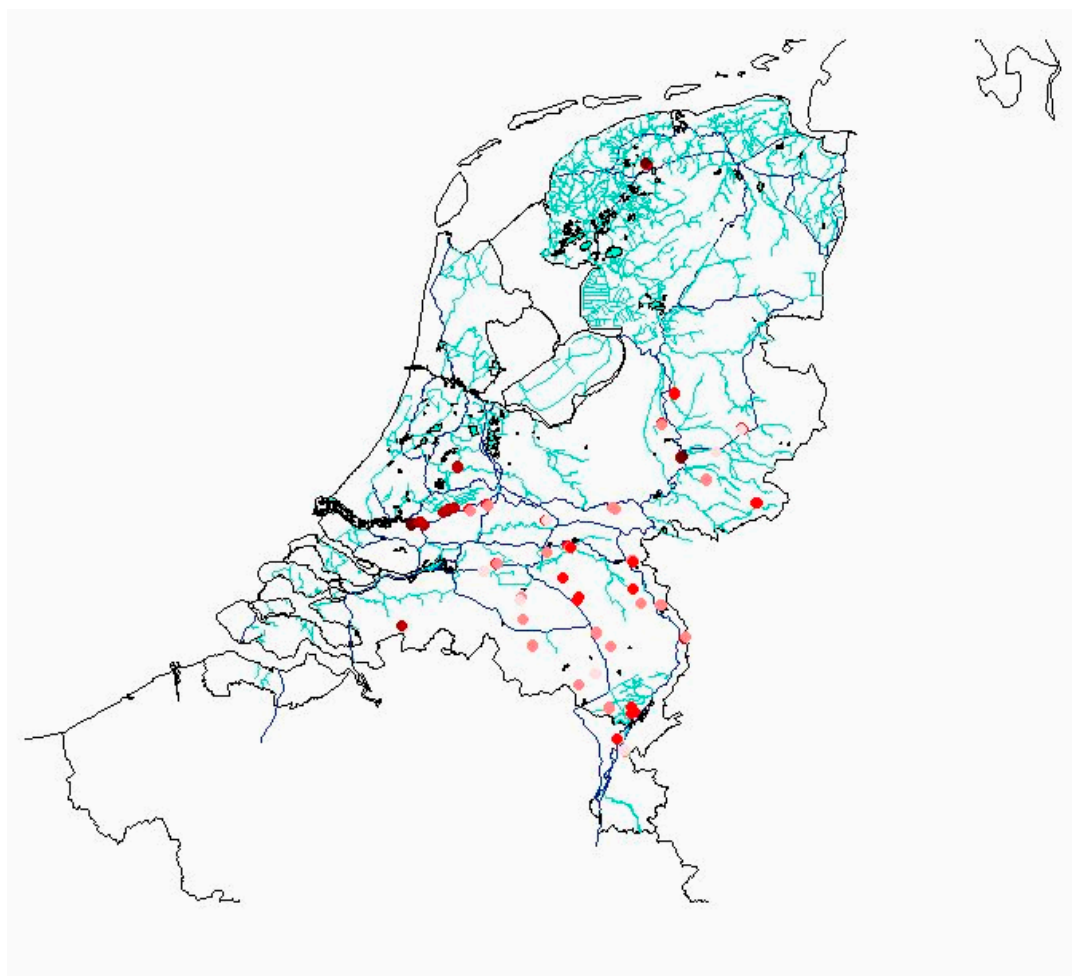


Figuur 4.1. Overzicht van type verstopping van alle putten in de matrix.

Over het algemeen hebben putten die zich niet ver van elkaar bevinden een overeenkomende verstoppingssoort. Dit is alleen goed te zien op kleine schaal; putten die niet meer dan een kilometer uit elkaar liggen hebben een overeenkomende verstoppingssoort. Maar dit is ook te zien op grote schaal; putten in een bepaalde regio van Nederland hebben een overeenkomende verstoppingssoort. Zoals we al eerder concludeerden uit de statistische analyse zien we dat de verstoppende putten zich voornamelijk langs de grote rivieren bevinden en dus oevergrondwater winnen.

4.3 Chloridekaart

Zoals al eerder geconcludeerd in de statistische analyse hangt de putverstopping sterk samen met de Cl-concentratie. Dit is gevisualiseerd in de onderstaande figuur; hierin is te zien dat de putten met de hoogste Cl-concentratie (donker getint) vaak overeenkomen met de mechanisch verstopte (rode) putten in de figuur op de vorige pagina.



Figuur 4.2. Overzicht van de chloride concentraties in de putten.

4.4 Aanbeveling GIS

De koppeling van de matrix met GIS is maar ten dele uitgevoerd. De resultaten die verkregen zijn met een eerste analyse wijzen uit dat conclusies vanuit het statisch onderzoek verduidelijkt worden door middel van kaartjes. Als visualisatie van de resultaten is het de moeite waard om een aantal extra kaarten te maken om de resultaten te ondersteunen.

Daarnaast is het mogelijk om binnen de GIS-programmatuur een module te maken die verstoppingsgegevens per put kan weergeven in grafieken.

5 Conclusie

Statistische data analyse

De conclusies van alle verschillende variabelen zijn overzichtelijk in de volgende tabel weergegeven. Deze conclusies zijn getrokken uit een dataset van 116 putten en gelden dus niet voor alle putten in Nederland, maar kunnen wellicht een aanwijzing vormen.

In de eerste kolom staan de verschillende variabelen zoals deze beschreven staan in hoofdstuk 2. De tweede kolom geeft de relatie van de betreffende variabele met de verstoppingsnelheid. De kleur geeft de sterkte van de relatie weer:

- Rood: sterke relatie
- Geel: matige relatie
- Blauw: kleine relatie
- Wit: geen relatie

Conclusies Statistische Data Analyse BTS-matrix	
Variabele	Relatie van variabele met mechanische verstoppingsnelheid.
Jaar van Aanleg	Geen relatie
M50-getal	Negatieve relatie: fijne korrelgrootte heeft hogere verstoppingsnelheid.
Formatienaam	Afhankelijkheid van formatie via korrelgrootte.
Sortering	Overwegend heterogene putten hebben een hogere verstoppingsnelheid.
Doorlaatbaarheid	Geen relatie
Kalkrijkdom	Geen relatie
Watertype	Geen relatie
Cl-concentratie	Positieve relatie: een hoge Cl-concentratie is gerelateerd aan een gemiddeld hogere verstoppingsnelheid.
Fe-concentratie	Geen relatie
Ca-concentratie	Positieve relatie: een hoge Ca-concentratie is gerelateerd aan een gemiddeld hogere verstoppingsnelheid.
HCO ₃ -concentratie	Positieve relatie: een hoge HCO ₃ -concentratie is gerelateerd aan een gemiddeld hogere verstoppingsnelheid.
CO ₂ -concentratie	Negatieve relatie: een hoge CO ₂ -concentratie is gerelateerd aan een gemiddeld lagere verstoppingsnelheid.
Deeltjesconcentratie	Te weinig data

Boormethode	Pulsboren is gerelateerd aan een hogere verstoppingsnelheid.
Boorspoeling - Hoofdcomponent	Een natuurlijke hoofdcomponent heeft de hoogste verstoppingsnelheid, daarna CMC.
Ontwikkelen	Chemisch ontwikkelen blijkt gerelateerd aan een hog aantal niet-vertsoppende putten.
Aantal keer mechanisch ontwikkelen	Gemiddelde verstoppingsnelheid neemt toe met aantal keer mechanisch ontwikkelen en neemt pas bij de derde keer af. Chemisch ontwikkelen is gerelateerd aan een lage verstoppingsnelheid.
Boordiameter	Licht negatieve relatie; een kleine boordiameter is gerelateerd aan gemiddeld hogere verstoppingsnelheid.
Netto filterlengte	Negatieve relatie; korte filterlengtes hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid.
Putdiepte	Negatieve relatie; ondiepe putten hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid.
Dikte omstorting	Geen relatie
Korrelgrootte grind/ korrelgrootte laag	Positieve relatie; hoe groter het verschil in korrelgrootte, hoe hoger de gemiddelde verstoppingsnelheid.
Grenswaarde regeneratie – effect korte termijn	Licht negatieve relatie 3..
Grenswaarde regeneratie – effect lange termijn	Geen relatie
Grenswaarde regeneratie – totaal effect korte termijn	Positieve relatie
Grenswaarde regeneratie – totaal effect lange termijn	Positieve relatie
Frequentie – effect regeneratie korte termijn	Geen relatie
Frequentie – effect regeneratie lange termijn	Geen relatie
Grenswaarde - frequentie	Geen relatie
Draaiuren	Positief verband; putten met een hoger aantal draaiuren hebben gemiddeld een hogere verstoppingsnelheid.
Schakelfrequentie	Te weinig data en onbetrouwbare data
Flux boorgatwand	Negatieve relatie; lage flux op de boorgatwand gaat gepaard met een hoge verstoppingsnelheid.
Type waterwinning	Oevergrondwaterwinning geeft het hoogste percentage mechanische verstopping. Diepe grondwaterwinning geeft het hoogste percentage geen verstopping.

6 Aanbevelingen

Putverstoppingssoort

De keuze van de putverstoppingssoort en verdeling daarvan had achteraf gezien beter gekunt. Om een vergelijking te maken tussen mechanisch verstoppende putten en niet verstoppende putten moet van ieder soort voldoende voorbeelden aanwezig zijn. Deze verhouding ligt momenteel op 72% mechanisch verstoppende putten en 28% niet verstoppende putten, wat de vergelijking moeilijk maakt. Aanbevolen wordt om het aantal niet verstoppende putten aan te vullen tot een verhouding van 50% niet verstoppende putten en 50% mechanisch verstoppende putten.

Wel kunnen we op deze manier representatieve conclusies trekken over de invloed van de variabelen op de mechanisch verstoppende putten. Dit is een uitgebreide groep putten verdeeld over Nederland die het mogelijk maakt verbanden te leggen binnen deze groep.

Aan de verschillende waterbedrijven is destijds de opdracht gegeven om een aantal mechanisch verstoppende en een aantal niet verstoppende putten in te vullen. Aangezien dit het enige criterium was, kan er gesproken worden van een random selectie van putten.

Variabelen

Uit onderzoek is gebleken dat de schakelingen een belangrijke rol spelen bij de verstopping van putten. Helaas is deze kolom in de matrix matig tot slecht gevuld, zowel kwantitatief als kwalitatief. Het blijkt dat de waterbedrijven veel moeite hebben met het achterhalen van de schakelingen en dat deze in sommige gevallen zelfs niet meer te achterhalen zijn.

Aan de matrix zouden nog een aantal variabelen toegevoegd kunnen worden op het gebied van chemische samenstelling van het water:

- Nitraat
- Sulfaat
- DOC

Multi-variabelen

In dit onderzoek is voornamelijk gekeken naar één op één relaties. Met de correlatie-matrix (bijlage IV) is een eerste opzet gemaakt voor de correlatie van meerdere variabelen. Deze correlatie matrix geeft aan welke parameters onderling aan elkaar gecorreleerd zijn. Aanbevolen wordt deze statistische analyse nog verder uit te breiden met een multi-variabelen analyse aan de hand van de correlatie-matrix.

GIS

Maken van meer kaartjes ter ondersteuning van de resultaten.

Uitbreiden GIS bestanden met modules om data te verwerken en weer te geven.

I Beschrijving Matrix

Inhoud BTS onderzoeksmatrix

Voorkeur voor putten met mechanische verstopping

Putgegevens

- Bedrijf*
Brabant Water, Vitens, WML, Hydron
- Winplaats
- X-coördinaat
- Y-coördinaat
- Putnummer
- Aantal filter trajecten
(Liefst geen putten met meer dan 2 filter trajecten)
- Filtertraject
Filtertraject 1^e, 2^e, ...
- Filterdiepte van (m-mv)
- Filterdiepte tot (m-mv)
- Datum aanleg
- BTS project (WP nr)
Aangeven of de put in het BTS onderzoek wordt betrokken en aangeven in welk werkpakket dit gebeurt. Wp1 t/m Wp8
- Vervangingskosten
Huidige kosten om de put te vervangen

Verstopping

- Qspec afgelopen 10 jaar
Een tabel/overzicht van de Qspec van de afgelopen 10 jaar, apart opgeslagen in de map Qspec per bedrijf
- Soort verstopping*
Mechanisch, Chemisch, Bacteriologisch, Chemisch+Bacteriologisch
Uit ervaring bepaald of door te kijken naar het verloop van het specifiek debiet over de jaren
- Plaats*
Filter, Boorgatwand, beide
- Verstoppingssnelheid
Bepaald uit het verloop van het specifiek debiet over de tijd

Geologie/sedimentkarakteristiek in Filtertraject

- Formatie naam
- RGD beschrijving*
(of NITG/TNO) aanwezig, niet aanwezig, eigen beschrijving
- korrelgrootte verdeling *
Is er een zeefkromme bekend van monsters uit het filter traject. Is aanwezig, is niet aanwezig
- aantal lagen (>2m) in filter traject

- M50 getal (μm) per laag

De mediaan van de korrelgrootte. Uit de zeefkromme of boor beschrijving.

Vaak alleen woordelijk beschreven in boorbeschrijving, conversie naar waarde aan de hand van tabel (bijlage I)

Zeer fijn zand = $75\mu\text{m}$
Middelfijn zand = $125\mu\text{m}$
Matig fijn zand = $180\mu\text{m}$
Matig grof zand = $250\mu\text{m}$
Middelgrof zand = $450\mu\text{m}$
Zeer grof zand = $800\mu\text{m}$
Uiterst grof zand = $1100\mu\text{m}$
Fijn grind = 5,6-2mm

- Dikte laag (m)
- Sortering* per laag

De lokale heterogeniteit van de korrelgrootte aangeven. Als niet helemaal 100% duidelijk is onbekend invullen. Heteroog, homogeen, tweetoppig.

Heteroog: diverse korrelgroottes in de laag

Homogeen: uniforme korrelgrootte in de laag

Tweetoppig: duidelijk 2 korrelgrootte klassen dominant aanwezig in de laag

- doorlaatbaarheid [m/dag] per laag
- k-waarde

Bepaald met conversie tabel zie bijlage I.

Korrelgrootte	Homogeen	Heteroog
Zeer fijn zand	3	4
Middel fijn zand	5	7
Matig fijn zand	8	11
Matig fijn- matig grof zand	13	18
Matig grof zand	25	30
Matig grof-middel grof zand	40	50
Middel grof zand	60	75
Middel-zeer grof zand	100	120
Zeer grof zand	165	200
Uiterst grof zand	180	
Uiterst grof zand (met grind)		190
Fijn grind	214	

De k-waarde uit de tabel komt hoger uit dan de werkelijke waarde moet zijn, maar dit maakt voor onderlinge vergelijking niet uit.

- Doorlaatbaarheid filtertraject.
- Waardering boorbeschrijving

Waarde van 1 tm 4, waarbij 1 een zeer uitgebreide boorbeschrijving is en 4 slechts een woord.

- Unifomiteitscoefficient
- Uniformiteitscoefficient of gelijkmatigheids coefficient: $d=d_{60}/d_{10}$
- gew.% klei/lutum/silt
- Het gewichtspercentage van de korrels < 64 μ -meter

Geochemische samenstelling

- %organisch mat
- In % droge stof. Als % onbekend wel aangeven of er organisch materiaal aanwezig is
- kalkrijkdom*
- Kalkarm, Kalkrijk
- Het kalk-koolzuurevenwicht is gebruikt om te bepalen of de vloeistof in de put Kalkagressief (kalkarm) of kalkafzettend (kalkrijk) is.

Waterkwaliteit

- watertype*
- Aeroob: Water bevat O₂ of NO₂
- Anaeroob: Water bevat dit niet (<1 mg/l)
- Bepaald uit ervaring, als de putfilter vaak ontijzerd moet worden dan word dit bijna altijd veroorzaakt door Aeroob water

Afwijkende kwaliteit

- Ionsoort
- Chloride [Cl], ijzer [Fe], calcium [Ca], HCO₃ en agressief CO₂ of CO₂
- Concentratie [mg/l]

Aanleg

- Boormethode*
- Zuigboor/Rotary luchtlift, pulsboor, spoelboor, anders
- Bij rotary luchtlift zijn de eerste 20 a 30m altijd gezuigboord. Alleen zuigboor, dan kan de put niet dieper zijn dan ongeveer 30m.
- Boorbedrijf*
- Haitjema, Westerlo(lubo), Tjaden, De Ruiters, Gruner, Overig
- Boorspoeling* hoofdcomponent
- Het hoofdcomponent in de boorspoeling die gebruikt is bij het boren van het filtertraject
- Vaak is deze niet opgeschreven en kan alleen nog uit ervaring de boorspoeling samenstelling achterhaald worden.
- Boorspoeling toevoegingen
- Eventuele andere toevoegingen dan het hoofdcomponent in de boorspoeling
- Ontzanding*
- Bezinkbakken, cycloon, anders, niet uitgevoerd
- Schrapen*
- Schrapen boorgatwand. Uitgevoerd, niet uitgevoerd

Ontwikkelen

- Mechanisch 1*
- Vaak worden verschillende mechanische ontwikkelmethoden na elkaar gebruikt. Hier de eerste vermelden. Hoog debiet, hoge druk,

intermitterend pompen, jutteren, sectiegewijs pompen, rondpompen, niet uitgevoerd.

Vaak niet opgeschreven dan alleen nog maar uit ervaring te achterhalen.

- Mechanisch 2*

Hier de tweede melden

- Chemisch*

Niet uitgevoerd, H₂O₂

Constructie

- Boordiameter (mm)
- Boordiepte (m-mv)
- Putdiepte (m-mv)
- BuitenFilterdiameter (mm)

Geen informatie over drukklasse nodig

- Filtermateriaal*

PVC, RVS, Koper, Hout

- Sleuf^{type}*

Sleuf, brug, wikkeldraad

- Sleufbreedte (mm)
- Omstorting ondergrens (mm)

Omstortingsgrind korrelgrootte ondergrens

- Omstortings bovengrens (mm)

Omstortingsgrind korrelgrootte bovengrens

- Filterlengte per filtertraject(m)
- Netto filterlengte

De som van alle filtertrajecten van de put.

Regeneratie

Regeneratie 1 (de meest recente regeneratie)

- Datum regeneratie
- Kosten
- Grenswaarde

Grenswaarde regeneratie % Q_{spec} t.o.v. nieuw waarde.

Q_{spec}/Q_{nieuw}

- Frequentie

Per jaar (NB 0.2= eens in de 5 jaar)

Mechanisch Jutteren

- Druk (bar)
- Duur (uren)
- slagen per uur

Mechanisch Hogedruk

- Druk (bar)
- Debiet (l/min)
- aantal runs

een (1) run is een keer op en neer

Chemisch (voor een combinatie met mechanisch regenereren ook de gegevens invullen)

- Chemicalien*
H₂O₂, Chloorbleekloog
- hoeveelheid (l)
In liters totaal

Effect regeneratie (Qspec t.o.v. hoogst gemeten waarde na regeneratie)

- direct erna
- na 12 maanden of bij minder frequente meting van het specifiek debiet de eerst volgende meting

Regeneratie 2

Regeneratie 3

Bedrijfsvoering

(Bij grote ingrepen in bedrijfsvoering aangeven waarom en 2 blokken bedrijfsvoering maken)

- debiet nu (m³/h)
pomp
- debiet max
hoogste waarde
- flowmeting
is er een flowmeting uitgevoerd. Ja, nee

Afpomping

- nu (m)
- bij oplevering (m)
- draaiuren
gemiddeld aantal per dag -> gem. per dag nemen berekend over een maand
- schakelingen (aantal/dag) -> gem. per dag nemen berekend over een maand
- softstarters* -> langzaam opstarten van de pomp
Ja, Nee

Impact op verstopping*

Hypothese nr.

Opmerkingen/nuances

Berekeningen

- Netto filterlengte (m)
- Filterlengte-blinde delen
- flux boorgatwand (m/h)
debiet / [π * (boorgatdiameter / 1000) * netto filterlengte]
- spec vol stroom (m³/h/m)
debiet / afpomping nu
- spec vol stroom per m filterlengte (m³/h.m.m)
spec vol stroom / netto filterlengte

Later aan toegevoegd:

- Deeltjesconcentratie
- Type winning: A=freatisch, B=diep, U=oevergrondwater, I=duin infiltraat

II Interpretatie kD-waarden

HP - progr. 32A

kD-waarden uit granulair samenstellingen.

Codelijst invoer

De code bestaat uit 4 cijfers te weten:

- | | | |
|-----------------------|--|----------|
| 1 ^e cijfer | bepaalt de grootte van de hoofdfractie | 0 1 m 3. |
| 2 ^e cijfer | bepaalt het slijgehalte | 0 1 m 4 |
| 3 ^e cijfer | bepaalt de correctie voor grint | 0 1 m 7 |
| 4 ^e cijfer | bepaalt de sorteringsgraad. | 0 1 m 5 |

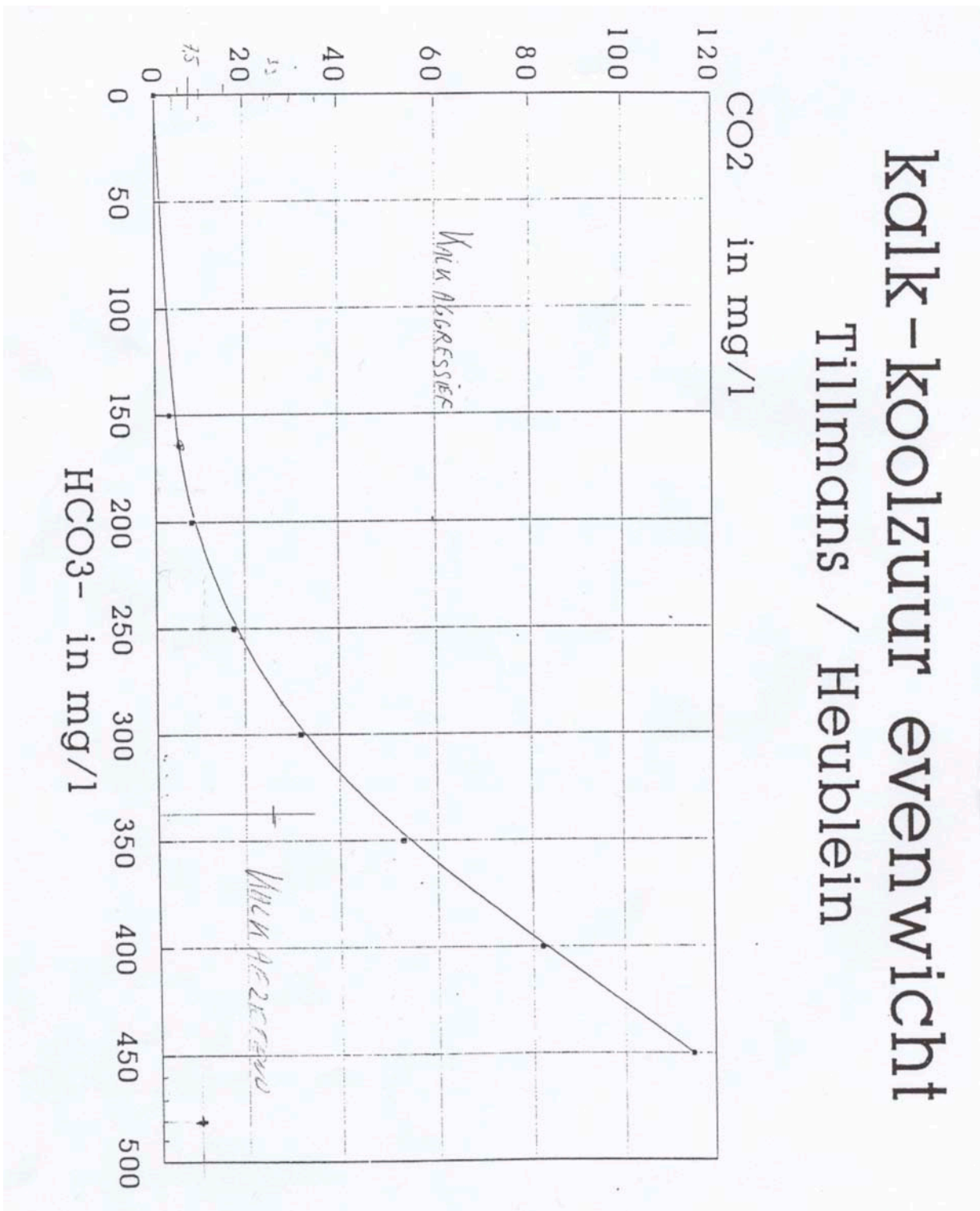
k-waarden.

1 ^e cijfer.	2 ^e cijfer					
	0	1	2	3	4	
		ZWAK STOPPIG	STOPPIG	ZWAK LEMIG	LEMIG	
0 Uiterst fijn zand.	2	1	0,5	0	0	
1 zeer fijn zand	4	3	2	0,5	0	
2 middel fijn zand.	7	5	3	1	0,5	
3 matig fijn zand.	11	8	4	2	1	
4 ma. fijn - ma. grof	18	13	8	2	1	
5 matig grof zand	30	25	15	8	3	
6 matig grof - midd. grof	50	40	28	15	5	
7 middel grof.	75	60	42	30	12	
8 middel - zeer grof.	120	100	70	40	18	
9 zeer grof.	200	165	125	65	30	

3 ^e cijfer.	Grind.	Correctie.
0	spoor 0-5%	1 x
1	zeer weinig 5-10%	1,02 x
2	} weinig 15%	1,06 x
3		1,08 x
4	} tamelijk veel 25%	1,12 x
5		1,15 x
6	veel 35%	1,23 x
7	zeer veel 40%	1,30 x

4 ^e cijfer	sorteringsgraad.	correctie
0	andereisende laag.	k=0.
1	S=40 tweetoppig.	0,5
2	S=50 zeer slecht	0,6
3	S=60 slecht	0,8
4	S=65,70 normaal	1
5	S=80 zeer goed.	1,3

III Kalk-koolzuur evenwicht



IV Correlatie-matrix

Correlations		Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Aantal keer mechanisch ontwikkelen	Schakelfrequentie	Jaar van aanleg	Boordiameter (mm)	Putdiepte (m)	Dikte omstorting (mm)
Verstoppingsnelheid [%/jaar]	Pearson Correlation	1						
Aantal keer mechanisch ontwikkelen	Pearson Correlation	0.026	1					
Schakelfrequentie	Pearson Correlation	-0.345(*)	-0.046	1				
Jaar van aanleg	Pearson Correlation	0.048	268(**)	-0.114	1			
Boordiameter (mm)	Pearson Correlation	0.036	395(**)	-0.037	475(**)	1		
Putdiepte (m)	Pearson Correlation	-0.271(**)	-0.056	0.077	0.092	-0.082	1	
Dikte omstorting (mm)	Pearson Correlation	-0.057	259(**)	-0.067	324(**)	852(**)	0.104	1
Netto filterlengte	Pearson Correlation	-0.258(**)	-0.306(**)	0.246	-0.055	-0.062	592(**)	0.063
Draaiuren	Pearson Correlation	0.188	-0.226(*)	-0.095	0.137	0.182	-0.178	0.123
Flux boorgatwand [m/h]	Pearson Correlation	-0.205(*)	325(**)	329(*)	0.121	0.036	-0.061	0.019
Gewogen M50-getal per put [micrometers]	Pearson Correlation	-0.023	-0.018	-0.24	0.105	-0.023	-0.251(**)	-0.191(*)
Gemiddelde korrelgrootte grind/gewogen M50-getal	Pearson Correlation	0.274(**)	-0.287(**)	0.084	-0.420(**)	-0.302(**)	0.069	-0.116
Deeltjesconcentratie	Pearson Correlation	-0.006	-0.293	-0.244	-0.156	-0.283	0.186	-0.402
Cl concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	0.459(**)	-0.214(*)	-0.354(*)	-0.171	-0.023	-0.350(**)	-0.026
Fe concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	-0.078	-0.016	-0.326	-0.165	-0.108	-0.234(*)	-0.143
Ca concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	0.153	0.434(**)	-0.391	0.099	0.182	-0.294(*)	0.158
HCO3 concentratie [mg/l]	Pearson Correlation	0.062	0.137	-0.148	0.169	0.005	0.112	-0.073
Agressief CO2 [mg/l]	Pearson Correlation	-0.134	-0.397(**)	-0.377	0.024	0.019	0.113	0.237(*)
Grenswaarde regeneratie 1	Pearson Correlation	0.115	0.09	0.443(*)	0.007	0.147	0.183	0.099
Frequentie 1	Pearson Correlation	0.355(**)	-0.195	-0.293	-0.089	-0.008	-0.216	-0.006
Effect regeneratie op korte termijn 1	Pearson Correlation	-0.032	0.078	0.123	-0.047	0.258	0.059	0.307(*)
Effect regeneratie op lange termijn 1	Pearson Correlation	0.014	0.389(*)	0.442	0.122	0.044	0.312	0.184
draaiuren/ dag	Pearson Correlation	0.194	-0.211(*)	-0.095	0.132	0.187	-0.178	0.117
debiet (nu)	Pearson Correlation	-0.466(**)	0.242(*)	-0.413(**)	0.219(*)	-0.353(**)	0.261(*)	0.352(**)
Doorlaatbaarheid [m/dag]	Pearson Correlation	0.031	0.13	-0.219	0.103	-0.058	-0.360(**)	-0.304(**)
*	Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).							
**	Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).							

Correlations	Netto filterlengte	Draaiuren	Flux boorgatwand [m/h]	Gewogen M50-getal per put [micrometers]	Gemiddelde korrelgrootte grind/gewogen M50-getal	Deeltjesconcentratie	Cl concentratie [mg/l]	Fe concentratie [mg/l]	Ca concentratie [mg/l]	HCO3 concentratie [mg/l]	AGRS_CO2 Agressief CO2 [mg/l]
Verstoppingssnelheid [%/jaar]											
Aantal keer mechanisch ontwikkelen											
Schakelfrequentie											
Jaar van aanleg											
Boordiameter (mm)											
Putdiepte (m)											
Dikte omstorting (mm)											
Netto filterlengte	1										
Draaiuren	-0.092	1									
Flux boorgatwand [m/h]	-0.411(**)	-0.261(*)	1								
Gewogen M50-getal per put [micrometers]	-0.193(*)	0.095	0.053	1							
Gemiddelde korrelgrootte grind/gewogen M50-getal	0.08	-0.049	-0.182	-0.587(**)	1						
Deeltjesconcentratie	0.006	-0.095	-0.328	0.282	-0.135	1					
Cl concentratie [mg/l]	-0.097	0.074	-0.331(**)	-0.04	0.286(**)	-0.324	1				
Fe concentratie [mg/l]	-0.009	-0.250(*)	0.019	0.317(**)	-0.225(*)	0.714(**)	0.007	1			
Ca concentratie [mg/l]	-0.124	-0.129	-0.233	0.123	0.087	-0.232	0.461(**)	0.296(**)	1		
HCO3 concentratie [mg/l]	0.081	0.097	-0.176	0.051	-0.162	0.142	0.224(*)	0.036	0.749(**)	1	
Agressief CO2 [mg/l]	0.329(**)	-0.154	-0.115	-0.077	-0.142	0.568	0.476(**)	0.267(*)	0.310(**)	0.263(*)	1
Grenswaarde regeneratie 1	0.042	-0.204	0.145	-0.245	0.224	-0.134	-0.138	-0.158	-0.334(*)	-0.344(*)	-0.212
Frequentie 1	-0.320(**)	0.262	-0.125	-0.065	0.146	0.095	0.223	-0.22	-0.286	-0.138	-0.007
Effect regeneratie op korte termijn 1	0.034	-0.158	0.08	0.157	0.086	-0.464	-0.131	0.314(*)	0.058	-0.128	-0.115
Effect regeneratie op lange termijn 1	0.337(*)	-0.518(**)	0.059	-0.352(*)	0.161	-0.063	-0.127	0.098	0.027	-0.364	-0.212
draaiuren/ dag	-0.104	0.996(**)	-0.259(*)	0.094	-0.049	-0.095	0.079	-0.239(*)	-0.095	0.112	-0.156
debiet (nu)	0.403(**)	-0.183	0.418(**)	-0.12	-0.220(*)	-0.309	-0.521(**)	-0.073	-0.396(**)	-0.195	-0.298(*)
Doorlaatbaarheid [m/dag]	-0.239(**)	0.117	0.014	0.795(**)	-0.482(**)	-0.092	-0.047	0.103	0.082	0.025	-0.315(**)

Correlations	Grenswaarde regeneratie 1	Frequentie 1	Effect regeneratie op korte termijn 1	Effect regeneratie op lange termijn 1	draaiuren/ dag	debiet (nu)	Doorlaatbaarheid [m/dag]
Verstoppingssnelheid [%/jaar]							
Aantal keer mechanisch ontwikkelen							
Schakelfrequentie							
Jaar van aanleg							
Boordiameter (mm)							
Putdiepte (m)							
Dikte omstorting (mm)							
Netto filterlengte							
Draaiuren							
Flux boorgatwand [m/h]							
Gewogen M50-getal per put [micrometers]							
Gemiddelde korrelgrootte grind/gewogen M50-getal							
Deeltjesconcentratie							
Cl concentratie [mg/l]							
Fe concentratie [mg/l]							
Ca concentratie [mg/l]							
HCO3 concentratie [mg/l]							
Agressief CO2 [mg/l]	1						
Grenswaarde regeneratie 1	-0.014	1					
Frequentie 1	.399(**)	-0.181	1				
Effect regeneratie op korte termijn 1	.722(**)	-0.174	.551(**)	1			
Effect regeneratie op lange termijn 1	-0.204	0.262	-0.158	-.518(**)	1		
draaiuren/ dag	.341(*)	-.333(*)	0.244	.423(*)	-0.191	1	
debiet (nu)	-0.145	-0.04	-0.078	-0.204	0.124	-0.127	1
Doorlaatbaarheid [m/dag]							
*							
**							

