



Analyse van de kostprijs van een VOCl-sanering

Studie uitgevoerd door de VEB in opdracht van de OVAM in kader
van CityChlor



Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*

Analyse van de kostprijs van een VOCl-sanering

2. *Verantwoordelijke Uitgever*

Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

3. *Wettelijk Depot nummer*

D/2012/5024/38

4. *Aantal bladzijden*

92

5. *Aantal tabellen en figuren*

4/4

6. *Prijs**

-

7. *Datum publicatie*

December 2011

8. *Trefwoorden*

Kosten, overschrijding

9. *Samenvatting*

In deze studie is er aan de hand van 23 saneringprojecten van VOCl's, uitgevoerd in de voorbije 15 jaar, nagegaan of er systematische overschrijdingen waren van de geraamde saneringskosten. Verder is er onderzocht welke parameters een invloed hebben op een overschrijding van de kostprijs van een VOCl sanering

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*

VEB is de vereniging van erkende bodemsaneringsdeskundigen in België. De werkgroep die deze studie heeft uitgevoerd bestaat uit trekkers/auteurs Filip Sanders (MAVA), Rik Scholiers (ARCADIS), geholpen door de input en kritische review van Stien Van Gestel (Antea Group), Koen Meskens (Antea Group), Eric Goudeseune (Envirosoil), Bavo Peeters, Sam Fonteyne en Veerle Labeeuw (OVAM), Dirk Paulus (Taw), Bruno Haerens (URS) en Gerlinde De Moor (ARCADIS).

11. *Contactperso(o)n(en)*

Bavo Peeters, Sam Fonteyne (OVAM)

Inhoudsopgave

Documentbeschrijving	2
Inhoudsopgave	3
Lijst der tabellen.....	4
Lijst der figuren	4
Lijst der bijlagen	4
Lijst met afkortingen.....	5
Samenvatting.....	6
Summary	7
1 Inleiding	8
2 Literatuurstudie.....	9
3 Werkwijze	15
4 Resultaten	16
4.1 Algemeen.....	16
4.2 Resultaten per parameter	18
4.2.1 Algemeen.....	18
4.2.2 Kwantitatieve parameters	21
4.2.3 Kwalitatieve parameters.....	25
4.3 Overzicht belangrijkste oorzaken van budgetafwijkingen.....	37
4.3.1 Te ambitieuze terugsaneerwaarden.....	37
4.3.2 Opstellen van een zo nauwkeurig mogelijk conceptueel site model (CSM).....	37
4.3.3 Langere saneringsduur.....	38
4.3.4 Beperkte kennis van/ervaring met de saneringstechnieken.....	38
4.3.5 Opvolgen van de sanering.....	38
4.3.6 Opstellen van het bestek	38
5 Detail saneringen met grootste budgetoverschrijding	40
5.1 Case 1.....	40
5.2 Case 8.....	40
5.3 Case 14.....	40
5.4 Case 15.....	41
5.5 Case 22.....	41
6 Conclusie en aanbevelingen voor vervolgstudies	43
6.1 Conclusies	43
6.2 Praktische aanbevelingen op basis van de bevindingen om kosten overschrijdingen tijdens de saneringswerkzaamheden te vermijden	43
6.3 Aanbevelingen voor vervolgstudies	44
Bijlage 1 Standaard invulfiche	45
Bijlage 2 Overzicht ingevulde fiches.....	49
Bijlage 3 Grafieken kwantitatieve parameters	65
Bijlage 4 Grafieken kwalitatieve parameters	75
Bijlage 5 Informatie T-test.....	83

Lijst der tabellen

Tabel 1 : Algemene Resultaten	16
Tabel 2 : Kwantitatieve parameters	21
Tabel 3 : Kwalitatieve parameters (t-test).....	25
Tabel 4 : Kwalitatieve parameters (ANOVA)	33

Lijst der figuren

Figuur 1 : Verdeling Cases	16
Figuur 2 : Overzicht van de overschrijdingsfactoren gerangschikt volgens stijgende overschrijdingsfactor	17
Figuur 3 : Kostprijs finaal vs geraamde kostprijs BSP.....	17
Figuur 4 : Kostprijs Finaal vs kostprijs BSP (< 500.000 €)	18

Lijst der bijlagen

Bijlage 1: Standaard invulfiche	45
Bijlage 2: Overzicht ingevulde fiches.....	49
Bijlage 3: Grafieken kwantitatieve parameters	65
Bijlage 4: Grafieken kwalitatieve parameters	66
Bijlage 5: informatie T-test.....	83

Lijst met afkortingen

ANOVA	Analysis of variance
BATNEEC	Best available technique not entailing excessive cost
BBO	Beschrijvend bodemonderzoek
BSN	Bodemsaneringsnorm
BSP	Bodemsaneringsproject
BSW	Bodemsaneringswerken
BTEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen
CSM	Conceptueel site model
DNAPL	Dense non-aqueous phase liquid
EnISSA	Enhanced in-situ soil analysis
ISCO	In-situ chemische oxydatie
KMO	Kleine of middelgrote onderneming
MIP	Membrane interface probe
NOD	Natural oxygen demand
OVAM	Openbare Vlaamse afvalstoffenmaatschappij
P&T	Pump & treat
PCE	Perchloorethyleen
PLI	Persluchtinjectie
SKB	Stichting kennisontwikkeling kennisoverdracht bodem (Nederland)
SP	Saneringsplan (Nederland)
TCE	Trichloorethyleen
VEB	Vereniging erkende bodemdeskundigen
VER	Vacuüm enhanced recovery
VOCi	Vluchtige alifatische chloorkoolwaterstoffen
VROM	Ministerie van volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieubeheer (Nederland)

Samenvatting

CityChlor is een Europees project dat een geïntegreerde benadering uitwerkt voor de aanpak van verontreiniging met gechloreerde solventen in stedelijke omgeving. Het project wordt uitgevoerd door een partnerschap tussen Vlaamse, Franse, Nederlandse en Duitse overheden, onderzoeksinstituten en steden binnen het INTERREG IV B programma voor Noordwest Europa. Voor meer informatie zie www.citychlor.eu.

Vluchtige organische verbindingen (VOC), zoals TCE en PCE, zijn relatief goed oplosbaar in water waardoor een verontreiniging zich relatief gemakkelijk in het grondwater kan verspreiden. Bovendien kunnen ze als puur product snel naar grote diepten zakken, waardoor ze moeilijk te saneren zijn en de saneringskosten voor een VOC-verontreiniging hoog kunnen oplopen. In deze studie werd er aan de hand van 23 saneringprojecten van VOCs, uitgevoerd in de voorbije 15 jaar, nagegaan of er systematische overschrijdingen waren van de geraamde saneringskosten. Verder werd er onderzocht welke parameters een invloed hebben op een overschrijding van de kostprijs van een VOC sanering. Om de analyse te kunnen maken werd er een standaardformulier opgesteld dat door de verschillende deelnemende partijen werd ingevuld voor de 23 verschillende cases; iedereen vulde het formulier in voor de 'eigen' case. Uit de resultaten bleek dat het zeker niet zo is dat de meeste saneringen duurder uitvallen dan voorzien. Van de 23 cases waren er 7 waarvan de uiteindelijke kosten meer dan 130 % van de geraamde kostprijs bedragen. Anderzijds betekent dit dat er in circa 1/3 van de gevallen een overschrijding van het budget is van 30% of meer, en dat er dus nog een grote marge voor verbetering mogelijk is. De overschrijdingen komen vooral voor bij de kleinere projecten. Hoe groter het budget, hoe minder impact een extra kost heeft op het totale budget.

Gezien de beperkte dataset die beschikbaar is, is een statistisch onderbouwde evaluatie van de oorzaken van kostenafwijkingen niet mogelijk. Daarom werden de belangrijkste oorzaken die aanleiding geven tot budgetoverschrijdingen op een kwalitatieve manier besproken:

- Conceptueel verontreinigingsbeeld: Een beschrijvend bodemonderzoek en saneringsonderzoek zijn nauw met elkaar verbonden, maar verdienen elk hun plaats in het saneringstraject. Een degelijk uitgevoerd beschrijvend bodemonderzoek is een cruciale basisvereiste. Daarna dient gefocust te worden op aanvullend saneringsonderzoek (vb. pilootproef, verdere karakterisatie van waar de meeste massa aanwezig is, ...) voor het welslagen van een sanering. Het is van groot belang om een zo correct mogelijk conceptueel beeld van de te saneren site te hebben;
- Foute inschatting van de saneringsduur;
- Te ambitieuze terugsaneerwaarden: langs de kant van de overheid heeft het toegenomen inzicht ervoor gezorgd dat er meer realistische en haalbare terugsaneerwaarden kunnen voorgesteld worden;
- Ontoereikend bestek;
- Beperkte kennis van/ervaring met de saneringstechnieken: Er is sprake van een "voortschrijdend inzicht" langs de kant van de aannemer, de erkende bodemsaneringsdeskundige en de overheid. Door de toegenomen kennis van studie bureaus worden er minder saneringen opgestart zonder kennis te hebben van de werkzaamheid van een techniek. Tevens zullen aannemers momenteel de sanering gericht bijsturen en opvolgen door hun toegenomen ervaring met diverse saneringstechnieken;
- Onvoldoende opvolging van de sanering: Bij de verschillende partijen is het bewustzijn gegroeid dat een sanering geen definitief vaststaand draaiboek heeft vóór de start van de sanering. In de meeste gevallen dient een sanering bijgestuurd te worden tijdens de werken.

Summary

Chlorinated solvents such as TCE and PCE are relatively soluble in groundwater so they can spread widely in the groundwater. In addition they can migrate to considerable depths as pure product, which makes the clean-up of soil and groundwater difficult and expensive. Based on 23 case-studies, executed in the last 15 years, this study has evaluated whether systematic cost overruns compared to the initial estimates were occurring. Additionally, the most important factors which can lead to an overrun of the clean-up costs were examined. To make this analysis, a standard form was made that had to be filled in by the different participants of the study for their own cases.

Results showed that cost overruns do not happen in most of the remediation cases that were studied. On the other hand 7 out of the 23 cases had an overrun of 30% or more than the estimated costs. This means that there is still room for improvement. Especially in the smaller projects, the costs regularly exceeded the initial estimates. The main reason for this is the larger impact of an extra cost on the budget of a small project.

Since the dataset that could be used was relatively small, a statistically based evaluation of the causes of the cost deviations was not possible. Therefore the main factors which cause the cost overruns were discussed in a qualitative way. They are listed underneath:

- Conceptual site model: a descriptive soil and groundwater investigation and an additional remediation-focused investigation are linked with each other, but they both deserve their place during the complete investigation and remediation process. A reliable descriptive soil and groundwater investigation is a crucial requirement. Afterwards the focus needs to be changed to additional remediation research (e.g. pilot study, further characterization of the source zone,...) for the success of the clean-up. It is of great importance to understand the conceptual site model as good as possible.
- Inaccurate estimation of the remediation time
- Too stringent remediation goals: increased insight on the part of the government has lead to the acceptance of more realistic and attainable remediation goals
- Inadequate tender specifications
- Limited knowledge/experience with remediation techniques: a “progressive understanding” for the different stakeholders is apparent. Because of the increased know-how of the soil experts / consultants, fewer remediation projects are started without a good knowledge of the effectiveness of a technique. Also contractors have gained an increased experience with the different remediation techniques for the removal of chlorinated solvents and will more adequately adapt the clean-up process.
- Insufficient follow-up of the remediation: all stakeholders have learned by experience that a remediation project is not a fixed scenario and that in most cases the remediation needs to be adjusted regularly or even continuously.

1 Inleiding

Vluchtige organische verbindingen (VOCl), zoals TCE en PCE, zijn relatief goed oplosbaar in water waardoor een verontreiniging zich gemakkelijk in het grondwater kan verspreiden. Omdat dergelijke stoffen zwaarder zijn dan water, kunnen ze bovendien als puur product snel naar grote diepten zakken. Deze stofeigenschappen zorgen ervoor dat de saneringskosten voor een VOCl-verontreiniging hoog kunnen oplopen en moeilijk a priori zijn in te schatten. Het ontbreken van de mogelijkheid om de kosten en financiële risico's goed in te schatten is een vaak voorkomend knelpunt gedurende het volledige saneringsproces. Zo haken projectontwikkelaars bijvoorbeeld regelmatig af omdat de onzekerheidsmarges verbonden aan de kostprijsraming van een VOCl sanering groot zijn. Daarnaast speelt de kostenraming ook een belangrijke rol bij de keuze van de saneringsvariant, de aan- of verkoop van het verontreinigde terrein, het stellen van een financiële zekerheid etc.

In deze studie wordt er aan de hand van saneringprojecten van VOCl's, uitgevoerd in de voorbije 15 jaar nagegaan of er systematische overschrijdingen zijn van de geraamde saneringskosten. Verder wordt er onderzocht welke parameters een invloed hebben op de kostprijs van een VOCl sanering.

2 Literatuurstudie

Bij nazicht van de internationale literatuur, werden geen gelijkaardige studies gevonden. Wel zijn er een aantal overkoepelende studies naar het falen van saneringen uitgevoerd. Uit deze studies worden de aspecten die relevant waren voor voorliggende studie kort samengevat.

Er is geen volledige studie equivalent is als degene hier uitgevoerd door VEB in opdracht van OVAM voor CityChlor, maar doorheen de verschillende studies worden er wel soortgelijke conclusies uitgekomen. Voor saneringen bestaan er geen kant en klare oplossingen en het is van belang om saneringen continu bij te sturen en op die manier de kosten zo goed mogelijk te beheersen. Daarvoor is er een nauwe betrokkenheid vereist tussen de verschillende belanghebbende partijen.

“Remediation process optimization: identifying opportunities for Enhanced and more efficient site remediation”

(ITRC team, Washington DC, USA, September 2004. Available on the Internet at <http://www.itrcweb.org>)”

Dit onderzoek werd uitgevoerd door en in opdracht van Interstate Technology Regulatory Council (ITRC). ITRC is een samenwerking van overheden, industrie, bodemconsultants, saneerders en academici uit de VSA. Dit onderzoek werd uitgevoerd omdat er hoge werkings- en onderhoudskosten (“O&M”) waren voor pump and treat installaties. In de beginjaren bestonden saneringen uit het lineaire programma: onderzoek - design - uitvoering. Ervaring leert echter dat er een grote onzekerheid is bij bodemsaneringen en dat in plaats van een lineaire aanpak er een flexibele, iteratieve aanpak noodzakelijk is om de onzekerheden weg te werken. ITRC heeft hiervoor een handleiding opgesteld om een optimale sanering zo goed mogelijk te realiseren en dit rekening houdend met de wetgeving.

Onder optimalisatie worden verstaan: het verbeteren/aanpassen van saneringstechnieken, maar evengoed nagaan of de saneringsdoelstellingen haalbaar zijn en aanpassen in overleg met verschillende betrokken partijen. De voornaamste doelstelling blijft de bescherming van de volksgezondheid en het milieu. Er wordt in het document gepleit voor een nauwe betrokkenheid van alle partijen. Ervaring leert dat input van de belanghebbende partijen het project ten goede zal komen. Niet alle saneringen moeten geoptimaliseerd worden. Voorrang dient gegeven te worden aan de saneringen waar de volksgezondheid en milieu in gevaar komen en aan projecten waar er grote budgetoverschrijdingen worden verwacht.

“Meta-evaluatie in-situ saneringen”

(Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem; Gouda, Nederland; maart 2009, Tom Meijerink, Tobias Praamstra, Niels van Ras, Maurice Henssen)

De studie werd uitgevoerd door een consortium van adviesbureaus in opdracht van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (Nederland). Er werd een evaluatie uitgevoerd naar de knelpunten die door verschillende partijen in de bodemsaneringsketen worden ervaren bij in-situ bodemsaneringen.

Bodemsaneringsprojecten worden met allerlei soorten technieken uitgevoerd. Die technieken omvatten conventionele technieken (ontgraven en onttrekken) en in-situ technieken. Bij in-situ

technieken worden diverse knelpunten ervaren waardoor opdrachtgevers, bevoegde overheden, adviesbureaus en aannemers teleurgesteld raken in elkaar en in de technologie. Volgens de auteurs van dit document moet het dogma dat in-situ saneringen goedkoper zijn dan ontgraving en P&T en ze voor een hoger verwijderingsrendement zorgen, ontkracht worden. Ook in-situ technieken hebben hun beperkingen. In deze studie werd onderzocht wat de voornaamste technische knelpunten zijn bij in-situ saneringen. Hieronder worden de primaire oorzaken samengevat:

- Te ambitieuze verwachtingen
- Technische fouten tijdens ontwerp en aanleg
- Onvoldoende proces- en voortgangsmonitoring tijdens de uitvoering

Die primaire oorzaken zijn het gevolg van een aantal onderliggende knelpunten:

1. Samenwerking:

- Rol van de adviseur binnen de samenwerking: kwaliteit van adviezen is persoonsafhankelijk.
- Rol van de bevoegde overheid binnen de samenwerking: overheid zal sneller iets goedkeuren met strengere saneringsdoelstelling. De problemen worden zo naar de toekomst verschoven.
- Rol van de opdrachtgever: die moet zich houden aan het interne inkoopbeleid: hierdoor wordt dikwijls gekozen voor de laagste kwaliteit
- Rol van de aannemer: een bodem kan niet 100% in kaart worden gebracht. Niet alle aannemers nemen een pro-actieve rol aan bij de uitvoering van het werk met betrekking tot het omgaan met afwijkingen. Afwijkingen worden niet altijd gecommuniceerd of juist benut om verzoeken tot meerwerk in te dienen.
- Verantwoordelijkheden binnen de samenwerking: als één van de partijen de openheid van de andere partij misbruikt, vervallen organisaties in formele, afgemeten rollen in plaats van toenadering op te zoeken.
- Contract: prestatiecontracten zijn een mogelijke oplossing. Een bodem is echter nooit 100 % gekend waardoor er altijd onzekerheden zullen zijn die contractueel toch bij de opdrachtgever komen.
- Procesmonitoring: in de praktijk wordt ervaren dat de proces-en voortgangsmonitoring te wensen over laat met als gevolg dat niet op de juiste momenten wordt ingegrepen en een ongewenst saneringsverloop te lang voortduurt.
- Onderlinge communicatie: het ontstaan van onduidelijkheden in de verwachtingen van in-situ saneringen en in de verdeling van de verantwoordelijkheden en risico's.
- Capabiliteit: kwaliteit van adviseurs wisselt, ook binnen de bureaus en dit ondanks kwaliteitssystemen. Ook bij opdrachtgevers wordt er van positie gewisseld wat leidt tot verlies van kennis of heeft persoon in kwestie te weinig tijd om goed op te volgen.

2. Kennis en inzicht

- De heterogeniteit van de lokale bodem wordt onderschat
- Over het type verontreiniging en de omvang wordt vaak onvoldoende nagedacht
- Een knelpunt is dat een verschil in strengheid wordt ervaren tussen verschillende bevoegde overheden
- Tijdens het ontwerp vinden onvolkomenheden plaats: te beperkt vooronderzoek, beoordeling op prijs, bestek laat te weinig ruimte voor flexibiliteit, verschil in inzicht, ervaring en kennis tussen de adviseur en saneerder, noodzakelijke combinaties van technieken worden soms

over het hoofd gezien, de persoonlijke voorkeur voor specifieke technieken van de adviseur komt niet noodzakelijk overeen met best beschikbare techniek

“Verbetering kostenbeheersing bodemsaneringsprojecten”

(SKB en Bodem+, Nederland, Rapportage resultaten fase 1: Analyse-fase, 19 december 2006, Lidwien Besselink, Thom Maas, Elze-Lia Visser)

Aanleiding

De directe aanleiding tot de start van het project was het rapport van de Rekenkamer (België : Rekenhof) uit 2005, waarin één van de conclusies was dat er onvoldoende aandacht is voor kostenbeheersing. In het rapport concludeerde de Rekenkamer dat de minister van VROM de provincies en gemeenten onvoldoende aanzet tot kostenbeheersing bij bodemsaneringen.

Activiteiten

Binnen de analysefase zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Het inventariseren van behoeften/knelpunten bij de doelgroep (provincies/gemeentes/milieudiensten als initiatiefnemer of als subsidie-verstrekker c.q. bijdrage-verlener);
- Het opzetten van een kader voor het project op basis van een analyse van het werkproces;
- Het verzamelen van informatie over beschikbare instrumenten/tools en plaatsen binnen het kader;
- Een analyse van de meest kostenbepalende factoren voor verschillende types projecten.

Constateringen

- Éénmalig opdrachtgeverschap: schaalgrootte project klopt vaak niet met de schaalgrootte van de organisatie.
- Er staan nog veel omvangrijke gevallen op stapel.
- Er zijn veel instrumenten beschikbaar, maar die worden niet toegepast omdat ze niet zijn ingebed in een structuur.
- Toepassen van bestaande methodes en modellen van contractvormen en risicomanagement vindt versnipperd plaats.
- Op bestuurlijk niveau leeft risicomanagement niet echt en er wordt door de politiek vaak onvoldoende rekening gehouden met risico's
- Tips, trucs, ontwikkelingen per thema en doelgroep (zie rapport).
- Definitief ontwerp (tussen SP en bestek): deze fase wordt vaak overgeslagen.
- Grootste kostenbesparingen door andere keuzes op strategisch-/programmaniveau.
- Zelflerend vermogen (evalueren) ontbreekt.

Dit rapport bevatte de resultaten van fase 1: Analysefase. De fase omvatte de analyse van knelpunten en oplossingsrichtingen met betrekking tot kostenbeheersing op projectniveau. Daarbij heeft een inventarisatie plaatsgevonden van beschikbare instrumenten/tools, die kunnen worden ingezet voor verbetering van kostenbeheersing. Per fase van het werkproces werden tips en trucs aangegeven. Ook werd nog kort ingegaan op de mogelijkheden van kostenbeheersing op programmaniveau.

Bloemlezing kostenbepalende parameters

- Onderzoeksfase
 - Historisch onderzoek vaak onvoldoende uitgevoerd : Meer financiële middelen ter beschikking stellen of laten uitvoeren door gespecialiseerd bureau.
 - Onderzoek onvoldoende kwaliteit; goedkoop blijkt achteraf vaak duurkoop.
 - Bodem vaak te geschematiseerd beschouwd : Complexiteit van de bodem erkennen.
- Saneringsonderzoek, saneringsplan
 - Haalbaarheid saneringsdoelstelling met in te zetten technieken onzeker.
 - Uniformiteit/definities kostenraming ontbreken : Uniform model kostenraming: definities, kwaliteitseisen, indexatie, risico's (bandbreedte), fasen (onderzoek, plan, uitvoering) en bijstellen.
 - SP teveel opgesteld vanuit beleid, te weinig vanuit uitvoerbaarheid
- Bestek en uitvoering
 - Onvoldoende kennis binnen organisatie aanwezig t.a.v. contractvormen bv. :
 - RAW-bestek : Type bestek voor grond-, weg- en waterbouw (cfr. Belgische type bestek 250 voor de wegenbouw)
 - Geïntegreerd contract : Dit zijn contractvormen waarbij verschillende fasen van een project in combinatie worden uitbesteed aan één private partij.
 - Aanbestedingsbeleid: goedkoop blijkt achteraf vaak duurkoop
 - Onvoorziene omgevingsfactoren : politiek/belanghebbenden.
 - Risico's onvoldoende in beeld gebracht : Risico's in beeld brengen en vertalen naar toets- en beslismomenten.

“Frequently asked questions regarding management of chlorinated solvents in soils and groundwater”

(Environmental Security Technology Certification Program Office (ESTCP), Virginia (USA), juli 2008, Tom Sale, Charles Newell, Hans Stroo, Robert Hinchey, Paul Johnson)

Deze studie geeft een overzicht van veel gestelde vragen met betrekking tot site management van gechloreerde oplosmiddelen. Het document behandelt 25 belangrijke vragen, die een beknopt overzicht geven van de huidige kennis met betrekking tot het beheer van VOCI-verontreinigingen. Het document is bedoeld om toezichthouders, adviseurs en leden van de gemeenschap te helpen betere site management beslissingen te nemen. Men hoopt dat het document bijdraagt aan een beter gebruik van de middelen, effectievere sanering en risicobeheer, en meer productieve samenwerking tussen de betrokken partijen van een bodemsanering.

Voorbeelden van enkele relevante vragen zijn :

- Waarom komt het vaak voor dat een deel van de bron gemist wordt bij de afperking ?
- Waarom is de aanwezigheid van verontreiniging in lagen met een lage doorlaatbaarheid belangrijk ?
- Wat kan verwacht worden van veel voorkomende technologieën voor bronbehandeling ?
- Wat is de kostprijs van aan bronbehandeling ?
- Wat is het effect van een bronbehandeling op de verontreinigingspluim ?
- Wat is het effect van een bronbehandeling op de saneringstermijn ?
- Hoe beïnvloeden bepaalde kenmerken van een site beslissingen i.v.m. de sanering ?

- Hoe kunnen saneringsdoelstellingen vooropstellen die haalbaar en nuttig zijn ?

3 Werkwijze

In eerste instantie werd een inventaris gemaakt van afgesloten of bijna afgesloten bodemsaneringen voor VOCI's, en dit zowel bij een aantal bodemsaneringsdeskundigen van de VEB als bij OVAM. Vervolgens werd het geraamde saneringsbedrag in het bodemsaneringsproject vergeleken met de uiteindelijke kostprijs van de sanering.

Om de oorzaken van de budgetoverschrijdingen na te gaan werden op basis van de ervaring van de verschillende bodemsaneringsdeskundigen die aan het project meewerken een aantal parameters geselecteerd die mogelijk kostenbepalend zijn. Er werd een invulformulier opgesteld die door de verschillende deelnemers aan de studie per case werd ingevuld. De geselecteerde parameters worden uitgezet tov van de overschrijdingsfactor van de saneringskosten om zo na te gaan of er bepaalde trends worden vastgesteld.

Volgende zaken dienen bij lezen van dit rapport in rekening gebracht te worden:

3. Het aantal volledig afgesloten saneringen van VOCI's in Vlaanderen is beperkt. Verder zijn er projecten waarbij de uiteindelijke kosten niet gekend zijn, waardoor ze niet mee kunnen geanalyseerd worden in deze studie. Voorbeelden hiervan zijn projecten waarbij de klant zelf geen transparantie geeft van de aannemingskosten of projecten van deskundigen die niet aan dit onderzoek hebben meegewerkt. Hoewel OVAM in het bezit is van de technische info over deze projecten, beschikt ze niet over de financiële info ervan, waardoor deze cases voor de huidige studie uit de boot vallen. Om het aantal cases op te drijven werden daarom ook saneringen meegenomen die in het laatste stadium van de sanering zitten, maar reeds een reële inschatting van de uiteindelijke kosten toelaten. Ondanks het mee analyseren van deze projecten, werden in totaal slechts 23 cases geanalyseerd. Dit brengt met zich mee dat het moeilijk is om de resultaten statistisch te onderbouwen.
4. Niet alle opgevraagde informatie kon worden aangeleverd door de verschillende deelnemers. Dit was bijvoorbeeld het geval als het BBO door een andere deskundige werd uitgevoerd dan de sanering.
5. De verschillende parameters zijn niet altijd volledig onafhankelijk van elkaar.

Toch geven de resultaten van deze 23 projecten al een eerste indicatie. In Vlaanderen zijn sinds de opstart van het Bodemdecreet tot nu maar een 45 tal eindverklaringen afgeleverd met betrekking tot bodemverontreiniging met VOCI's. Verder werd de informatie verzameld bij vijf verschillende deskundigen en bij de OVAM en gaat het om saneringen waarbij uiteenlopende technieken werden gebruikt bij diverse opdrachtgevers.

4 Resultaten

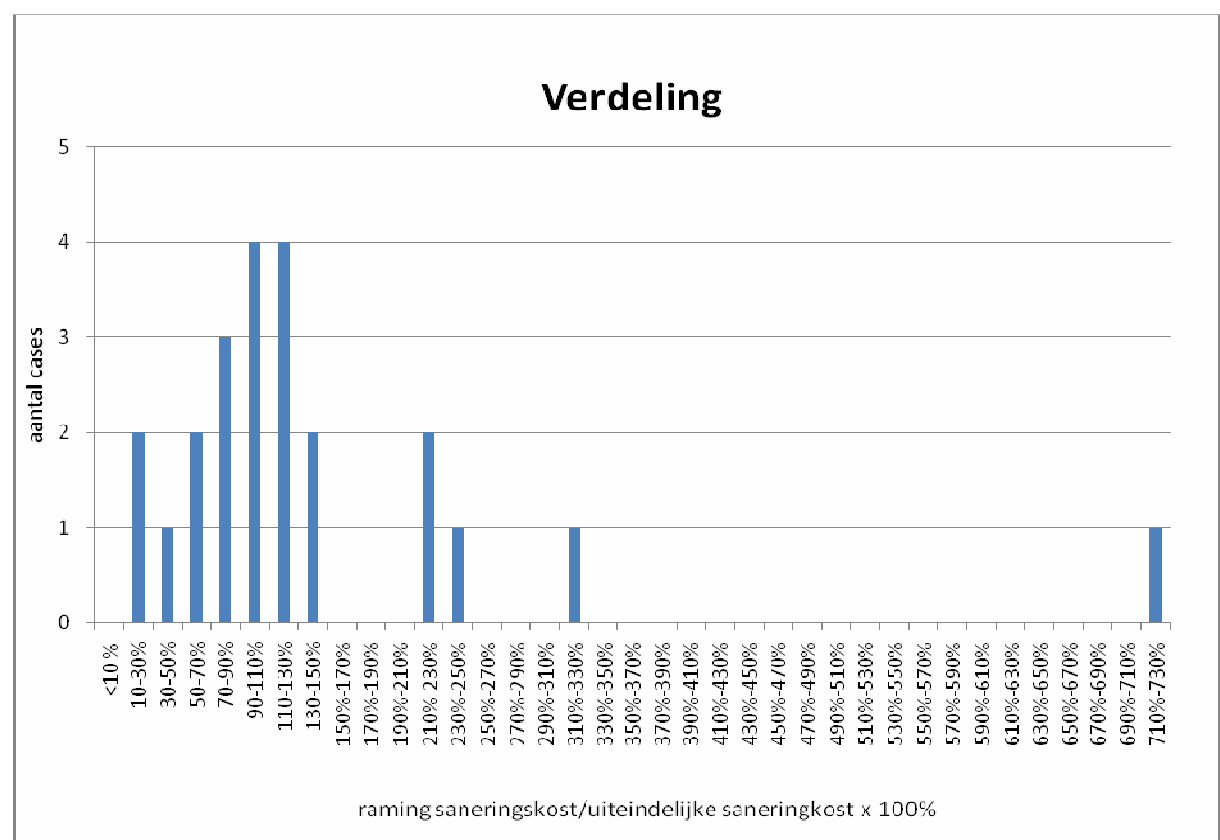
4.1 Algemeen

In onderstaande tabel wordt weergegeven voor hoeveel projecten er een overschrijding van het budget was en wat de gemiddelde overschrijding was.

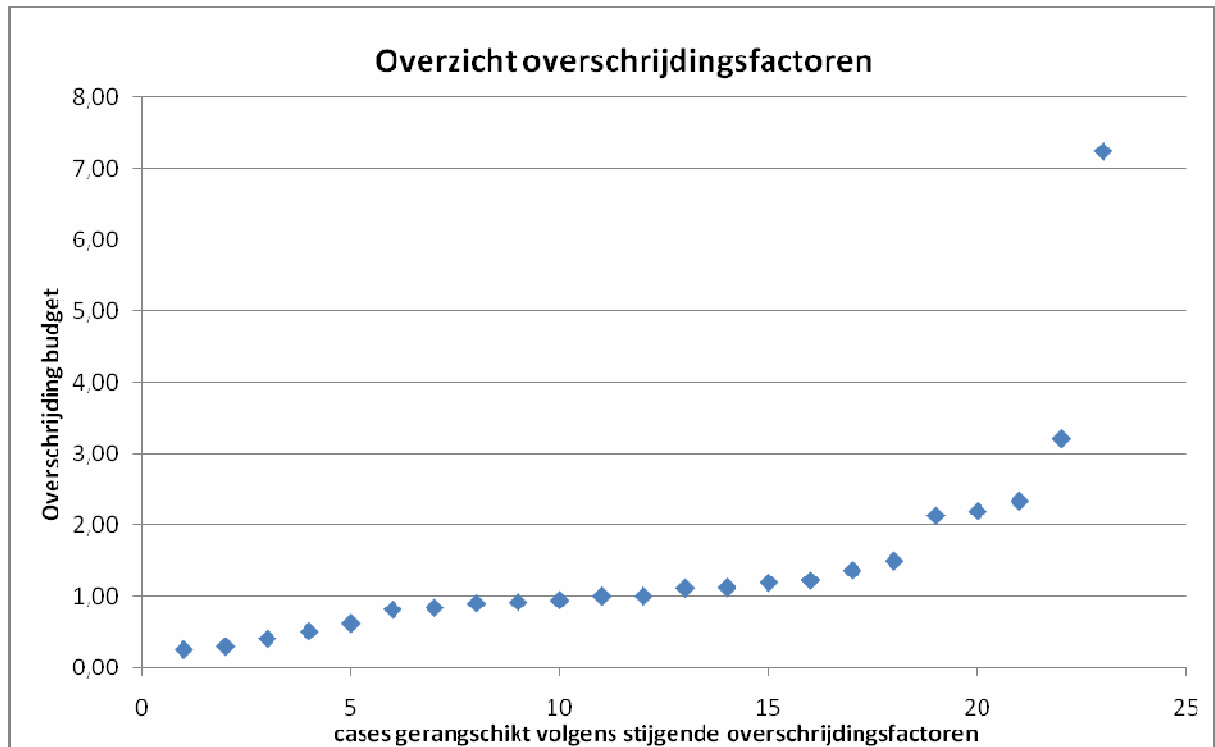
Tabel 1 : Algemene Resultaten

Aantal cases	Aantal budget-overschrijdingen	Max. overschrijding (factor)	Max. onderschrijding (factor)	Gemiddelde overschrijding + afwijking	Mediaan
23	12	7,24	0,25	1,44 +/- 1,45	1,00

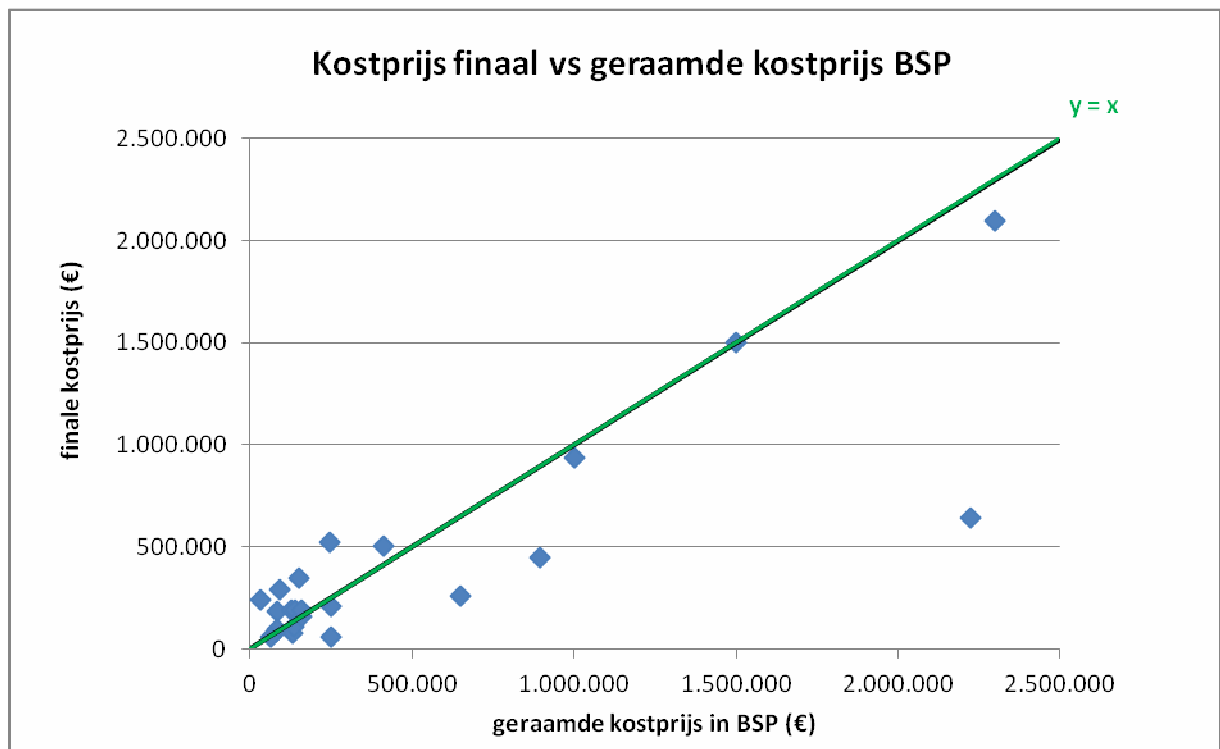
Van de 23 cases waren er 12 waarbij het budget werd overschreden. Er werd een maximale overschrijding vastgesteld van meer dan 7 keer het vooropgestelde budget. Aan de andere kant zijn er ook saneringen waarbij de kosten sterk werden overschat. Bij het merendeel van de saneringen lagen de kosten rond diegene die in het bodemsaneringsproject waren vooropgesteld. In onderstaande grafiek wordt de verdeling weergegeven.



Figuur 1 : Verdeling Cases

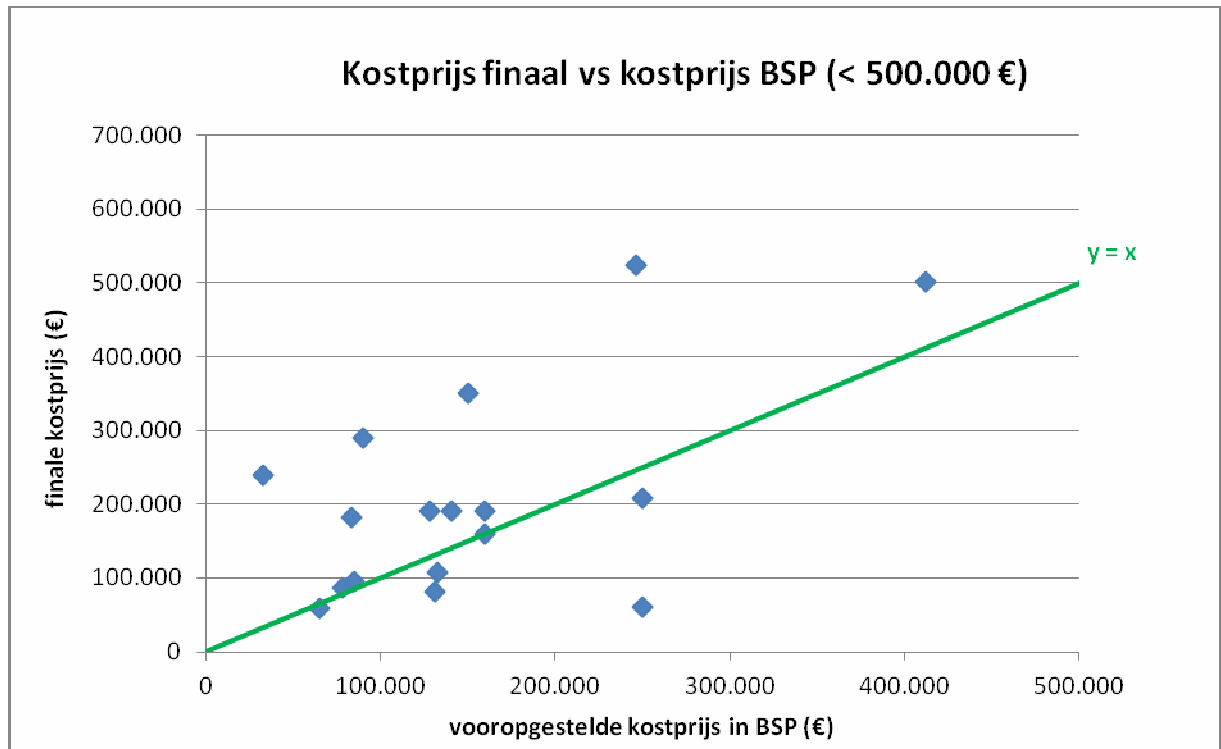


Figuur 2 : Overzicht van de overschrijdingsfactoren gerangschikt volgens stijgende overschrijdingsfactor



Figuur 3 : Kostprijs finaal vs geraamde kostprijs BSP.

Finale kosten van de sanering uitgezet in functie van de geraamde kostprijs in het BSP. Punten boven de $y=x$ lijn zijn gevallen waar er een budgetoverschrijding was. Punten onder deze lijn zijn cases waar er een budgetonderschrijding was.



Figuur 4 : Kostprijs Finaal vs kostprijs BSP (< 500.000 €)

Finale kosten van de sanering uitgezet in functie van de geraamde kostprijs in het BSP voor de projecten die < 500.000 € werden geraamd in het BSP.

Uit bovenstaande grafieken blijkt dat er meer overschrijdingen zijn voor de kleine saneringen tov de saneringen met relatief grote budgetten. Hoe groter het budget, hoe makkelijker het is om een bepaalde extra kost te compenseren.

4.2 Resultaten per parameter

4.2.1 Algemeen

Onderstaande parameters werden geselecteerd en hiervoor werden de gegevens opgevraagd bij de verschillende deelnemers aan de studie. Per parameter werd een hypothese opgesteld en gecontroleerd of die statistisch bevestigd/ontkracht werd en of de parameter niet statistisch verantwoord te verifiëren was. Dit werd uitgevoerd door na te gaan of de parameters in functie van de budgetoverschrijding bepaalde trends vertoonden. De grafieken worden weergegeven in bijlage.

Er wordt algemeen een onderverdeling gemaakt tussen “kwantitatieve” en “kwalitatieve” parameters. In de onderstaande tabellen worden deze parameters weergegeven met :

- een hypothese van de invloed die deze parameters zouden uitoefenen op de verhouding tussen geraamde kostprijs en kostprijs van uitvoering;
- statistische relevantie;
- een bespreking van de parameter volgens de cases en volgens de ervaring van de deelnemende studiebureaus.

4.2.2 Kwantitatieve parameters

Tabel 2 : Kwantitatieve parameters

Parameter / hypothese	Statistiek	Ervaring
Doorlaatbaarheid bodem : De doorlaatbaarheid is een maat voor het gemak waarmee water door een bodem kan stromen. Een hoge doorlaatbaarheid kan leiden tot een verdere verspreiding van de verontreiniging. Indien dit niet goed wordt ingeschat, zou dit tot extra kosten kunnen leiden. Anderzijds kan een hoge permeabiliteit ook gunstig zijn bij een sanering waar men iets in de bodem wil gaan injecteren of de verontreiniging wil onttrekken. Naast doorlaatbaarheid is heterogeniteit eveneens een belangrijke parameter. Deze is echter zeer moeilijk te kwantificeren. Daarom is geopteerd voor makkelijker te kwantificeren parameters.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	Het is op basis van de doorlaatbaarheid dat doorspoeltijden berekend worden die een schatting zullen geven over de duurtijd van een sanering. De doorlaatbaarheid is dus belangrijk voor de kostenraming van een sanering. Bij eenzelfde doorlaatbaarheid zal de saneringstermijn voor een heterogene bodem langer zijn dan voor een homogene bodem. Mogelijk wordt de invloed van de heterogeniteit van de bodem onderschat omwille van een doorgedreven schematisatie van de ondergrond.
Grondwatersnelheid : voor deze parameter gelden dezelfde hypothesen als voor de doorlaatbaarheid.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	idem als doorlaatbaarheid
Diepte grondwatertafel : Hierbij zijn verschillende hypothesen mogelijk : Heeft een diepere grondwatertafel een positieve/negatieve invloed op een ontgraving of op horizontale/verticale verspreiding ? Mogelijk bemoeilijkt een diepere grondwatertafel de onderzoeksdata. Op voorhand kon er echter geen duidelijke algemene hypothese worden opgesteld.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	Er zijn geen duidelijke conclusies voorhanden. Mogelijk is deze parameter minder belangrijk in Vlaanderen aangezien de grondwatertafel zich algemeen relatief ondiep bevindt. In de onderzochte cases bleek de diepte van de grondwatertafel te schommelen tussen 1 en 7 m-mv. Deze diepte zorgt niet voor technische problemen.

Parameter / hypothese	Statistiek	Ervaring
Diepte afsluitende laag: hoe dieper de afsluitende laag, hoe dieper de VOCl's kunnen migreren en hoe moeilijker de verontreiniging te saneren is.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	In het kader van sanering door middel van graafwerken leidt een diepere aanwezigheid van verontreiniging tot technische moeilijkheden (stabiliteit). Algemeen kan gesteld worden dat hoe ondieper de afsluitende laag hoe minder duur een sanering zal zijn.
Ouderdom verontreiniging: een oudere verontreiniging is meer gemigreerd naar minder doorlatende bodemlagen (kleinere poriën) en is daardoor moeilijker in-situ te saneren. Daartegenover staat dat de afbraakproducten van VOCl's minder adsorberen dan het bronproduct.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	De ouderdom van een verontreiniging is dikwijls moeilijk te achterhalen. In de cases uit deze studies zijn alle verontreinigingen historisch van aard. Bijgevolg kan moeilijk vergeleken worden met recente verontreinigingen.
Diepte kern: hoe dieper de kern, hoe moeilijker bereikbaar en hoe moeilijker om te behandelen.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	Algemeen kan het volgende gesteld worden : hoe dieper de verontreiniging, hoe duurder de onderzoekskosten. Bijgevolg zal in de meeste gevallen de verontreiniging dan minder in detail gekend zijn, waardoor de onzekerheid op de geraamde kostprijs toeneemt.
% bebouwing: als een site volledig bebouwd is, is het moeilijker om de verontreiniging tijdens het onderzoek in kaart te brengen, saneringsacties uit te voeren en om de verontreiniging te bereiken.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	De aanwezigheid van infrastructuur heeft een invloed op de keuze van techniek en zal, onafhankelijk van de gekozen techniek, in de meeste gevallen de uitvoering van de gekozen techniek complexer en duurder maken mede door de grotere onzekerheid op de verontreinigingscontouren. Door de verhoogde complexiteit neemt ook de onzekerheid op de raming toe.
Aantal percelen : hoe meer percelen, hoe groter het aantal betrokken partijen en hoe moeilijker consensus te vinden, hoe complexer de communicatie.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	De ervaring leert dat hoe meer betrokken partijen er zijn, hoe moeizamer de sanering loopt (oa. communicatie omtrent de toegang tot het terrein). Een mogelijk gevolg hiervan is een vertraging van het project en bijhorende kosten.

Parameter / hypothese	Statistiek	Ervaring
Peilbuizen per oppervlakte/volume kern : hoe meer informatie over de verontreiniging, hoe beter de inschatting van de saneringskost.	Er lijkt een trend waarneembaar dat meer peilbuizen per oppervlakte/volume kern minder aanleiding geeft tot budgetafwijkingen	Hoe meer informatie men heeft over de verontreinigingssituatie, hoe minder onzekerheden er zijn en hoe minder kans op onderschatting van de vuilvracht. Deze getallen zijn uiteraard niet zaligmakend maar geven toch een bepaalde grootte-orde aan.
Grondstalen per oppervlakte/volume kern : hoe meer informatie over de verontreiniging, hoe beter de inschatting van de saneringskost.	Er lijkt een trend waarneembaar dat meer grondstalen per oppervlakte/volume kern minder aanleiding geeft tot budgetafwijkingen	Idem als bovenstaande parameter
Start BBO / Einde BBO / Opstartdatum sanering : deze parameter dient om na te gaan of het “voortschrijdend inzicht” een invloed heeft op de budgetafwijking van de VOCl-saneringen.	Er lijkt een trend waarneembaar dat bij recente onderzoeken en saneringen de verhouding saneringskost t.o.v. raming lager is.	De grafieken van start BBO, einde BBO en opstartdatum sanering zijn analoog (zie grafieken 11, 12 en 13 in bijlage 3). De meeste en de grootste overschrijdingen zijn terug te vinden in de oudste onderzoeken of saneringsprojecten. Er wordt een evolutie weergegeven van de bodemsaneringssector. Hoe meer ervaring er met VOCl saneringen werd opgedaan, hoe realistischer de kosten van de VOCl saneringen kunnen worden ingeschat.
Aantal deskundigen betrokken in de loop van het project : gaat er belangrijke informatie verloren bij de overdracht van een dossier naar een ander studie bureau ? Zorgt de overdracht voor een andere invalshoek of een meer kritische kijk op het dossier ?	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	In de onderzochte cases werd er geen significant verschil in budgetafwijking vastgesteld indien er meerdere deskundigen op een dossier werken. Verlies van kennis is onafhankelijk van het aantal deskundigen aangezien deze kennis ook intern verloren kan gaan. Het positieve effect van een overdracht van een dossier werd in de cases evenmin vastgesteld.

Parameter / hypothese	Statistiek	Ervaring
Duurtijd van de sanering : hoe korter de ingeschatte duurtijd van een actieve sanering, hoe meer kans op budgetafwijkingen omwille van overschrijdingen van de saneringstermijn.	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	Deze parameter is van belang bij alle saneringstechnieken, uitgezonderd ontgravingen. Alle budgetoverschrijdingen komen voor bij cases met een ingeschatte duurtijd van een actieve sanering van minder dan 4 jaar. Dit resultaat kan uiteraard niet geëxtrapoleerd worden naar de werkelijkheid, maar geeft toch aan dat saneringstermijnen dikwijls onderschat worden.
Duurtijd van de sanering : Hoe groter de overschrijding van de saneringstermijn, hoe groter de budgetafwijking.	Hypothese wordt bevestigd.	Een stijging van de saneringstermijn van 100% bij de actieve sanering (dit is saneringstermijn zonder monitoring) zorgt voor een stijging in prijs van 60% van de kosten. Dat dit geen 100% kostenverhoging veroorzaakt, is vermoedelijk te wijten aan installatiekosten die niet opnieuw dienen uitgevoerd te worden. Hieruit volgt het belang van een goede inschatting van de saneringstermijn. Die bepaalt in grote mate de kosten.
Milieukundige begeleiding : zorgt een groter aandeel van de milieukundige begeleiding in de saneringskost voor kleinere afwijkingen van het budget ? Is dit afhankelijk van de saneringstechniek ?	Niet statistisch verantwoord te verifiëren.	Er lijkt een trend te zijn dat meer milieukundige begeleiding minder aanleiding geeft tot overschrijden van de kosten. Het percentage milieukundige begeleiding hangt af van de techniek die wordt gebruikt om het terrein te saneren en het is dus gevaarlijk om hier algemene conclusies aan te verbinden. De ervaring leert dat een goede opvolging van de sanering van cruciaal belang is zodat tijdig de nodige aanpassingen kunnen uitgevoerd worden.

4.2.3 Kwalitatieve parameters

Een veel gebruikte methode om na te gaan of er verschillen bestaan tussen de verdeling van 2 populaties is de t-test. Deze t-test is echter gebaseerd op normaalverdeelde populaties. De grafiek met de verdeling van het aantal cases in functie van de budgetoverschrijdingen (Figuur 1) geeft een zekere scheefheid aan (rechtsscheef), waardoor het gemiddelde (1,44) groter is dan de mediaan (1). M.a.w. de variatie aan de rechterzijde van de mediaan is groter dan deze aan de linkerzijde. Bijgevolg wordt de t-test hier niet gebruikt om een sluitende statistische analyse uit te voeren, maar eerder om een rangorde op te stellen en een cijfermatige ondersteuning te geven van de visuele interpretatie van de grafieken van kwalitatieve parameters uit bijlage 4.

Hieronder worden de kwalitatieve parameters (bij 2 populaties) gerangschikt volgens score van de t-test. De t-test is 2-zijdig uitgevoerd. Hoe lager het resultaat van de t-test, hoe groter de kans dat er een verschil is tussen het gemiddelde van de populaties. Enkel de kwalitatieve parameters waarbij meer dan 60 % kans op een verschil worden hieronder besproken.

Aangezien er geen sprake is van een normale verdeling, kunnen er geen sluitende statistische conclusies verbonden worden aan de resultaten van de t-test.

Tabel 3 : Kwalitatieve parameters (t-test)

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemid- delde	t-test	Vari- antie	
Pilootproef uitgevoerd : De uitvoering van een pilootproef geeft informatie over haalbaarheid en dimensionering van een saneringstechniek. Bijgevolg wordt verwacht dat een pilootproef voor een correctere inschatting van de saneringskost zorgt.	neen ja	1,85 0,78	0,057	3,22 0,13	De 2 cases waarbij enkel ontgraven wordt, zijn niet weerhouden voor de berekeningen. Uit de gegevens blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer er een pilootproef is uitgevoerd en dat de variantie (= maat voor spreiding van de resultaten) eveneens kleiner is. Dit betekent waarschijnlijk dat de uitvoering van een pilootproef in het kader van in-situ saneringen voor minder budgetafwijkingen zorgt. Deze resultaten worden ondersteund door de ervaring.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
Ondergrondse infrastructuur : De aanwezigheid van ondergrondse infrastructuur zou een invloed kunnen hebben op bereikbaarheid en keuze van de saneringstechniek.	neen ja	1,77 0,81	0,052	2,89 0,15	De aanwezigheid van ondergrondse infrastructuur in de verontreinigde zone lijkt een positieve invloed te hebben op de verhouding van de kostenramingen en de uiteindelijke saneringskost en de variantie. Op het eerste zicht zijn er hiervoor echter geen ondersteunende argumenten, integendeel. Er zijn waarschijnlijk andere factoren die dit verschil bepalen.
Combinatie van technieken ifv tijd : Het komt regelmatig voor dat tijdens de uitvoering van een sanering de noodzaak van een verandering van techniek zich opdringt. Het reeds in het BSP voorzien van een combinatie van technieken in functie van de tijd heeft mogelijk een positieve invloed op budgetafwijkingen.	neen ja	1,56 0,85	0,101	2,46 0,15	Wanneer in het BSP een combinatie van technieken in functie van de tijd gebruikt wordt, lijkt dit een positieve invloed te hebben op de verhouding en de afwijking. Er zijn echter maar 4 cases waarbij dit het geval is, waarbij er 3 een geraamde kostprijs van 1.000.000 € of meer hebben. Waarschijnlijk heeft de kostprijs hier een grotere invloed dan het al dan niet combineren van technieken.
Labotesten uitgevoerd : Een labotest wordt uitgevoerd om de haalbaarheid van een bepaalde techniek na te gaan. Bijgevolg wordt kan verwacht worden dat een labotest voor een correctere inschatting van de saneringskost zorgt.	neen ja	1,58 0,93	0,145	2,59 0,19	Uit de gegevens blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer er een labotest is uitgevoerd en dat de variantie eveneens kleiner is. Er zijn 5 cases met labotesten. Bij 3 van de 5 is eveneens een pilootproef uitgevoerd. Dit zegt niet veel over de cases waarbij geen labotest is uitgevoerd, aangezien dit niet relevant is bij bv een uitgraving. Wanneer enkel de cases weerhouden worden die relevant zijn in het kader van een labotest (12) is er geen verschil meer merkbaar tussen de cases waarvoor een labotest is uitgevoerd en de cases waarvoor dit niet het geval is. Hieruit blijkt dat een labotest op zich geen bepalende parameter is. Het is wel belangrijk de nuance te maken dat een labotest wel belangrijk is om een bepaalde variant niet te weerhouden, bvb: ISCO wordt niet weerhouden omwille van te hoge natural oxygen demand (NOD).
	neen ja	0,91 0,93	0,956	0,36 0,19	

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
Bijkomend saneringsonderzoek : De onderzoeksdaden tijdens een BBO richten zich in eerste instantie op karakterisatie van de verontreiniging en inschatting van de risico's, eerder dan naar gebruik en haalbaarheid van bepaalde saneringstechnieken. De verschillende saneringstechnieken vereisen elk hun specifieke aandachtspunten, die niet altijd onderzocht (moeten) worden in de fase van BBO. Bijkomend saneringsonderzoek in het kader van een BSP zorgt in eerste instantie voor een bijkomende kost, maar kan helpen om deze onzekerheden weg te werken en zorgt zo voor een betere inschatting van de saneringskost.	neen ja	1,85 0,98	0,149	3,53 0,31	Uit de gegevens blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer er bijkomend saneringsonderzoek is uitgevoerd en dat de variantie eveneens kleiner is. Hieruit blijkt mogelijk dat een BSP meer specifiek onderzoek vereist dan de gegevens die noodzakelijk zijn voor een BBO.
Gehaalde terugsaneerwaarden : Bij de meeste BSP's in deze studie is de saneringsdoelstelling kleiner of gelijk aan de BSN. Hebben de meeste saneringen deze doelstellingen bereikt ? Zorgen minder strenge saneringsresultaten voor kleinere budgetafwijkingen ?	BSN risico-gebaseerd	1,56 1,01	0,232	0,89 0,38	De meeste behaalde terugsaneerwaarden zijn risico-gebaseerd (15) eerder dan tot aan de BSN (6). Uit grafiek 6 van bijlage 4 blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer gesaneerd wordt tot aan de risicowaarden. Er is geen uitgesproken verschil in variantie. Mogelijk zou dit kunnen aantonen dat de uitvoering van risicogebaseerde saneringen realistischer is dan saneringen tot aan de BSN. Er is een verschuiving merkbaar van strengere saneringsdoelstellingen bij BSP (<BSN en BSN) naar minder strenge saneringsdoelstellingen bij BSW (risicogebaseerd).

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
Combinatie van technieken ifv locatie : Het komt regelmatig voor dat verschillende zones een andere aanpak vereisen. Indien dit op voorhand voorzien wordt, heeft dit dan een gunstige invloed op de initiële kostenraming ?	neen ja	1,59 1,09	0,299	2,88 0,31	Uit de gegevens blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer er een combinatie van technieken gebruikt is in functie van de locatie en dat de variantie eveneens kleiner is. Er zijn 7 cases waarbij technieken gecombineerd zijn in functie van de locatie. Bij 5 van de 7 ging het hierbij om een verschil in bron- en pluimaanpak, waardoor dit mogelijk een positieve invloed kan hebben.
Nuttige info uit bijkomend historisch onderzoek : Bijkomend historisch onderzoek kan bruikbare informatie opleveren met betrekking tot de sanering (locatie kern, preferentiële verspreiding, ...), waardoor bepaalde onzekerheden kunnen verkleind worden, met een gunstig effect op de budgetraming tot gevolg.	neen ja	1,59 1,10	0,307	2,91 0,25	Uit de gegevens blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer er bijkomend historisch onderzoek is uitgevoerd dat een nuttig resultaat heeft opgeleverd en dat de variantie eveneens kleiner is. Hierdoor kan met relatief weinig inspanning mogelijk een positiever resultaat verkregen worden.
Enkel VOCI / samengesteld : Een samengestelde verontreiniging betekent dat er naast VOCI's ook andere verontreinigingsparameters met andere eigenschappen (chemisch, biologisch, fysisch) aanwezig zijn. Een samengestelde verontreiniging is complexer om te saneren, waardoor verondersteld wordt dat er meer kans is op budgetafwijkingen.	VOCI samen- gesteld	1,13 1,97	0,344	0,44 5,29	Uit de gegevens blijkt dat er minder budgetafwijkingen zijn wanneer de verontreiniging enkel betrekking heeft op VOCI's in plaats van een samengestelde verontreiniging (= VOCI's + ander type verontreiniging) en dat de variantie eveneens kleiner is. Mogelijk maakt een samengestelde verontreiniging de sanering complexer.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
Bron gevonden tijdens onderzoeksfase : Het vinden van de bronzone in het kader van een BBO is belangrijk naar inschatting van verspreidings- en humaan-toxicologisch risico. Een bronzone bepaalt in belangrijke mate de vuilvracht, verspreiding van de pluim, keuze van saneringstechniek, ... Het vinden van de bronzone is bijgevolg van belang voor de correcte inschatting van de saneringskost.	ja neen	1,66 1,14	0,377	3,24 0,73	Uit de gegevens blijkt dat, in tegenstelling tot de verwachtingen, er minder budgetafwijkingen zijn wanneer er geen bron is gevonden tijdens de onderzoeksfase en dat de variantie eveneens kleiner is. Op het eerste zicht zijn er hiervoor echter geen ondersteunende argumenten. De ervaring leert ons echter dat het kennen van een bronzone zeer belangrijk is in het kader van vuilvrachtverwijdering en het behalen van vooropgestelde saneringstermijnen. Indien een onderscheid gemaakt wordt tussen saneringsstrategie voor bronzone en pluim, heeft dit inderdaad mogelijk een gunstige invloed op de correctheid van de budgetraming (zie hoger : combinatie van technieken i.f.v. locatie).
Externe invloedsfactoren : Dit zijn bijvoorbeeld bemaling in de nabije omgeving, verkoop van het terrein met ander ontwikkeling van het terrein tot gevolg, ... Er wordt vanuit gegaan dat dit een nadelige invloed heeft op de inschatting van de saneringskost	ja neen	2,09 1,20	0,446	6,78 0,56	Er zijn 6 cases waarbij externe invloedsfactoren aanwezig zijn. De invloed hiervan is moeilijk te kwantificeren.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
Het conceptueel site model (CSM) is veranderd tijdens saneringsproces ? Het CSM houdt in een correct beeld te hebben van de omvang aanwezige verontreiniging (zowel horizontaal als verticaal), (hydro)geologie op de site, redoxcondities microbiologie en heterogeniteiten goed te kennen. Tijdens een sanering is het van belang dat het CSM continu wordt bijgesteld aan de evolutie van bijkomende informatie. In deze optiek kan de verandering van CSM een positieve invloed hebben op de uiteindelijke saneringskost. Aan de ander kant zou de verandering van CSM kunnen betekenen dat deze onvoldoende gekend was tijdens het opstellen van het BSP, wat een negatieve invloed kan hebben op de inschatting van de kostprijs.	neen ja	1,34 1,66	0,560	2,72 0,83	Er is geen duidelijk verschil in gemiddelden tussen de cases waarbij het CSM wel veranderd is tijdens de sanering en deze waarbij dit niet het geval is. De ervaring leert dat het CSM geen statisch begrip mag zijn tijdens het verloop van de verschillende onderzoeken en het saneringstraject, maar dient mee te evolueren met de toegenomen kennis van de site. <u>Opmerking</u> : Begrip CSM Het CSM geeft een korte beschrijving van de verontreinigingssituatie in bodem en grondwater en de bron-pad-receptor analyse, waarbij zowel rekening wordt gehouden met: • de gekende als ontbrekende informatie van de verontreiniging in het vaste deel van de bodem en het grondwater; • de kennis over het gedrag van de stof in bodem en grondwater (verspreiding, afbraak, oplosbaarheid, mobiliteit, vluchtigheid); • de receptoren; • de blootstellingswegen en de daaraan gekoppelde risico's voor ecosysteem en/of mens; • de eventuele impact van grondwateronttrekking(en) in de omgeving; • geplande of verwachte toekomstige ontwikkelingen.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
BBO : alternatieve onderzoekstechnieken ? Mogelijk geven alternatieve onderzoekstechnieken een andere invalshoek op de verontreiniging, met eventueel een gunstige invloed op de raming van de saneringskost. In de cases werd enkel klassieke MIP gebruikt als alternatieve onderzoekstechniek. Vertaalt de toegevoegde waarde van MIP-technieken zich naar een correctere inschatting van de saneringskost ?	neen MIP	1,49 1,19	0,564	2,48 0,48	De enige gebruikte alternatieve onderzoekstechnieken zijn de MIP-technieken. Er is geen duidelijk verschil in gemiddelden tussen de cases waarbij deze gebruikt zijn en deze waarbij dit niet het geval is. Het gebruik van MIP-sonderingen (klassiek of EnISSA) kan een duidelijker en continu beeld geven over de verticale verspreiding van de verontreiniging, waar traditionele onderzoekstechnieken slechts steekproeven nemen op een beperkt aantal niveaus. Het toepassen van MIP-sonderingen maakt hierdoor de kans op ongeoorloofde simplificatie van het bodem- en verontreinigingsprofiel kleiner.
Bovengrondse infrastructuur : De aanwezigheid van bovengrondse infrastructuur kan een sanering hinderen indien de verontreiniging hierdoor moeilijker bereikbaar is.	ja neen	1,40 1,78	0,629	2,27 0,62	Er is geen duidelijk verschil in gemiddelden tussen de cases waarbij bovengrondse infrastructuur aanwezig is en deze waarbij dit niet het geval is. Het is echter zeer belangrijk voor het slagen van een sanering dat de verontreiniging binnen de ruimtelijke invloedssfeer van de gebruikte techniek ligt. Bv. : Wanneer in het kader van een ISCO-sanering de oxidantia de verontreiniging niet kunnen bereiken, zal de verontreiniging niet afgebroken worden.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	t-test	Variantie	
Opdrachtgever : klein (KMO) – groot : De opdrachtgever is een belangrijke partner in het saneringsverhaal. Een KMO heeft een andere bedrijfsfilosofie dan een groot bedrijf. Mogelijk heeft een grote opdrachtgever grotere (onderzoeks)budgetten ter beschikking. Heeft dit een invloed op de correcte inschatting van de saneringskost ?	KMO groot	1,29 1,52	0,653	0,40 3,09	Er is geen duidelijk verschil in gemiddelden tussen de cases met een kleine of een grote opdrachtgever. Waarschijnlijk heeft de betrokkenheid van de opdrachtgever meer invloed dan louter de grootte van het bedrijf.
Aanwezigheid afsluitende laag : Bij de aanwezigheid van een afsluitende laag wordt een beperktere verticale verspreiding verondersteld, waardoor de saneringskost beter ingeschat zou kunnen worden.	neen ja	1,20 1,47	0,693	0,91 2,33	Er is geen duidelijk verschil in gemiddelden tussen de cases waarbij een afsluitende laag aanwezig is en deze waarbij dit niet het geval is. Een afsluitende laag kan de kennis over verticale verspreiding meer zekerheid geven, op voorwaarde dat deze laag ook werkelijk afsluitend is. Indien foutief wordt aangenomen dat een laag afsluitend is, kan dit voor grotere budgetoverschrijdingen zorgen.
Saneringsstrategie gewijzigd tijdens sanering ? De aanpassing van de saneringsstrategie tijdens een sanering heeft mogelijk een gunstige invloed op het budget van een sanering. Anderzijds wordt een saneringsstrategie maar gewijzigd bij het falen van de gebruikte strategie, waarbij eventueel reeds budgetoverschrijdingen zijn opgetreden.	ja neen	1,40 1,47	0,903	0,71 3,56	Er is geen duidelijk verschil in gemiddelden tussen de cases waarbij de saneringsstrategie gewijzigd is tijdens de sanering en deze waarbij dit niet het geval is. Een niet-efficiënte sanering te lang verderzetten is weinig zinvol aangezien dit tot significante meerkosten kan leiden zonder veel rendement. Aan het wijzigen van saneringsstrategie zijn meestal ook meerkosten verbonden, maar wordt normaalgezien een efficiëntere sanering bekomen. Het erkennen dat de kennis over een site en haar verontreiniging evolueren tijdens het saneringstraject en een duidelijke communicatie kan hierbij een belangrijke rol spelen.

Wanneer er meer dan 2 populaties met elkaar vergeleken worden, wordt er gebruik gemaakt van ANOVA. Deze test wordt eenzijdig uitgevoerd. Hierbij is de P-waarde een maat voor de significantie van het verschil van de gemiddelden : Hoe kleiner de P-waarde, hoe groter de kans dat het verschil in gemiddelde niet te wijten is aan variatie binnen de populaties. Hieronder worden de kwalitatieve parameters (bij 3 of meerdere populaties) gerangschikt volgens score van de P-waarde.

Aangezien er geen sprake is van een normale verdeling, kunnen er geen sluitende statistische conclusies verbonden worden aan de resultaten van de P-waarde.

Tabel 4 : Kwalitatieve parameters (ANOVA)

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	P-waarde	Variantie	
Bestemmingstype : Het bestemmingstype heeft een invloed op het gebruik van terreinen, de grootte van percelen, de terugsaneerwaarden en bijgevolg mogelijk op de budgetraming. Bv. Op terreinen met bestemmingstype V (industriegebied) zijn de percelen algemeen groter en de bodemsaneringsnormen minder streng dan terreinen met bestemmingstype III (woongebied). Hierdoor zouden de budgetafwijkingen groter kunnen zijn voor saneringen in woongebied dan industriegebied.	II III IV	7,24 1,26 1,09	5x10 E-7	/ 0,47 0,62	Op het eerste zicht zou er een significant verschil kunnen bestaan tussen een sanering op een terrein met bestemmingstype II (landbouwgebied) enerzijds en terreinen met bestemmingstype III (woongebied) en V (industriegebied). Er is echter maar één case met bestemmingstype II, waardoor deze resultaten niet betrouwbaar zijn. De verschillen tussen gemiddelde en variantie tussen bestemmingstype III en V zijn relatief klein.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	P-waarde	Variantie	
Puur product : Het voorkomen van puur product kan een verontreiniging complexer maken (localisering, uitzakking, nalevering, ...), waardoor de onzekerheid op de budgetraming toeneemt.	neen ja vermoedelijk	1,04 1,08 3,98	0,001	0,42 0,28 8,72	Uit de gegevens blijkt dat er geen verschil bestaat tussen budgetafwijking en variantie in de gevallen waarbij wel of geen puur product is aangetroffen. De budgetafwijkingen zijn wel duidelijk groter wanneer er vermoedelijk puur product wordt aangetroffen. Mogelijk wordt er soms niet genoeg rekening gehouden met de aanwezigheid van puur product wanneer dit niet effectief wordt aangetroffen. Er dient opgemerkt te worden dat er maar 3 cases zijn waarbij vermoedelijk puur product is aangetroffen.
Saneringstechniek (BSP) : Een uitgraving zorgt voor meer zekerheid dat de verontreiniging verwijderd is dan een in-situ sanering, met mogelijk een gunstig gevolg op de correcte inschatting van het saneringsbudget. Deze parameter is ook opgenomen om eventuele verschillen in de verschillende in-situ technieken op te merken.	VER/PLI ontgraving combinatie biologisch P&T	1,32 1,37 0,83 0,85 4,79	0,01	0,60 1,14 0,22 0,13 12,05	Indien P&T wordt toegepast in combinatie met een andere techniek, wordt dit niet als een combinatie weergegeven, maar als deze “andere” techniek. De achterliggende gedachte hierbij is dat P&T niet de hoofdtechniek is (bvb P&T in combinatie met injectie van een koolstofbron om de verspreiding van de koolstofbron beter te sturen). De rubriek VER/PLI omvat alle technieken waarbij lucht wordt opgezogen/ingeblazen. Bij de 2 cases waarbij enkel P&T voorzien was, is uiteindelijk ook ontgraven. Ook bij de VER/PLI technieken zijn er veranderingen opgetreden (in 5 van de 11 gevallen). De biologische aanpak lijkt veelbelovend naar budgettering en resultaten toe. De overschrijdingen bij de cases waar er enkel ontgraven is, zijn niet te wijten aan de ontgravingstechniek op zich, maar aan een onderschatting van het verontreinigd volume. De ervaring leert dat ontgraven de techniek is met het meeste zekerheid voor de behandelde zone.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemiddelde	P-waarde	Variantie	
Vooropgestelde saneringsdoelstelling : Een strengere saneringsdoelstelling vereist in de meeste gevallen een duurdere sanering. In principe wordt dit zo begroot in het BSP. Met deze parameter wordt nagegaan of bij deze begroting voldoende rekening wordt gehouden met de hogere moeilijkheidsgraad van een strengere saneringsdoelstelling.	<BSN BSN >BSN	2,16 0,85 0,61	0,08	3,77 0,11 0,16	Uit de gegevens blijkt dat het gemiddelde en de variantie bij strengere saneringsdoelstellingen (kleiner dan de bodemsaneringsnorm) groter zijn dan deze bij minder strenge saneringsdoelstellingen (groter dan of gelijk aan de bodemsaneringsnorm). Hier kan de link gelegd worden tussen de resultaten van de uiteindelijk behaalde terugsaneerwaarden. Hetzelfde verschil is merkbaar tussen de gemiddelden van saneringsdoelstellingen gelijk aan de bodemsaneringsnorm en saneringsdoelstellingen groter dan de bodemsaneringsnorm, zij het minder uitgesproken.
Meest voorkomende parameter : Chloorethanen zijn biologisch moeilijker te saneren dan chloorethanen en geven bijgevolg aanleiding tot meer budgetafwijkingen voor biologische technieken.	chloorethanen chloorethanen gemengd andere	1,31 2,77 1,48 0,91	0,63	2,73 0,38 0,42 /	Chloorethanen lijken moeilijker te saneren, maar er is hierbij geen biologisch gerichte sanering gebruikt in de cases. Er zijn bijgevolg geen uitgesproken verschillen merkbaar. De ervaring is dat een P&T sanering efficiënter werkt voor chloorethanen dan voor chloorethanen. Biologische en/of chemische technieken zijn dan weer moeilijker toepasbaar bij chloorethanen. Er zijn te weinig biologische en/of chemische technieken toegepast in de onderzochte cases om dit te verifiëren.

Parameter / hypothese	Statistiek				Cases/Ervaring
		Gemid- delde	P-waarde	Vari- antie	
Expertise aannemer : Een aannemer met meer expertise zorgt voor een betere uitvoering van de sanering en bijgevolg voor minder budgetafwijkingen.	-- 0 + ++	0,81 0,72 1,28 1,21	0,77	/ 0,44 0,59 0,68	Er zijn geen uitgesproken verschillen merkbaar. Is dan ook een moeilijk te kwantificeren parameter. De algemene ervaring is dat een aannemer met weinig expertise niet bevorderlijk is voor de efficiënte uitvoering van een sanering. Daarnaast is een goede samenwerking en communicatie tussen studiebureau en aannemer van groot belang.
Aard contract : Een contract met een resultaatsverbintenis of een forfaitair karakter zorgt voor minder budgetoverschrijdingen dan een middelenverbintenis.	middelen- verbintenis resultaats- verbintenis lump sum combinatie	1,63 1,49 0,66 1,00	0,78	2,70 / 0,13 /	Enkel van enveloppenfinanciering (lump sum, forfaitair) en middelenverbintenis zijn meer dan 1 case beschikbaar. Hierbij is wel een duidelijk verschil merkbaar, waarbij voor enveloppenfinanciering geen budgetoverschrijdingen worden vastgesteld (3 cases).

4.3 Overzicht belangrijkste oorzaken van budgetafwijkingen

Naast het invullen van de invul fiches per project werd aan de meewerkende deskundigen gevraagd om de belangrijkste oorzaken van budgetafwijkingen aan te geven. In dit hoofdstuk worden de oorzaken die het vaakst naar voor kwamen toegelicht. Onderstaande punten gelden uiteraard niet alleen voor VOCl-verontreinigingen maar voor zowat alle verontreinigingen. Het grillige (en diepe) verspreidingspatroon van VOCl-verontreinigingen maakt saneringen van VOCl-verontreinigingen moeilijker en duurder. De impact van onvolledige bodemonderzoeken en fout gedimensioneerde saneringsconcepten is doorgaans veel groter voor VOCl verontreinigingen dan bv. voor BTEX.

4.3.1 Te ambitieuze terugsaneerwaarden

Dit heeft een aanzienlijke impact op de duurtijd van een bepaalde sanering - en bijgevolg ook op de kosten. Onrealistische saneringsdoelstellingen komen vooral voor in oudere projecten. In eerste instantie werd het rendement door de erkende bodemsaneringsdeskundige te positief ingeschat, terwijl dit technisch niet BATNEEC was (door gebrek aan ervaring in Vlaanderen/België onvoldoende bekend). Courant werden de bodemsaneringsnormen gehanteerd als terugsaneerwaarden. Een van de bijkomende redenen was ook omdat dit de “gemakkelijkste” manier was om een BSP (snel) conform verklaard te krijgen. Bijsturen was in dit geval noodzakelijk: het was dus belangrijk om de lopende sanering kritisch te evalueren (verantwoordelijkheid van de deskundige). Zo’n evaluatie bestaat uit een BATNEEC screening en een risico-evaluatie. Vervolgens heeft het ook tijd gekost vooraleer de OVAM bereid was om af te wijken van conform verklaarde terugsaneerwaarden.

4.3.2 Opstellen van een zo nauwkeurig mogelijk conceptueel site model (CSM)

Van groot belang is een correct conceptueel beeld hebben van de te saneren site, dwz omvang aanwezige verontreiniging (zowel horizontaal als verticaal), aanwezigheid puur product, (hydro)geologie, microbiologie en heterogeniteiten goed te kennen. Een belangrijke parameter hierbij is het goed in kaart brengen van de bronzone. Het succes van een dergelijke sanering wordt grotendeels bepaald door een al dan niet geslaagde bronverwijdering. Het bodemonderzoek noodzakelijk om tot een conform verklaard BBO te komen is niet altijd voldoende een saneringsaanpak te onderbouwen. Bijkomend onderzoek uitvoeren na het BBO in functie van het BSP is dan aangewezen. Een uitgebreid historisch onderzoek naar de locatie van de bron kan hierbij zeer nuttig zijn. Ook eens de sanering in uitvoering is, is het belangrijk het conceptuele beeld steeds te blijven toetsen aan de bevindingen, en eventuele bijstellingen te voorzien.

Op basis van ervaringen hierbij enkele aandachtspunten:

- Het historisch onderzoek dient alle potentiële bronlocaties in kaart te brengen (opvragen vergunningen, oude plannen, interview met oude(re) werknemers, onderzoek oude rioleringen, grondradar...)
- Indien verontreiniging zich onder een gebouw bevindt, mag dit geen reden zijn om geen onderzoek onder het gebouw uit te voeren. Dit hoeft niet noodzakelijk met boringen te gebeuren maar kan eventueel ook met alternatieve onderzoeksmethodes
- Onderzoek van de onverzadigde zone. In de onverzadigde zone kan nog heel wat product zijn blijven hangen en naleveren naar het grondwater. Het is dus van belang om correcte vuilvacht berekeningen uit te voeren
- Correcte inschatting maken tussen kern en pluimzone

- Kleilagen zijn niet per definitie afdichtend voor puur product (DNAPL). De top van kleilagen dient mee onderzocht te worden als potentiële bronzone voor nalevering.
- Heterogeniteit van de bodem: dit heeft een aanzienlijke impact op de complexiteit van de sanering (zeker bij in-situ saneringen), en de saneringsduur indien er geen rekening mee wordt gehouden in het ontwerp. De zones die minder doorlatend zijn zullen blijven naleveren, waardoor geen stabiele eindsituatie wordt verkregen en verder moet gesaneerd worden.

4.3.3 Langere saneringsduur

Eenzijds heeft dit zijn oorzaak in het eerste punt (saneringsdoelstellingen), anderzijds kan de saneringsduur ook bij puur risicogebaseerde terugsaneerwaarden langer zijn. Theoretische berekeningen dienen voldoende gekaderd te worden. Als voorbeeld wordt hier de hydraulische conductiviteit aangehaald: Een juiste meting in het veld van de hydraulische conductiviteit is essentieel voor een sanering. Een overschatting van de K-waarde leidt tot een grove onderschatting van het aantal jaren dat een pump & treat of meerfasenextractie-installatie loopt. Een ander voorbeeld is de massa verontreiniging aanwezig: zeker in geval van de aanwezigheid van puur product is een juiste inschatting van de duur zeer moeilijk, aangezien het praktisch onmogelijk is om in te schatten hoeveel verontreiniging zich waar in de bodem bevindt.

4.3.4 Beperkte kennis van/ervaring met de saneringstechnieken

Het heeft een bepaalde periode geduurd eer de sector als dusdanig (deskundigen/overheid/aannemers) voldoende ervaring hadden. Dit heeft zijn weerslag gehad op vele facetten:

- Onvolledige inventarisatie van de verschillende saneringsmogelijkheden op theoretisch vlak;
- Eénmaal voldoende theoretisch bekend, werden meer innovatieve saneringsmogelijkheden nog vaak niet weerhouden omdat:
 - de eigen praktische ervaring van de deskundige onvoldoende was om voldoende zeker te zijn van een correcte dimensionering;
 - de overheid te weinig vertrouwen had in het succes van dergelijke voorstellen;
 - de aannemers onvoldoende garanties konden bieden op een correcte uitvoering van de innovatieve techniek.

Een ander punt dat in dit verband werd aangehaald is dat zelfs met een perfect onderzoek en een perfect opgesteld bodemsaneringsproject/bestek het kan misgaan als de gekozen aannemer niet over de juiste referenties beschikt en louter gekozen werd op basis van het financiële ("goedkoop op papier is niet noodzakelijk goedkoop in de praktijk")

4.3.5 Opvolgen van de sanering

Een lopende in situ sanering moet erg kritisch worden opgevolgd en indien nodig tijdig worden bijgestuurd door de deskundige ter optimalisatie. Indien dit niet gebeurt, zal de sanering snel een eigen leven gaan leiden waarbij het saneringsrendement verre van geoptimaliseerd wordt (met meerkosten als gevolg). Hiertoe moet er dus voldoende opvolging gebeuren én de resultaten ervan moeten telkens worden geëvalueerd. Om te kunnen bijsturen moet er ook bij het ontwerp reeds voldoende rekening mee gehouden zijn om dit te kunnen doen. Reeds in het BSP technieken gaan combineren en/of back-ups voorzien is hiervoor cruciaal.

4.3.6 Opstellen van het bestek

In geval een middelenverbintenis wordt aangegaan dient het bestek zo nauwkeurig mogelijk te worden opgesteld door de erkende bodemsaneringsdeskundige. Onvoorziene omstandigheden die

aanleiding kunnen geven tot meerkosten moeten zoveel mogelijk op voorhand geanticipeerd worden en dit op basis van de ervaring en de terreinkennis van de deskundige.

5 Detail saneringen met grootste budgetoverschrijding

In dit hoofdstuk worden de saneringen met de grootste budgetoverschrijdingen in detail uitgewerkt. Het gaat om case 1, 8, 14, 15 en 22.

5.1 Case 1

De sanering is hier in 1999 gestart met een persluchtinjectie en bodemluchtexttractie, waarvan de tijdsduur sowieso te optimistisch was ingeschat. In eerste instantie is hier bijgestuurd door ook drie diepere injectiefilters te plaatsen. Na een succesvolle periode van vuilvrachtverwijdering stagneerde het saneringsrendement en werden de terugsaneerwaarden (= de bodemsaneringsnorm) nog niet gehaald. De OVAM gaf aan dat deze wel degelijk gehaald dienden te worden.

Een aangepast BSP met chemische oxidatie werd ingediend om dit te bereiken. Hierbij zouden de bestaande filters kunnen worden hergebruikt. Dit werd niet conform verklaard door de OVAM omdat deze het veiligheidsrisico te hoog vond. Het betrof immers woongebied. De te saneren zone was echter in een leegstaande werkplaats en het buurperceel was in gebruik als overdekte parking. Bijkomende argumentatie leidde niet tot betere inzichten. Vervolgens werd besloten om bovenop de lopende sanering nog bijkomende hoogvacuümfilters te plaatsen. Aan de hand hiervan is de sanering uiteindelijk succesvol afgerond met een saneringsresultaat dat nog slechts in één peilbuis de bodemsaneringsnorm overschreed (1,2 x de norm).

5.2 Case 8

De aanpak was hier een ontgraving van de kern met natuurlijke attenuatie van de pluim.

Oorzaak van meerkosten zijn: ontgraving van een groter volume verontreinigde grond en een hogere verwerkingskost voor fysico-chemische reiniging. Daarenboven zijn bijkomende tanks vastgesteld met minerale olie verontreiniging die zijn ontgraven alsook een erg beperkte verontreiniging met zware metalen. Deze laatste mogen dus eigenlijk niet in rekening gebracht worden voor een overschrijding van de geraamde kosten van de sanering van gechloreerde solventen. Als we deze meerkosten weglaten is eigenlijk slechts een overschrijdingsfactor van 1,3 van toepassing.

Het ontgraven van een groter volume met gechloreerde solventen verontreinigde grond had mogelijk kunnen vermeden worden door een betere karakterisatie van de verontreiniging, alhoewel dit niet eenvoudig is voor VOCI's in de vaste fase.

5.3 Case 14

Bodemsaneringswerken zijn gestart in 2001, voor een verontreiniging met voornamelijk tolueen en trichloorethaan. Als techniek werd een combinatie van P&T en bodemluchtexttractie voorgesteld, in dezelfde onttrekkingsputten die hiervoor gefilterd werden van boven het grondwaterniveau.

Kort na opstart vielen de onttrekkingsdebieten sterk terug, wat voornamelijk te wijten was aan ijzerneerslag op de filters. Ook de influentconcentraties vielen terug, terwijl nog steeds concentraties wijzende op puur product werden aangetroffen in de monitoringspeilbuizen. Om het rendement van

de sanering weer omhoog te krijgen, werden 2 persluchtinjectiefilters bijgeplaats, en werd persluchtinjectie toegevoegd.

Dit resulteerde in een korte stijging van het rendement; na ca 6 maanden echter viel dit weer terug.

Uiteindelijk is de verontreiniging ontgraven, nadat de activiteiten van het bedrijf werden stopgezet en toegang tot de zone mogelijk was. Tijdens deze ontgraving bleek de verontreiniging niet afgeperkt ter hoogte van de perceelsgrens (wat tot dan toe altijd aangenomen was), maar bevond zich voor een groot gedeelte erbuiten. Het totale ontgraven volume was dus ruim meer dan ingeschat.

De factoren die bij deze case zorgden voor de overschrijdingen zijn dus:

- Zeer heterogene, weinig permeabele bodem
- Beperkt onderzoek (ouderdom van het BBO!)
- Onderschatting van het effect van puur product op de saneringstermijn

5.4 Case 15

Het OBO is uitgevoerd in 1997, het BBO en het BSP in 1998. De BSW startten in 1999.

In het bodemsaneringsproject, hoofdzakelijk opgesteld op basis van een offerte van een aannemer, werd voorzien dat gedurende 6 maanden continu grondwater zou onttrokken worden. Indien na 6 maanden de achtergrondwaarden niet bereikt zouden zijn, was het doel een maximale concentratie aan tetrachlooretheen van 30 µg/l te behalen binnen een maximum termijn van 9 jaar. Aangezien een financiële zekerheid gesteld werd voor 6 maanden, werd deze kost weerhouden als geraamde saneringskost. De geraamde kostprijs bedroeg ca. 33.100 Euro.

Daar het na een jaar pompen duidelijk was dat de doelstellingen van de sanering niet behaald zouden worden, werd beslist om bijkomend filters te installeren en een intermitterend pompregime in te stellen, om alzo een verhoogde efficiëntie te bekomen. In één van de bijkomende filters werd een drijfllaag (mazout) vastgesteld daarop werd een grondsanering werd uitgevoerd.

Van 2001 tot de winterperiode 2003-2004 werd er verder intermitterend gepompt. De influentconcentraties bleven hoog. In 2004 werd de sanering stilgelegd, toen bleek dat de lozingsnorm voor PCE overschreden werd.

In 2005 werd er bijkomend onderzoek uitgevoerd. Op basis van de diepere peilbuizen werd besloten dat de grondwaterverontreiniging op grotere diepte zit dan oorspronkelijk gesteld.

De kostprijs voor een verdere sanering bijvoorbeeld via bodemluchtexttractie en persluchtinjectie wordt geraamd op 70.000 € (excl. BTW), hierin zijn nog niet vervat de kostprijs voor een nieuw bodemsaneringsproject, de nodige stabiliteitsstudie, veiligheidscoördinatie, opvolging van de werken door een erkend bodemsaneringsdeskundige. Met deze kosten inclusief zou de uiteindelijke saneringskost meer dan 7 x de oorspronkelijk geraamde saneringskost bedragen.

5.5 Case 22

Vaststelling van een aanzienlijke VOCl-verontreiniging in het grondwater tijdens het OBO eind 1995 begin 1996.

Gezien het verspreidingsrisico en de ligging in bestemmingstype III (woonzone) is er redelijk snel aansluitend in de eerste helft van 1997 een BBO uitgevoerd voor het beschrijven en afbakenen van de VOCl-verontreiniging met vooral focus op het grondwater.

Op basis van de historische informatie vanuit het bedrijf en de opslagplaats van producten op het ogenblik van de onderzoeken bleef de eigenlijke bronzone buiten vizier. De verontreiniging kwam over als het gevolg van een accidenteel verlies aan product.

Het acute verspreidingsrisico, via het grondwater, naar buurpercelen en de hoge kost verbonden aan een grondkarteringsonderzoek om de eventuele bron te localiseren heeft de middelen van het opdrachtgevend bedrijf gekanaliseerd naar het wegwerken van het grondwaterprobleem, andere voorstellen maakten weinig kans.

Tegen midden 1998 werd er een BSP opgesteld voor het verwijderen van de in het grondwater in kaart gebrachte VOCl-verontreiniging met behulp van P&T. De initiële resultaten waren zeer belovend, er trad een snelle en gestage daling op van de concentratie aan VOCl in het grondwater.

Het verspreidingsrisico was volledig onder controle, de toename van opgepompte vuilvracht nam na anderhalf jaar zeer sterk af tot ongeveer nul en de concentraties in de controlepeilputten waren ook doelstellingsmatig aanvaardbaar gedaald. Er werd besloten de P&T stop te zetten en te monitoren.

Vanaf de stopzetting van de P&T in 2002 nam de concentratie in het grondwater echter geleidelijk aan weer toe. Het besef ontstond bij de partijen dat er ergens stroomopwaarts een ernstige bronzone aanwezig moest zijn.

Dit heeft geleid tot een grondig overleg over de historie van de activiteiten van het bedrijf en een grondig bodemkarteringsonderzoek van de bovenste horizonten. Dit karteringsonderzoek heeft samen met een aantal kleinere aanvullende onderzoeken geleid tot een nieuw BSP, begin 2008, met de maximaal mogelijke ontgraving van de bronzone als voorwerp, de VOCl-verontreiniging ligt immers aanliggend aan en ook voor een deeltje onder een niet zo stabiel gebouw. De ontgraving werd uitgevoerd eind 2008.

Naar saneringskosten toe werd derhalve initieel een P&T van 2 à 3 jaar gebudgetteerd. Naderhand zijn de kosten opgelopen met een doorlopende monitoring tot op heden, aanvullende onderzoeksdaden voor kartering en een ontgraving van een 3.000 ton aarde. Alles samen heeft dit geleid tot een overschrijdingsfactor van rond de 2,3.

6 Conclusie en aanbevelingen voor vervolgstudies

6.1 Conclusies

- Het is zeker niet zo dat de meeste saneringen duurder uitvallen dan voorzien. Van de 23 cases zijn er 7 waarbij er een overschrijding is van 30 % of meer van de geraamde kostprijs. Anderzijds, gezien deze overschrijding van 30% of meer het budget bij ca. 1/3 van de cases, betekent dit ook dat er nog een grote marge voor verbetering mogelijk is.
- De overschrijdingen zijn groter bij kleinere projecten. Hoe groter het budget, hoe makkelijker het is om een bepaalde onvoorziene kost te compenseren en hoe minder impact een extra kost heeft op het totale budget.
- Er zijn momenteel te weinig data voorhanden om de oorzaken van kostenafwijkingen te statistisch te kunnen kwantificeren.
- Er is sprake van een “voortschrijdend inzicht” langs de kant van de aannemer, de erkende bodemsaneringsdeskundige en de overheid. Door de toegenomen kennis van studiebureaus worden er minder saneringen opgestart zonder kennis te hebben van de werkzaamheid van een techniek. Tevens zullen aannemers momenteel de sanering gericht bijsturen en opvolgen door hun toegenomen ervaring met diverse saneringstechnieken. Langs de kant van de overheid heeft het toegenomen inzicht ervoor gezorgd dat er meer realistische (risicogebaseerde) terugsaneerwaarden kunnen opgesteld worden.
- Bij de verschillende partijen is het bewustzijn gegroeid dat een sanering geen definitief vaststaand draaiboek heeft vóór de start van de sanering. In de meeste gevallen dient een sanering bijgestuurd te worden tijdens de werken.
- Een beschrijvend bodemonderzoek en saneringsonderzoek zijn nauw met elkaar verbonden, maar verdienen elk hun plaats in het saneringstraject. Een degelijk uitgevoerd beschrijvend bodemonderzoek is een cruciale basisvereiste. Daarna dient gefocust te worden op aanvullend saneringsonderzoek (vb. pilootproef) voor het welslagen van een sanering.
- Door de verschillende deelnemers aan de studie zijn volgende zaken opgegeven als belangrijkste oorzaken van budgetafwijkingen:
 - Te ambitieuze terugsaneerwaarden
 - Onnauwkeurig CSM
 - Foute inschatting van de saneringsduur
 - Beperkte kennis van/ervaring met de saneringstechnieken
 - Onvoldoende opvolging van de sanering
 - Ontoereikend bestek

6.2 Praktische aanbevelingen op basis van de bevindingen om kosten overschrijdingen tijdens de saneringswerkzaamheden te vermijden

- **Aanbevelingen in verband met het uitvoeren van onderzoek:**
 - Bij kleinere projecten is er dikwijls veel druk op het budget. Toch dient ook hier een degelijk en uitgebreid onderzoek te gebeuren, omdat verkeerde aannames tijdens het onderzoek tot zware consequenties bij de saneringswerken kunnen leiden

- Bij de onderzoeken dient voldoende tijd voorzien te worden voor interpretatie: interpretatie omvat niet enkel het toetsen van waarden ten opzichte van de heersende normen! Er dient tijd voorzien te worden om het volledige conceptuele beeld te begrijpen (ontstaan en evolutie van een verontreiniging, ...). Het begrijpen van het CSM is een voorwaarde om een efficiënte sanering te kunnen uitvoeren.
- **Aanbevelingen in verband met het selecteren van een bodemsaneringsstrategie**
 - De brede en actuele kennis bij de deskundige over welke technieken mogelijk toepasbaar zijn is zeer belangrijk. Deskundigen dienen dus te investeren in kennismangement, voor een opdrachtgever is het nuttig bij de selectie van een deskundige na te gaan hoe deze met kennismangement omgaat.
 - De inschatting van de saneringsduur kan dikwijls pas op een betrouwbare manier gebeuren indien er echte veldtesten zijn uitgevoerd (type pilootproeven, pomp- of tracertesten om de grondwaterstromingssnelheid na te gaan, ...). Het uitvoeren van veldtesten zal dus sowieso de betrouwbaarheid van de geraamde saneringsduur verhogen.
 - Het bepalen van de terugsaneerwaarden is zeer moeilijk vooraf. Zelfs pilootproeven of andere veldtesten kunnen niet steeds een nauwkeurige voorspelling geven van wat haalbaar is (gezien de beperkte tijd waarop ze uitgevoerd worden). Bij de opmaak van het bodemsaneringsproject worden de meest wenselijke terugsaneerwaarden vastgelegd. Eens de sanering in uitvoering is kan het in sommige gevallen aangewezen zijn de terugsaneerwaarden toch nog te herzien op basis van de ervaring die bekomen werd tijdens de uitvoering van de sanering.
- **Aanbevelingen in verband met de opvolging van de sanering**
 - Hier geldt eenzelfde aanbeveling als bij het onderzoek: het budget voor de deskundige moet ruimte geven voor een doorgedreven interpretatie van de data, en niet enkel een vergelijking van de gemeten concentraties met de terugsaneerwaarden.
 - Een deskundige mag er niet voor terugschrikken voor te stellen een sanering bij te sturen. Dit is geen eenvoudige boodschap om naar een opdrachtgever toe te brengen, maar is dikwijls noodzakelijk om de sanering toch binnen tijd/budget rond te krijgen.

6.3 Aanbevelingen voor vervolgstudies

- Het verdient de aanbeveling dit onderzoek nog eens uit te voeren binnen een 5-tal jaren. Dit onderzoek kan dan een licht werpen op het effect van het voortschrijdend inzicht : Zijn de budgetafwijkingen verkleind, of zijn er andere factoren die een rol blijven spelen ?
- Momenteel zijn er te weinig cases met een te grote onderlinge diversiteit om duidelijke statistisch onderbouwde conclusies uit te trekken. Wanneer er meer cases beschikbaar zijn, kan de analyse van de cases beter statistisch onderbouwd worden.
- Wanneer het aantal cases wordt uitgebreid, verdient het de aanbeveling dat de in te vullen parameters gedetailleerder omschreven worden, ten einde zo weinig mogelijk marge toe te laten in de antwoorden.
- Bij toekomstig onderzoek kan de deelnemers gevraagd worden om de conclusies uit dit rapport te toetsen aan de nog in te vullen cases.

Bijlage 1 Standaard invulfiche

Project		Eenheid	Definitie	Toelichting
Locatie				
	1. Karakterisatie BODEM		Steeds per watervoerende laag	
1,01	Doorlaatbaarheid per watervoerende laag	m/s		
1,02	Totale porositeit	%		
1,03	Effectieve porositeit	%		
1,04	Gehalte organisch stof	%		
1,05	Max. verwachte grondwaterstromingssnelheid	m/jaar		
1,06	Min. verwachte grondwaterstromingssnelheid	m/jaar		
1,07	Max. verwachte stromingssnelheid verontreiniging	m/jaar		
1,08	Min. Verwachte stromingssnelheid verontreiniging	m/jaar		
1,09	Stromingssnelheid verontreiniging (volgens ouderdom)	m/jaar		
1,10	Diepte grondwaterafel	m-mv		
1,11	Aanwezigheid afsluitende laag	ja/nee		
1,12	Begin afsluitende laag	m-mv	diepte top afsluitende laag	
1,13	Aanwezigheid doorlatende laag	ja/nee		
1,14	Begin diepte doorlatende laag	m-mv		
1,15	Eind diepte doorlatende laag	m-mv		
1,16	Redox-eigenschappen (SO ₄ , NO ₃ , Fe, ...)	mg/l		
1,17	pH grond			
1,18	pH grondwater			
1,19	Gemiddelde temperatuur grondwater	°C		
1,20	Geleidbaarheid grondwater	µS/cm		
1,21	Korte beschrijving geologie		cfr. tabel BBO	
	2. Karakterisatie VERONTREINIGING			
2,01	Ouderdom verontreiniging	jaar		
2,02	Chloride-index bronzone			
2,03	Chloride-index pluimzone			
2,04	Puur Product	ja/nee/vermoedelijk	vanaf 10% van max. oplosbaarheid: vermoedelijk	
2,05	Enkel VOC / samengesteld		ethenen ethanen, BTEX, andere	
2,06	Oppervlakte kern onverzadigd	m ²		
2,07	Oppervlakte kern verzadigd	m ²		
2,08	Oppervlakte pluim verzadigd	m ²		
2,09	Diepte kern onverzadigd	m		
2,10	Diepte kern verzadigd	m		
2,11	Diepte pluim verzadigd	m		
2,12	Volume kern onverzadigd	m ³		
2,13	Volume kern verzadigd	m ³		
2,14	Volume pluim verzadigd	m ³		
2,15	Vuilvracht kern onverzadigd	kg		
2,16	Vuilvracht kern verzadigd	kg		
2,17	Vuilvracht pluim verzadigd	kg		
2,18	Meest voorkomende parameter			
2,19	Max. vastgestelde conc. per component grond	mg/kg ds		
2,20	Max. vastgestelde conc per component grondwater	µg/l		
	3. Karakterisatie OMGEVING			
3,01	Bovengrondse infrastructuur	ja/nee	Zou een maat moeten zijn voor de bereikbaarheid	

3,02	% opp kern bebouwd		%		
3,03	% pluim bebouwd		%		
3,04	Ondergrondse infrastructuur		ja/nee	Zou een maat moeten zijn voor de bereikbaarheid	
3,05	% opp kern bebouwd		%		
3,06	% pluim bebouwd		%		
3,07	Aantal verontreinigde percelen				
3,08	Aantal betrokken partijen			eigenaars, gebruikers, ...	
3,09	Toegankelijkheid te saneren zone		-, -, 0,+,++		
3,10	Opdrachtgever : klein (KMO) - groot			klein: < 50 werknemers en jaaromzet < 7 miljoen middelgroot: < 250 werknemers en jaaromzet < 40 miljoen euro groot: > 250 werknemers en jaaromzet > 40 miljoen euro	
3,11	Opdrachtgever : privé - openbaar				
3,12	Bestemmingstype		I, II, III, IV, V		
3,13	Afstand tot eerste bedreigde receptor		m		
3,14	Gebruik terrein voormalig			braakliggend, fabrieksterrein met productie, opslagmagazijn, parking, militair domein...	
3,15	Gebruik terrein huidig			braakliggend, fabrieksterrein met productie, opslagmagazijn, parking, militair domein, woonzone...	
3,16	Activiteiten nog bezig tijdens onderzoek		ja/nee		
	4. Karakterisatie ONDERZOEKEN				
4,01	Aantal peilbuizen per opp kern		aantal/m ²		
4,02	Aantal peilbuizen per volume kern		aantal/m ³		
4,03	Aantal peilbuizen per opp pluim		aantal/m ²		
4,04	Aantal peilbuizen per volume pluim		aantal/m ³		
4,05	Aantal grondstalen per opp kern		aantal/m ²		
4,06	Aantal grondstalen per volume kern		aantal/m ³		
4,07	Aantal grondstalen per opp pluim		aantal/m ²		
4,08	Aantal grondstalen per volume pluim		aantal/m ³		
4,09	Start BBO		jaar		
4,10	Einde BBO		jaar	Bron gevonden en afgeperkt	
4,11	BBO : alternatieve onderzoekstechnieken ?		ja/nee		
4,12	zo ja, welke			MIP, PDB, EnISSA, ...	
4,13	zo ja, hoeveelheid			aantal "sonderingen"	
4,14	Budget BBO		€, excl.BTW		
4,15	Aantal deskundigen			Totaal aantal deskundigen betrokken bij BBO, BSP, BSW	
4,16	Bron gevonden tijdens onderzoeksfase		ja/nee		
4,17	Heeft bijkomend historisch onderzoek nuttige info bezorgd		ja/nee		
4,18	zo ja, welke ?			bron aanduiding, ouderdom, calamiteit	
	Type risico				
4,19	verspreidingsrisico		ja/nee		
4,20	humaan-toxicologisch risico		ja/nee		
4,21	eco-toxicologisch risico		ja/nee		
4,22	Hoe doorlaatbaarheid gemeten			textuuranalyse, slug test, pompproef, ...	
	5. Karakterisatie BSP				
5,01	Gekozen saneringstechniek (en)				
5,02	Combinatie van technieken ifv tijd		ja/nee	Fasering voorzien in BSP, gekoppeld aan bvb milestones?	
5,03	zo ja, welke ?				

5,04	Combinatie van technieken ifv locatie?			bvb Andere aanpak voorzien van bron- versus pluimzones, of omwille van bereikbaarheid?	
5,05	zo ja, welke en wat was de motivatie ?				
5,06	Ingeschatte duurtijd actieve sanering		jaren		
5,07	Doelstelling sanering, vooropgestelde			Risico, BSN, RGW, streefwaarden	
5,08	Geraamde kostprijs in BSP		€, excl.BTW		
5,09	Kostprijs MKB (totaal, geraamd)		€, excl.BTW		
5,10	Bijkomend saneringsonderzoek uitgevoerd?		ja/nee		
5,11	zo ja, wat ?				
5,12	Screening matrixbehoefte		ja/nee	uitgevoerd ?	
5,13	Labotesten uitgevoerd		ja/nee		
5,14	zo ja, wat ?				
5,15	Pilootproef uitgevoerd				
5,16	zo ja, kostprijs ?		€, excl.BTW		
5,17	zo ja, duurtijd?		weken		
5,18	Vooropgestelde periode monitoring na sanering		jaar		
5,19	Vooropgesteld budget monitoring		€		
6. Karakterisatie BSW					
6,01	Opstartdatum sanering				
6,02	Totale duur tot afsluiten/tot heden indien nog niet afgesloten				
6,03	CSM verandert tijdens saneringsproces?		ja/nee		
6,04	zo ja, wat ?				
6,05	Saneringsstrategie gewijzigd tijdens looptijd sanering?		ja/nee		
6,06	zo ja, wat ?				
6,07	Kostprijs bij einde sanering / bijgestelde raming indien sanering nog niet afgesloten		€, excl. BTW		
6,08	Type sanering, gebruikte technieken				
6,09	Kostprijs MKB sanering		€, excl. BTW		
6,10	Kostprijs offerte aannemer		€, excl. BTW		
6,11	Factuur aannemer		€, excl. BTW		
6,12	Aard contract aannemingswerken			turn key, lump sum, regie, ...	
6,13	Expertise aannemer		--, -, 0,+,++	specificeren in expertise van de toegepaste techniek	
6,14	Externe invloedsfactoren		ja/nee		
6,15	zo ja, wat ?			vb. onttrekking ernaast, herontwikkeling terrein dat voor opstellen van BSP niet gekend was	
6,16	Uitgevoerde monitoring na sanering		jaar		
6,17	Budget uitgevoerde monitoring na sanering		€		
	Gehaalde TSW				
6,18	vuilvrachtreductie		%		
6,19	saneringsdoelstelling			Risico, BSN, RGW, streefwaarden	
7. Korte evaluatie					
7,01	Sleutelfactoren aangeven				

Bijlage 2 Overzicht ingevulde fiches

[illegible]

Project	2. Karakterisatie VERONTREINIGING	Ouderdom verontreiniging	Chloride-index bronzone	Chloride- index pluimzone	Puur Product	Enkel VOCI / samengesteld	Oppervlakte kern onverzadigd	Oppervlakte kern	Oppervlakte pluim
		jaar			ja/nee/vermoedelijk		m²	m²	m²
1		25			nee	VOCI		1000	*
2		14			nee	samengesteld		220	*
3		>22			nee	VOCI	250	150	*
4		39			ja	VOCI		18.600	11.400
5		>30			vermoedelijk			1920	960
6		46			nee	VOCI		8000	9000
7		40			ja	VOCI		200	2300
8		51			ja	VOCI	288	850	6.350
9		25			ja	samengesteld		700	3000
10		>20			nee	VOCI		1800	7000
11					nee	VOCI			
12		>20			ja	samengesteld		100	1000
13		>10			nee	VOCI	160	3500	25000
14		>20			vermoedelijk	samengesteld		200	1800
15		30	4	4	vermoedelijk	samengesteld	80	80	1200
16		20			nee	VOCI	25	25	200
17		40			ja	VOCI	10000	10000	110000
18		45			nee	samengesteld	400	400	1600
19		22			nee	samengesteld	0	5	200
20		50			ja	samengesteld	0	5	300
21		25			ja	VOCI	0	400	6100
22		5			nee	VOCI	200	200	1800
23					nee	VOCI	95		266
									* geen onderscheid tussen kern en pluim

Project	Diepte kern onverzadigd	Diepte kern	Diepte pluim	Volume kern onverzadigd	Volume kern	Volume pluim	Vuilvracht kern onverzadigd	Vuilvracht kern verzadigd	Vuilvracht pluim verzadigd	meest voortkomende parameter	3. Karakterisatie OMGEVING
	m	m	m	m³	m³	m³	kg	kg	kg		
1		5	*		750	*				ethenen	
2		4	*		200	*		1 à 2		ethenen	
3	9	9	*	1.000	100	*				ethenen	
4		10	10		17577	10773				ethenen	
5		7	7		1500	750				gemengd	
6		8,5	12		15000	32000				ethenen	
7		8	8		400	4600				ethenen	
8	9	16	16	2.592	4000	30000	135	45		gemengd	
9		4	4		2100	9000				gemengd	
10		15	18		10000	24650		60		ethenen	
11											
12		10	13		700	10000			2128	andere	
13	3	15	15	480	10000	60000	20		15	ethenen	
14	?	3	9		200	12600				ethenen	
15	1	9	9	80	520	10200			3,34	ethenen	
16	2	7	7	50	125	1000			0,15	ethenen	
17	1,5	10	10	15000	100000	1100000		7000	1000	ethenen	
18	4,5	18	8,5	1800	7200	13600			25	ethenen	
19	0	9	9	0	15	485	0			ethenen	
20	0	7	8	0	35	2100				ethenen	
21	0	5,5	6,5	0	2200	9500				ethenen	
22	1,5	3,5	10	300	700	18000	500	796	150	ethenen	
23	1,5		10	143		800	niet bepaald		niet bepaald	ethenen	
			* geen onderscheid tussen kern en pluim			* geen onderscheid tussen kern en pluim					

Project	Bovengrondse infrastructuur	% opp kern bebouwd	% pluim bebouwd	Ondergrondse infrastructuur	% opp kern bebouwd	% pluim bebouwd	Aantal verontreinigde percelen	Aantal betrokken partijen	Toegankelijkheid te saneren zone	Opdrachtgever : klein (KMO) - groot
	ja/nee	%	%	ja/nee	%	%			--, -, 0,+,++	
1	ja	100	*	nee			6		-	KMO
2	ja	75	*	ja			1	1	+	KMO
3	ja	10	*	nee			18	>18	+	KMO
4	ja	50	10	nee			1	3	-	groot
5	ja	15	*	nee			3	2	++	groot
6	nee	0	*	nee			1	2	++	groot
7	ja	0	25	ja			1	2	+	groot
8	ja	15	*	nee			4	2	O	groot
9	ja	95	5	nee			4		+	KMO
10	ja	50	50	ja	50		1	2	--	groot
11	ja	100		ja			1	1	-	KMO
12	ja	0	<5	ja		10	1	1	+	groot
13	ja	75	50	ja	onbekend	onbekend	96	>100	-	groot
14	ja	15	40	nee			1	1	+	groot
15	ja	5	40	nee	nvt	nvt	2	1	O	groot
16	ja	15	15	ja	2	2	2	2	++	groot
17	ja	75	15	nee			120	120	+	groot
18	ja		20	ja	onbekend	60	1	1	O	groot
19	ja			nee	0	0	2	2	+	groot
20	ja	100	50	nee			2	2	--	KMO
21	ja	0	50	nee			1	2	O	groot
22	nee	0	0	nee	0	0	1	2	++	KMO
23	ja	100	75	nee			2	3	-	KMO
			* geen onderscheid tussen kern en pluim							

Project	Opdrachtgever : privé - openbaar	Bestemmingstype	Afstand tot eerste bedreigde receptor	Gebruik terrein voormalig	Gebruik terrein huidig
		I, II, III, IV, V	m		
1	privé	III		metaalbewerkingsbedrijf	geen activiteiten
2	privé	V			vervaardiging schuimen
3	privé	III		wasserij	sloop gebouwen - inrichting woonwijk
4	privé	V		kantoor/magazijn/productie	kantoor/magazijn
5	privé	V		industriële activiteiten	stal- en onderhoudswerkplaats, incl. wasplaats
6	privé	III		drukkerij, koffiebranderij, schrijnwerkerij, verfspuitinstallatie, garageherstelwerkplaats, opslagplaats	woonwijk (na volledige sloop bebouwing)
7	privé	III			grootwarenhuis met droogkuis
8	privé	III		productie huishoudartikelen in roestvrij staal	neen
9	privé	V	> 500	metaalverwerkend bedrijf (ontvetten & ontchromen)	idem
10	prive	III	>1000	fabrieksterrein	kantoorruimte
11	privé	V	>1000	braakliggend	distributie
12	privé	V		fabrieksterrein met productie	fabrieksterrein met productie
13	privé	III	< 5	drukkerij	appartementengebouw en atelier voor decor en rekvisieten
14	privé	V		fabrieksterrein - opslagmagazijn	fabrieksterrein - opslagmagazijn
15	privé	II	600	labo	
16	prive	V	>200	fabrieksterrein met productie	kantoren en parking
17	privé	III	300	fabrieksterrein met productie	fabrieksterrein met productie
18	privé	V	450	fabrieksterrein met productie	fabrieksterrein met productie
19	Privé	V		Industrie	Industrie
20	privé	III		Fabrieksterrein met productie	Woonzone
21	Privé	V	1000	Landbouw	Industrie
22	Privé	III	200	Fabrieksterrein met productie	Fabrieksterrein met productie
23	privé	III	10	droogkuis	droogkuis

[illegible]

[illegible]

Project	Vooropgesteld budget monitoring	6. Karakterisatie BSW	Opstartdatum sanering	Totale duur tot afsluiten/tot heden indien nog niet afgesloten	totale duur actieve sanering (jaar)	totale duur inclusief monitoring	ratio uiteindelijke uitgevoerde actieve periode/ratio geraamde actieve periode	ratio uiteindelijke uitgevoerde totale periode/geraamde totale periode
	€							
1		1	feb/00	1/08/2005	4,5	5,5	4,5	2,8
2	4.000		jun/04	1/04/2006	2,0	2,0	1,0	0,5
3			jun/06	10/05/2011	0,1	4,9	0,8	1,0
4	30.000		sep/06	1/09/2011	6,0	6,0	0,6	0,5
5	4.900		sep/08	okt/12	2,1	4,0	1,0	1,3
6			mrt/06	30/06/2013	4,6	7,3	1,8	1,6
7			feb/08	1/02/2012	4,0	4,0	2,0	1,0
8			jan/06	1/07/2021	0,2	15,2	1,7	1,5
9	4.520		sep/05	1/12/2011	5,3	6,3	0,9	0,9
10	10.400		jun/05	30/06/2009	3,0	4,0	0,8	0,7
11	16.000		jun/01	30/06/2007		6,0		2,0
12	0		okt/09	1/10/2010	1,0	3,0	1,0	3,0
13	230.000		dec/05	1/12/2010	1,2	5,0	1,2	0,8
14	4.000		jun/01	30/06/2010	7,0	9,0	5,4	2,7
15			apr/99	6/12/2004	5,7	7,6	11,3	3,1
16	4.020		sep/06	14/04/2011	4,6	6,6	2,3	1,7
17	0		jun/05	1/07/2021	7,0	35,0	1,4	7,0
18			jun/05	2012		7,0		0,3
19	15.000		nov/00	1/05/2005	2,5	4,5	1,0	1,0
20	10.000		mei/00	jan/09	3,0	8,7	1,5	2,9
21	304.000		jan/05	dec/11	4,0	6,9	1,0	1,2
22	5.500		apr/99	jul/02	3,0	13,0	1,5	3,3
23	12.838		10/00	01/01/2009	4,3	8,3	2,2	2,1

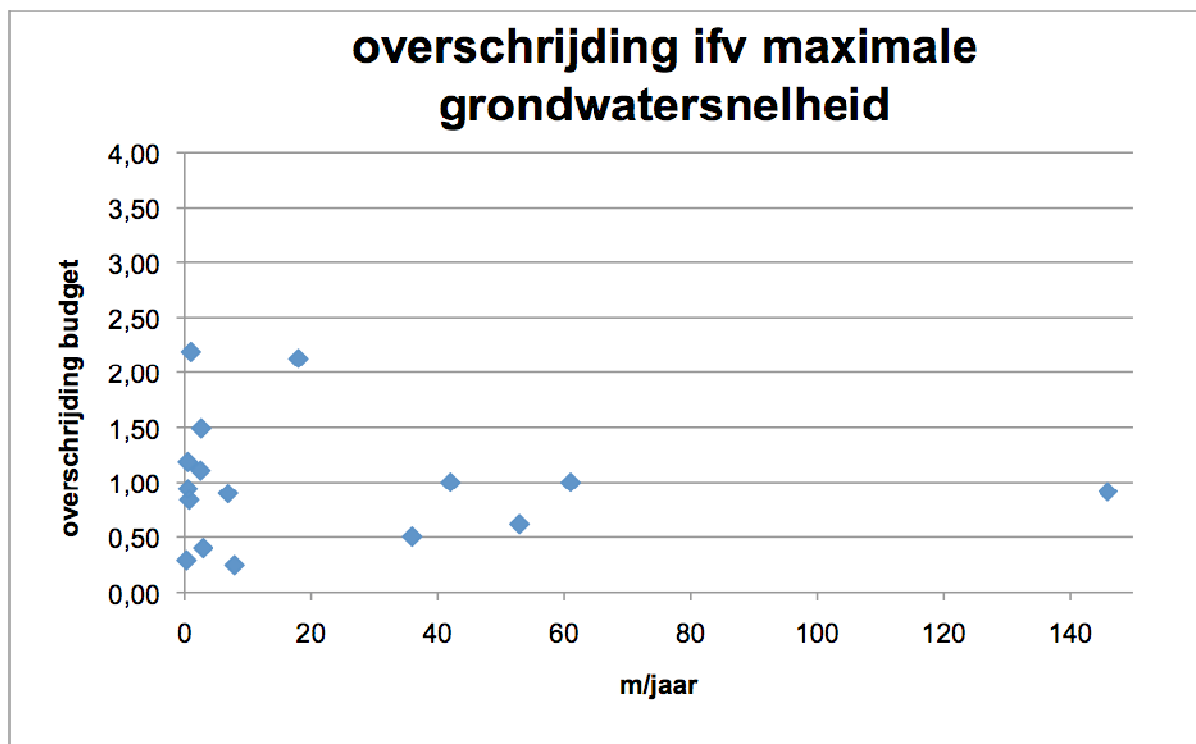
Project	CSM veranderd tijdens saneringsproces?	Saneringsstrategie gewijzigd tijdens looptijd sanering?	Kostprijs bij einde sanering / bijgestelde raming indien sanering nog niet afgesloten	ratio (overschrijding)	Kostprijs MKB sanering	MKB (%)	Kostprijs offerte aannemer	Factuur aannemer
	ja/nee	ja/nee	€, excl. BTW		€, excl. BTW		€, excl. BTW	€, excl. BTW
1	nee	ja	182.500	2,19	40.165,00	22%	72.000,00	142.335,00
2	nee	nee	86500	1,11	36.500,00	42%	62.642,00	50.000,00
3	nee	nee	80.684	0,62	36.106,00	45%	22.665,00	44.578,00
4	nee	ja	644.600	0,29	297.000,00	46%		347.600,00
5	nee	nee	191.120	1,49	28.470,00	15%		162.650,00
6	nee	ja	502.000	1,22	133.000,00	26%	296.000,00	369.000,00
7	nee	ja	191.000	1,36	76.000,00	40%	79.691,00	115.000,00
8	ja	nee	524.508	2,13	111.550,00	21%	175.720,00	412.958,00
9	nee	ja	208.950	0,84	55.300,00	26%	181.800,00	147.636,00
10	nee	nee	450.000	0,50	240.000,00	53%	200.000,00	210.000,00
11	nee	nee	95000	1,12	24.000,00	25%		
12	nee	nee	2.100.000	0,91	350.000,00	17%	1.400.000,00	1.400.000,00
13	nee	nee	260000	0,40	155.000,00	60%	207.634,05	102.000,00
14	ja	ja	288800	3,21	73.500,00	25%	139.977,58	215.300,00
15	nee	nee	239754,73	7,24	25.539,45	11%	33.100,00	149.754,73
16	ja	ja	107500	0,81	40.000,00	37%	65.000,00	65.000,00
17	ja	ja	1.500.000	1,00	500.000,00	33%	1.200.000,00	360.000,00
18	nee	nee	61500	0,25	40.000,00	100%	10.000,00	10.000,00
19	nee	nee	160000	1,00	29.000,00	18%	130.000,00	124.000,00
20	ja	ja	190000	1,19	48.000,00	13%	78.000,00	165.000,00
21	ja	ja	940000	0,94	86.000,00	9%	505.000,00	650.000,00
22	ja	ja	350.000,00	2,33	65.000,00	19%	120.000,00	150.000,00
23	nee	nee	58190,52	0,90	25.914,40	45%		23.109,46

Project	Aard contract aannemingswerken	Expertise aannemer	Externe invloedsfactoren	zo ja, wat ?	Uitgevoerde monitoring na sanering	Budget uitgevoerde monitoring na sanering
		--, -, 0, +, ++	ja/nee		jaar	€
1	middelenverbintenis	++	ja	verkoop terrein	1	7500
2	middelenverbintenis	+	nee		2	
3	middelenverbintenis	+	nee		5	15.532
4	middelenverbintenis	++	nee		nog uit te voeren	56.272
5	resultaatsverbintenis	+	nee		2	
6	middelenverbintenis	+	ja	terrein is intussen verkocht - rest van de sanering wordt door koper uitgevoerd		
7	middelenverbintenis	++	nee		2	18.000
8	middelenverbintenis	++	nee			55.750
9	middelenverbintenis	+	nee		1	
10	middelenverbintenis	+	ja	herontwikkeling terrein: ontgraving voor aanleg parking		
11	middelenverbintenis	+	nee		4	
12	lump sum	++	nee		0	0
13	middelenverbintenis	++	ja	onttrekking aanleg HST-tunnel (gekend tijdens BSP)	5	100000
14	middelenverbintenis	+	nee		0,5	2000
15	middelenverbintenis		ja	drijfslag mazout, uitgraving 600 ton	1,5	10393,07
16	lump sum	--	nee			4020
17	combinatie regie en lump sum	+	ja	heraanleg nabijgelegen waterloop waarbij drainagecapaciteit significant is toegenomen	Nvt	Nvt
18	lump sum	O	nee		nvt	nvt
19	middelenverbintenis	+	nee		2	7000
20	middelenverbintenis	O	nee		4	26000
21	middelenverbintenis	+	nee		3	200000
22	middelenverbintenis	+	nee		13	25.000,00
23			nee		3	verwerkt in MKB

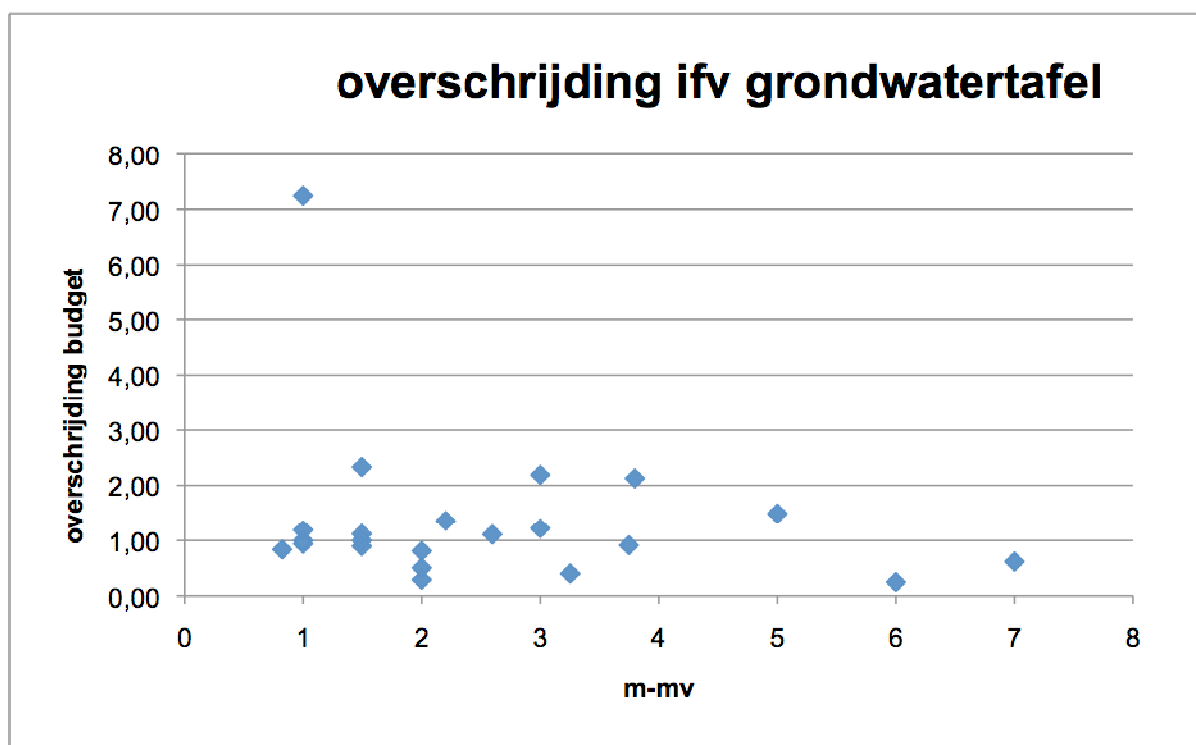
Project	Gehaalde TSW	vuilvrachtreductie
		%
1	BSN	
2	BSN	
3	risicogebaseerd	
4	risicogebaseerd	
5	risicogebaseerd	
6		
7	risicogebaseerd	
8	risicogebaseerd	
9	risicogebaseerd	
10	risicogebaseerd	95
11	risicogebaseerd	80
12	BSN	99
13	risicogebaseerd	65
14	BSN	85 - 99
15		
16	risicogebaseerd	
17	risicogebaseerd	
18	risicogebaseerd	onbekend
19	BSN	99
20	risicogebaseerd	
21	BSN	90
22	risicogebaseerd	80
23	risicogebaseerd	

Bijlage 3 Grafieken kwantitatieve parameters

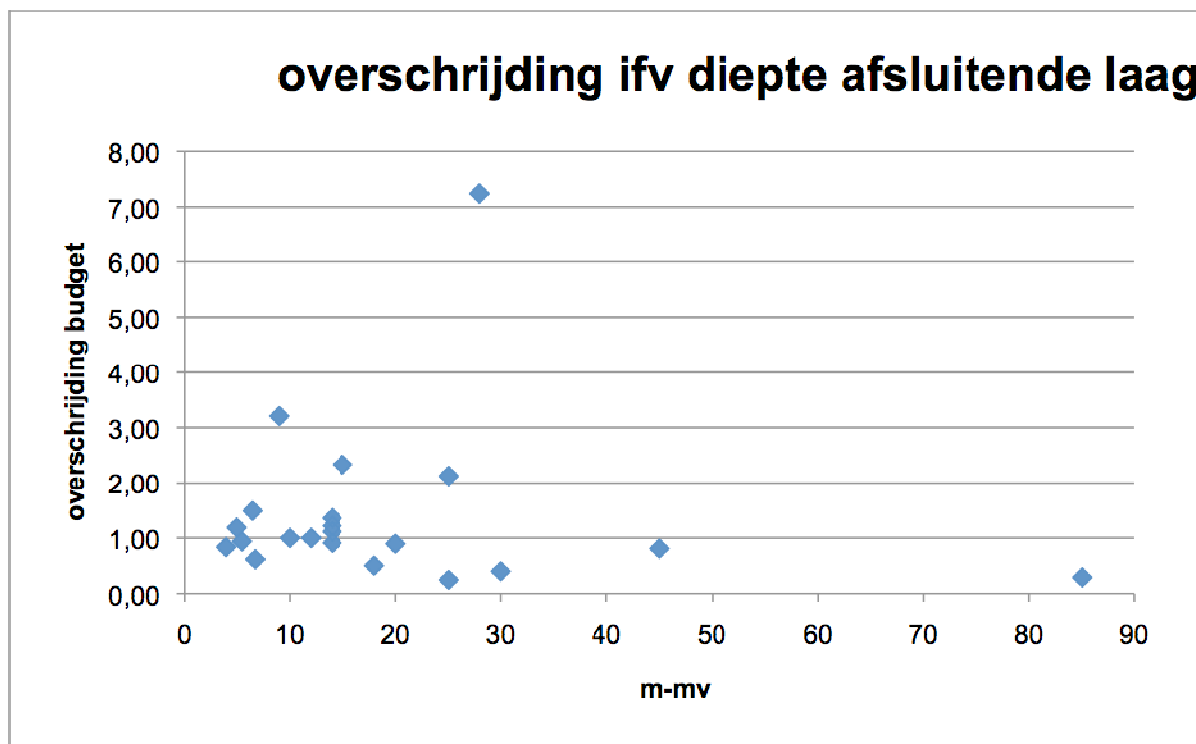
Grafiek 1



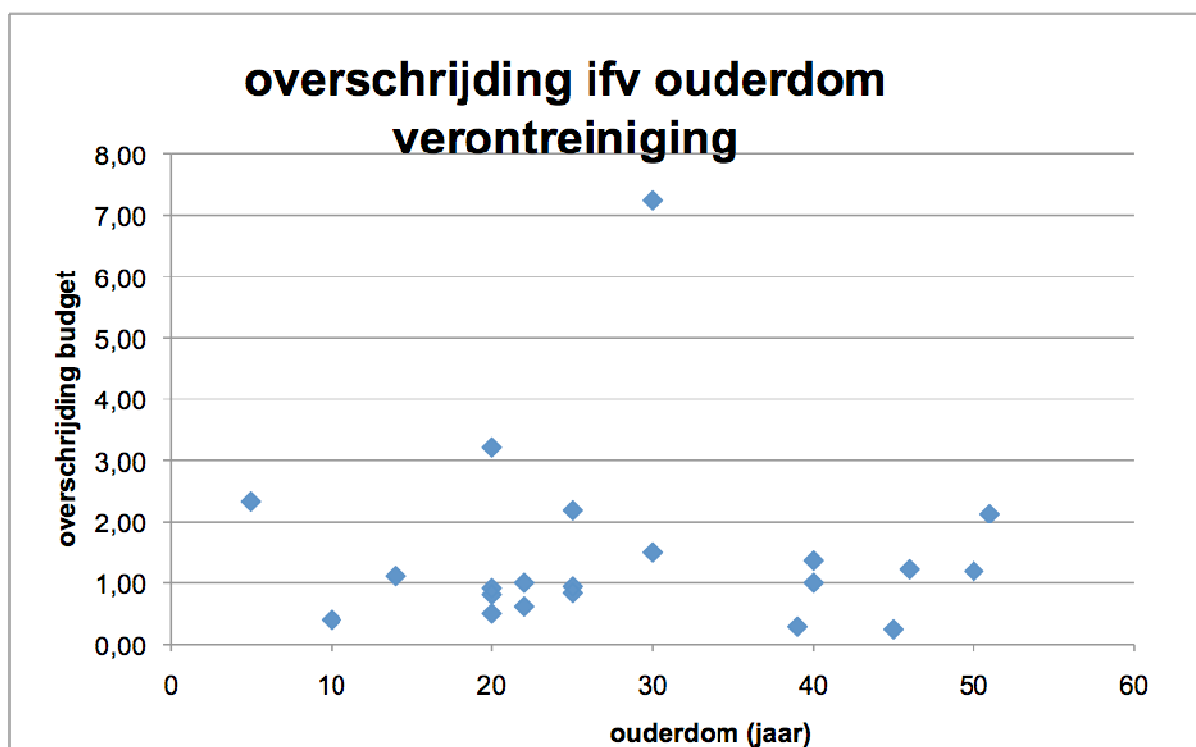
Grafiek 2



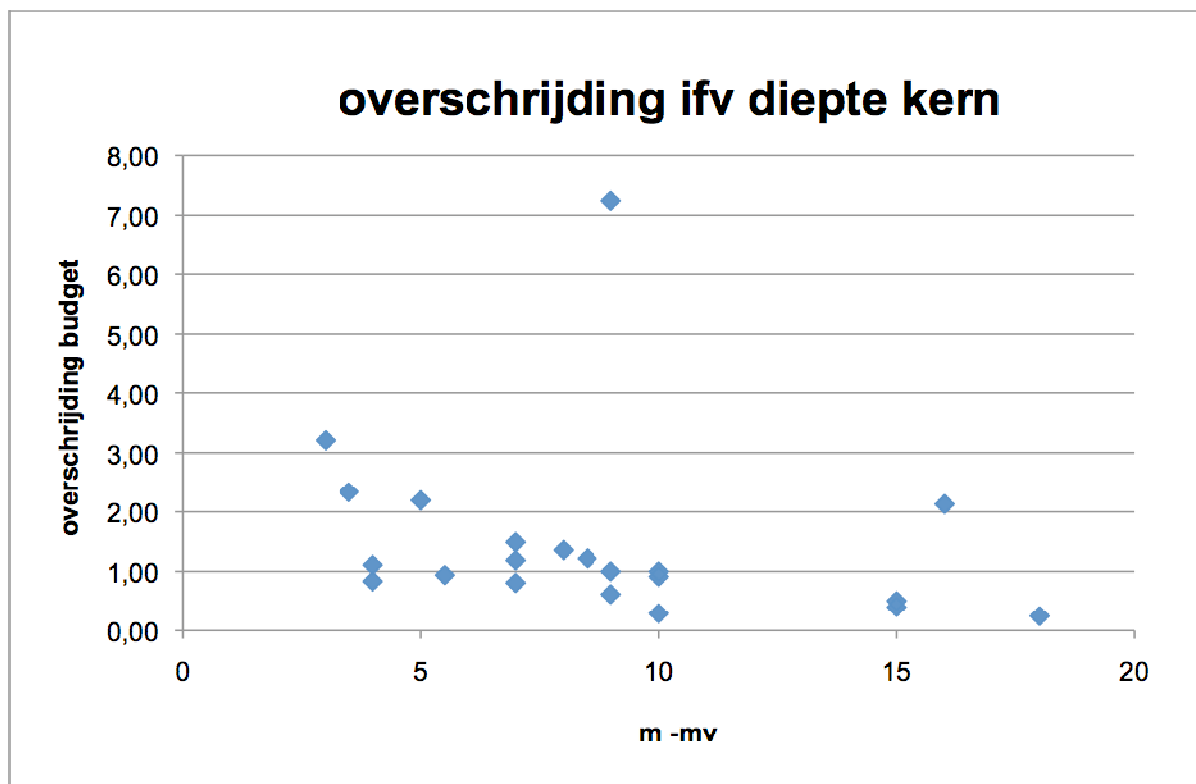
Grafiek 3



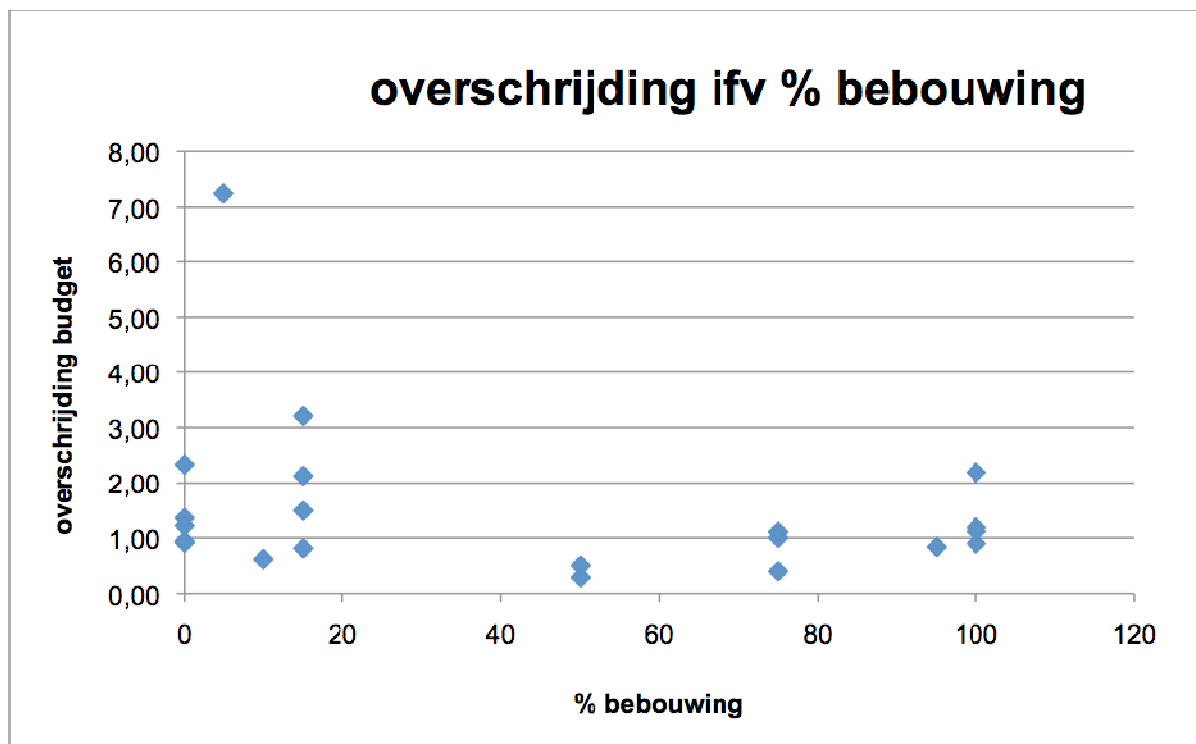
Grafiek 4



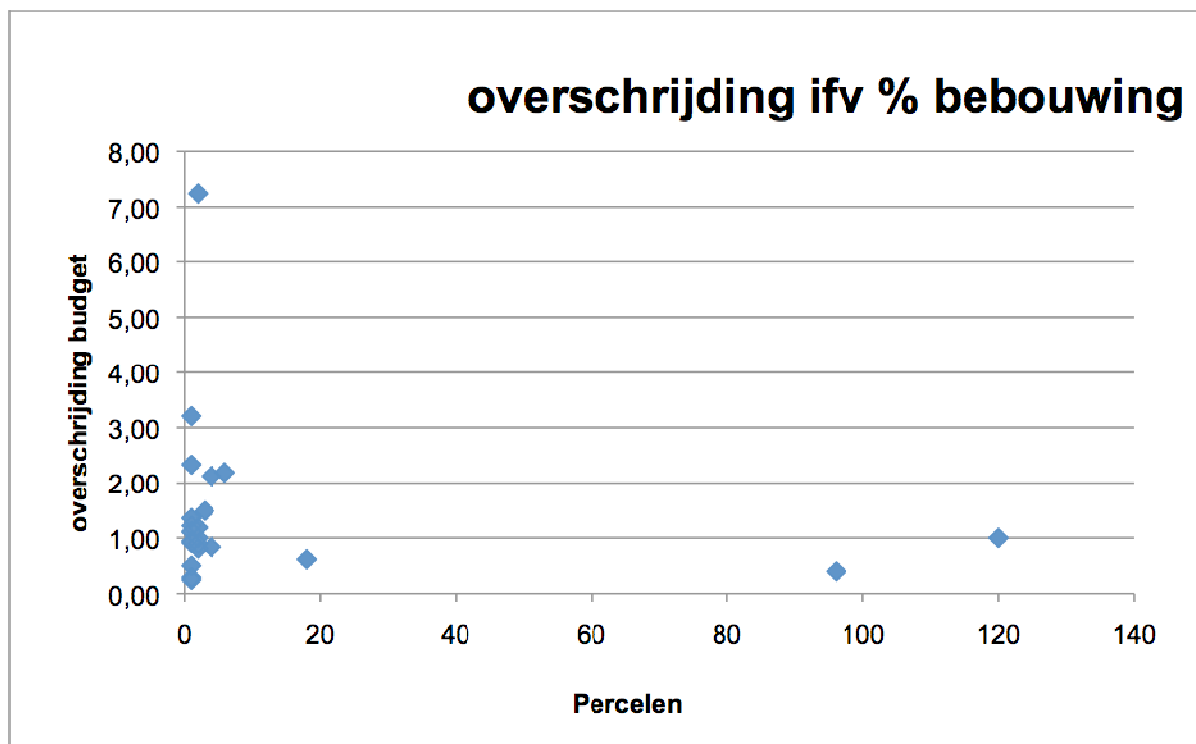
Grafiek 5



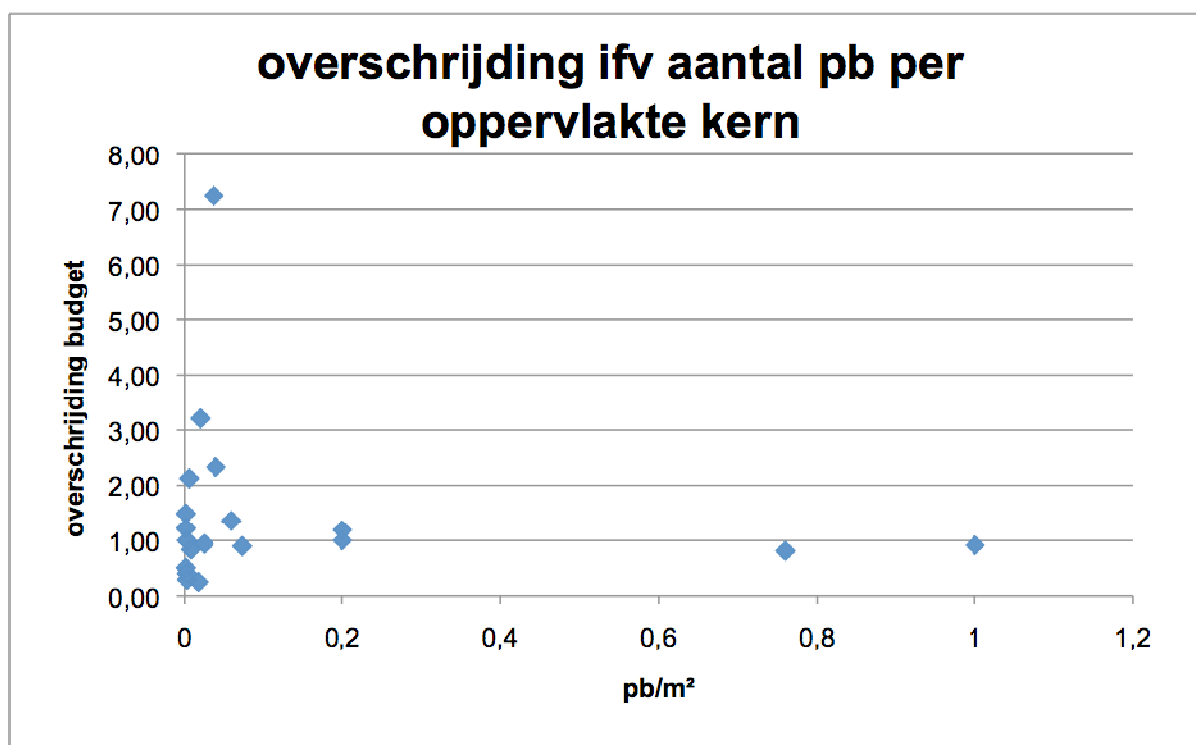
Grafiek 6



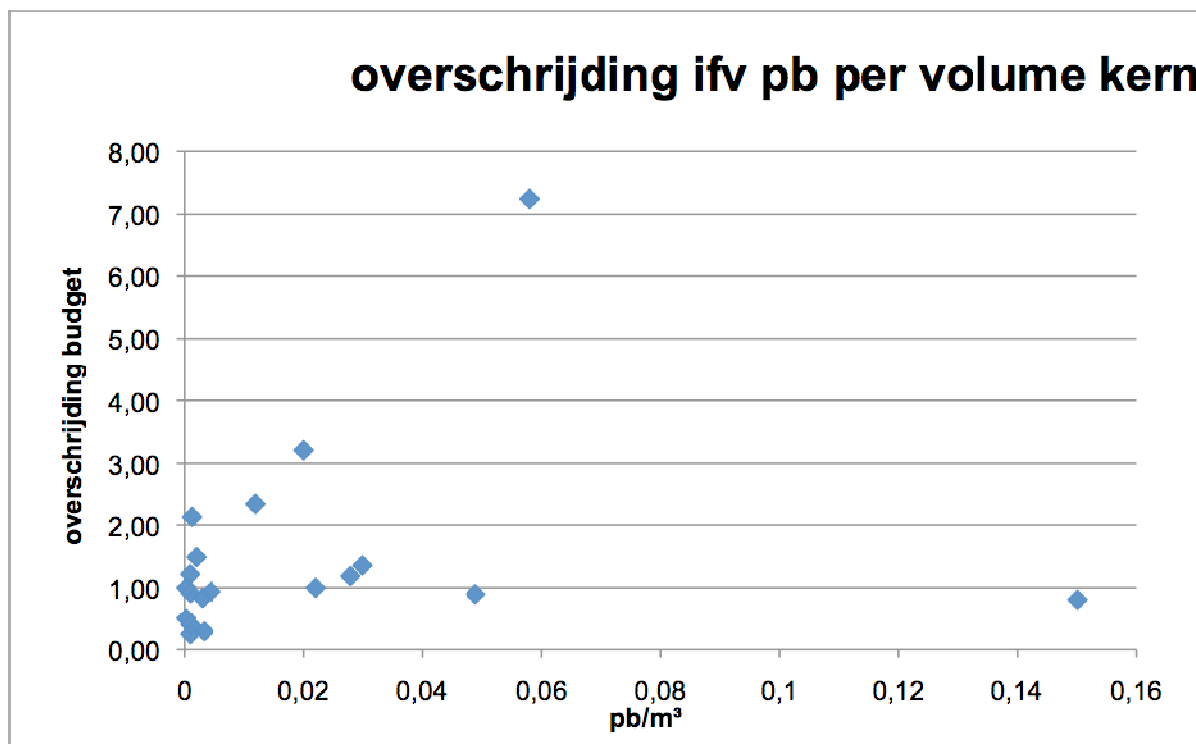
Grafiek 7



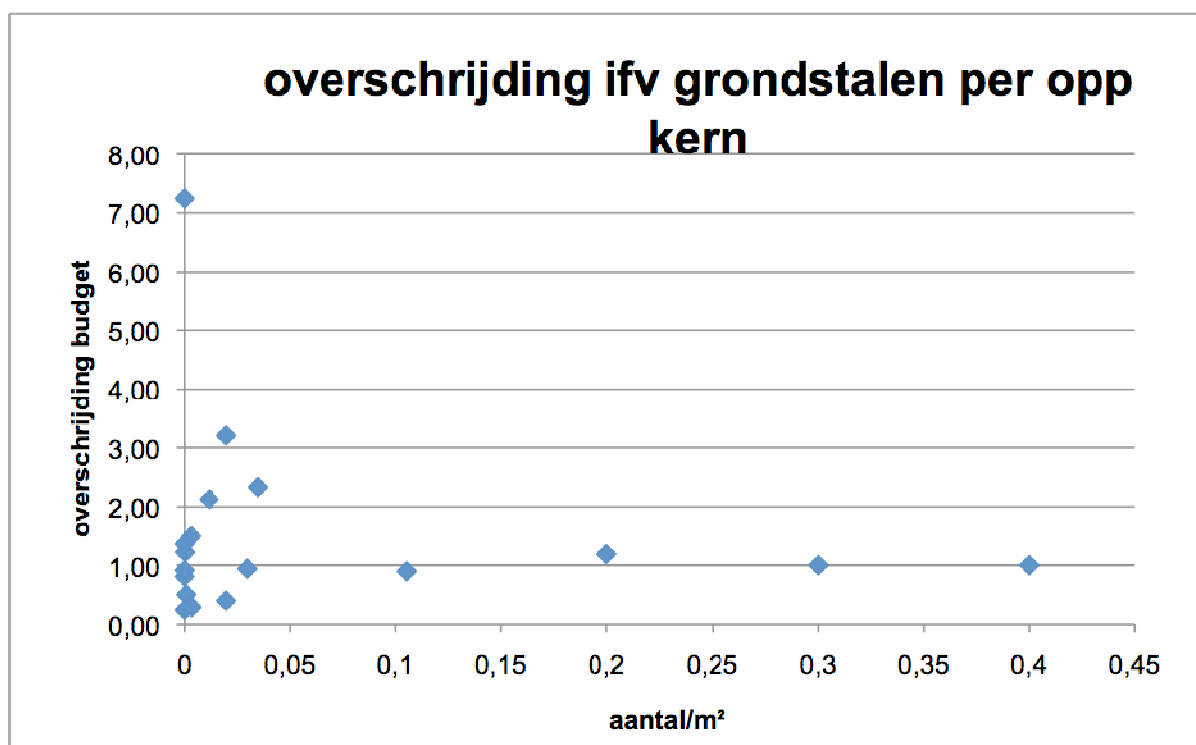
Grafiek 8



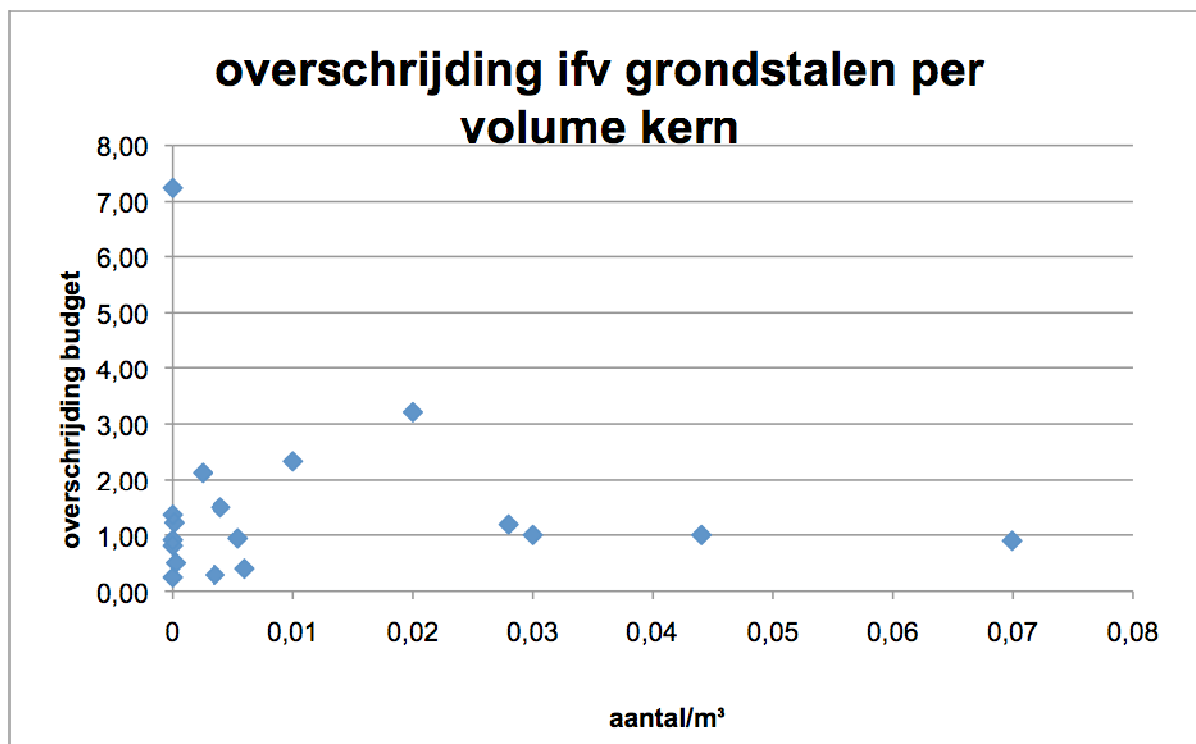
Grafiek 9



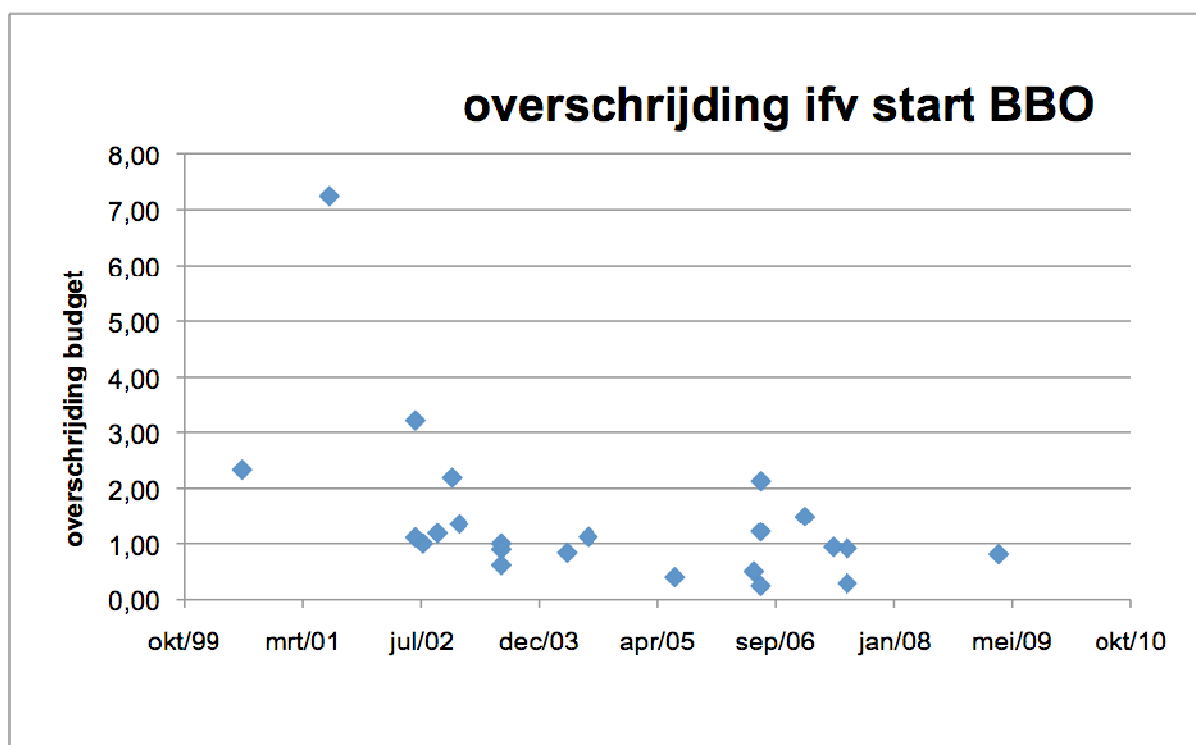
Grafiek 9



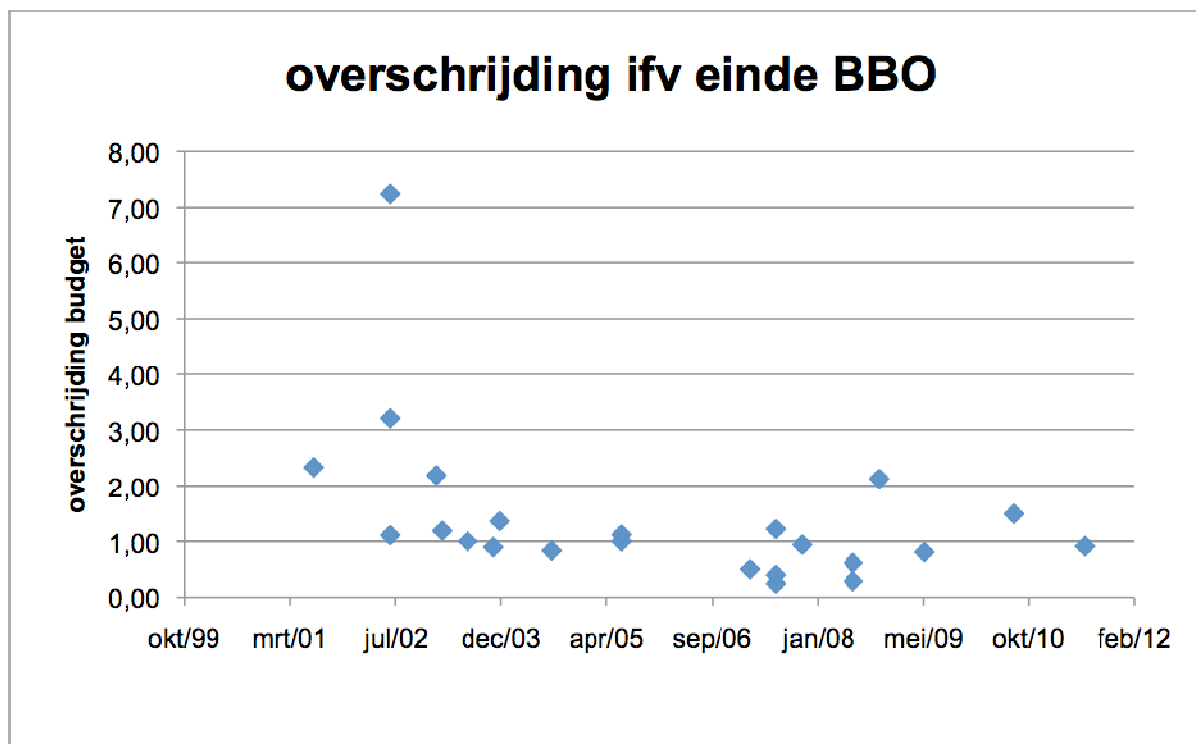
Grafiek 10



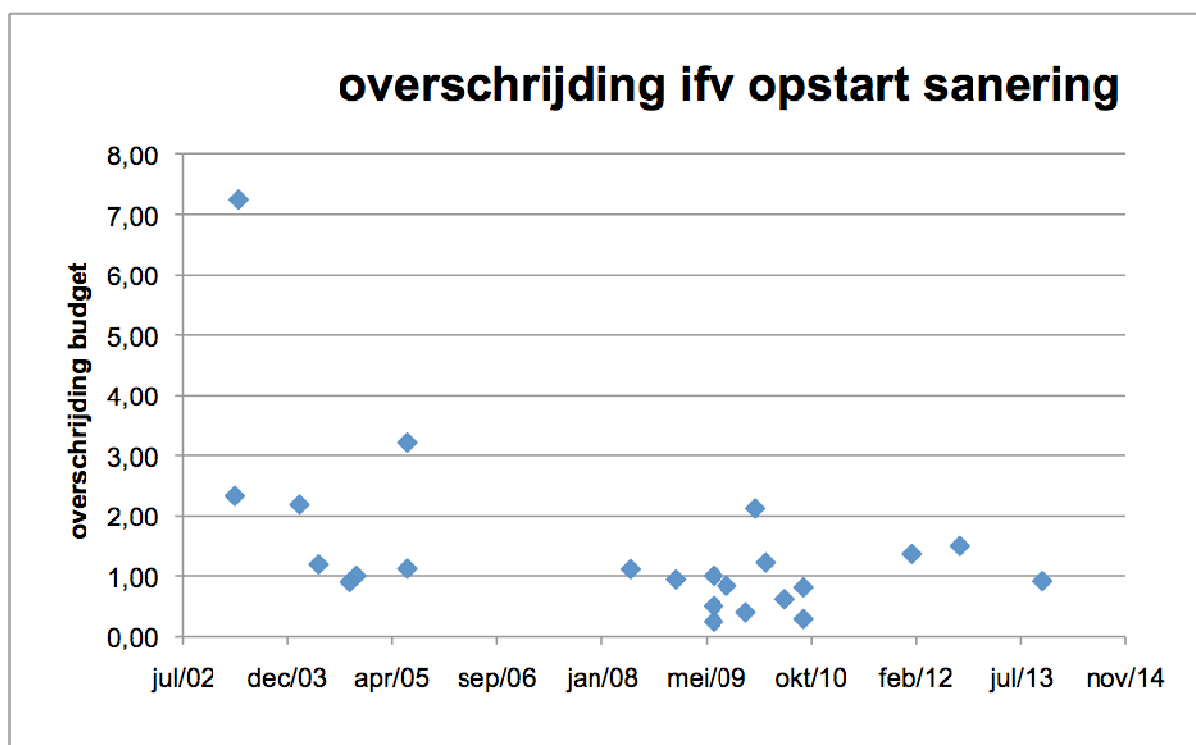
Grafiek 11



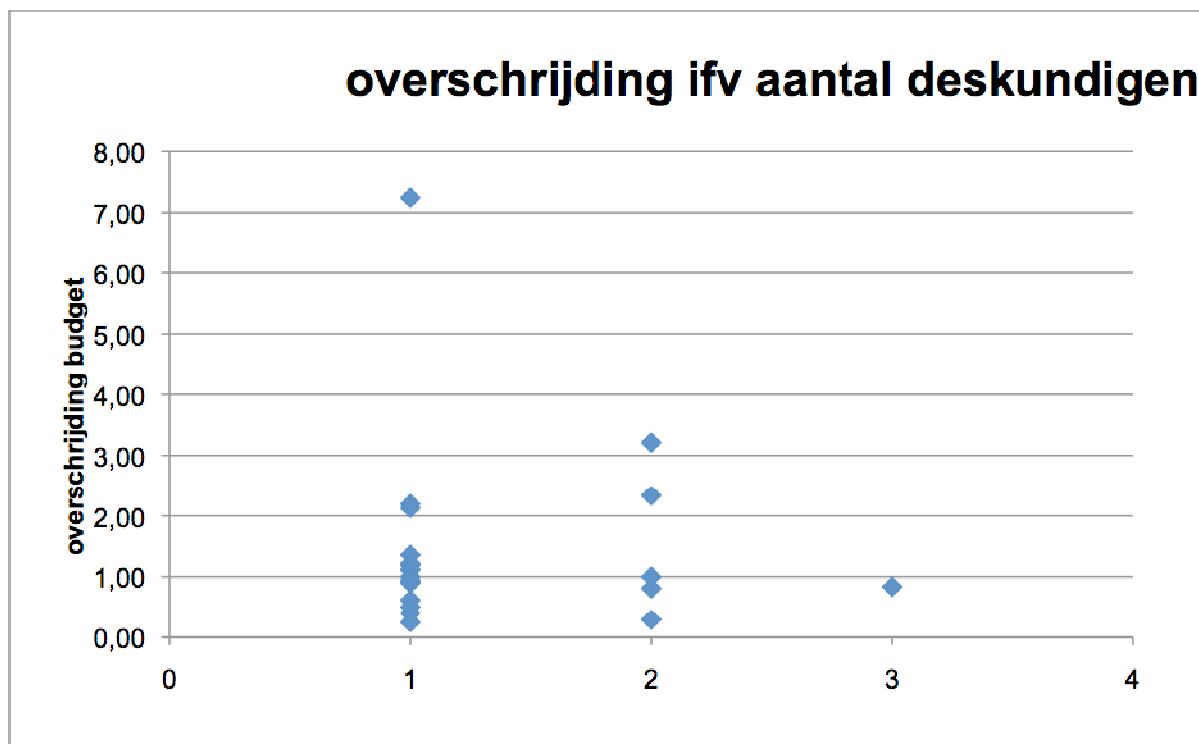
Grafiek 12



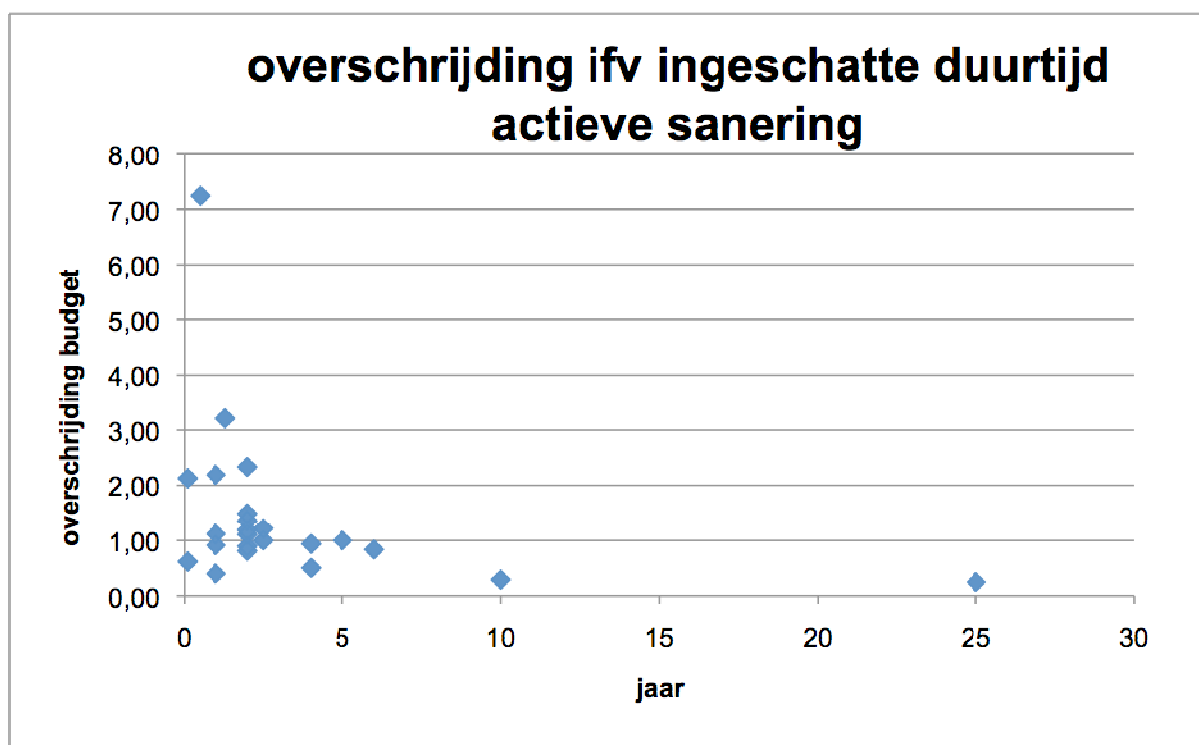
Grafiek 13



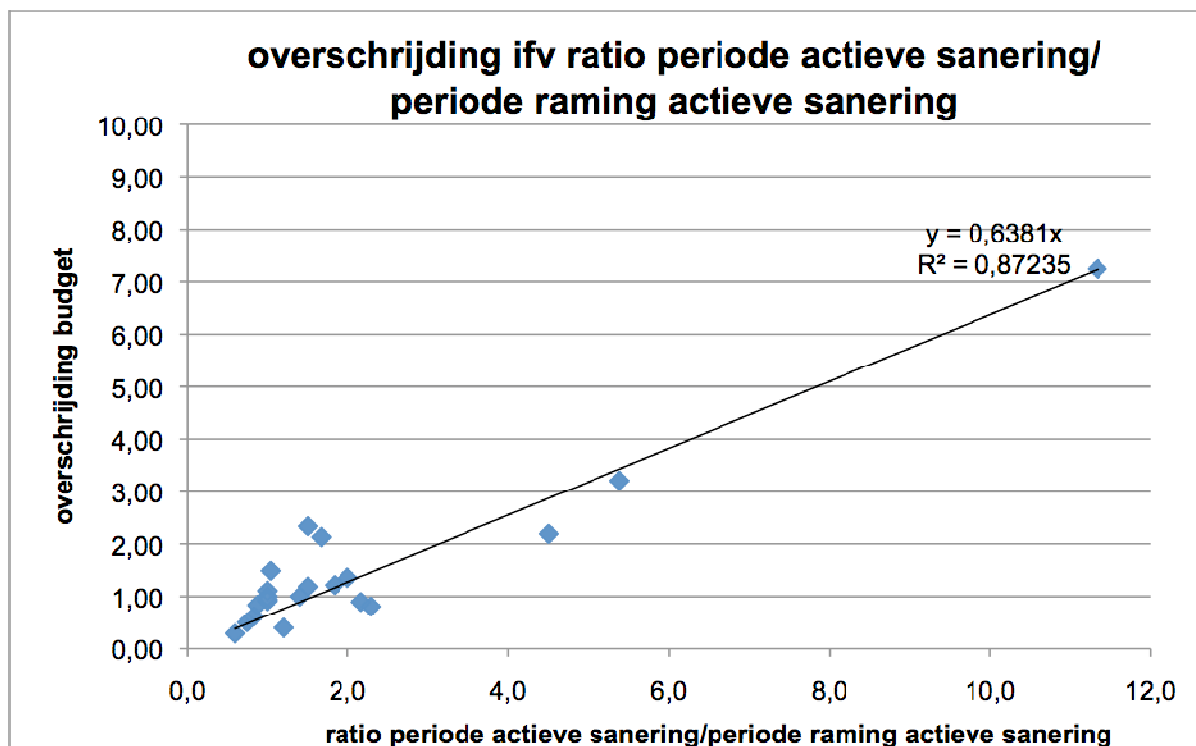
Grafiek 14



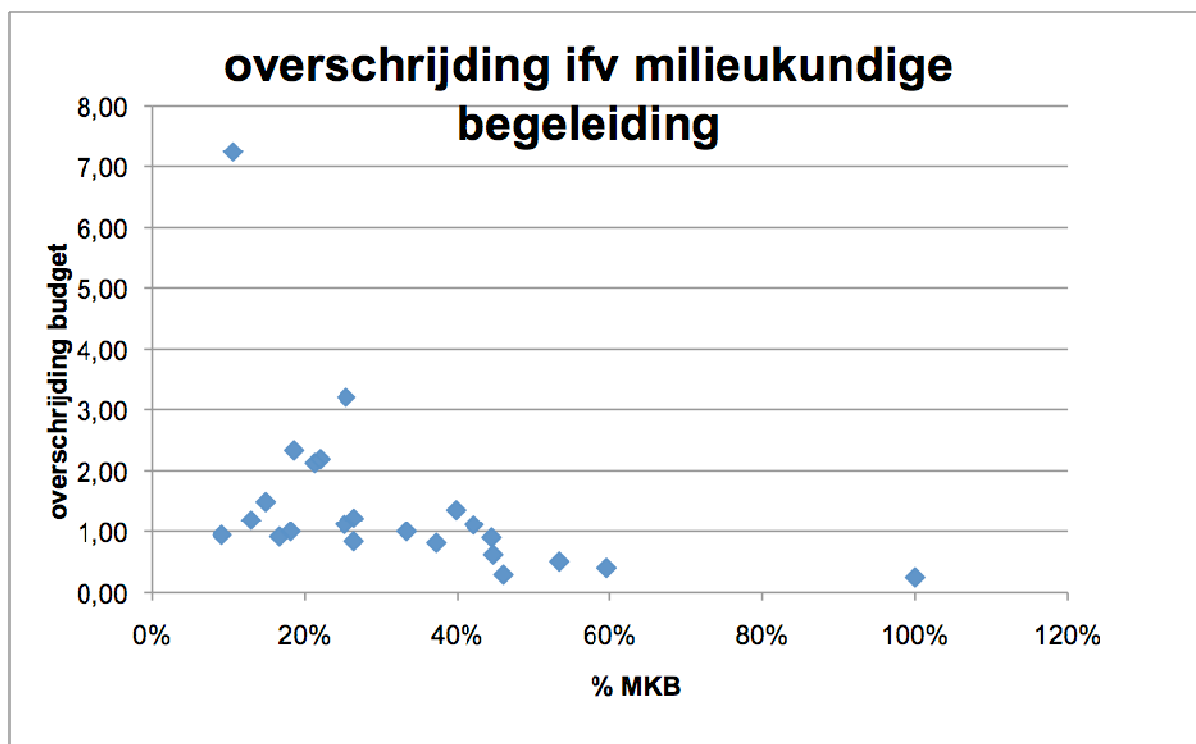
Grafiek 15



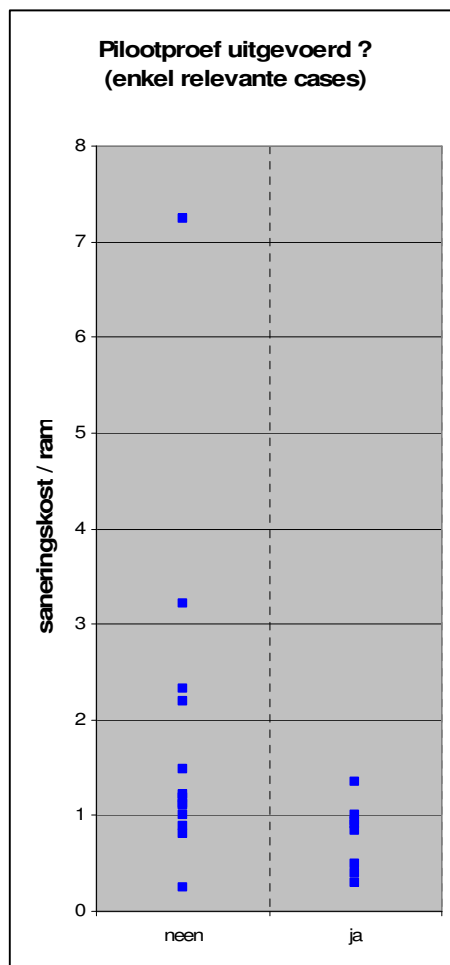
Grafiek 16



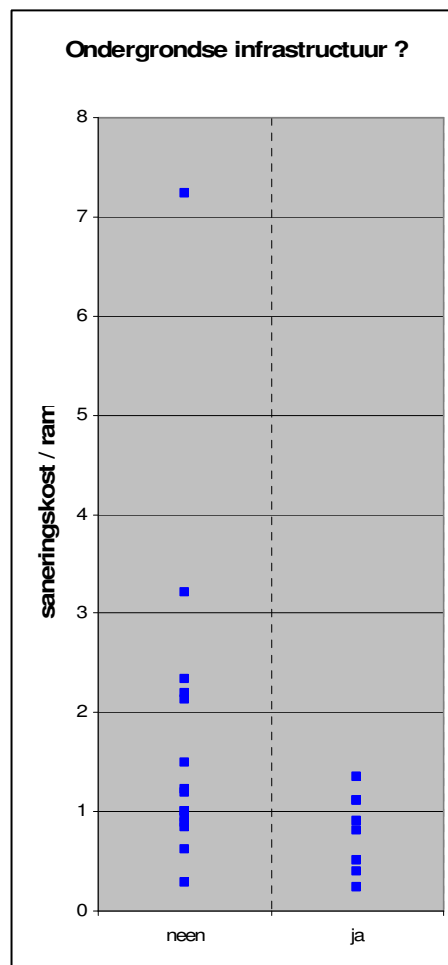
Grafiek 17



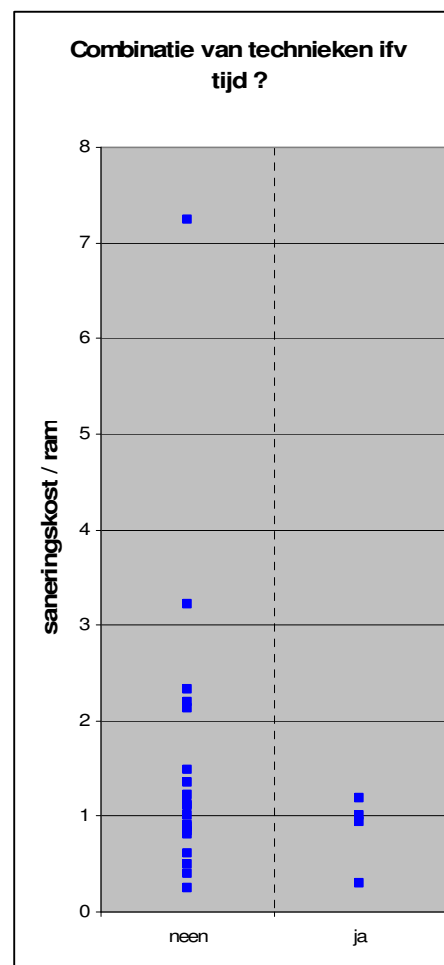
Bijlage 4 Grafieken kwalitatieve parameters



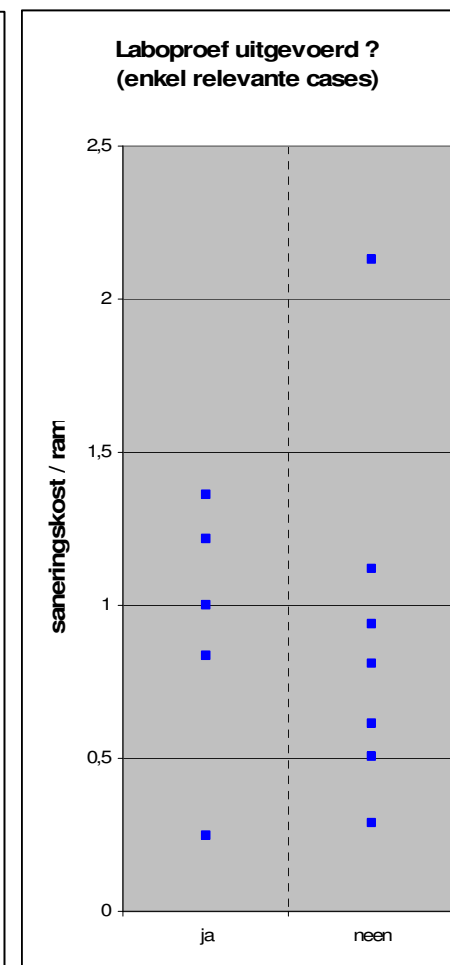
Grafiek 1



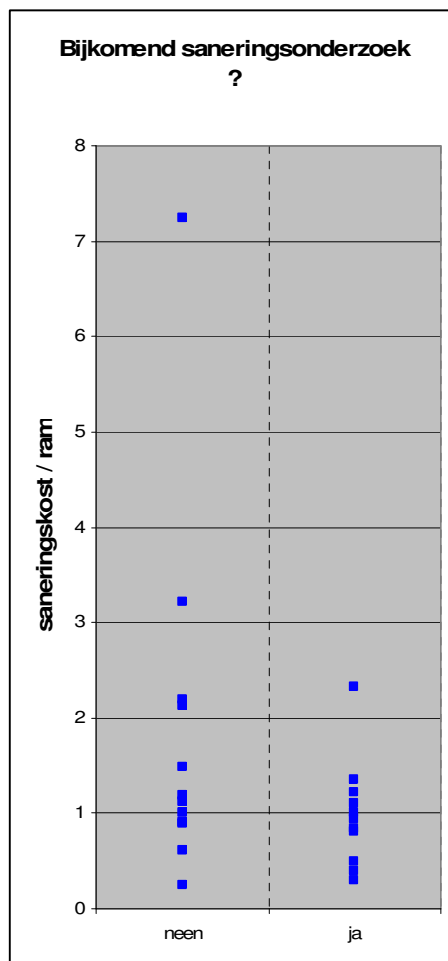
Grafiek 2



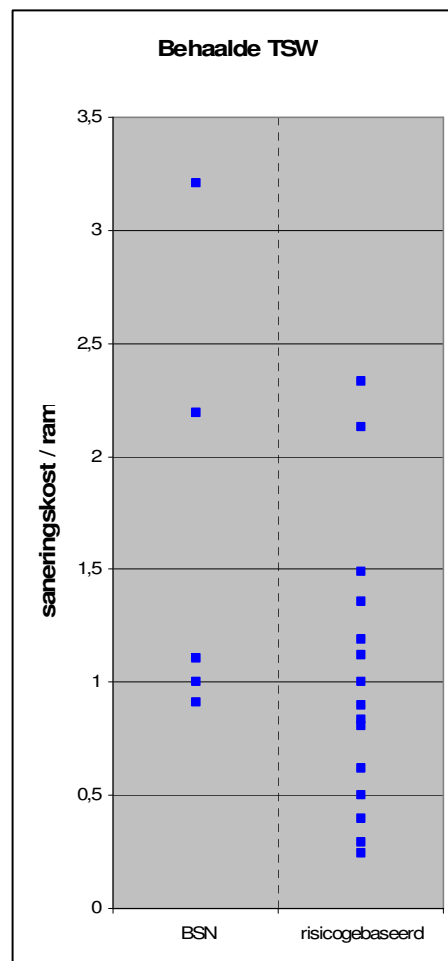
Grafiek 3



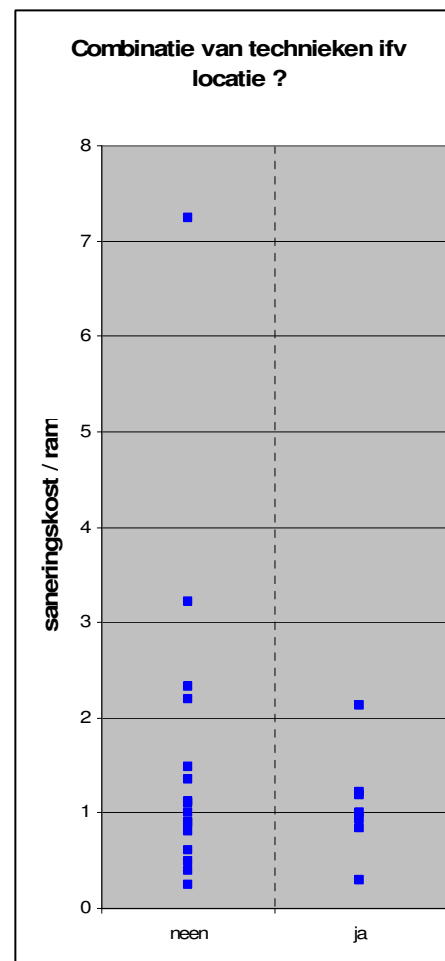
Grafiek 4



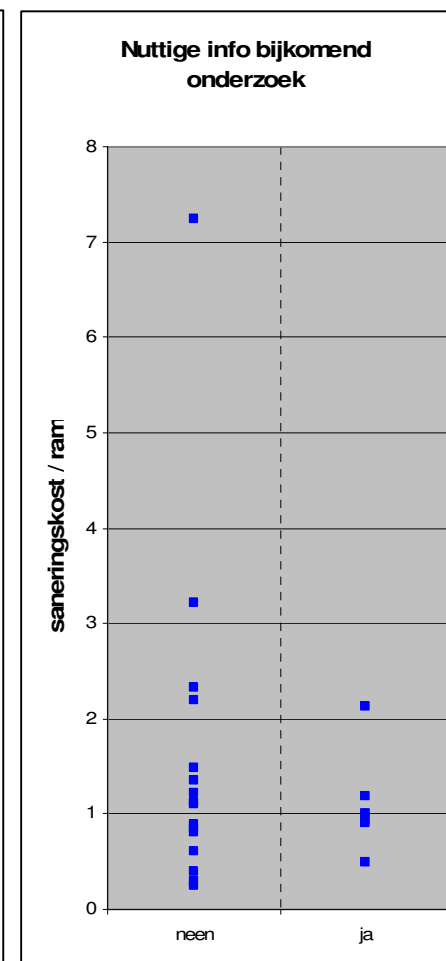
Grafiek 5



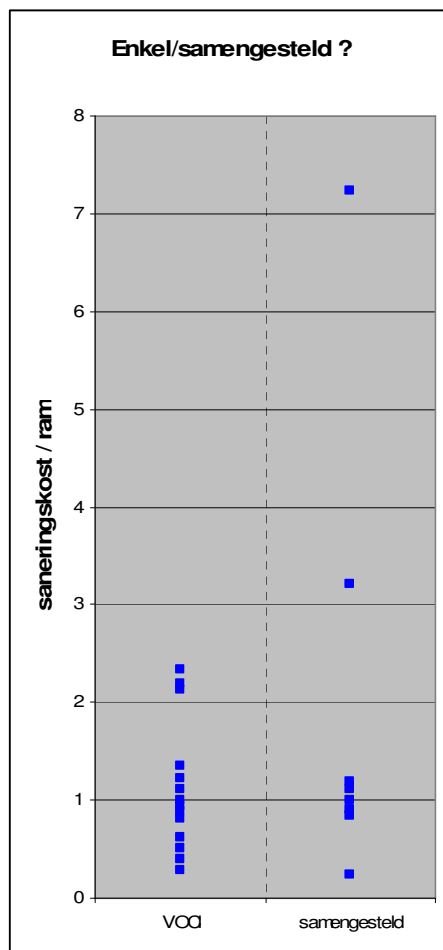
Grafiek 6



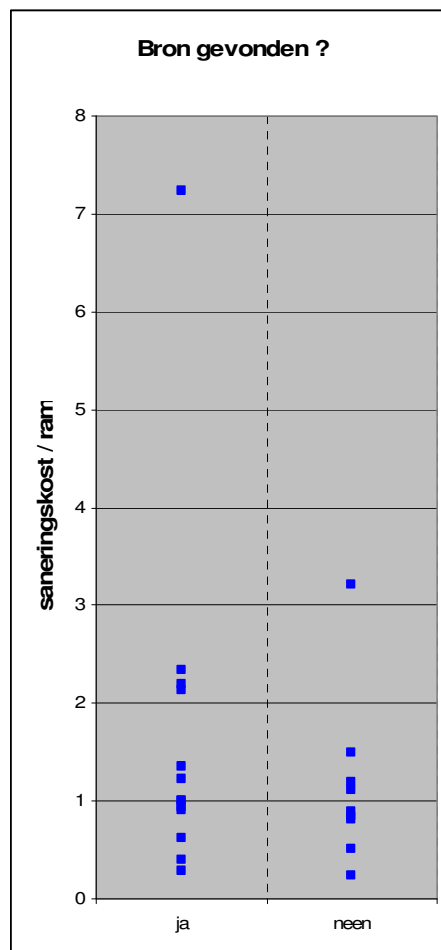
Grafiek 7



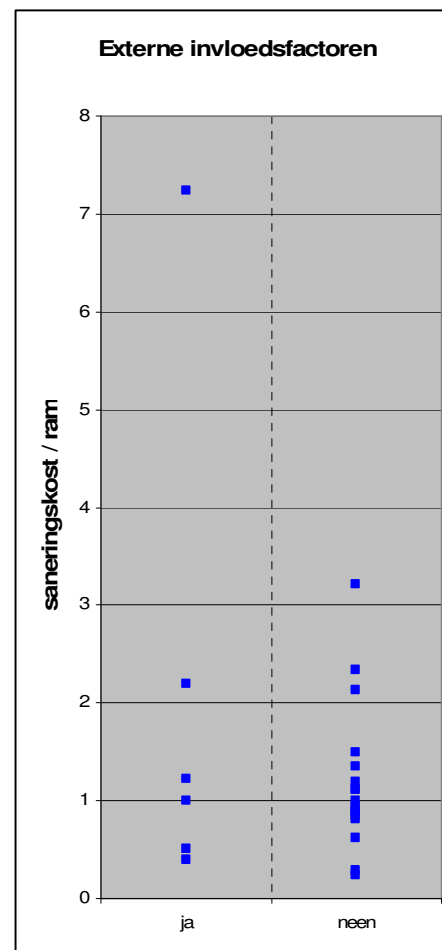
Grafiek 8



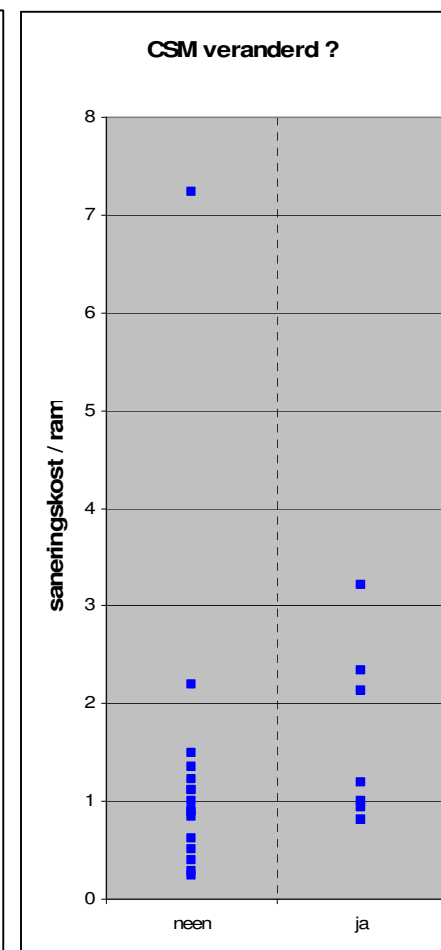
Grafiek 9



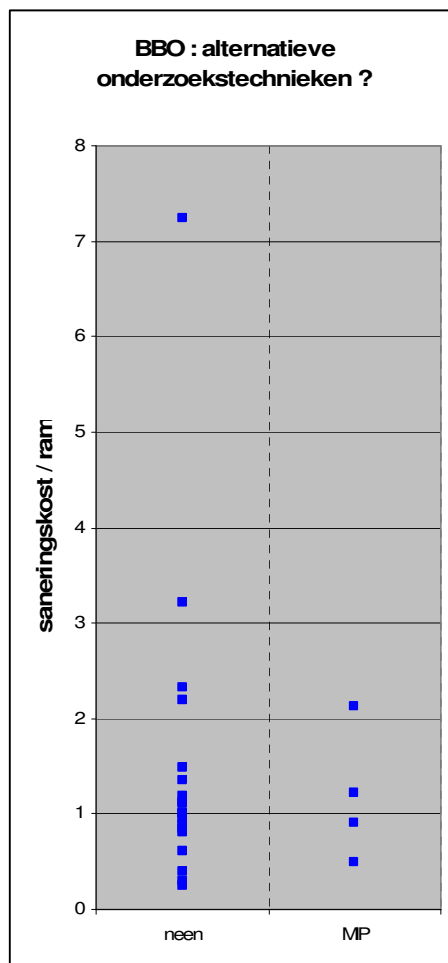
Grafiek 10



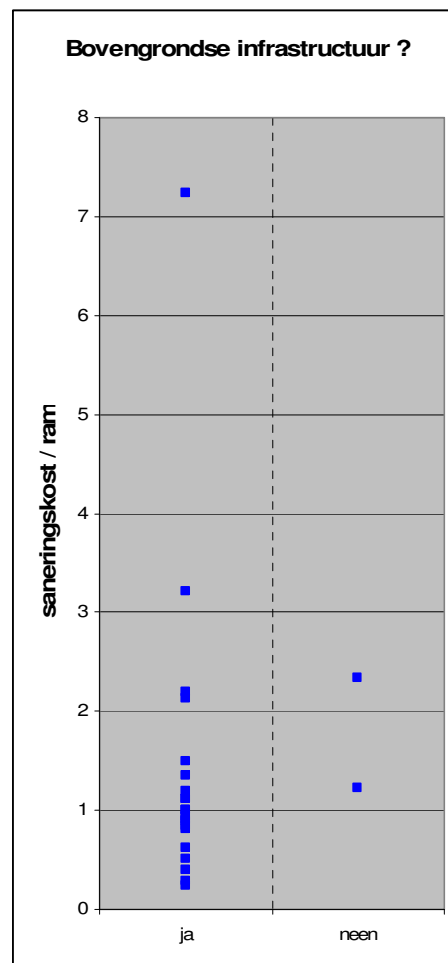
Grafiek 11



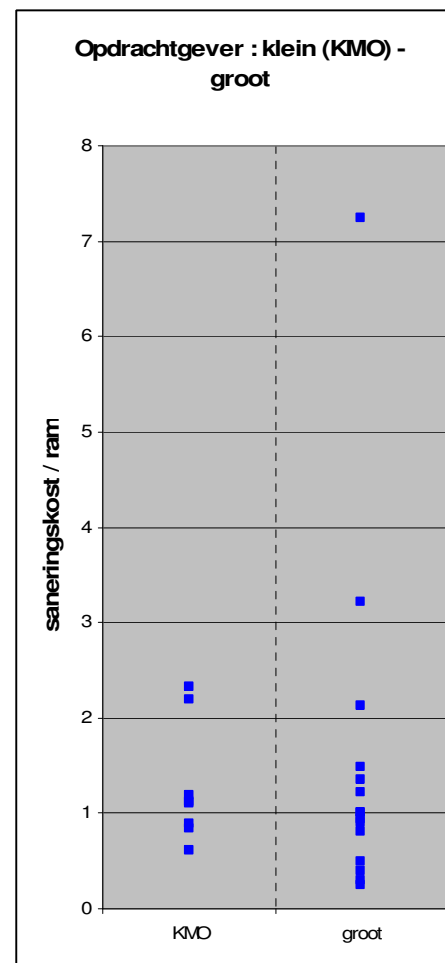
Grafiek 12



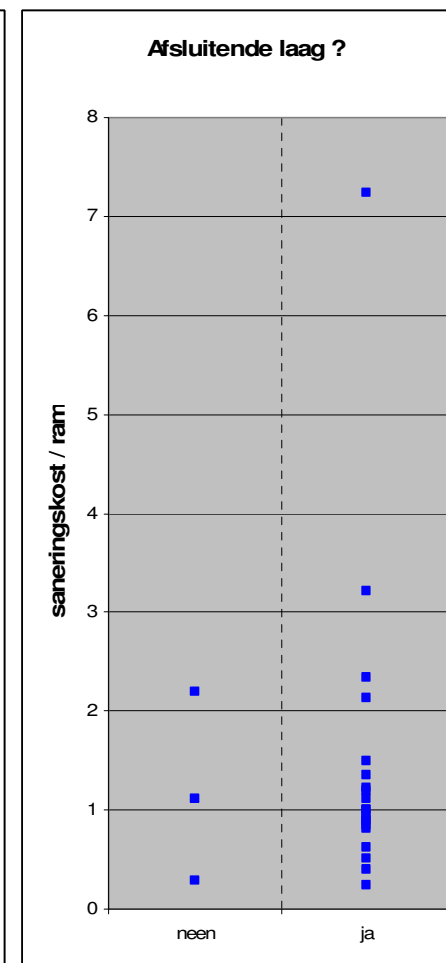
Grafiek 13



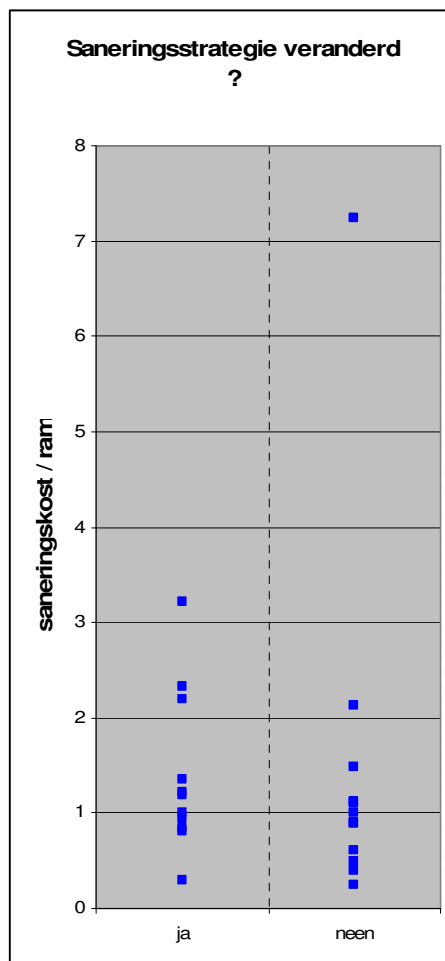
Grafiek 14



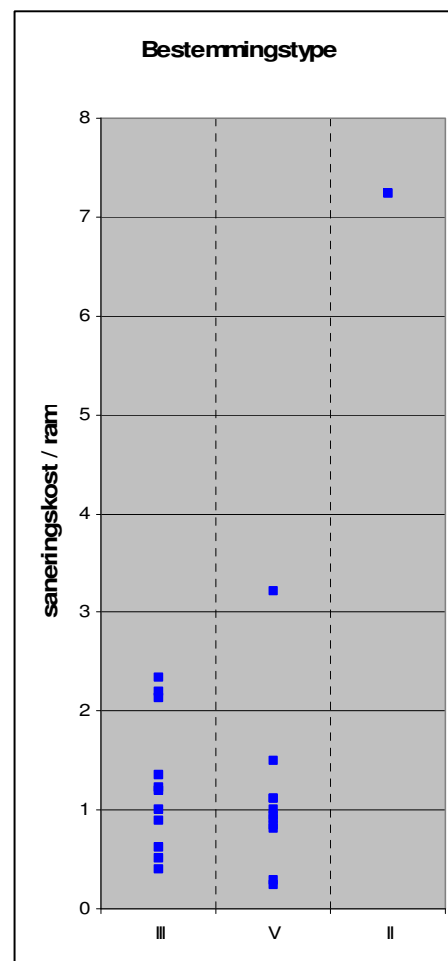
Grafiek 15



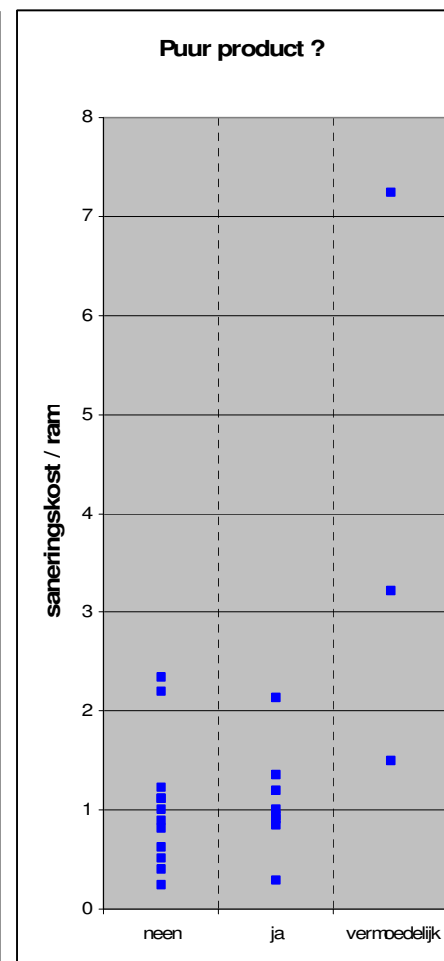
Grafiek 16



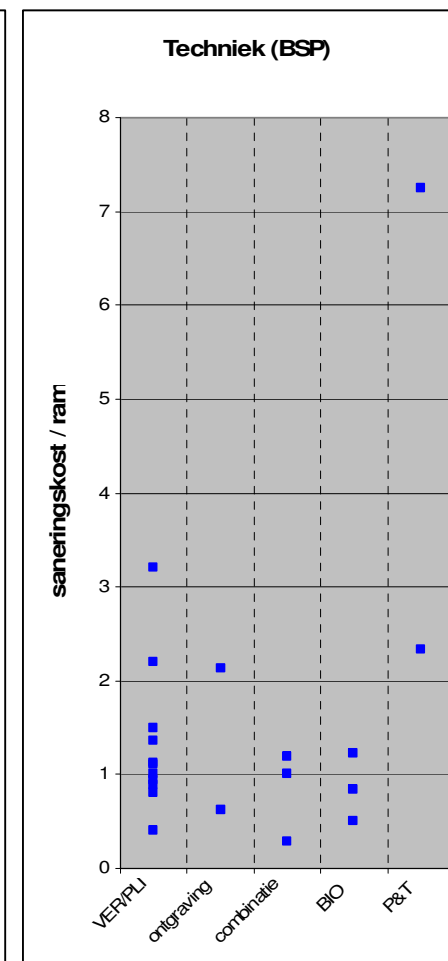
Grafiek 17



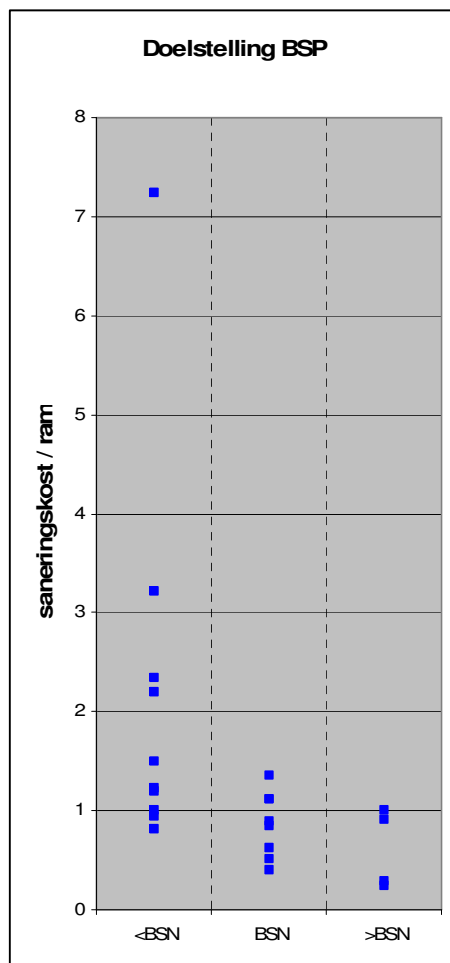
Grafiek 18



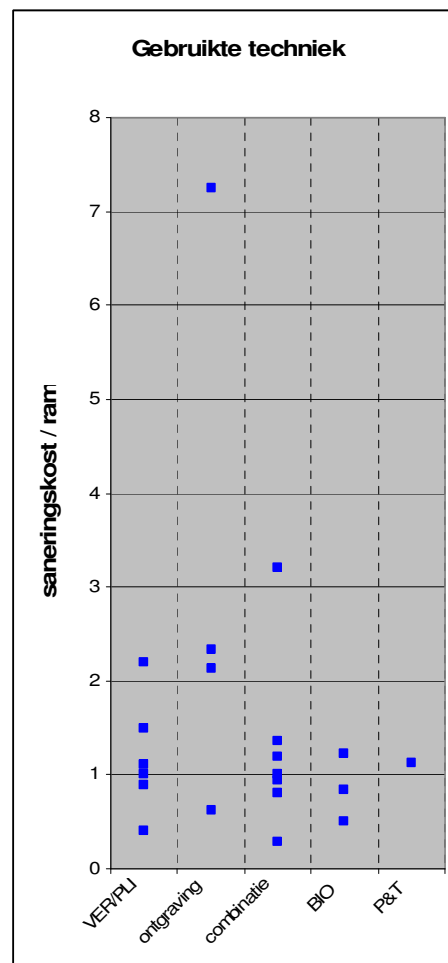
Grafiek 19



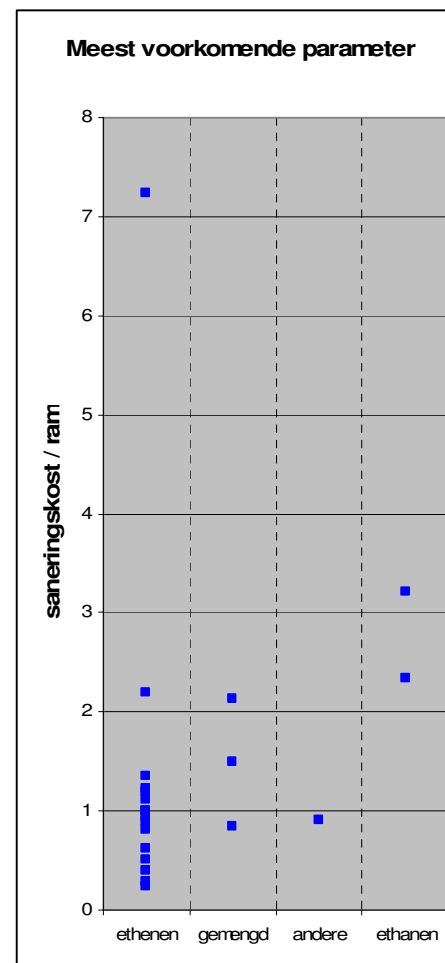
Grafiek 20



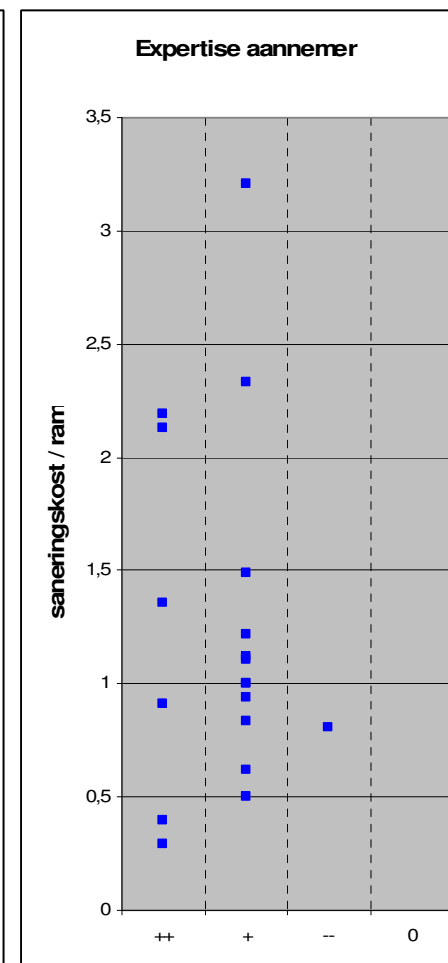
Grafiek 21



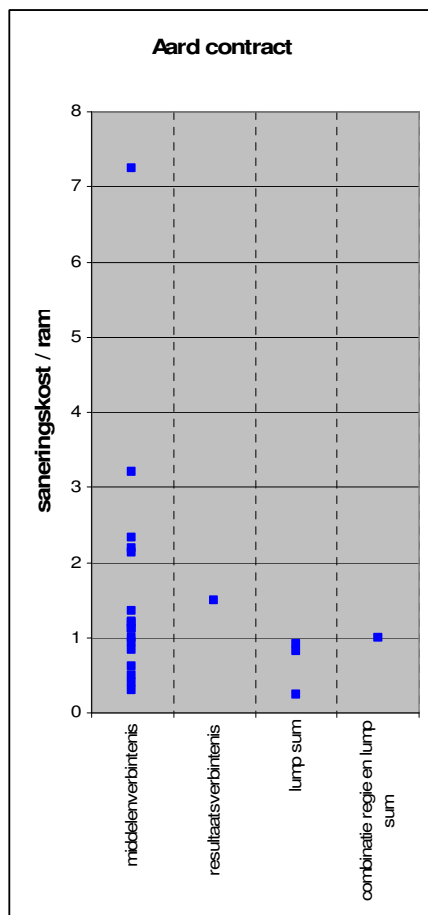
Grafiek 22



Grafiek 23



Grafiek 24



Grafiek 25

Bijlage 5 Informatie T-test

HOOFDSTUK IV

TOETSEN VAN STATISTISCHE HYPOTHESEN

4.1 PARAMETERTOESTEN

1

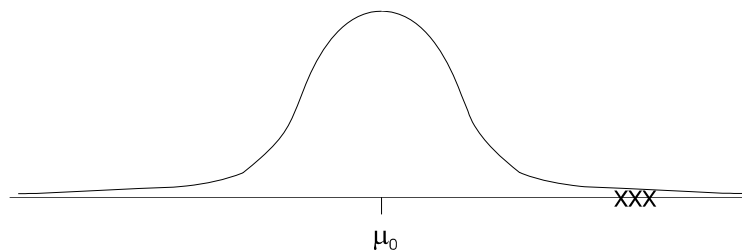
Theorie Statistiek – Les 7

A. Toetsen van het gemiddelde

Beschouw een steekproef $X_1, X_2, \dots, X_n$ van n onafhankelijke $N(\mu, \sigma)$ verdeelde kansveranderlijken

Men beweert dat $\mu = \mu_0$?

Men wenst deze hypothese na te gaan op grond van een aantal meetresultaten. Men wil dus toetsen of μ_0 de juiste parameter is



Als μ_0 de juiste parameter is, dan zijn xxx onwaarschijnlijke resultaten.

2

Theorie Statistiek – Les 7

Toetsen van het gemiddelde

Tweezijdige toets

Nulhypothese: $H_0: \mu = \mu_0$

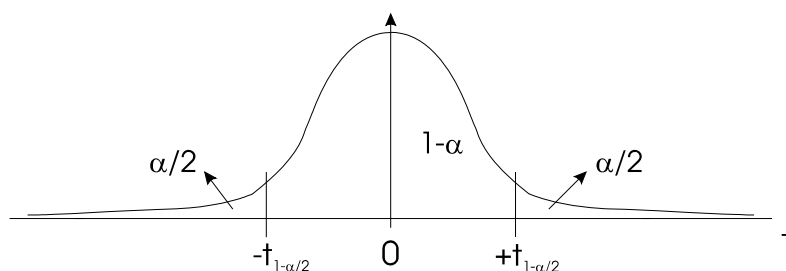
Alternatieve hypothese: $H_1: \mu \neq \mu_0$

Onder de nulhypothese (indien H_0 waar is) heeft men

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\hat{S}} \cdot \sqrt{n} \sim t_{n-1}$$

Toetsen van het Gemiddelde

Grafisch betekent dit



Onder de nulhypothese is de kans klein dat het gemiddelde van de steekproef sterk zou afwijken van μ_0 en bijgevolg dat T extreem groot of klein zou zijn. Indien na het experiment zou blijken dat dit het geval is dan geloven we niet dat H_0 juist is.

Toetsen van het gemiddelde

Onder voorwaarde dat H_0 juist is heeft men

$$P[-t_{1-\alpha/2} \leq T \leq t_{1-\alpha/2}] = 1 - \alpha$$

Beslissingsregel

als $T \in [-t_{1-\alpha/2} ; t_{1-\alpha/2}]$	aanvaarden we H_0
en als $T \notin [-t_{1-\alpha/2} ; t_{1-\alpha/2}]$	verwerpen we H_0

Men noemt

$[-t_{1-\alpha/2} ; t_{1-\alpha/2}]$	het aanvaardingsgebied
en $]-\infty ; -t_{1-\alpha/2} [\cup] t_{1-\alpha/2} ; +\infty [$	de kritieke zone

Men spreekt van een tweezijdige toets op niveau α
(of significantieniveau α). Meestal neemt men $\alpha=5\%$ of 1% .

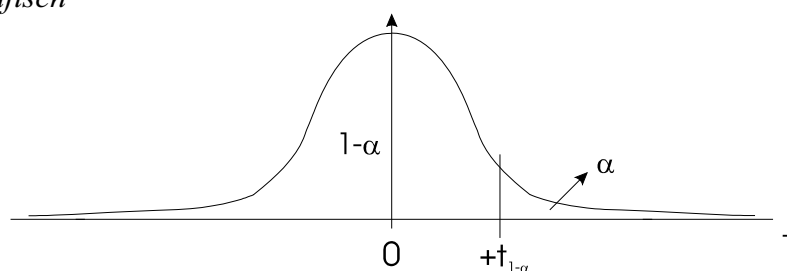
Toetsen van het gemiddelde

Eénzijdige t-toets

Nulhypothese: $H_0: \mu = \mu_0$

Alternatieve hypothese: $H_1: \mu > \mu_0$

Grafisch



Toetsen van het gemiddelde

Beslissingsregel

als $T \in] -\infty ; t_{1-\alpha}]$	aanvaarden we H_0
en als $T \notin] -\infty ; t_{1-\alpha}]$	verwerpen we H_0

Men noemt nu

$] -\infty ; t_{1-\alpha}]$	het aanvaardingsgebied
en $] t_{1-\alpha} ; +\infty [$	de kritieke zone

Men spreekt van een ééNZijDige toets op niveau α .

Toetsen van het gemiddelde

Opmerkingen

1. In geval van een alternatieve hypothese $H_1: \mu < \mu_0$ is het aanvaardingsgebied $] -t_{1-\alpha} ; +\infty [$
2. Voor grote steekproeven ($n \geq 30$) gaat t_{n-1} over in een $N(0,1)$ verdeling en past men dezelfde methode toe
3. Wanneer n groot is ($n \geq 30$) en de verdeling van de waarnemingen geen NV is dan is door de centrale limietstelling het gemiddelde van de steekproef ongeveer normaal verdeeld en kan dezelfde methode worden toegepast.

Toetsen van het gemiddelde

4. Wanneer men een statistische toets uitvoert heeft men de volgende mogelijke combinaties

	H_0 aanvaarden	H_0 verwerpen
H_0 is waar	$1 - \alpha$	α = fout van de eerste soort
H_0 is verkeerd	β = fout van de 2de soort	$1 - \beta$

Als α stijgt dan daalt β en omgekeerd
Om beide fouten te doen dalen moet men n vergroten

Toetsen van het gemiddelde

Voorbeeld 1

Veronderstel dat het gehalte cholesterol normaal verdeeld is.
In een steekproef van 10 mannen van 50 tot 59 jaar vond men een gehalte cholesterol gemiddeld gelijk aan 187,5 mg/dl met $\tilde{S} = 25,0$ mg/dl.

Toets de hypothese dat in de populatie
 $\mu = \mu_0 = 210$ op het niveau $\alpha = 5\%$ en 1%

t.o.v. de hypothese dat het gemiddelde verschillend is van 210 mg/dl

Toetsen van het gemiddelde

Tweezijdige toets

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_1: \mu \neq \mu_0$$

Aanvaardingsgebied

$$\text{voor } \alpha = 5\% \quad [-t_{0,975} ; t_{0,975}] = [-2,262 ; 2,262]$$

$$\text{voor } \alpha = 1\% \quad [-t_{0,995} ; t_{0,995}] = [-3,25 ; 3,25]$$

Toetsen van het gemiddelde

Toetsgrootheid

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\hat{S}} \cdot \sqrt{n} = \frac{187,5 - 210,0}{25} \cdot \sqrt{10} = -2,846$$

Besluit

$$T \notin [-2,262 ; 2,262] \quad \Rightarrow H_0 \text{ verwerpen bij } \alpha = 5\%$$

$$T \in [-3,25 ; 3,25] \quad \Rightarrow H_0 \text{ aanvaarden bij } \alpha = 1\%$$

Toetsen van het gemiddelde

Voorbeeld 2

Aan 36 mensen gaf men gedurende 1 week een slaapmiddel en de volgende week geen behandeling. Voor elke proefpersoon noteert men x , het verschil in aantal uren slaap na inname van het slaapmiddel en zonder slaapmiddel (totaal over een week).

Men vond $\bar{X} = 1,2$ uur en $\tilde{S} = 3$ uur en stelt zich de vraag of het slaapmiddel een effect heeft, op het niveau $\alpha = 5\%$.

Toetsen van het gemiddelde

Eénzijdige toets

$$H_0: \mu = 0$$

$$H_1: \mu > 0$$

Aanvaardingsgebied

Voor $\alpha = 5\%$ is het aanvaardingsgebied: $] -\infty ; t_{0,95}]$

Sinds $n \geq 30$ kan men bij benadering de normale waarde $\mu_{0,95}$ nemen:
 $] -\infty ; 1,645]$

Toetsen van het gemiddelde

Toetsgrootheid

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\tilde{S}} \cdot \sqrt{n} = \frac{1,2 - 0}{3} \cdot \sqrt{36} = 2,4$$

Besluit

$T \notin] -\infty ; 1,645] \Rightarrow H_0$ verwerpen
het slaapmiddel heeft dus een effect
(ook indien men tweezijdig toetst)

B. Toetsen van de variantie

In dezelfde situatie als voor de toets op het gemiddelde wenst men na te gaan of $\sigma^2 = \sigma_0^2$.

Indien deze nulhypothese waar is dan heeft men:

$$\frac{(n-1) \cdot \tilde{S}^2}{\sigma_0^2} = \frac{n \cdot S^2}{\sigma_0^2} \sim \chi_{n-1}^2$$

B1. Tweezijdige toets

$$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$$

$$H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$$

Het aanvaardingsgebied is $[\chi_{\alpha/2}^2 ; \chi_{1-\alpha/2}^2]$

B2. Eénzijdige toetsen

$$\begin{aligned} H_0: \sigma^2 &= \sigma_0^2 \\ H_1: \sigma^2 &> \sigma_0^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0: \sigma^2 &= \sigma_0^2 \\ H_1: \sigma^2 &< \sigma_0^2 \end{aligned}$$

De aanvaardingsgebieden zijn

$$[0 ; \chi_{1-\alpha}^2]$$

$$[\chi_{\alpha}^2 ; +\infty [$$