Naar optimale risicogerichte nazorg van teerlocaties.

BodemBreed // 21 april 2022 // 13:00-14:30 uur

symposium bodem breed

Deltares TAUW Gemeente Rotterdam

Programma.

TIJD	ONDERWERP	SPREKER
13:00-13:10	Welkom + Introductie	Flip van Keulen
13:10-13:25	CASUS 1) Griftpark Utrecht	Sophie Vermooten Jan Gerritse
13:25-13:30	*Interactie n.a.v. casus 1*	
13:30-13:45	CASUS 2) Gasfabriek Kralingen Rotterdam	Bart Hoogendoorn Meinie Naus
13:45-13:50	*Interactie n.a.v. casus 2*	
13:50-14:05	CASUS 3) Olasfa Olst	Frank Volkering
14:05-14:10	*Interactie n.a.v. casus 3*	
14:10-14:30	Lessons Learned	Flip van Keulen/ Jillian Sant-Barendregt

Griftpark Utrecht.

Foto Arthur Gerla

Gemeente Utrecht

Gert Leurink
Bart Manders
Peter Rood

WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH

Tim Grotenhuis
Dilan Aydin
Andrea Aldas Varga

Deltares

Jan Gerritse
Sophie Vermooten

Universiteit Utrecht

Johan van Leeuwen
Suzanne Faber
Ruud Schotting

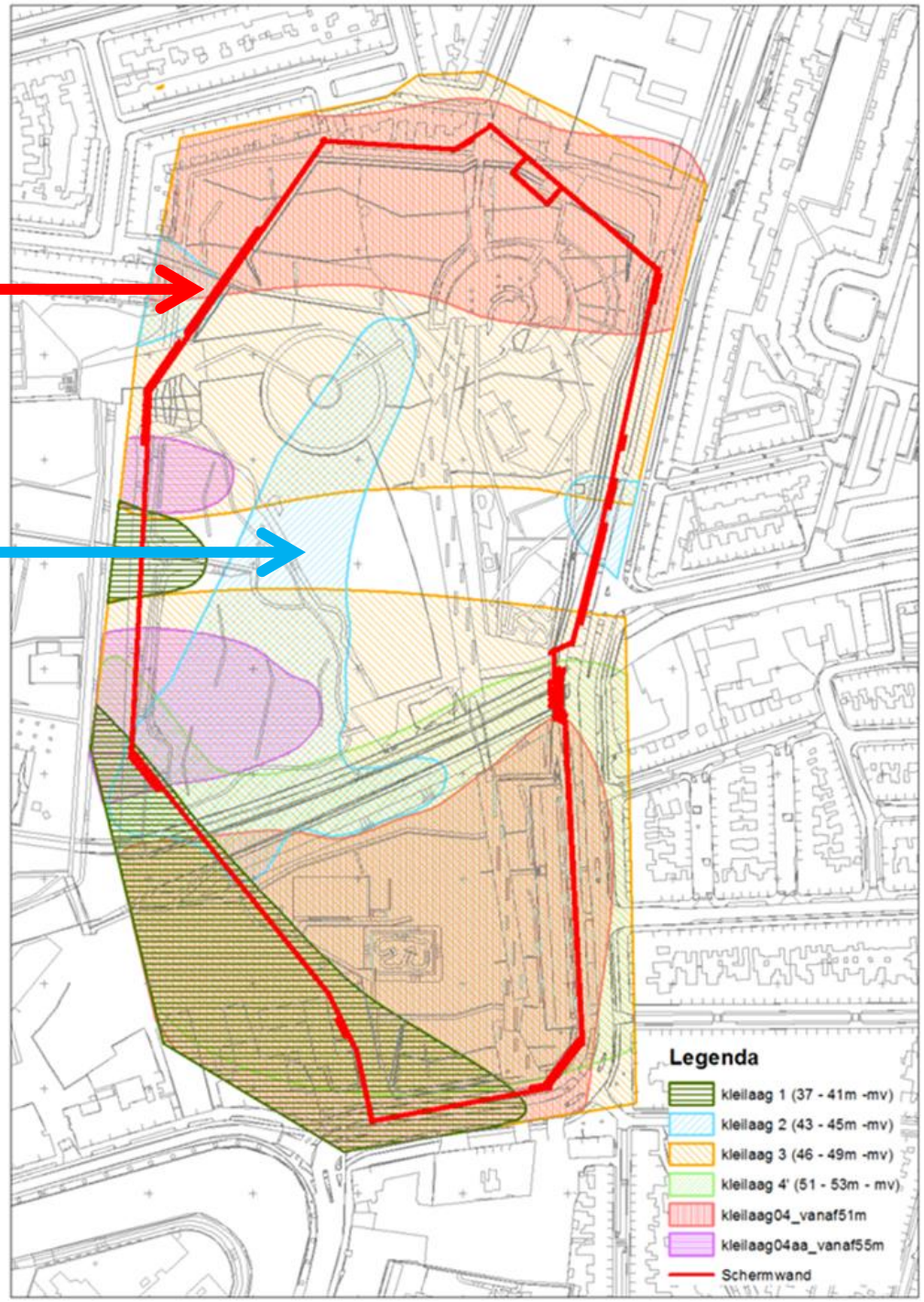
Antoine Booms

Avecco de Bondt

Gasfabrieken van 1862 tot 1962.

Inpakken verontreiniging.

- Schermwand
- Kleilagen formatie van Kedichem / Waalre
- “Gat” tussen 1e en 2e wvp op basis van sondeergegevens

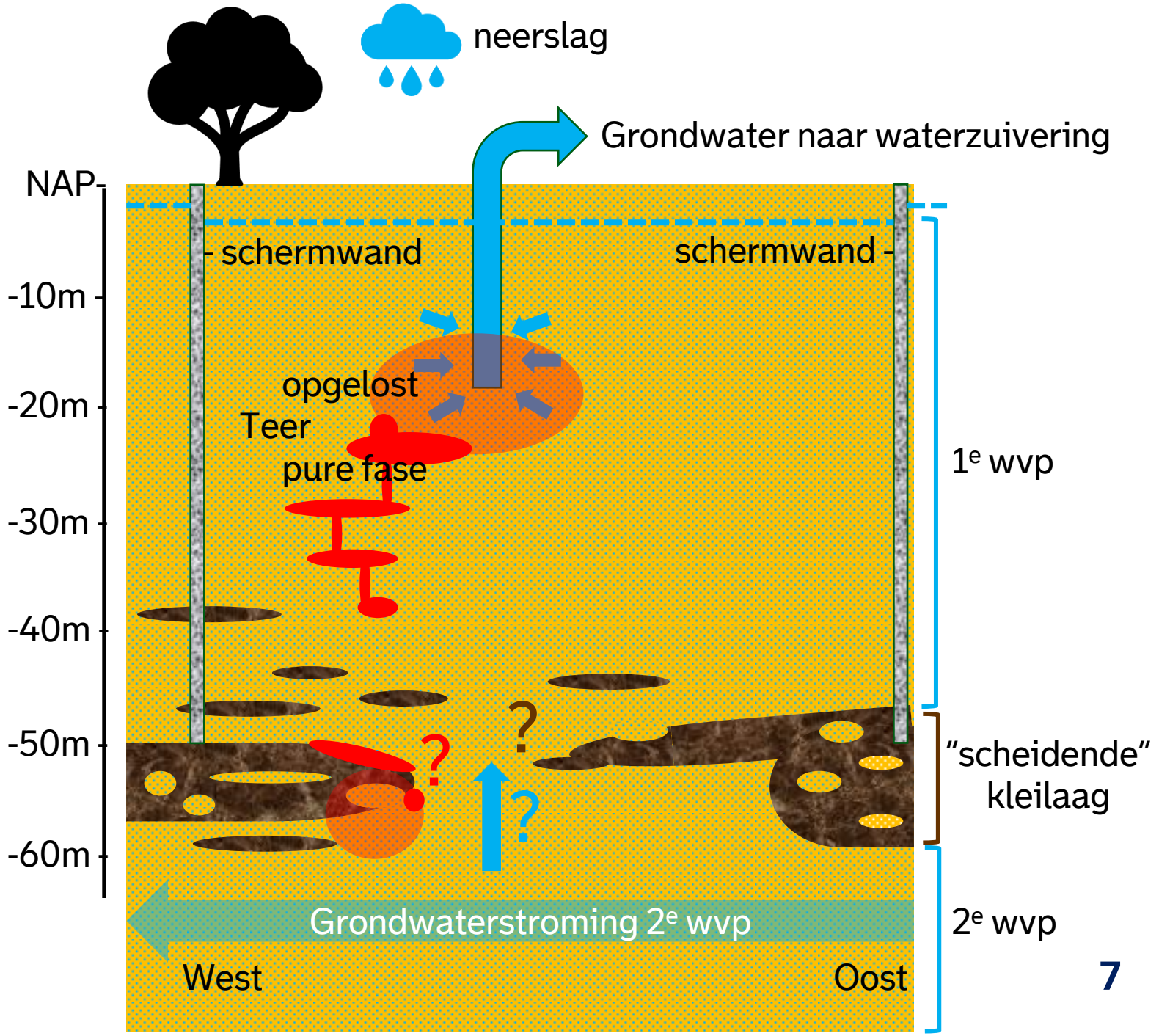


Bron: Grondmechanica Delft / Haskoning

IBC-maatregelen.

- Bovenste laag gesaneerd en afgedekt
- Cement-bentoniet schermwand tot op kleilaag 50 m-mv
- Grondwateronttrekking en bovengrondse zuivering
- Grondwatersanering buitengebied

VRAAG: is extensivering van IBC-maatregelen mogelijk zonder extra risico voor de omgeving?



Strategie onderzoek – natuurlijke afbraak (NA) deel.

Karakterisering verontreiniging

↓

Historisch onderzoek

↓

- Op welke locaties komt het voor?
- Hoe diep?
- Pure fase teer?
- Opgelost in grondwater?
- Welke stoffen?
- Wat is mobiel en kan 2e wvp bedreigen?

↘ MIP-sonderingen → Sonic boringen ↗

Reguliere peilbuizen en MLS

↑

- Afbraak van stoffen (isotopen en intermediairen)
- Micro-organismen met afbraakcapaciteit (DNA en batches)
- Redox-omstandigheden

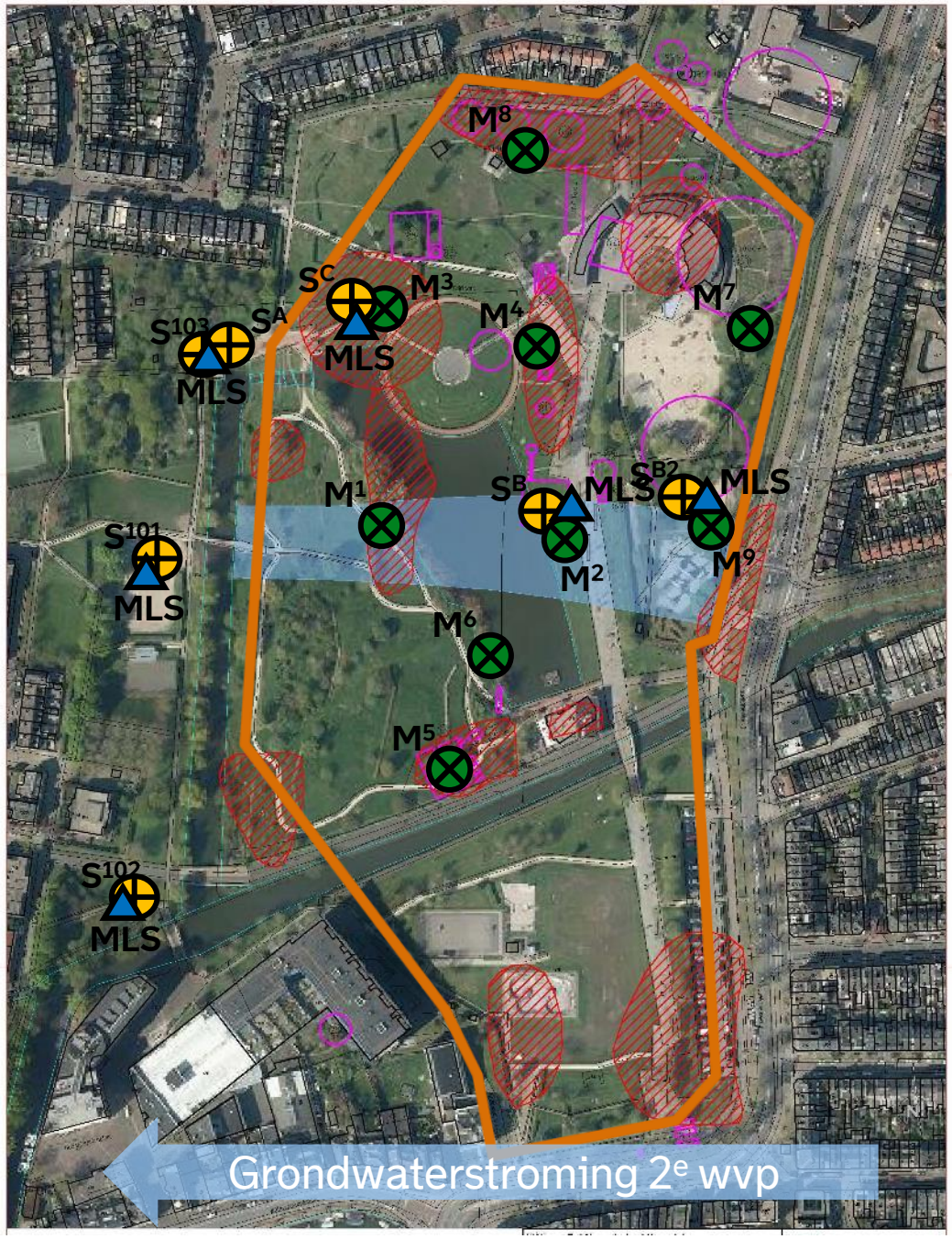
↑

Aantonen natuurlijke afbraak

3 BEWIJSLIJNEN

Verontreiniging in kaart.

- Historisch onderzoek
- MIP sonderingen in 1e wvp
- Sonic boringen tot in 2e wvp
- Plaatsen Multi Level Samplers



LEGENDA

Verdachte locatie

Verontreiniging

Kleilaag afwezig

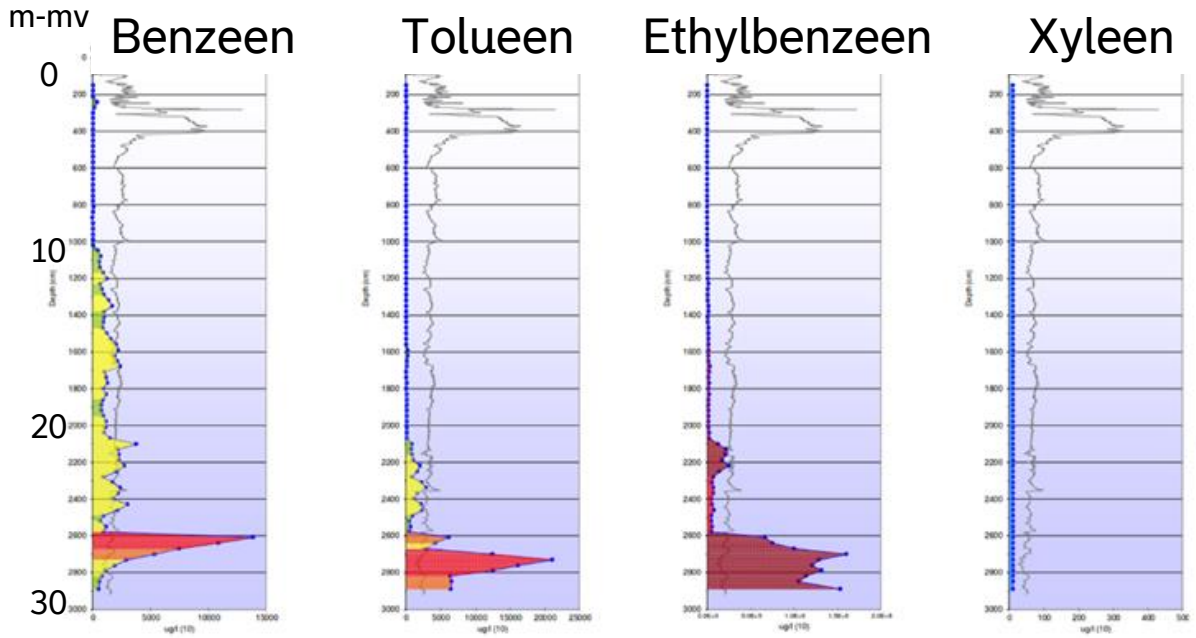
MLS Multi Level Sampler

SA Sonic boring

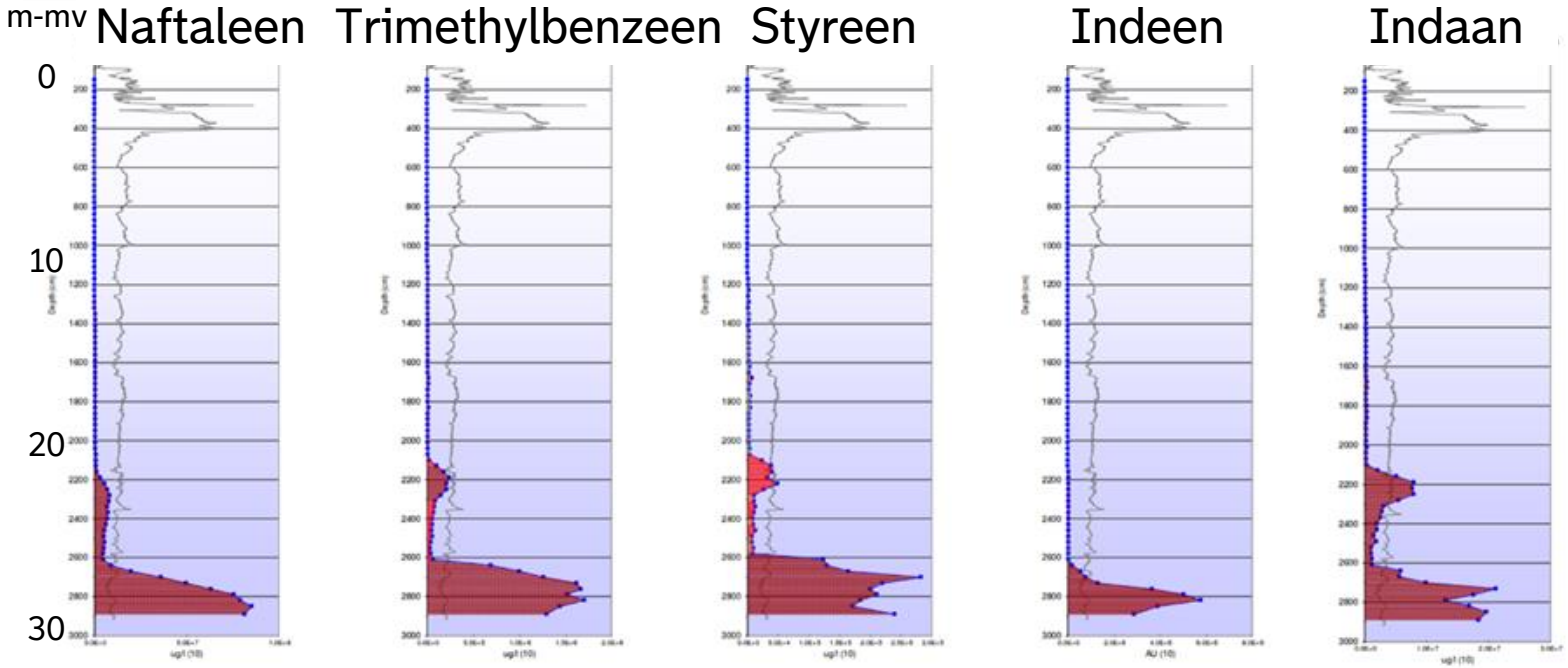
M1 MIP sondering

MIP sonderingen (voorbeeld M3).

- Membrane Interface Probe
- Op alle 9 verdachte plekken teerverontreiniging
- Aromatische koolwaterstoffen
- Pure fase teer op 6 van de 9 MIP locaties
- Verontreiniging tot ten minste 29 m-mv



GCMS:
- 10 - 200 ug/l
- 200 - 500 ug/l
- 500 - 1000 ug/l
- 1000 - 5000 ug/l
- 5000 - 10000 ug/l
- 10000 - 100000 ug/l
- >100000 ug/l



EnISSA
enhanced in-situ soil analysis

Sonic boringen.

- Boringen tot in het 2e wvp (107 m-mv)
- Bodemopbouw
- Grondmonsters lab-experimenten
- Plaatsen multi level samples (MLS)

SIALTECH EUROPE

Verticale profielen verontreiniging MLS.

Locaties B en B1 (boven "gat" in kleilaag)

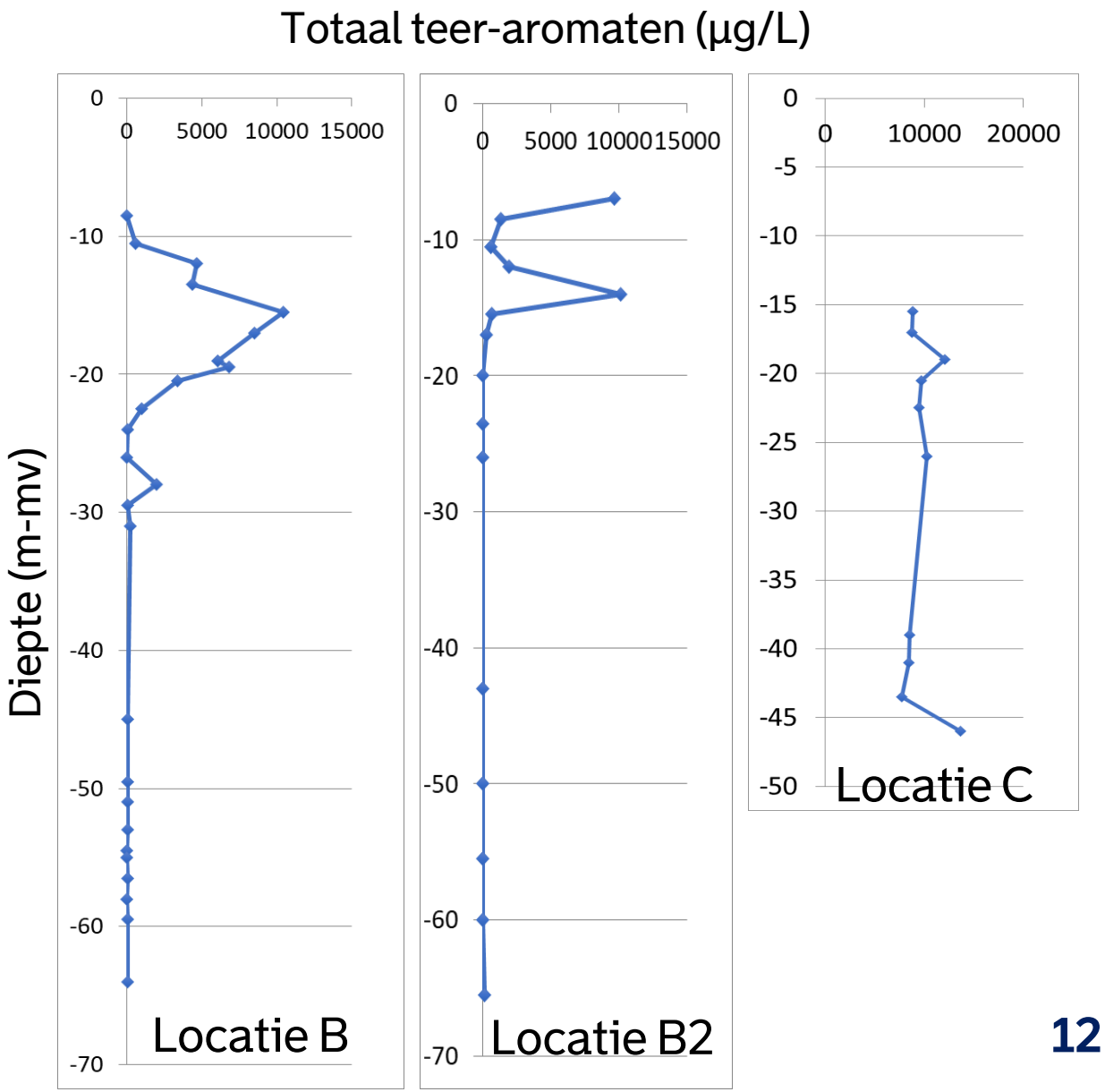
Teerverontreiniging in 1e wvp

Locatie C (zwaar verontreinigd)

Pure fase teer tot op kleilaag (46 m-mv)

Locaties 101, 102, 103 (ten westen Griftpark)

Geen verontreiniging in 2e wvp

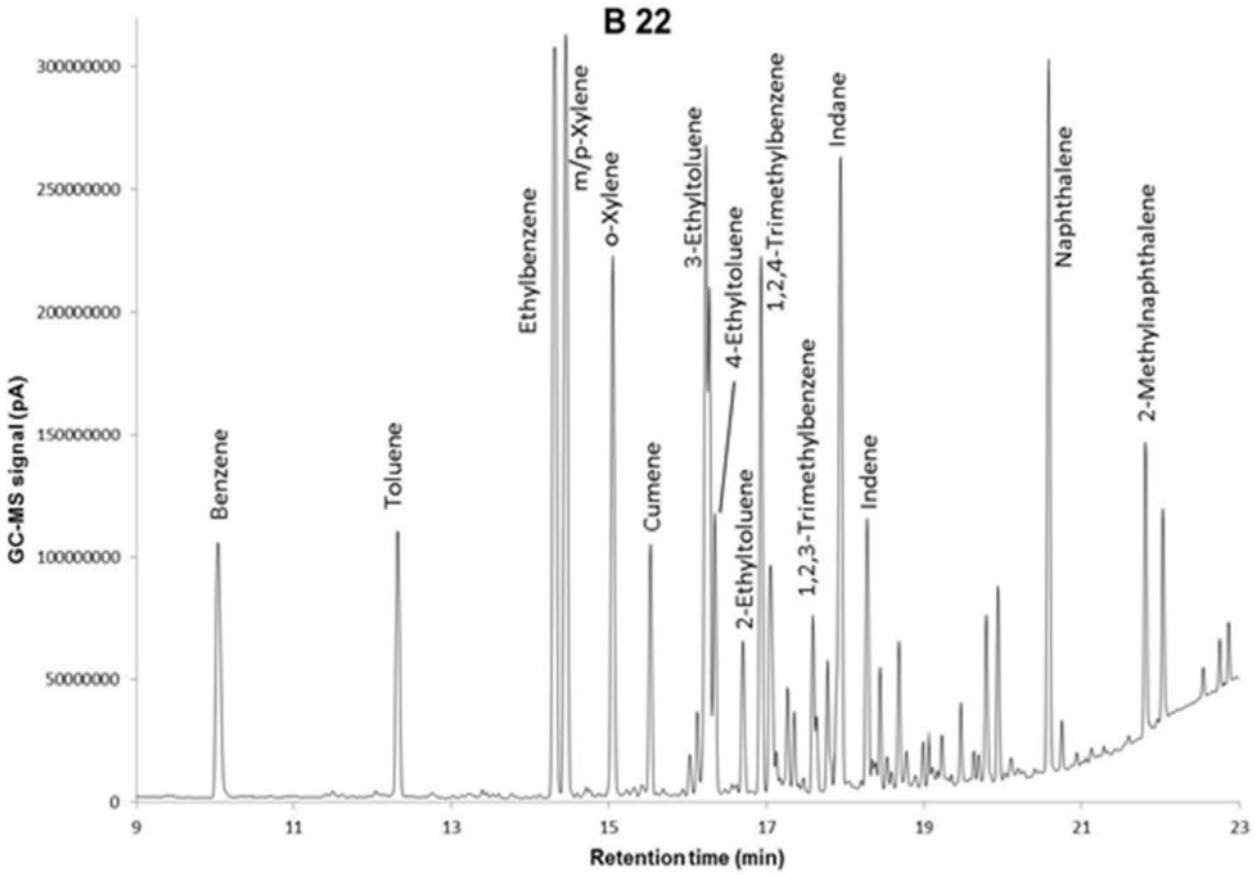


Samenstelling verontreiniging in grondwater: GC-MS analyse.

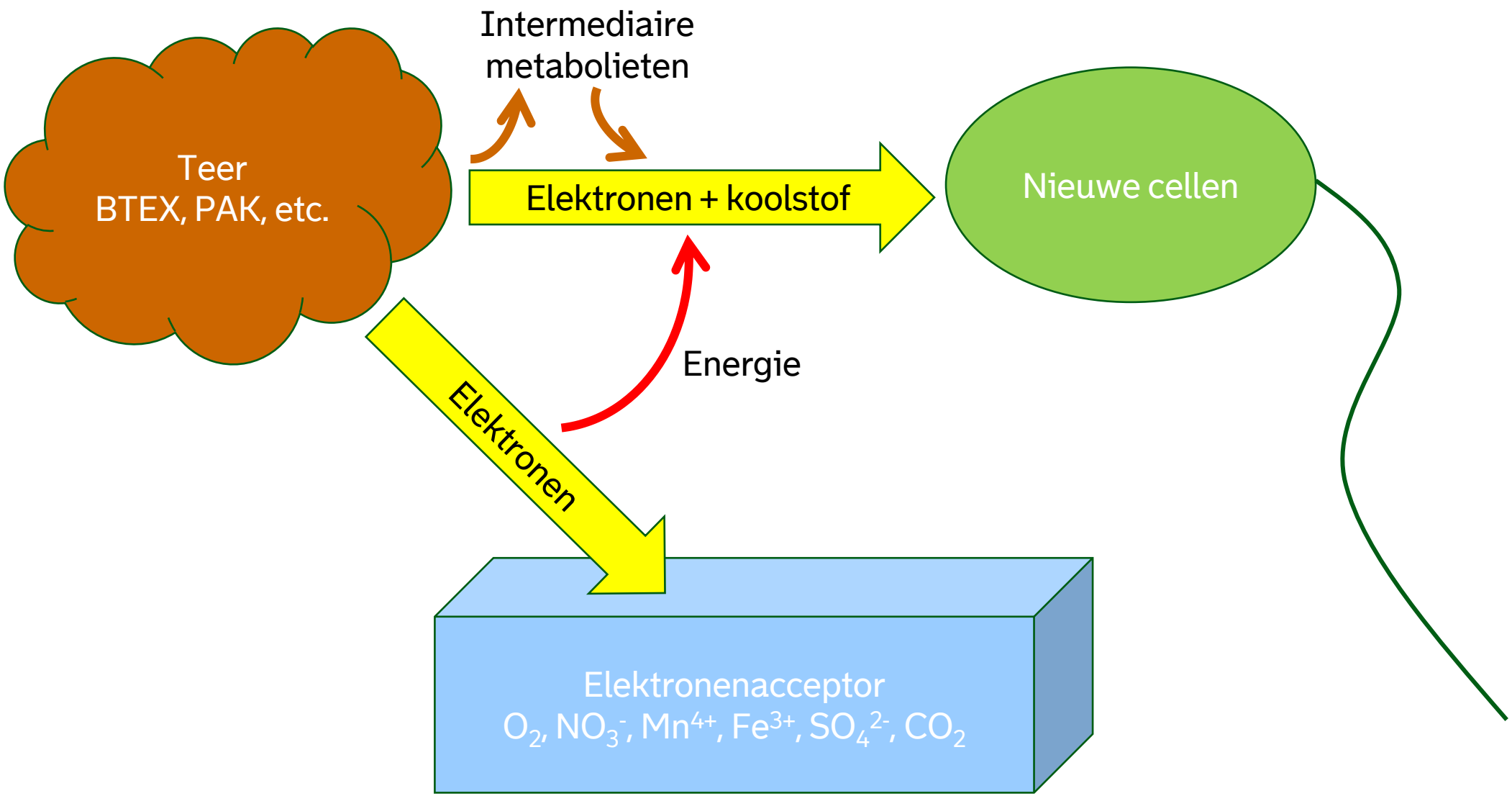
- 36 mono-aromatische koolwaterstoffen
- 25 twee- en drie-ring polycyclische koolwaterstoffen (PAK) aromaten
- 4 alifatische koolwaterstoffen (minerale olie)
- 8 fenolen / cresolen
- 12 heterocyclische

⇒ 90% bestaat uit BTEX + andere aromatische koolwaterstoffen zoals Indeen, Indaan, Naftaleen

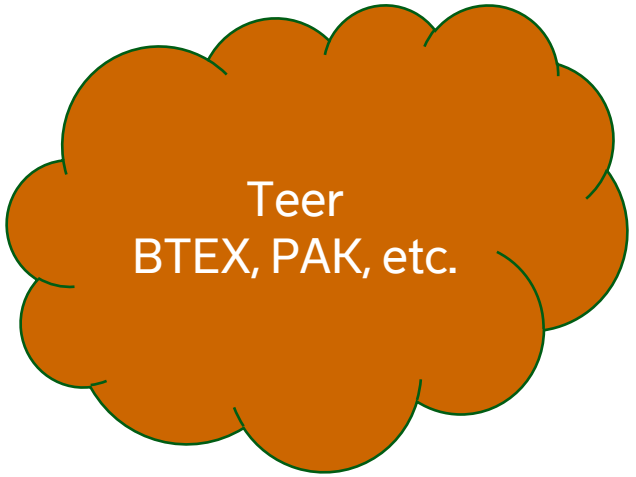
Focus van NA onderzoek op die stoffen



Natuurlijke afbraak.

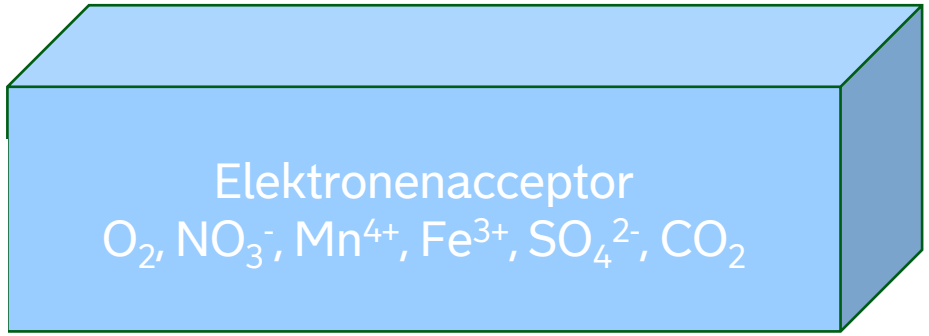


3 bewijslijnen voor natuurlijke afbraak.



2. Afbraakcapaciteit micro-organismen
- Batchtesten
- DNA

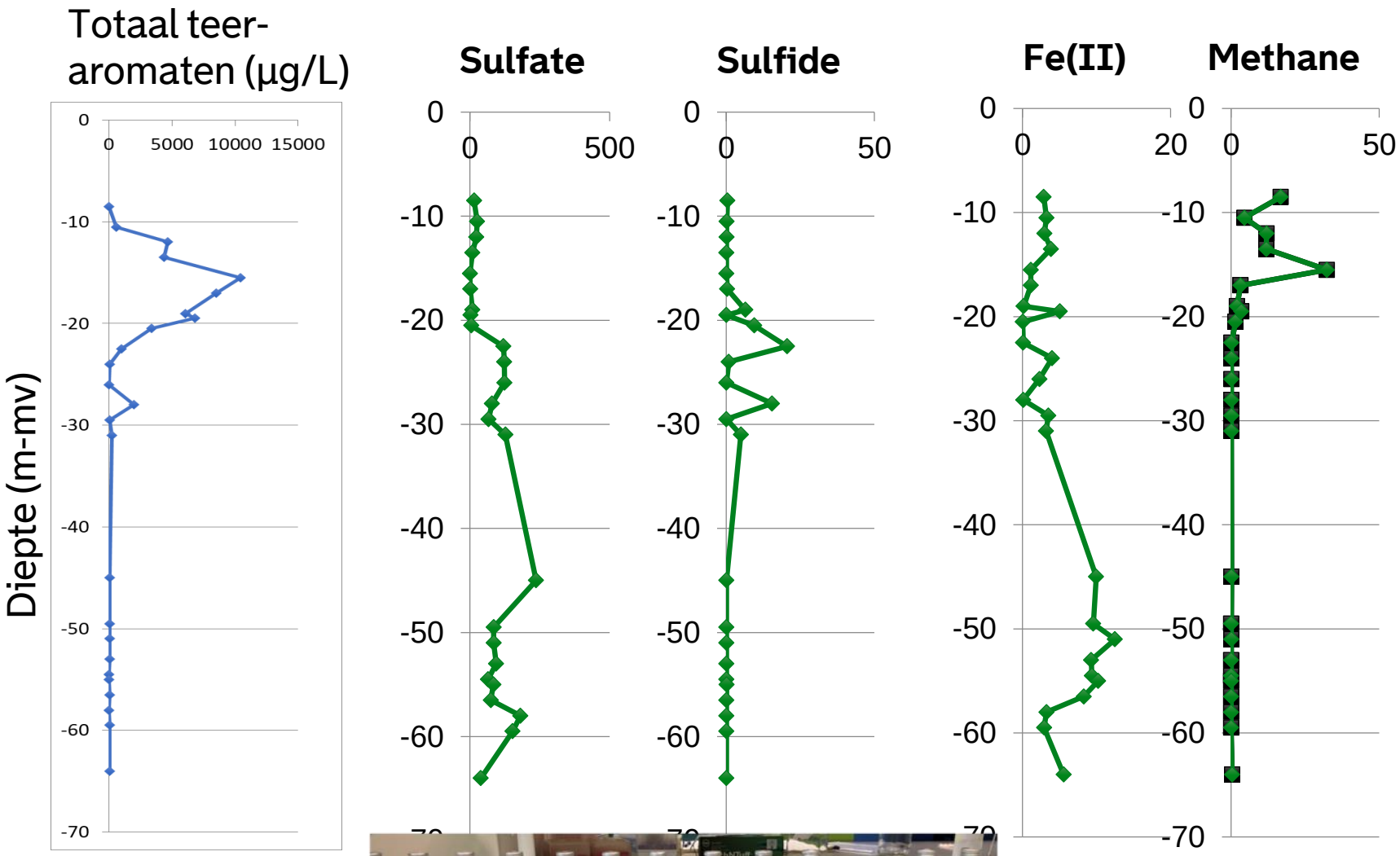
3. Verandering in verontreiniging
- Concentratieafname
- Intermediaire metabolieten
- Stabiele isotopen (^{13}C & ^{2}H)



1. Grondwatersamenstelling
- Elektronenacceptoren
- Redox

Bewijslijn 1: Verandering in grondwatersamenstelling MLS Locatie B (voorbeeld).

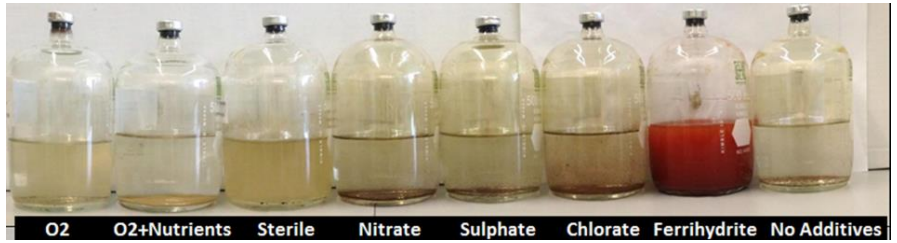
- Methanogeen in de bron van de verontreiniging
- Daaronder sulfaat en ijzer-reductie



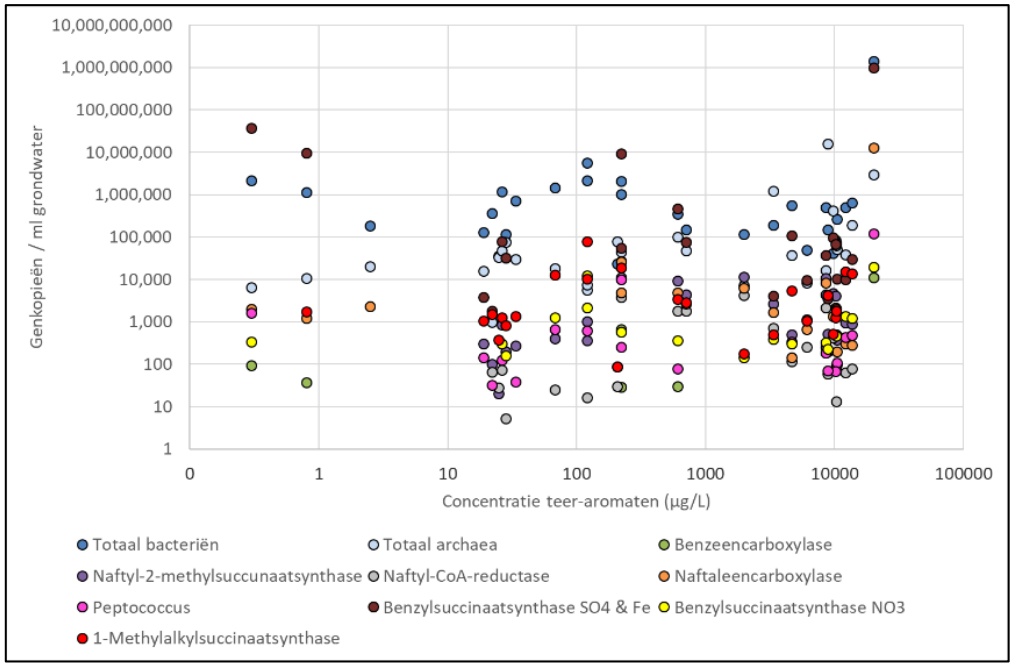
Bewijslijn 2: Micro-organismen met afbraakcapaciteit.

Batchtesten

- Aeroob: snelle afbraak van alle teer-aromaten
- Anaeroob:
- afbraak van tolueen, ethylbenzeen, xyleen, indeen en naftaleen
- geen afbraak van benzeen en indaan (tijdens batchtesten)
- Acceptor: O_2 >> SO_4^{2-} > NO_3^- > $Fe(OH)_3$ > CO_2



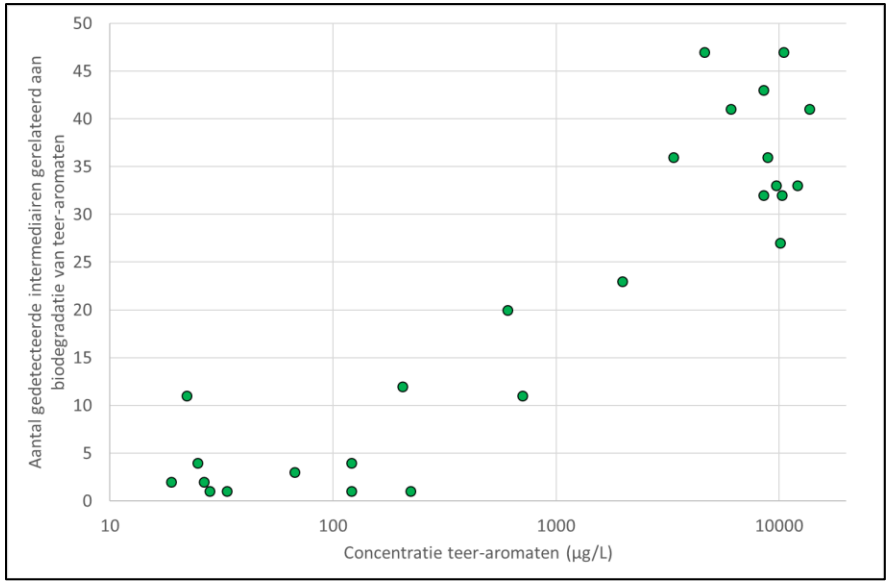
DNA: genen coderend voor enzymen aromatenafbraak (qPCR)



Bewijslijn 3: Verandering in verontreiniging.

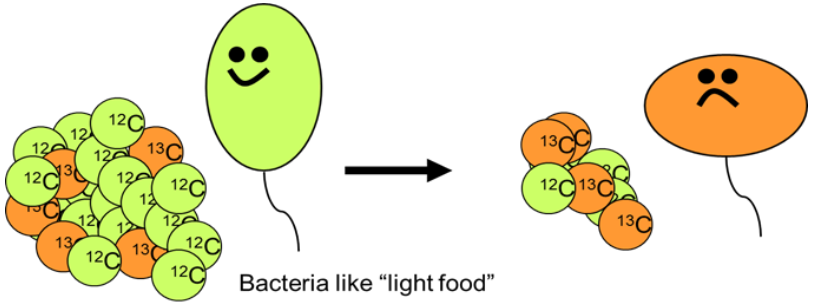
Detectie van intermediaire metabolieten (LC-qTOF-MS)

- Screening op 170 intermediairen aromatenafbraak
  → 76 gevonden in Griftpark grondwater
- Additie van CO_2, CH_3, OH, fumaraat
- Meer teeraromaten → meer intermediairen
- Actieve anaerobe afbraak BTEXN, PAK, minerale olie



Fractionering van stabiele isotopen δ^2H en $\delta^{13}C$ (GC-IRMS)

- Tijdens afbraak accumuleren zware isotopen
- Isotopenfractionering maat voor afbraak
- Afbraak van BTEX, indeen en indaan
- In Griftpark is 9% tot 97% van de opgeloste teeraromaten afgebroken (afhankelijk van stof en locatie)



Bewijs anaerobe afbraak teeraromaten in het Griftpark.

Stof	Batches	DNA	Metabolieten	Isotopen
Benzeen	-	+	+	+
Tolueen	+	+	+	+
Ethylbenzeen	+	+	+	+
Xylenen	+	+	+	+
Styreen	?	?	+	?
Indaan	-	?	+	+
Indeen	+	?	+	+
Naftaleen	+	+	+	-
≥3-ring PAKs	?	?	+	?

Conclusies Griftpark.

Voor deze locatie vullen de bewijslijnen elkaar aan en tonen natuurlijke afbraak aan.

Situatie

- Veel bronnen met teerverontreiniging
- Teer tot op de kleilaag tussen het 1e en 2e wvp
- Het 2e wvp lijkt niet verontreinigd
- Mobiele aromatische koolwaterstoffen mogelijk een risico
- Anaerobe afbraak beperkt verspreiding

Risicogerichte nazorg

- Vertrouw op natuurlijke afbraak
- Ga slim monitoren door gebruik te maken van bewijslijnen
- Overweeg “nature based” alternatieven voor grondwateronttrekking en -zuivering

Meer informatie.

Deltares:
Jan Gerritse (jan.gerritse@deltares.nl)
Sophie Vermooten (sophie.vermooten@deltares.nl)

Gemeente Utrecht:
Gert Leurink
Peter Rood
Bart Manders

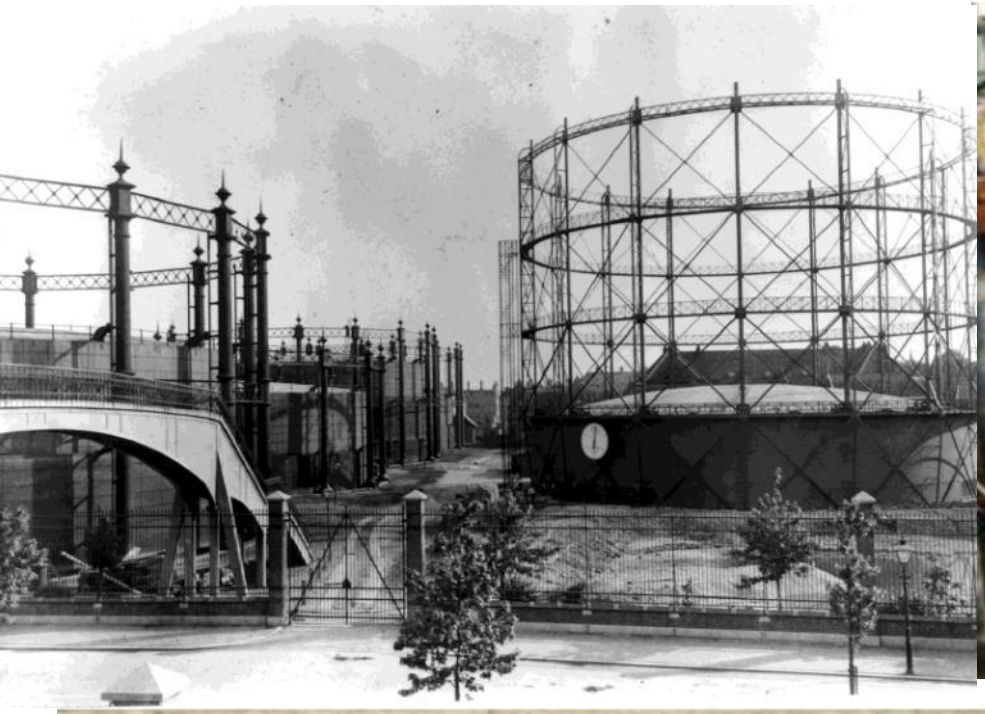
Rapport: Karakterisering en Natuurlijke Afbraak van Teer Aromaten in het Griftpark, (Gerritse et al, 2021)

Gasfabriek Kralingen.

TAUW

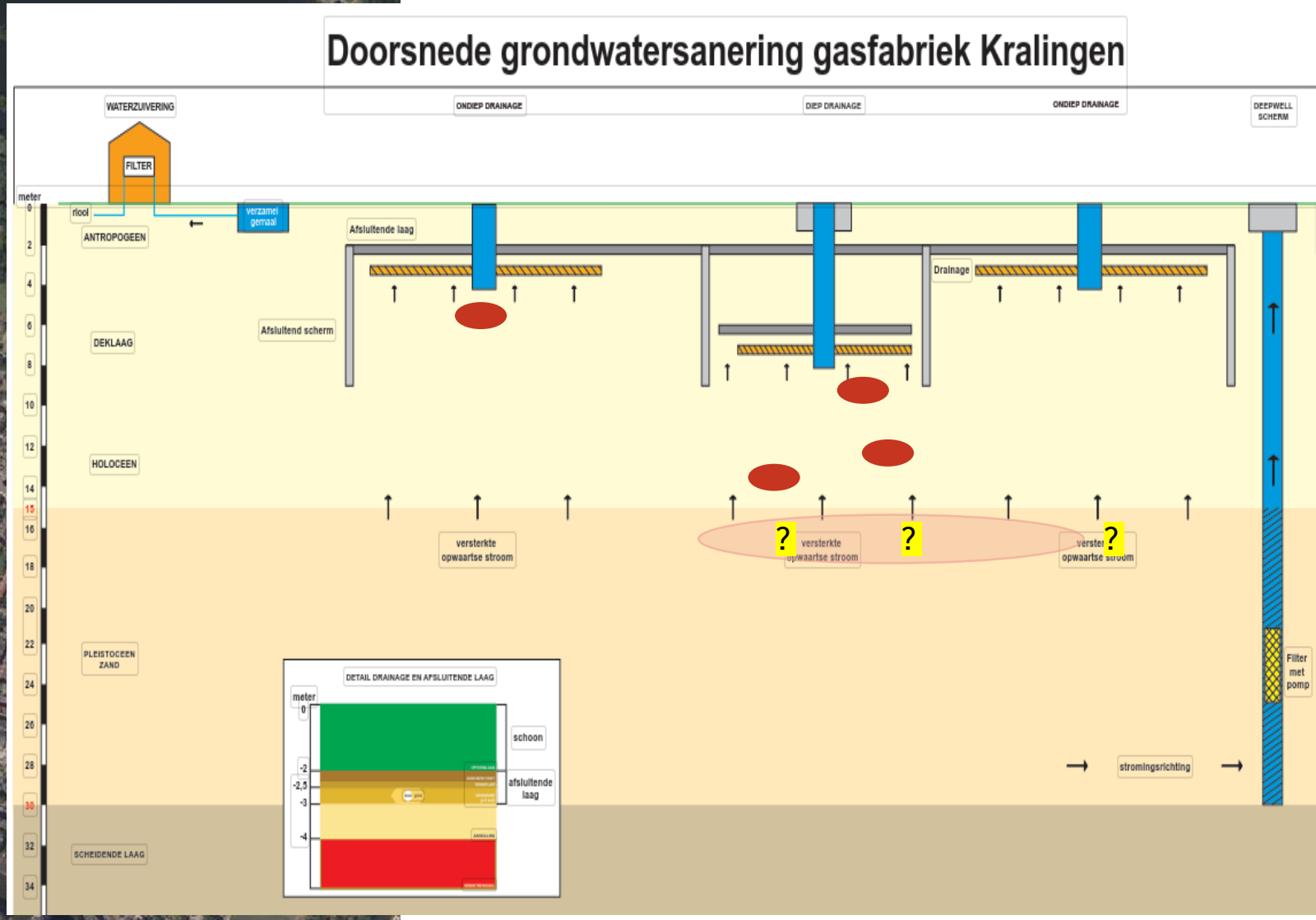
Gemeente Rotterdam

Gasfabriek Kralingen – de historie.

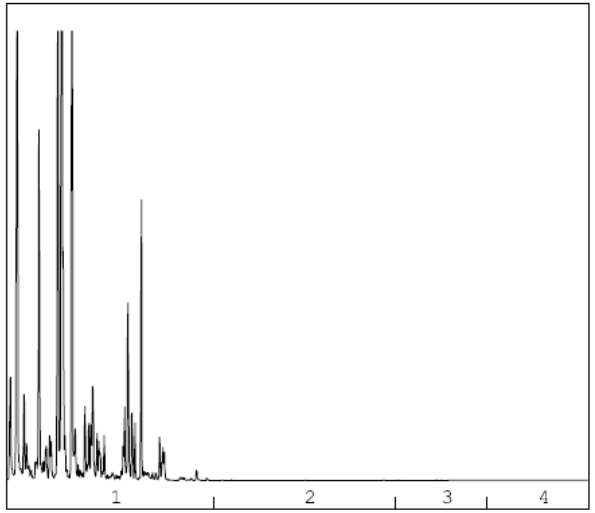


GEMEENTE-GASFABRIEK ROTTERDAM
1884 - 1888

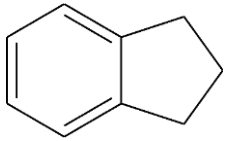
Gasfabriek Kralingen – de situatie nu.



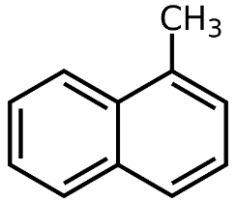
Nieuwe inzichten – stofsamenstelling.



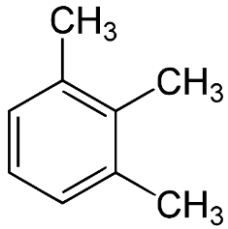
- Vroeger analyse op minerale olie (C10-C40)
- GC-MS-analyses
- 'Usual suspects'



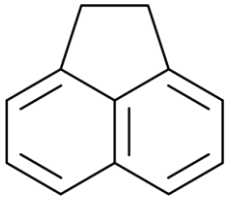
indaan



methylnaftaleen



trimethylbenzeen



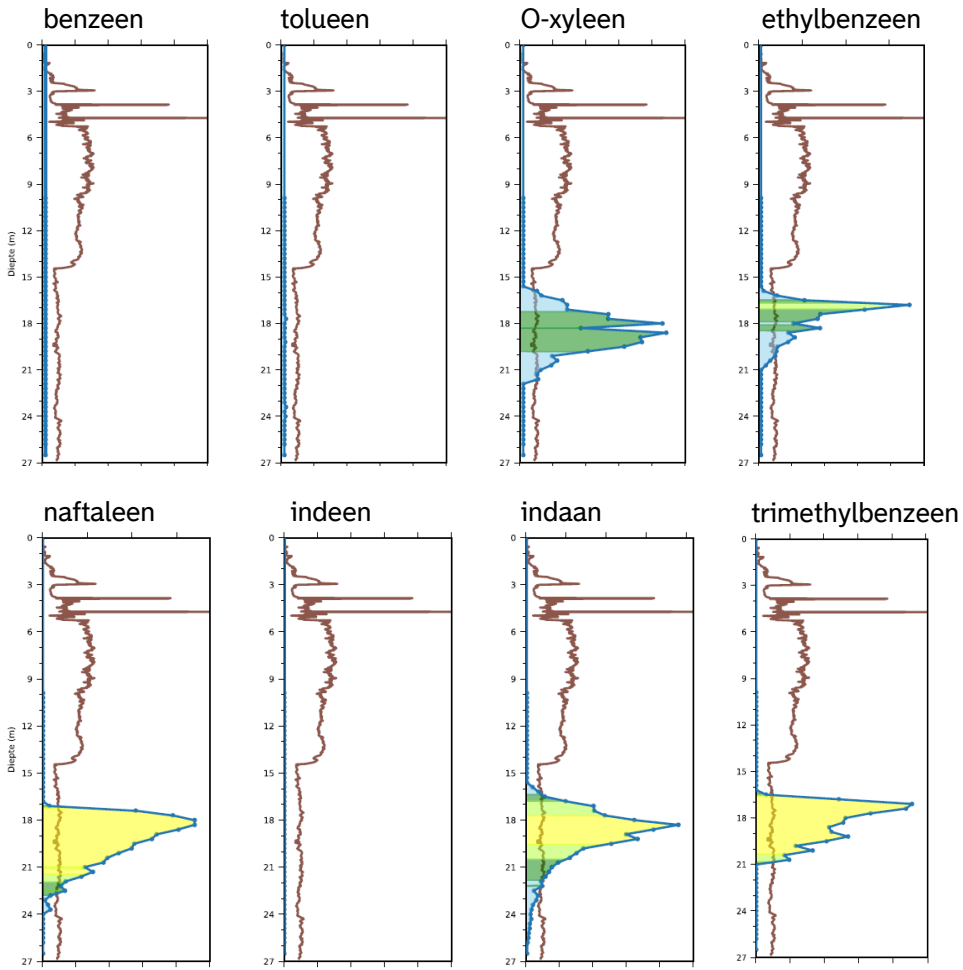
acenafteen

- Lesson learned:
  - Het loont in een langlopend proces om terug te kijken en 'oude' informatie en inzichten met frisse blik te evalueren
  - Samenwerking met, en onafhankelijk advies van, partner versnelt het proces

Nieuwe inzichten – bron-pluim verbanden.

EnISSA
enhanced in-situ soil analysis

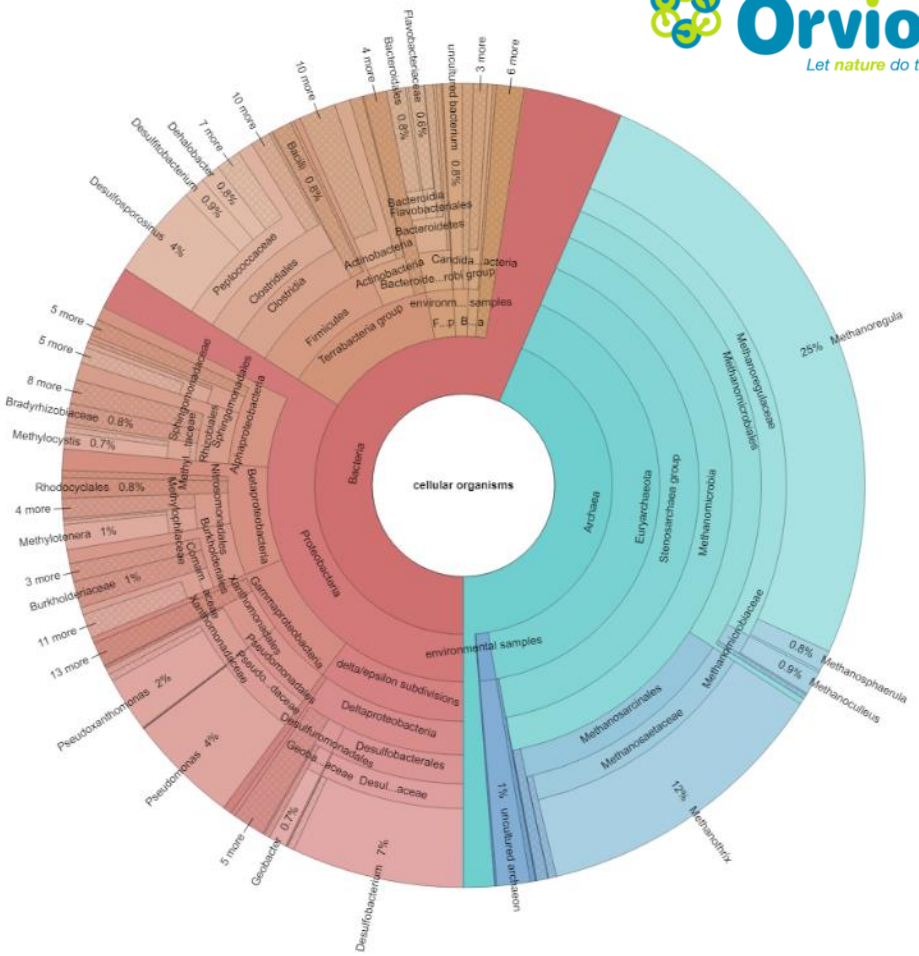
- Gedachte was één grote bron in Pleistoceen
- Inzet EnISSA voor verdere afperking
- Aanvullend peilbuizen geplaatst
- GC-MS-analyses



Nieuwe inzichten – natuurlijke afbraak.

- Orvion DNA-analyse
- Metabolieten analyse Deltares / UvA *(work in progress)*
- Redoxparameters

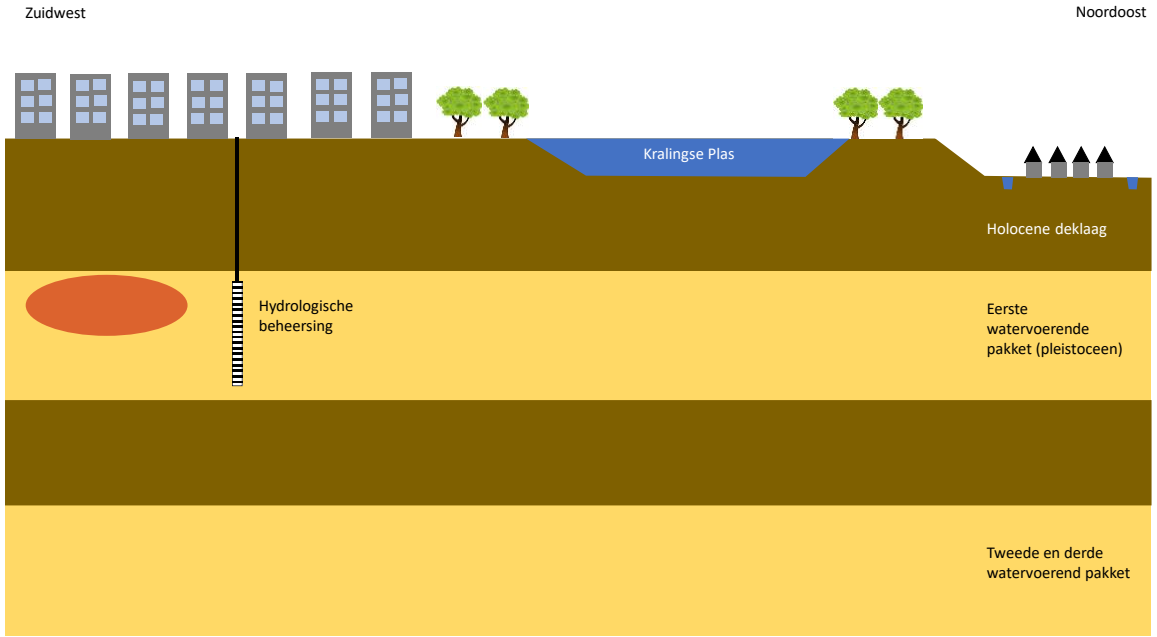
- Lessons learned:
  - Voor aantonen NA is specialistische kennis nodig
  - Levert belangrijke input voor stoftransportmodel



Nieuwe inzichten – verspreiding.

- Gebruik van regionaal grondwatermodel (CARROT) en stoftransport voor inzicht in verspreiding
- Goede basis voor inschatten risico's en voor dimensioneren vervolgaanpak

- Lesson learned:
  - Bij risicogerichte aanpak van verontreiniging loont het om te investeren in een goed (regionaal) grondwatermodel als onderbouwing
  - Onderzoek naar natuurlijke afbraak parameters vergroot voorspellende waarde van stoftransportmodel



Heroverweging aanpak – het proces.

- Heroverweging = vastgestelde saneringsdoelstelling aanpassen
- Proces stakeholders gericht op:
  - Waarom willen we een aanpassing?
  - Is de aanpassing echt verantwoord/ draagvlak?

- Stakeholders vroeg in proces meenemen en ruimte geven voor inhoudelijke inbreng in verschillende fasen
- Geen vooronderstellingen, maar onderzoek als basis voor keuzes
  - Alle technische mogelijkheden beschouwd
  - Onderzoek naar kennishiaten risicogericht geprioriteerd
  - Risicogerichte aanpak onderbouwd met grondwatermodel en onderzoek NA

Olasfa Olst.

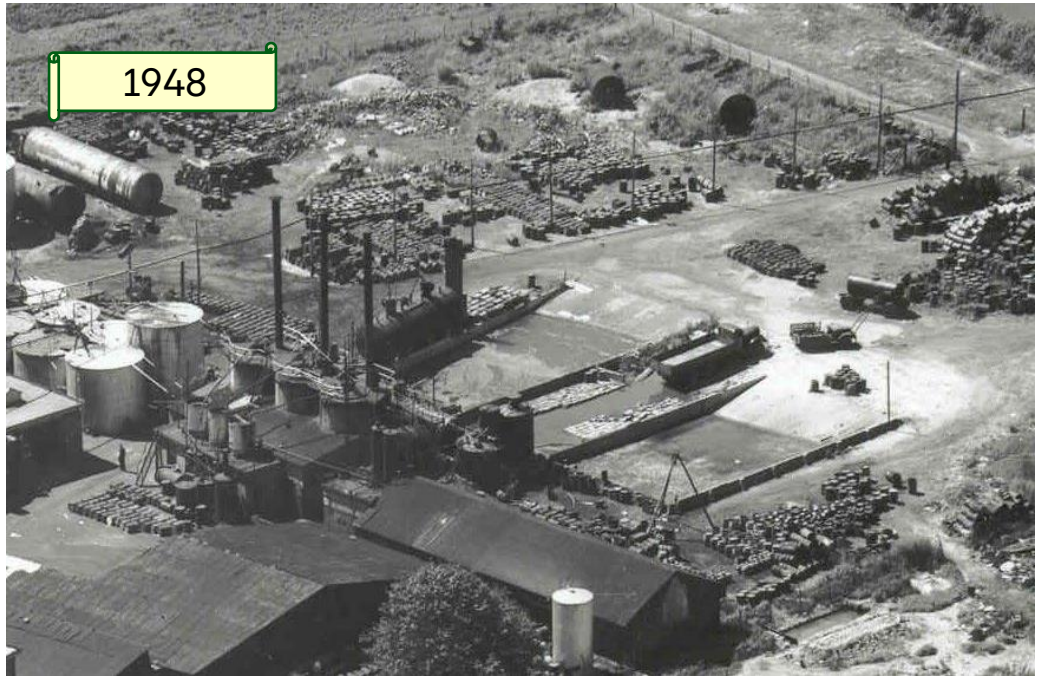
TAUW

provincie Overijssel

combinatieolasfa

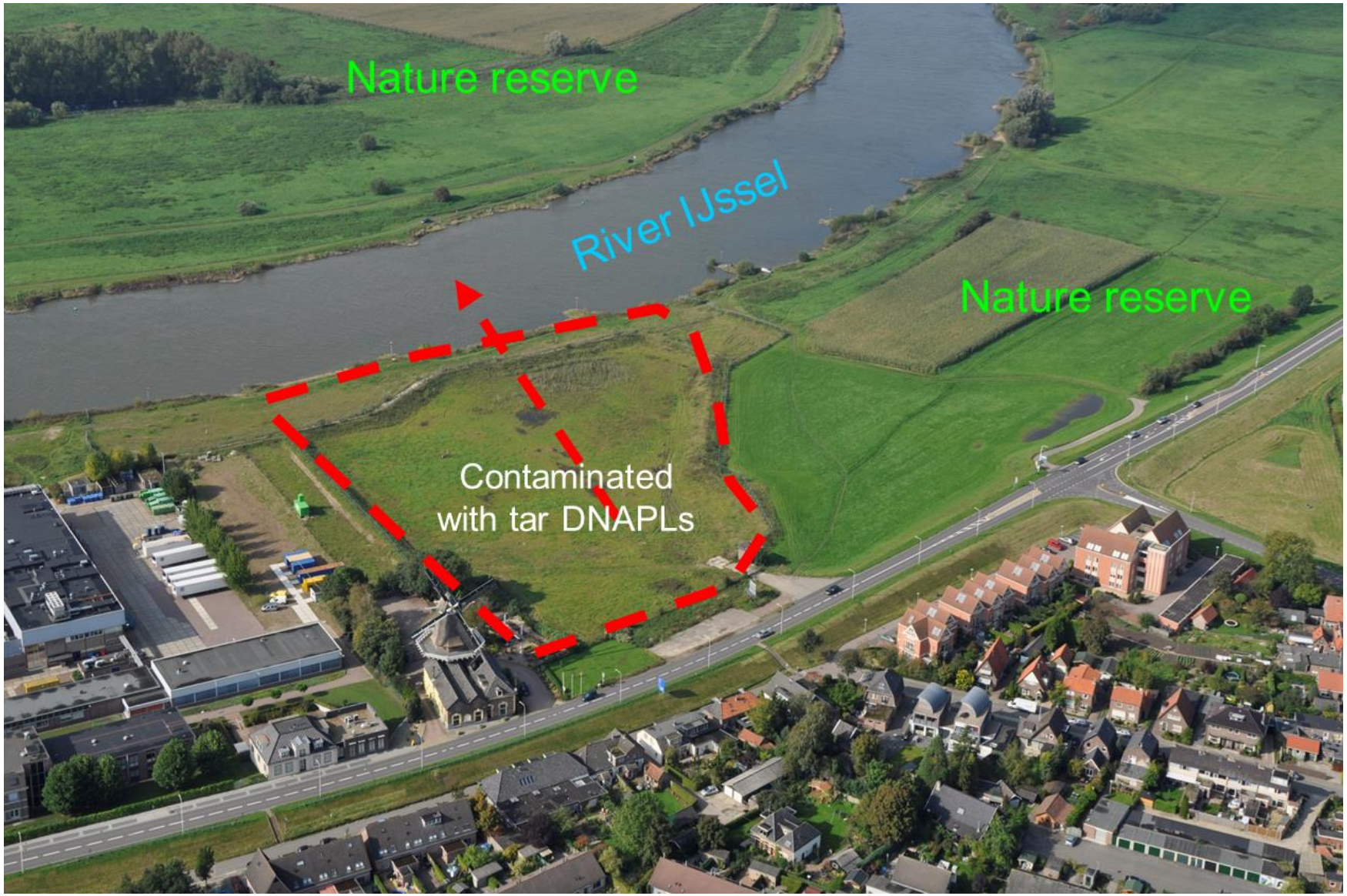
De Olster Asfalt Fabriek – Olasfa.

Asfaltfabriek in de uiterwaarden van de IJssel bij Olst



1903-1983:	verwerking van teerproducten
1983:	aansprakelijkheid → Provincie Overijssel
1989-1999:	sloop en afvoer stortmateriaal
2006-2007:	ontgraving bovengrond (Fase 1 sanering)

Situatie na ontgraving bovengrond.



Dwarsdoorsnede en saneringsaanpak Fase 2.

Ontgraving

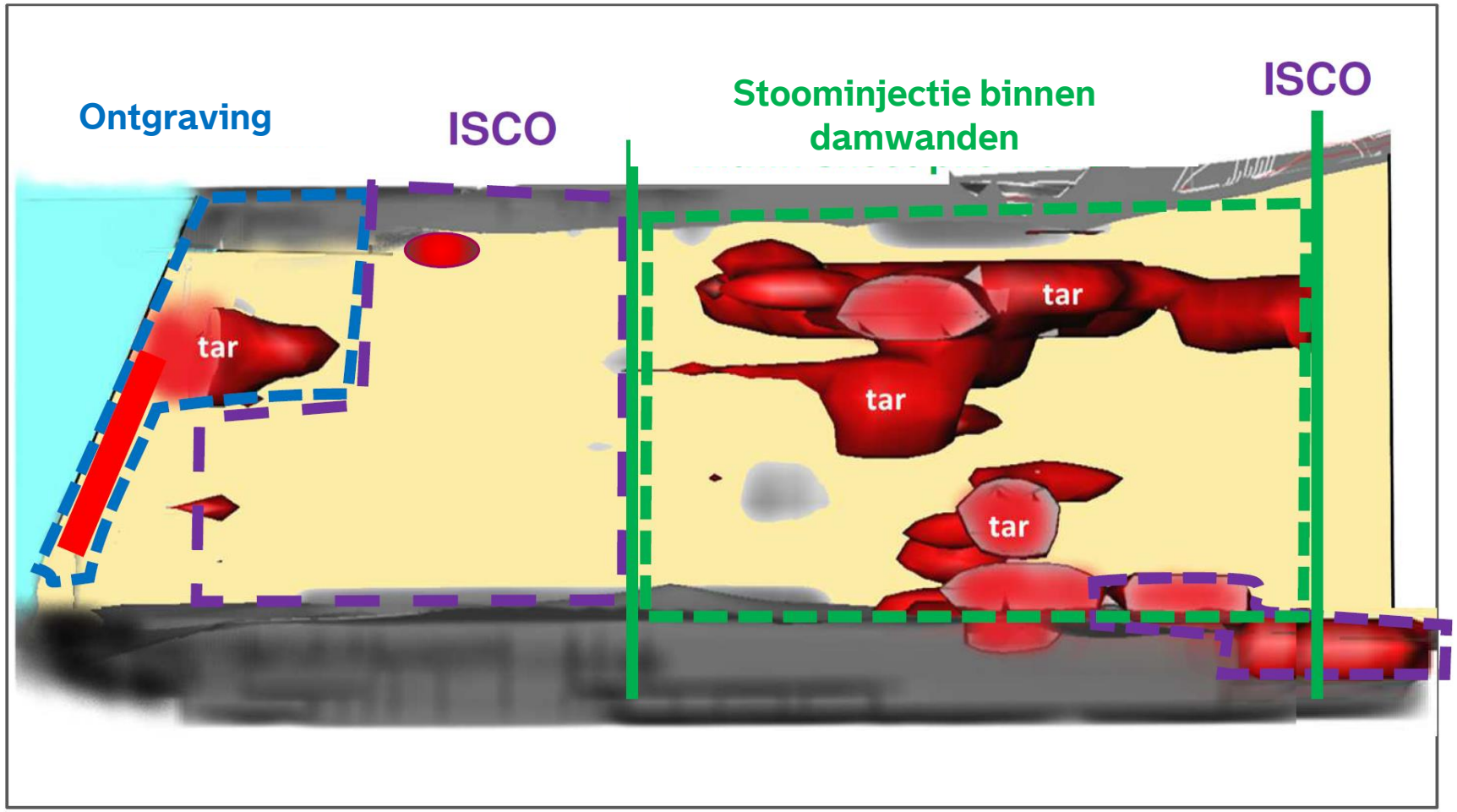
- Waterbodem
- gedempte haven

Stoominjectie

- Centraal brongebied

In situ Chemische Oxidatie

- Pluimgebied
- Kleine bronzones + polishing na stoom



Implementatie Fase 2 (2012-2019).

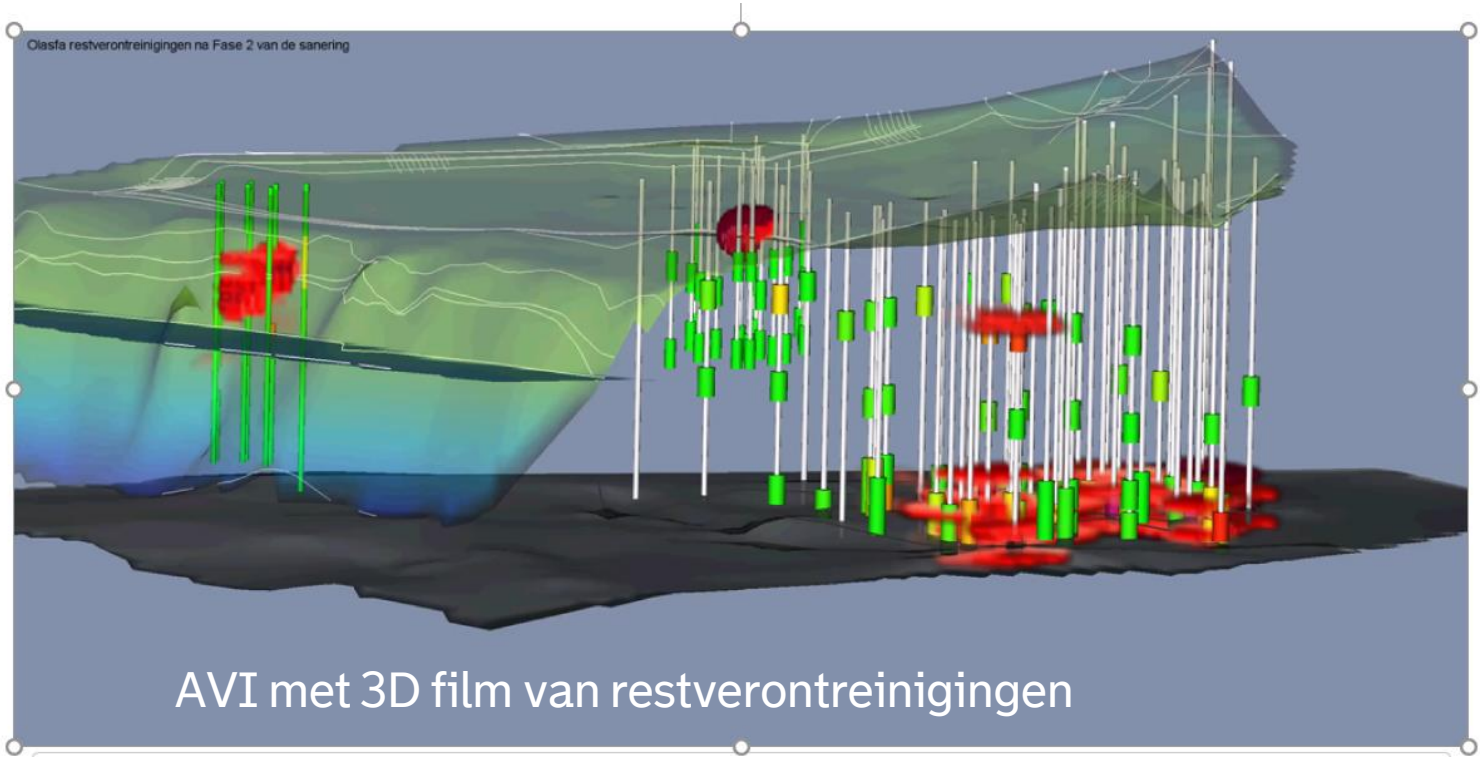
Resultaat: situatie na sanering (2019-2020).

Ontgraving
- Beperkte, acceptabele restverontreiniging in waterbodem

ISCO - pluimgebied
- Emissie-eisen IJssel gehaald

Stoomgestimuleerde extractie
- > 90% van de vracht verwijderd
- Twee bronzones voldoen aan doelstelling
- Restverontreiniging met pure teer in andere twee bronzones

ISCO – bronzones
- Geen van de vijf bronzones voldoet aan doelstelling, restverontreiniging pure teer



AVI met 3D film van restverontreinigingen

→ **Patstelling (tijd, kosten, overlast)**

Aanpassing saneringsdoelstelling (2018-2020).

Oppervlaktewater emissie:

onveranderd

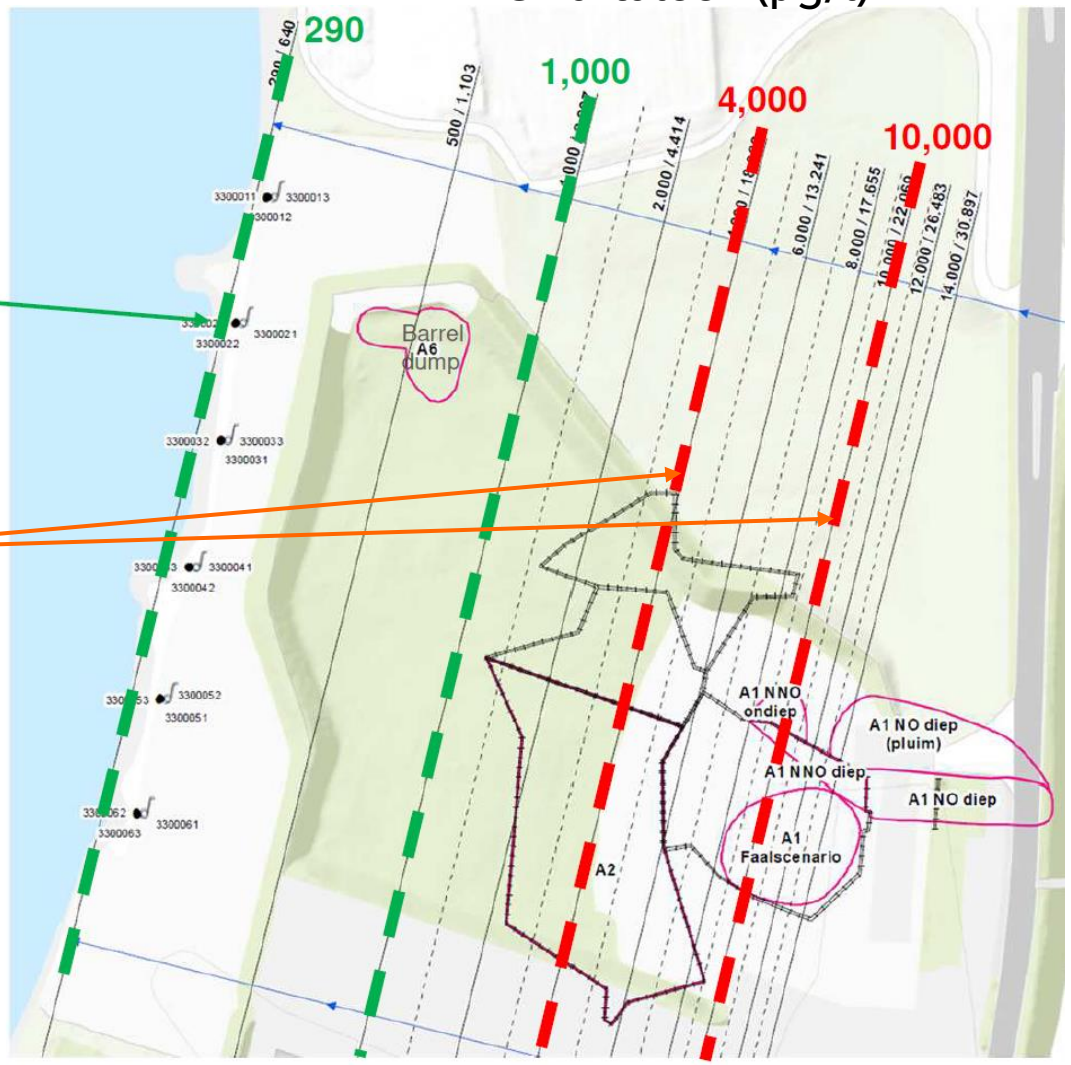
Bronzones:

Gebaseerd op afstand tot de IJssel:

- reactief transportmodel berekeningen voor naftaleen (conservatieve input)
- Op basis van maximaal toelaatbare concentraties (MTC) voor naftaleen en minerale olie

➔ Verder van de IJssel: hogere MTC

MTC naftaleen (µg/l)



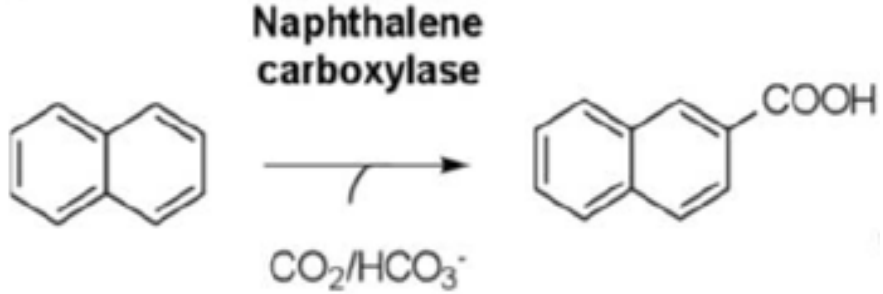
Resultaat: concentraties in aantal bronzones nog steeds te hoog

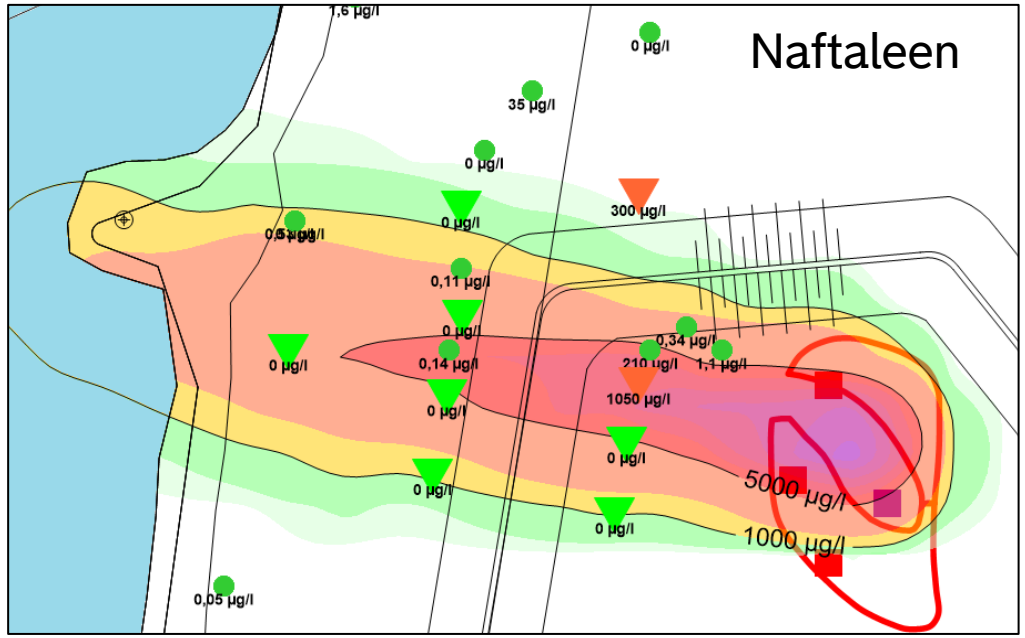
Rol van natuurlijke afbraak (I).

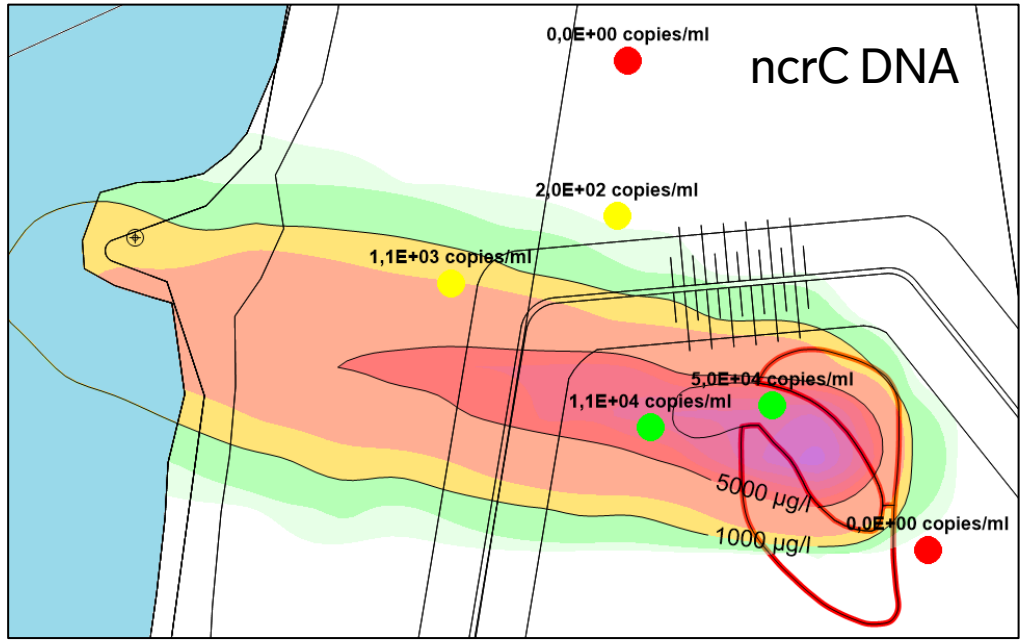
Pluim van aparte, bronzone veel kleiner dan verwacht: alleen te verklaren door snellere afbraak

→ Extra onderzoek naar natuurlijke afbraak:

- Minder sterk anaeroob dan hoofdpluim (ijzer / sulfaatreducerende condities)
- Sulfaat stimuleert naftaleenafbraak in labtesten
- In bron en pluim hoge concentraties ncr-DNA dat codeert voor anaerobe afbraak van naftaleen

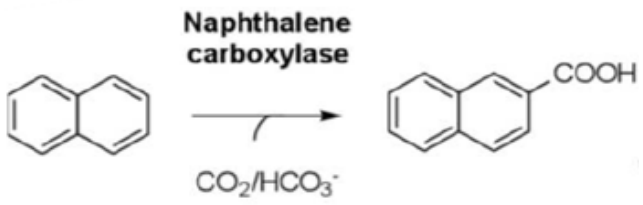




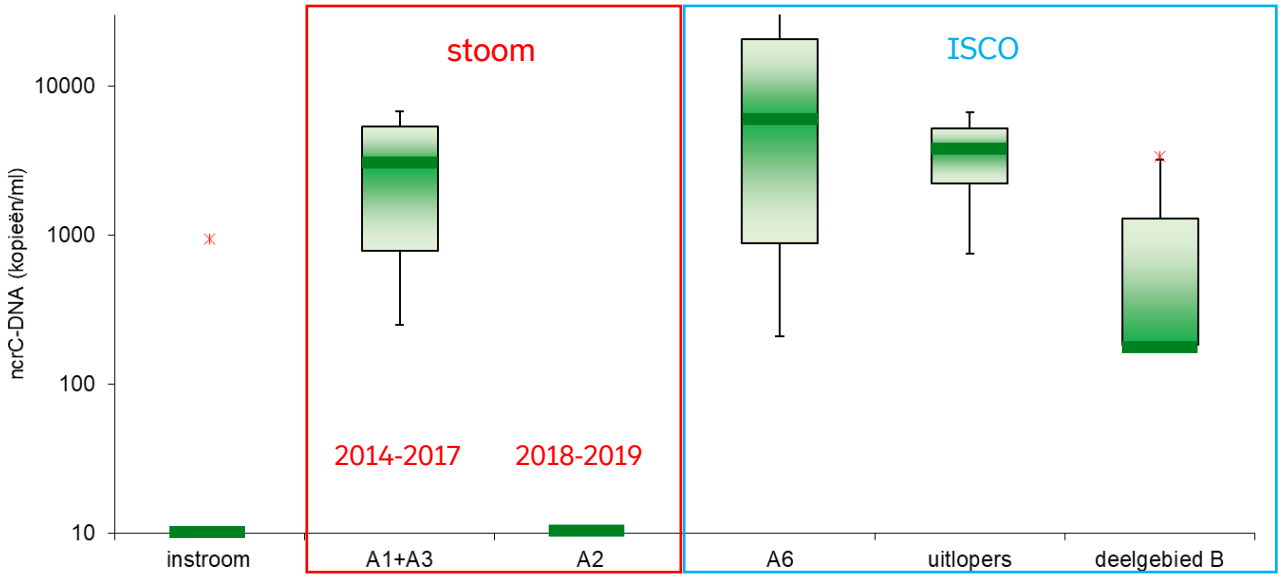


Rol van natuurlijke afbraak (II).

Aanvullend onderzoek afbraak naftaleen



- PCR analyse: ncrC-DNA gevonden in alle verontreinigde zones, behalve recent gestoomde zone
- sulfaat uitgeput en hoge Fe(II) concentratie in (voormalige) pluim zones, maar bovenstrooms voldoende aanwezig
- Voldoende afbraakcapaciteit voor restverontreinigingen

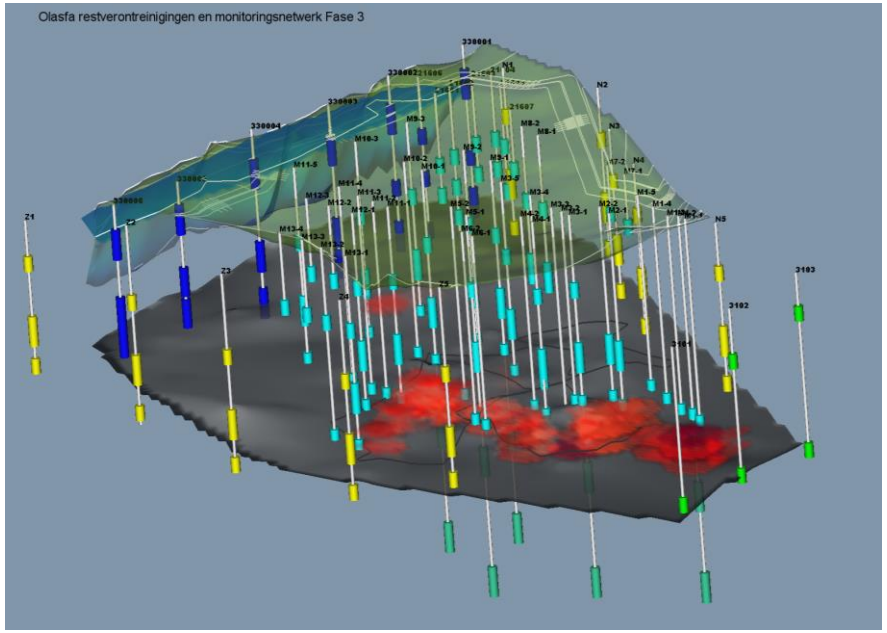


➔ Bevoegde gezag accepteert bewijs voor snellere natuurlijke afbraak van naftaleen (DNA-resultaten cruciaal)

➔ Toestemming om hogere (maar nog steeds conservatieve) afbraaksnelheid aan te houden in model

➔ Acceptabele verspreiding → formele

Invulling fase 3.



Belangrijkste doelstellingen:

1. Bewaken van de kwaliteit van grondwater bij de IJssel
2. Validatie van het stoftransportmodel

Monitoringssysteem bestaande uit 69 peilbuizen met 172 filters:

- Modelvalidatie: 4x per jaar, beperkt pakket, 26 filters (uitbreiding aantal bij overschrijding verwachting)

- Overige pb: jaarlijks, uitgebreider verontreinigingspakket,

- Speciale aandacht voor condities voor natuurlijke afbraak (redoxpakket, DNA)

Modelmatige evaluatie na 3, 6 en 10 jaar: bij gunstige resultaten verlaging frequentie

Lessons learned – Olasfa.

1. Hoewel met de nieuwste saneringstechnieken bij teerlocaties sterke vrachtverwijdering mogelijk is, moet toch rekening worden gehouden met aanzienlijke naleverende restverontreinigingen

2. De sanering heeft de nalevering in voldoende mate beperkt om op natuurlijke afbraak te kunnen vertrouwen

3. Bewijs voor het optreden van natuurlijke afbraak (in dit geval DNA-analyses) was doorslaggevend bij de acceptatie van de restverontreiniging door het bevoegde gezag

4. Een goed onderbouwd, gedragen stoftransportmodel is nodig om het verspreidingsrisico vast te kunnen stellen én als basis voor de monitoring

5. Door de lange reistijd van de bronzones tot de IJssel is verificatie van het model het meest concrete monitoringsdoel

Lessons learned.

- Overzicht resultaten
- Rol nieuwe technieken
- Trends in nazorg van teer locaties
- Nazorg. Hoe dan?

Lessons learned - overzicht resultaten.

Locatie	Bewijslijnen	Condities voor afbraak	Resultaat
Vetgasfabriek Amersfoort	Redox, isotopen, DNA, intermediairen Labtesten	nitraatreducerend	verspreiding beperkt door NA
Griftpark Utrecht	Redox, isotopen, DNA, intermediairen labtesten	sulfaatreducerend	verspreiding beperkt door NA
Gasfabriek Kralingen	Redox, DNA, intermediairen	sulfaatreducerend	verspreiding beperkt door NA
Olasfa Olst	Redox, DNA, labtesten	sulfaatreducerend	acceptabele verspreiding door NA
HVB Dordrecht	Redox, isotopen, DNA, intermediairen	methanogeen	onvoldoende NA-capaciteit

Lessons learned - rol nieuwe technieken.

Nalevering uit bronzones:

- Boringen
- Peilbuizen

- Geavanceerde chemische analyses
- Multilevel samplers
- Sonderingen (LIF, EnISSA)
- Diffusie/flux samplers

stoftransport model

Verspreidings risico's

Zelfreinigend vermogen van de bodem:

- Redoxcondities
- Afbraaktesten

- DNA-analyses
- Stabiele isotopen analyse
- Intermediairen analyse

Lessons learned - trends in nazorg van teer locaties.

- Verontreinigingssituatie goed in beeld hebben; gedegen onderzoek naar de risico's aan de hand van een gedegen transportmodel;
- Onderschat de werking van natuurlijke afbraak niet; geef natuurlijke afbraak een prominente rol bij de inrichting van actieve nazorg;
- Ga slim monitoren; te veel actieve maatregelen is meestal niet nodig.

Nazorg. Hoe dan?

1. Vertrouw op natuurlijke afbraak
2. Zorg voor een goed transportmodel
3. Wees niet bang om oude conclusies te herzien aan de hand van nieuwe inzichten

Tot slot,
Hoe zinvol zijn deze conclusies voor de aanpak voor andere locaties met eenzelfde uitdaging?