



GOLDER

In situ – kunnostusmenetelmän valinta

MUTKU-PÄIVÄT 15.3.2018



Menetelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä

- Haitta-aine
- Kunnostustarve ja –tavoite
- Rakennukset, infra
- Aika
- Geologia
- Pohjaveden virtausolosuhteet
- Pohjaveden geokemialliset olosuhteet
- Saavutetut hyödyt vs muodostuvat haitat
- Kustannukset

Haïtta-aïne



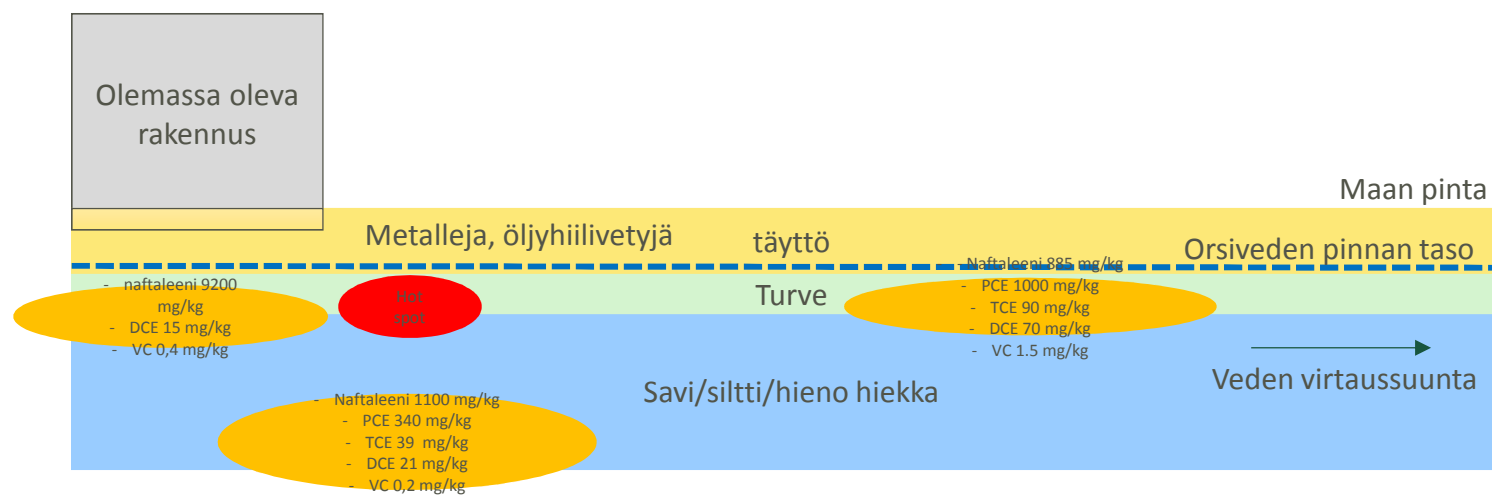
TABLE 3-2: TREATMENT TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX

Rating Codes ● Above Average ○ Average ○ Below Average N/A - "Not Applicable" I/D - "Insufficient Data" ◇ - Level of Effectiveness highly dependent upon specific contaminant and its application	Development Status	Treatment Train	Relative Overall Cost & Performance					Availability	Nonhalogenated VOC's	Halogenated VOC's	Nonhalogenated SVOC's	Halogenated SVOC's	Fuels	Inorganics	Radionuclides	Explosives	
			O&M	Capital	System Reliability & Maintainability	Relative Costs	Time										
Soil, Sediment, Bedrock, and Sludge																	
3.1 In Situ Biological Treatment																	
4.1 Bioventing	●	●	●	●	●	●	○	●	●	◇	●	○	●	○	◇	○	
4.2 Enhanced Bioremediation	●	●	○	○	○	●	○	●	●	●	●	◇	●	◇	◇	●	
4.3 Phytoremediation	●	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	◇	○	○	○	○	
3.2 In Situ Physical/Chemical Treatment																	
4.4 Chemical Oxidation	●	●	○	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	◇	○	○	
4.5 Electrokinetic Separation	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	
4.6 Fracturing	●	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	
4.7 Soil Flushing	●	●	○	○	○	○	○	●	●	●	○	○	○	●	○	○	
4.8 Soil Vapor Extraction	●	○	○	○	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○	○	○	
4.9 Solidification/Stabilization	●	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	
3.3 In Situ Thermal Treatment																	

Haikka-aineet

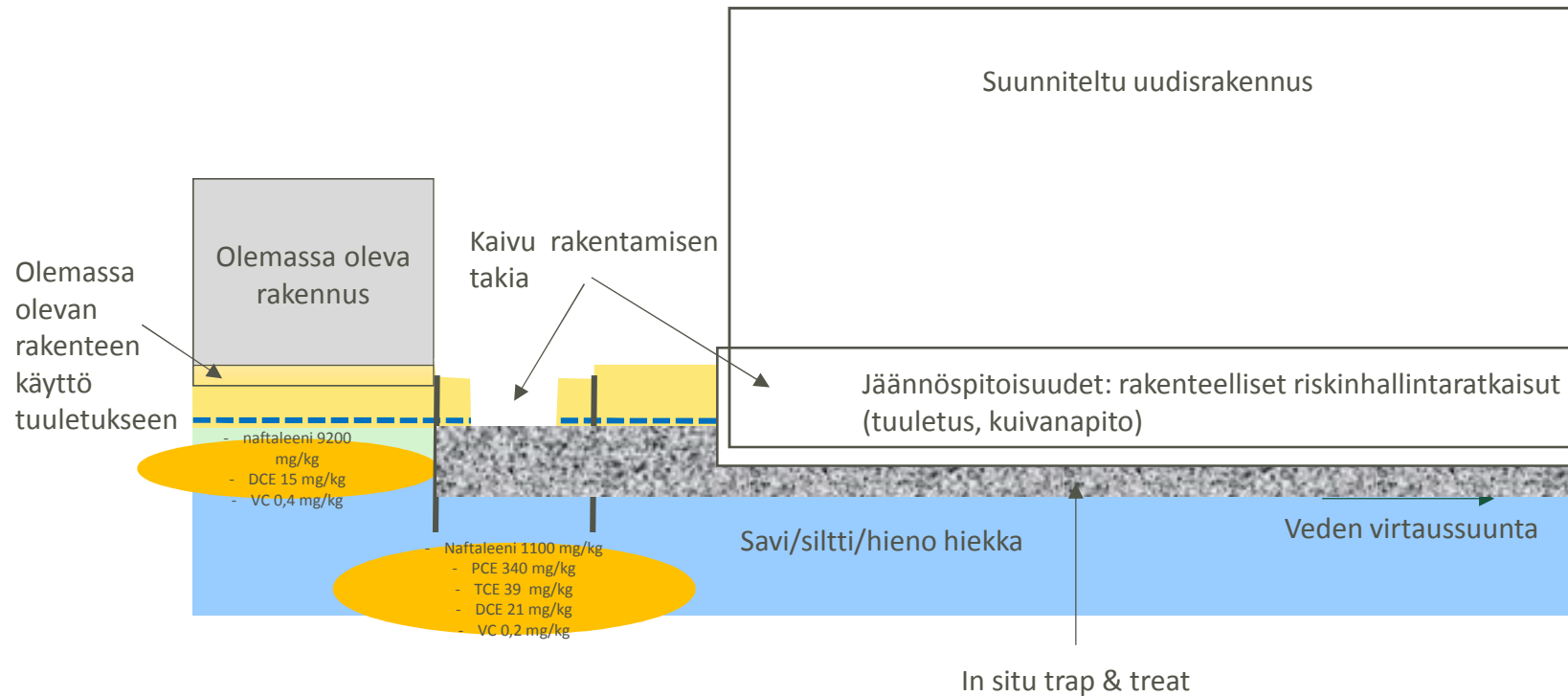
- Voi olla tarve käyttää useampia eri menetelmiä
 - Useita eri haikka-aineita, joita ei voi käsitellä samalla menetelmällä
 - Hajoamistuotteiden hallinta
 - Jäännöspitoisuuksien hallinta
 - Hot spot vs. liuenneet
- Niiden haikka-aineiden huomioiminen mitkä eivät aiheuta riskiä (esim. metallit)
 - Kustannusvaikutus?

Eri menetelmien käyttö riskinhallinnassa

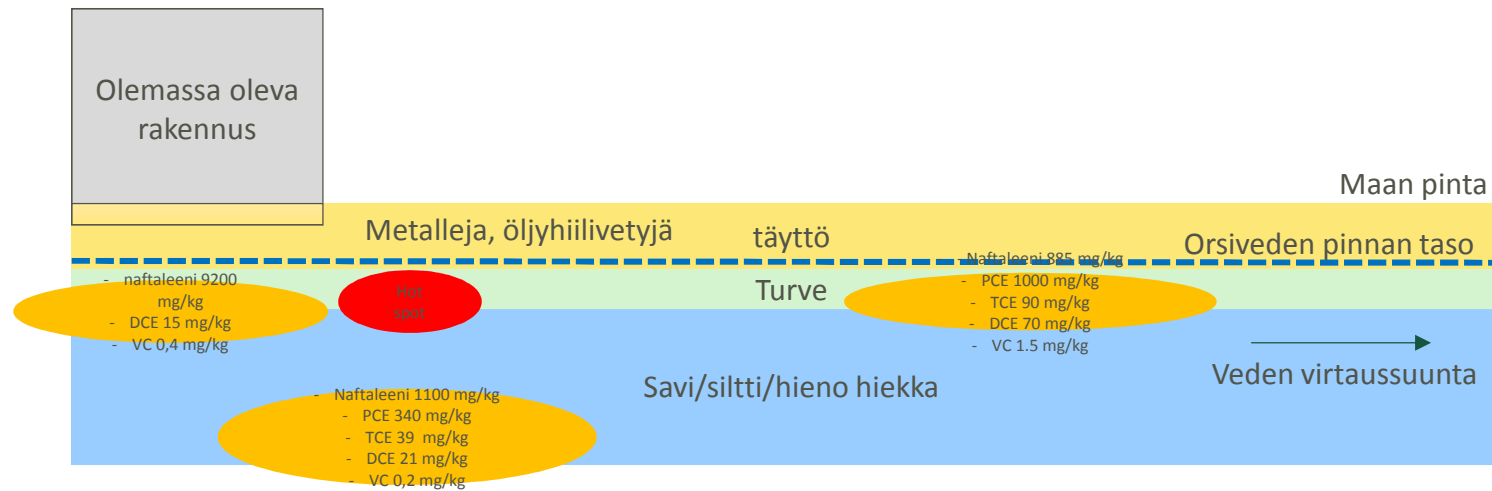


- Hot spot:
- Naftaleeni 6600 mg/kg
 - PCE 2000 mg/kg
 - TCE 1600 mg/kg
 - DCE 1100 mg/kg
 - VC 3 mg/kg

Eri menetelmien käyttö riskinhallinnassa



Tuleva käyttö, monipilaantuneisuus, kustannukset

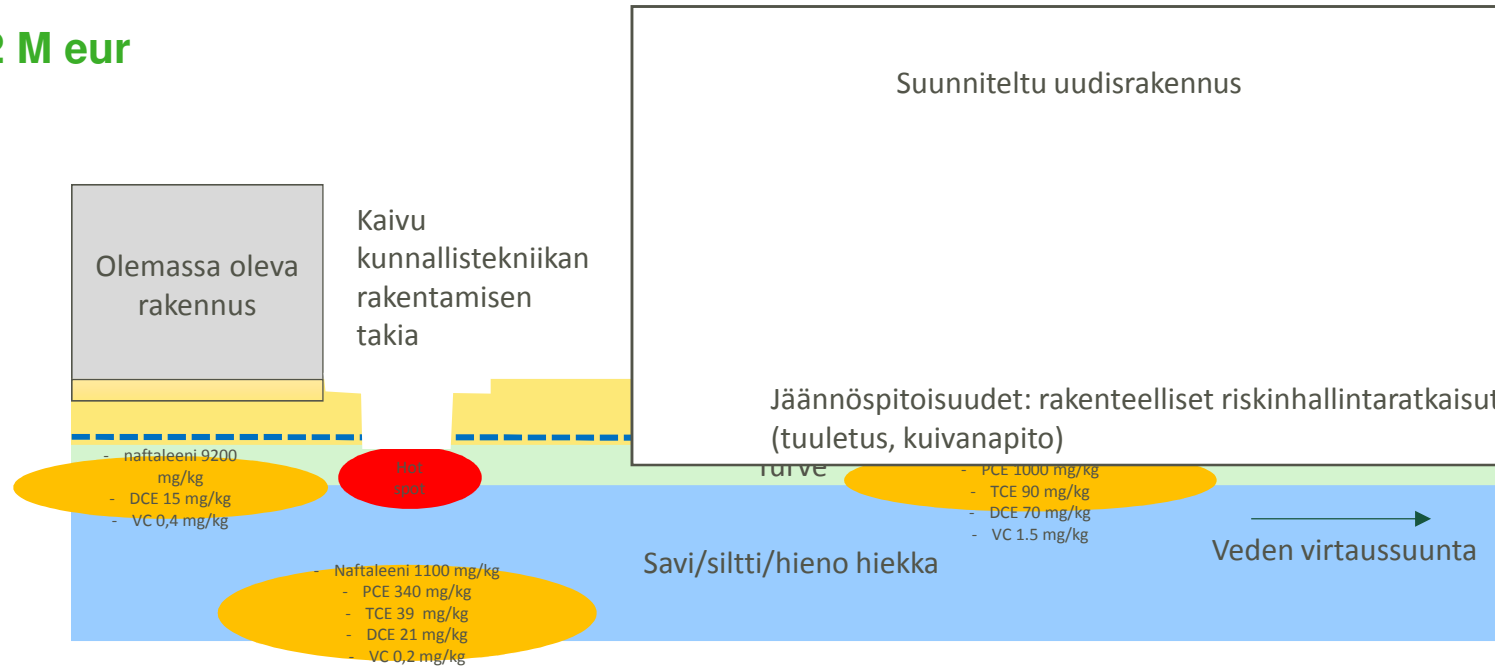


- Hot spot:
- Naftaleeni 6600 mg/kg
 - PCE 2000 mg/kg
 - TCE 1600 mg/kg
 - DCE 1100 mg/kg
 - VC 3 mg/kg

Tuleva käyttö, monipilaantuneisuus, kustannukset

KAIVU RAKENTAMISEN TAKIA – KAIKKI KAIVU PIMA-KAIVUA

3,2 M eur

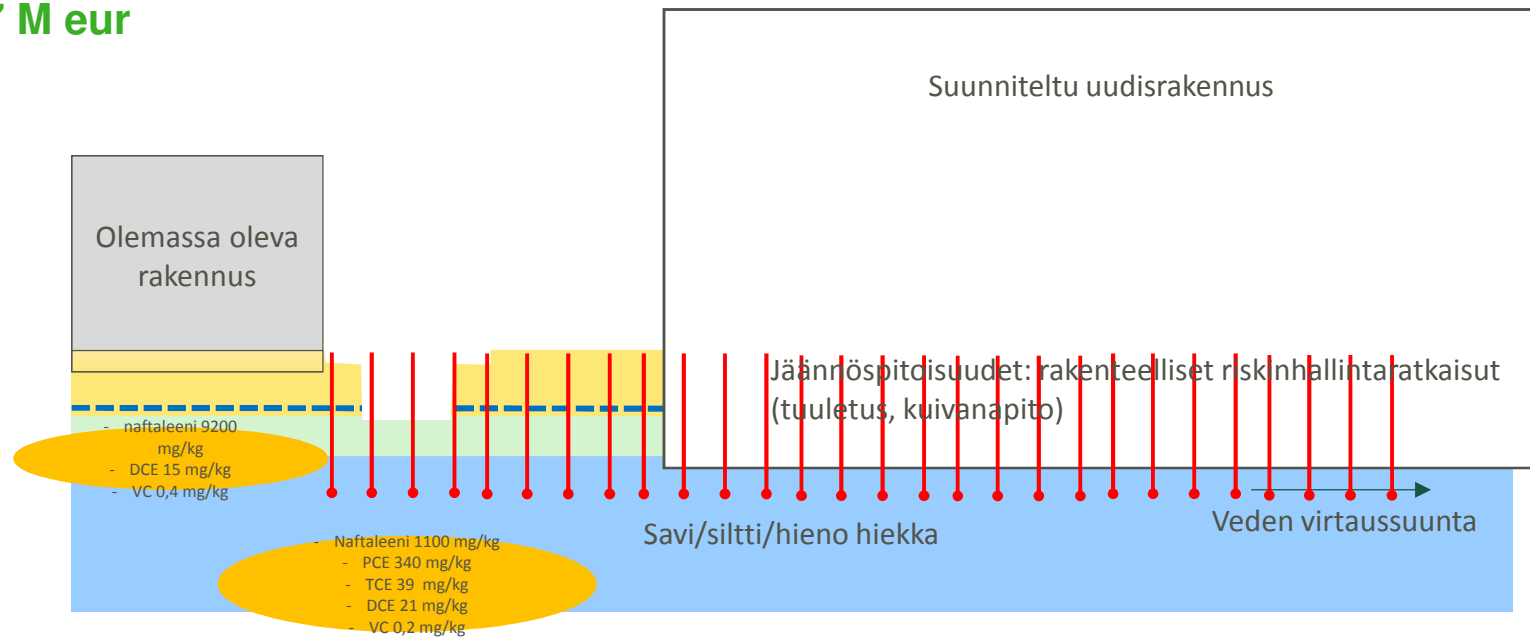


- Hot spot:
- Naftaleeni 6600 mg/kg
 - PCE 2000 mg/kg
 - TCE 1600 mg/kg
 - DCE 1100 mg/kg
 - VC 3 mg/kg

Tuleva käyttö, monipilaantuneisuus, kustannukset

IN SITU – TERMINEN + KAIVU RAKENTAMISEN TAKIA

7,7 M eur

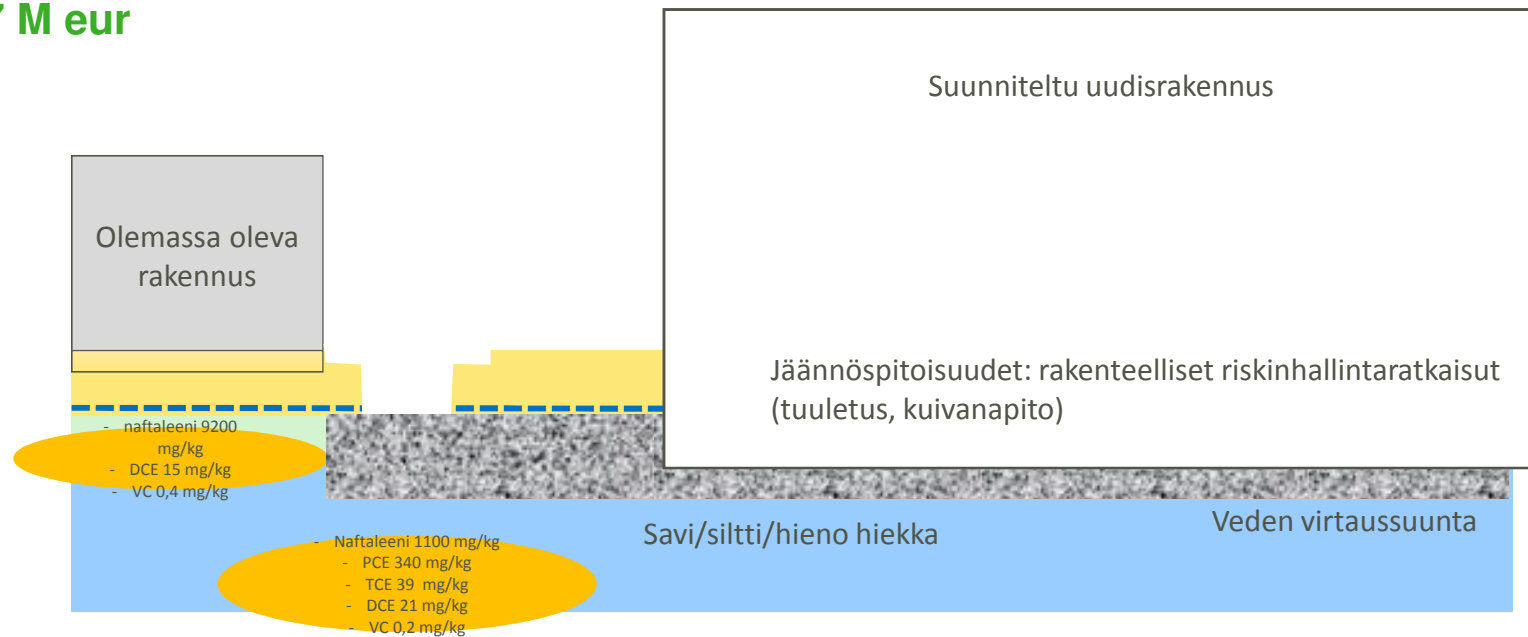


- Hot spot:
- Naftaleeni 6600 mg/kg
 - PCE 2000 mg/kg
 - TCE 1600 mg/kg
 - DCE 1100 mg/kg
 - VC 3 mg/kg

Tuleva käyttö, monipilaantuneisuus, kustannukset

IN SITU – TRAP&TREAT + KAIVU RAKENTAMISEN TAKIA

5,7 M eur

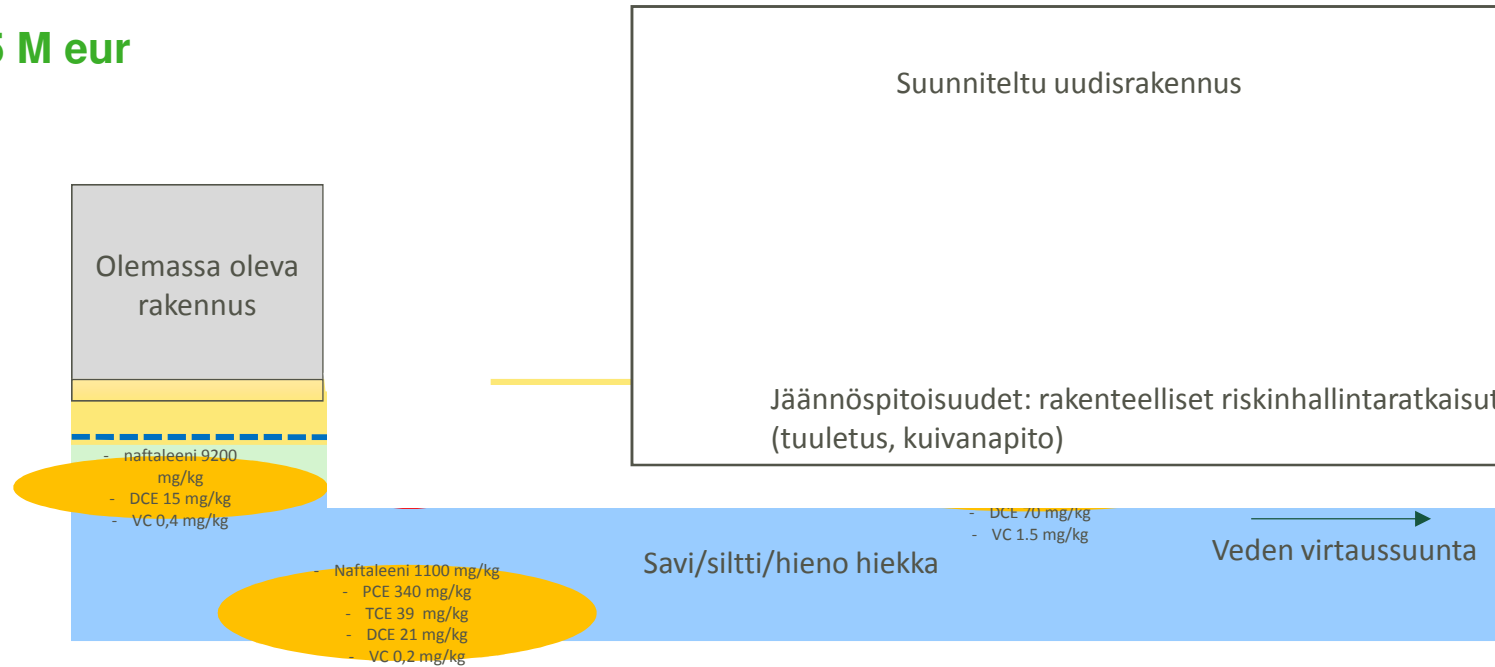


- Hot spot:
- Naftaleeni 6600 mg/kg
 - PCE 2000 mg/kg
 - TCE 1600 mg/kg
 - DCE 1100 mg/kg
 - VC 3 mg/kg

Tuleva käyttö, monipilaantuneisuus, kustannukset

SUURIMPIEN PITOISUUKSIEN POISTAMINEN KAIVAMALLA

5,5 M eur

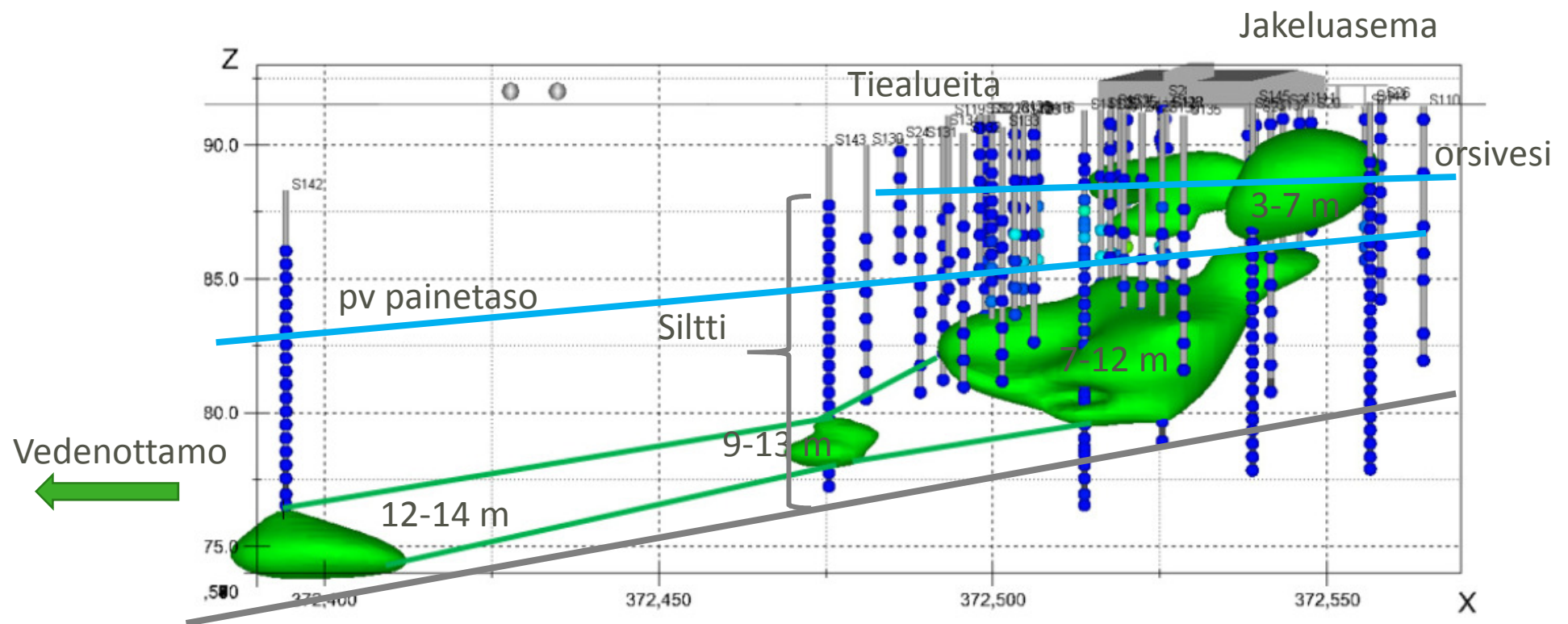


- Hot spot:
- Naftaleeni 6600 mg/kg
 - PCE 2000 mg/kg
 - TCE 1600 mg/kg
 - DCE 1100 mg/kg
 - VC 3 mg/kg

Kunnostustarve ja -tavoite

- Kunnostetaanko maaperää, pohjavettä vai sekä maaperää että pohjavettä
- Kunnostustavoite (pitoisuus, kulkeutumisen rajoittaminen, riskin aleneminen, ?)
- In situ-menetelmiin liittyy aina (?) jäännöspitoisuuksien hallinta – toteutus ja luvitus jo aktiivisen kunnostuksen suunnittelun yhteydessä
- Kunnostusalue (alue, syvyys)

MTBE JA BENTSEENI



Kunnostusalue ja –syvyys, tavoite

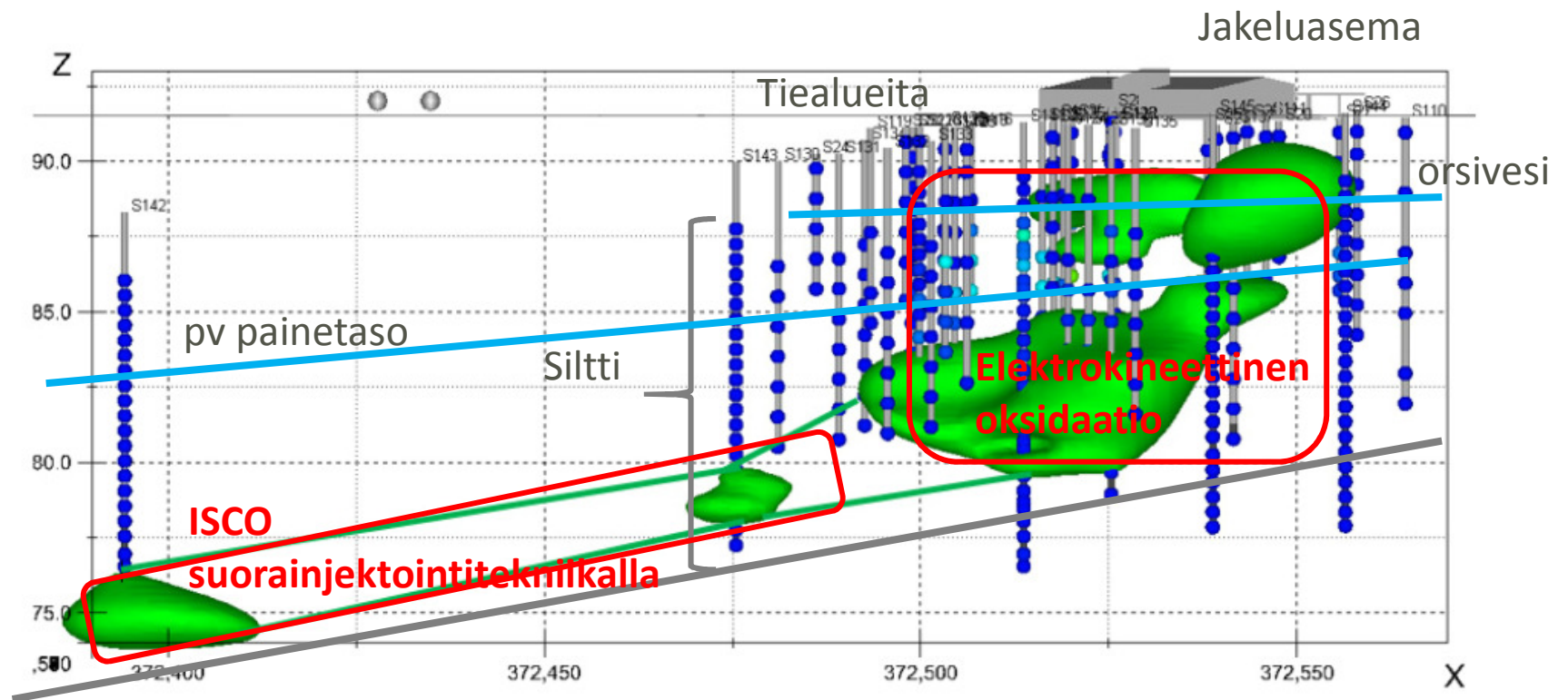
MTBE JA BENTSEENI

Taulukko 1: Riskinhallintatoimenpiteiden tavoitteet pitoisuuksien vertailuarvot.

Tarkastelupiste:	Pitoisuus syksyllä 2017, mg/l		Tavoitepitoisuus, mg/l		Tavoitteellinen massamäärä, kg	
	MTBE	Bentseeni	MTBE	Bentseeni	MTBE	Bent- seeni
Vedenottamo	0,0006	<0,00002	0,0075	0,001		
HP12	0,2	0,0014	0,0075	0,001		
HP2	0,015	0,0034	0,0075	0,001		
GA51 (GA50)	0,0005 (0,5)	0,0004 (0,1)	3	1		
Lähdealue	100	17	50	15	200	200

Kunnostusalue ja –syvyys, tavoite

MTBE JA BENTSEENI



ISCO – labrakoe + kenttäpilotti -> kustannusten tarkistus

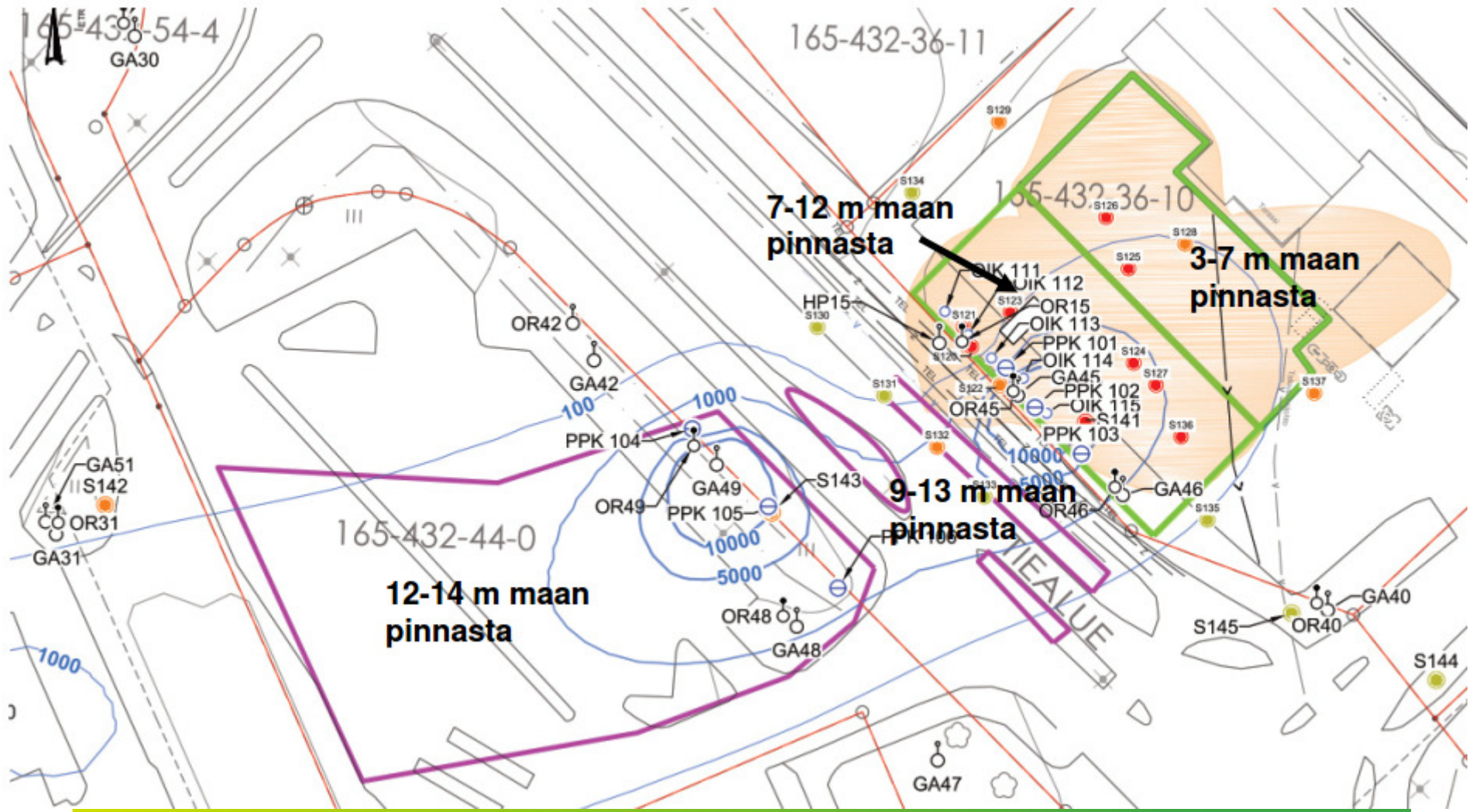
EKO – tehokkuuden tarkkailu

Jos toinen osoittautuu kustannustehottomaksi, toista menetelmää

voidaan käyttää koko kohteessa

Kunnostusalue ja –syvyys, tavoite

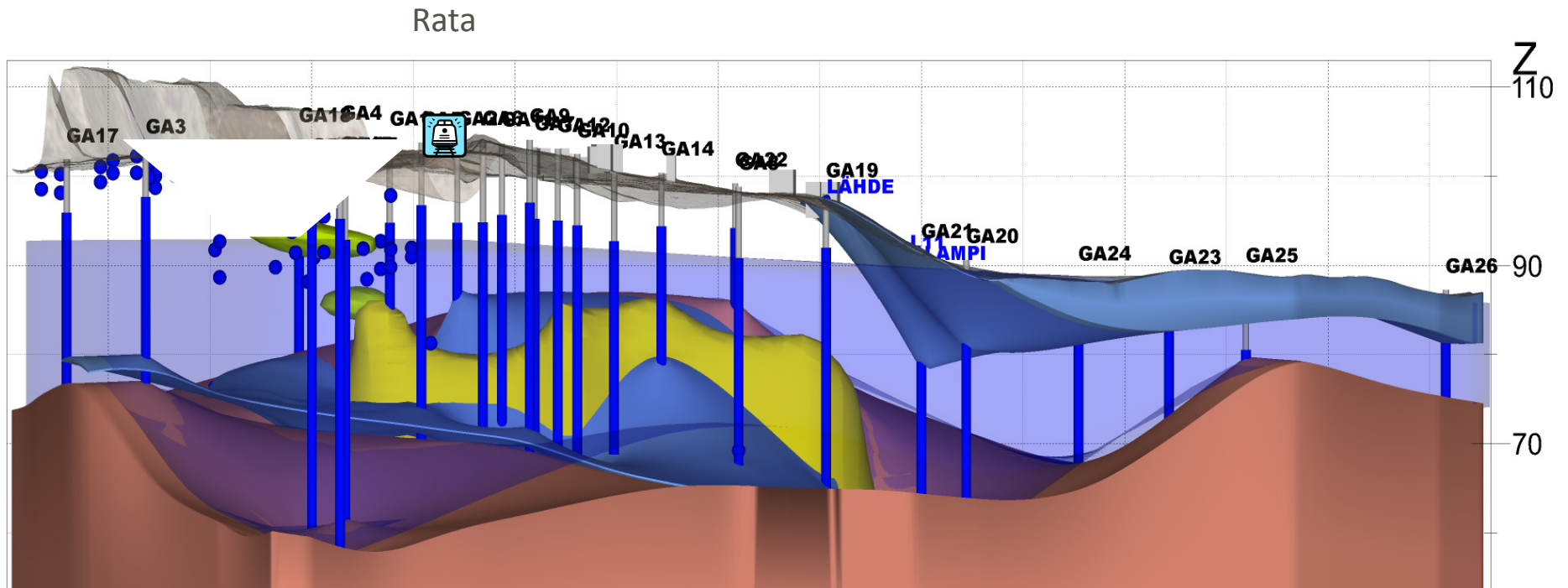
MTBE JA BENTSEENI



Saavutetut hyödyt vs. haitat

SOMERHARJU, KYLLÄSTÄMÖ, KREOSOOTTI

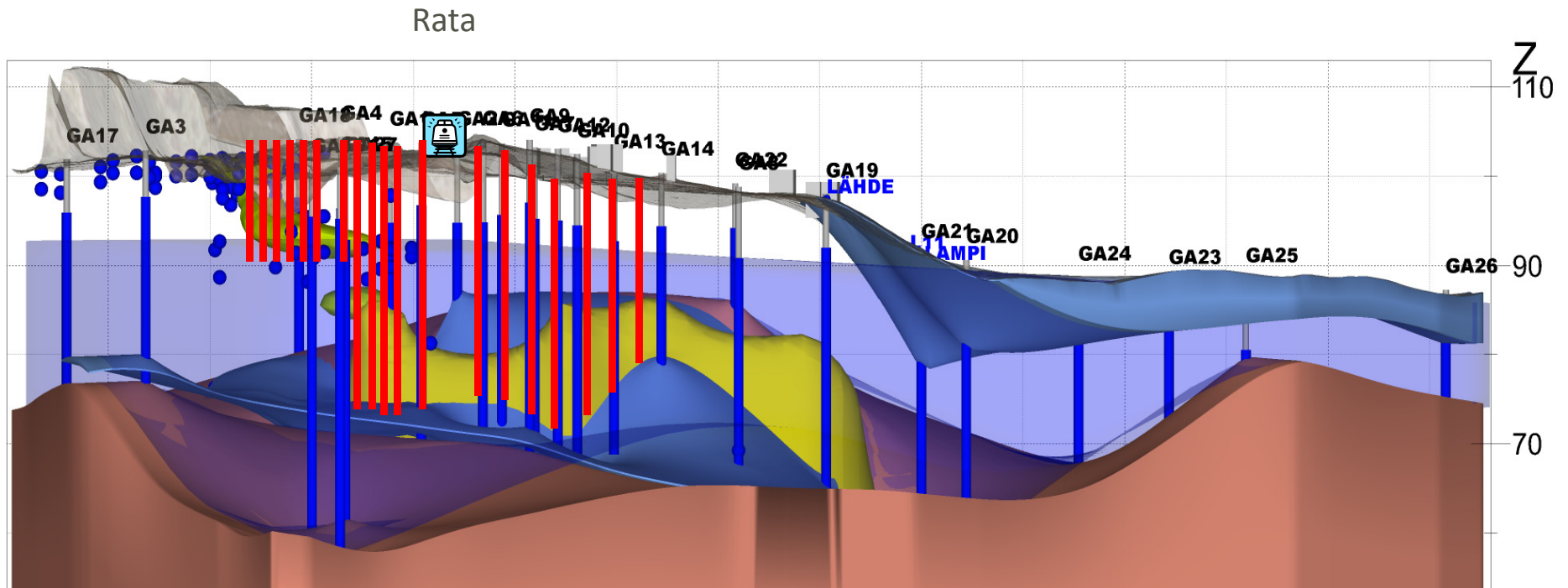
- Massanvaihto



Saavutetut hyödyt vs. haitat

SOMERHARJU, KYLLÄSTÄMÖ, KREOSOOTTI

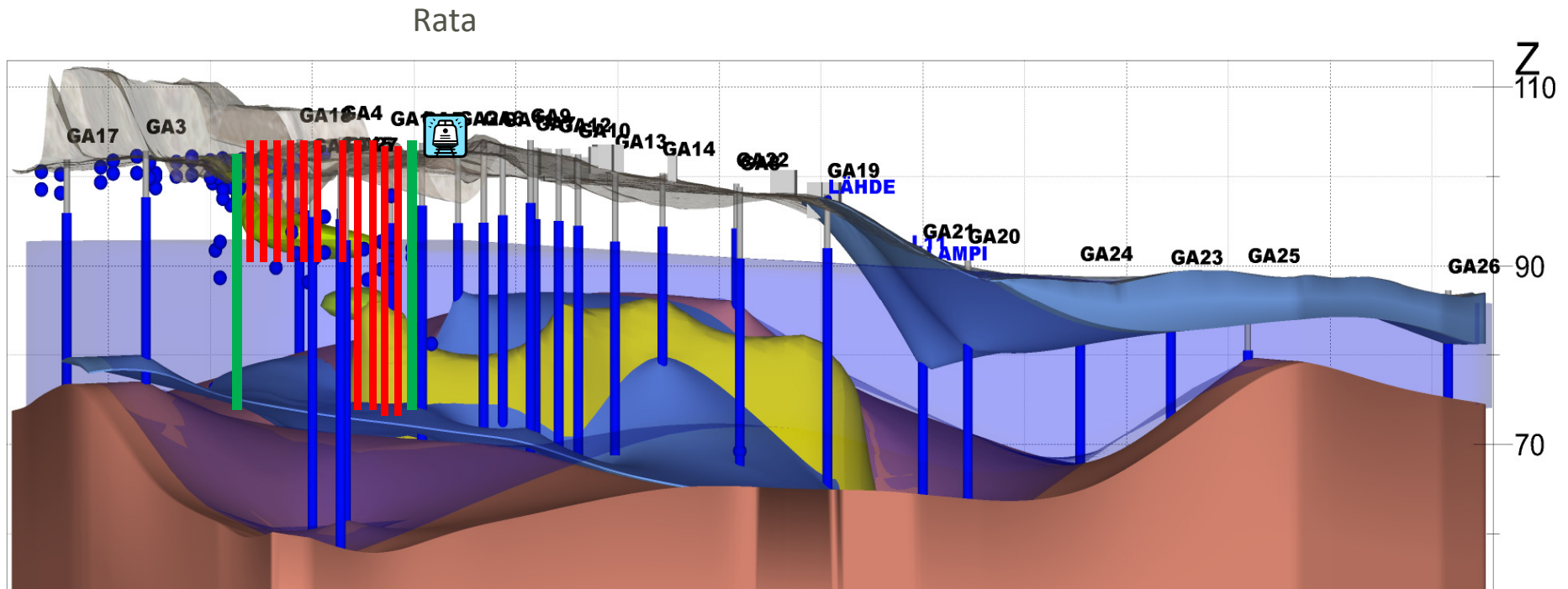
- Faasinkeräyskaivot



Saavutetut hyödyt vs. haitat

SOMERHARJU, KYLLÄSTÄMÖ, KREOSOOTTI

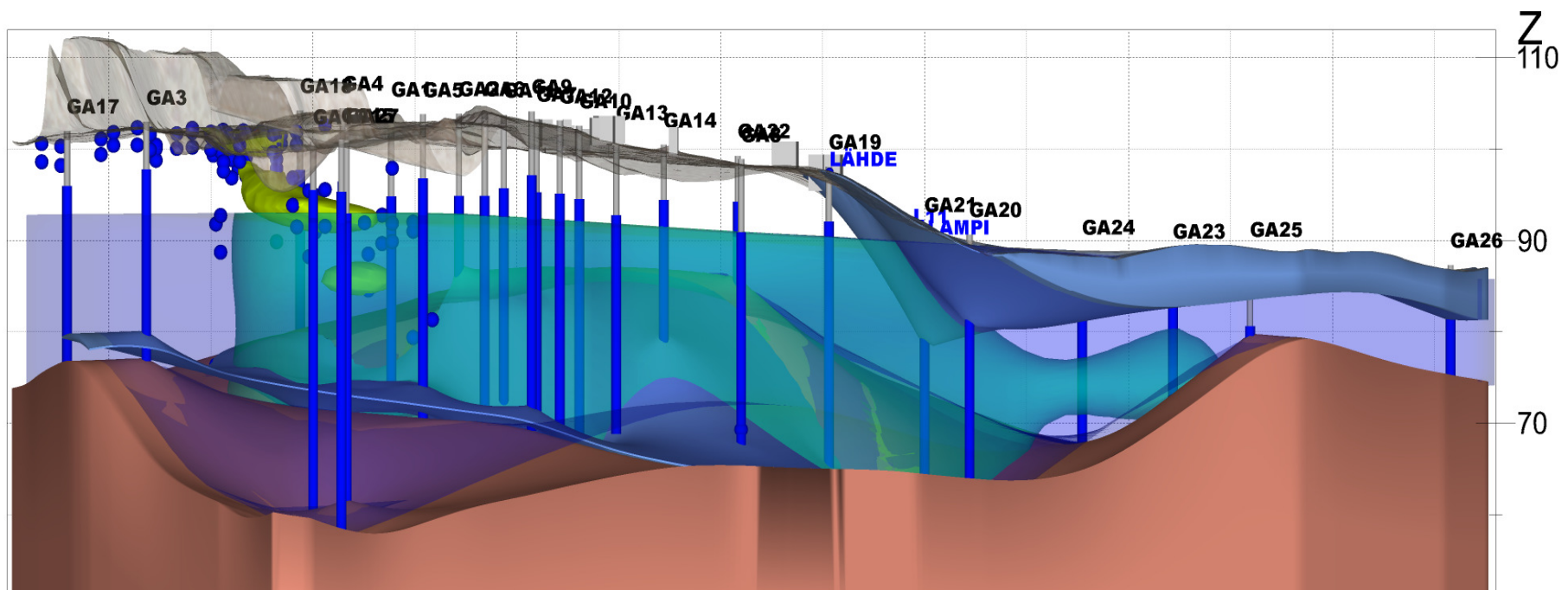
- Eristäminen patoseinillä + faasin keräys



Saavutetut hyödyt vs. haitat

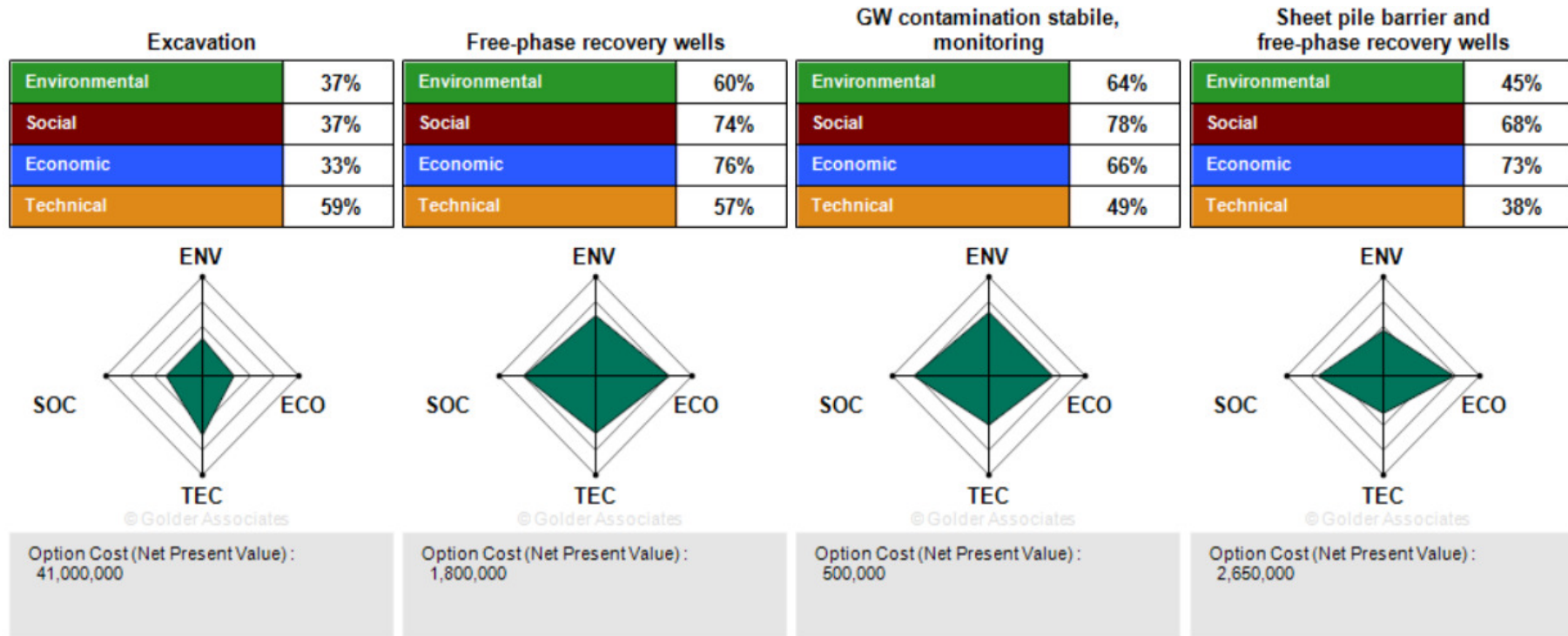
SOMERHARJU, KYLLÄSTÄMÖ, KREOSOOTTI

- Tarkkailu

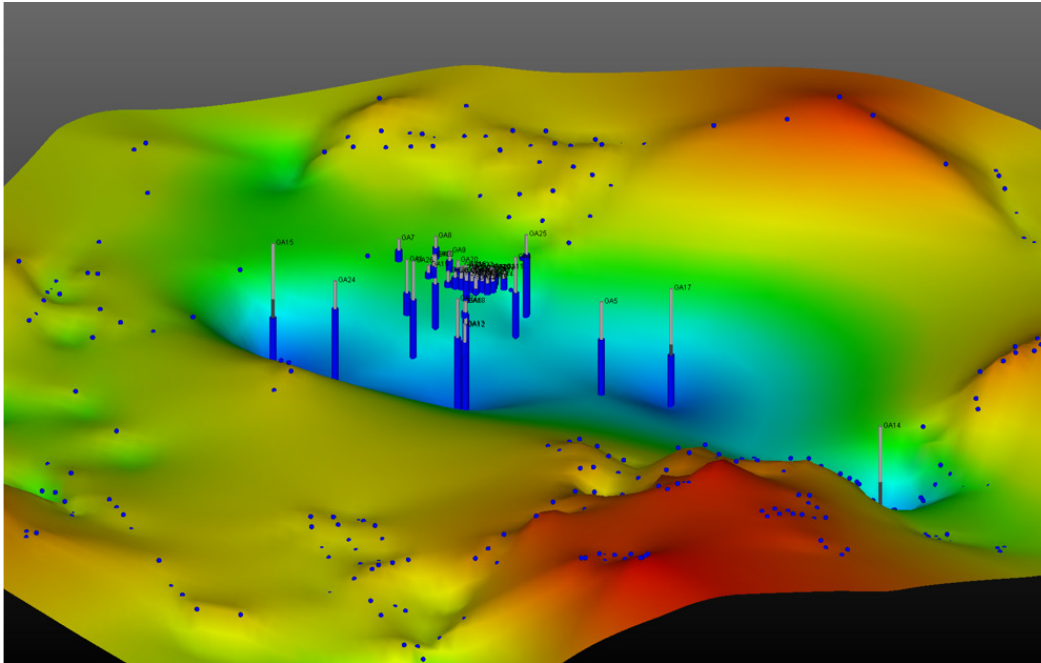


Saavutetut hyödyt vs. haitat

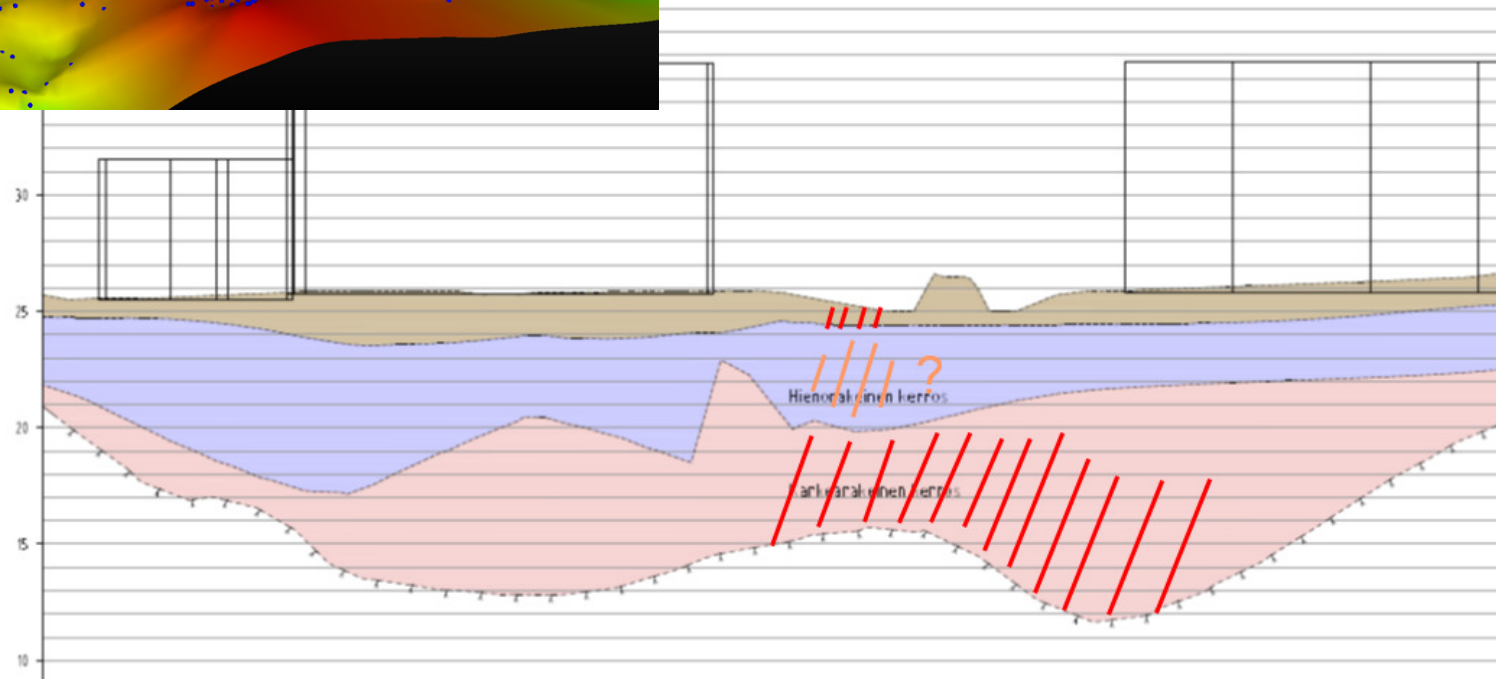
SOMERHARJU, KYLLÄSTÄMÖ, KREOSOOTTI



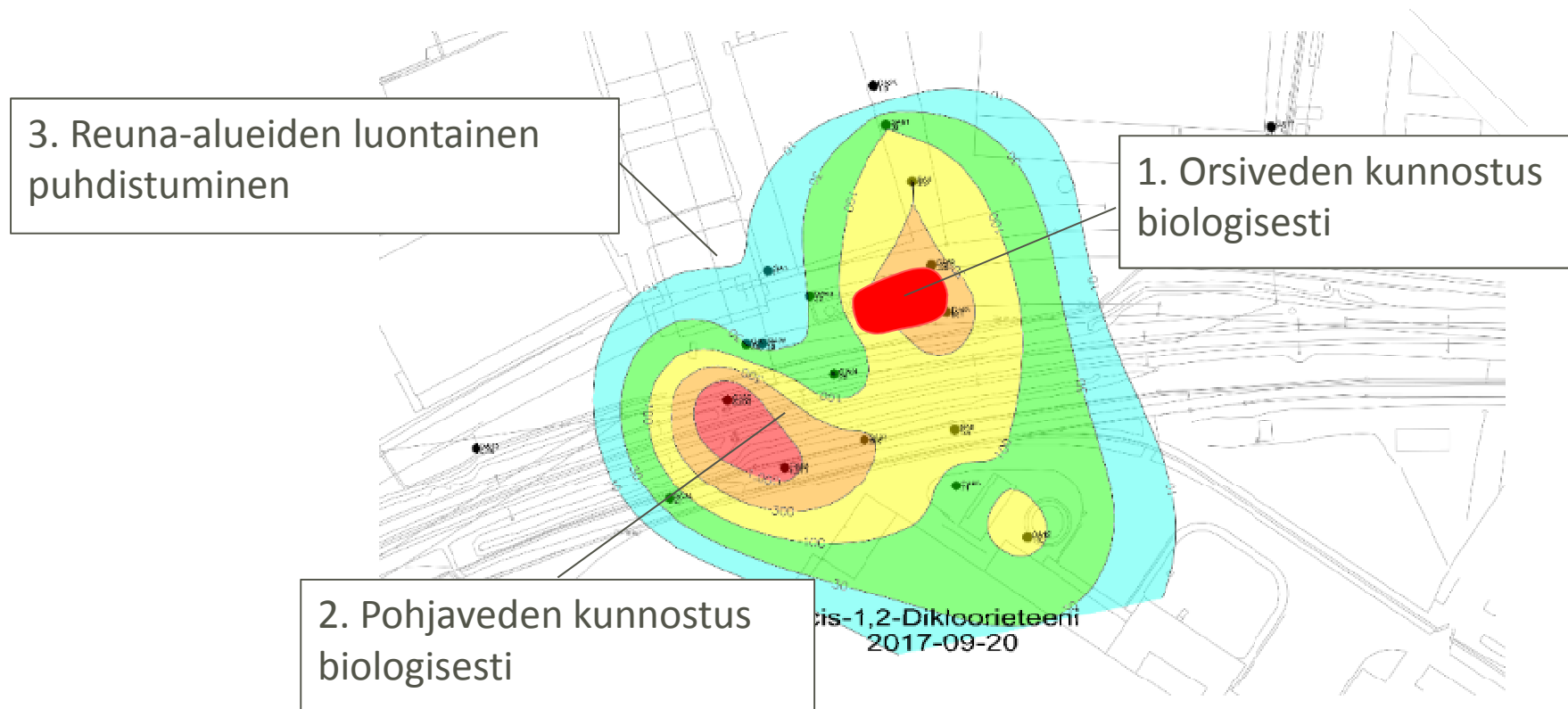
Geologia, pohjaveden virtausolosuhteet



Pohjaveden virtausnopeus 2-3 m/v
Klooratut alifaattiset hiilivedyt



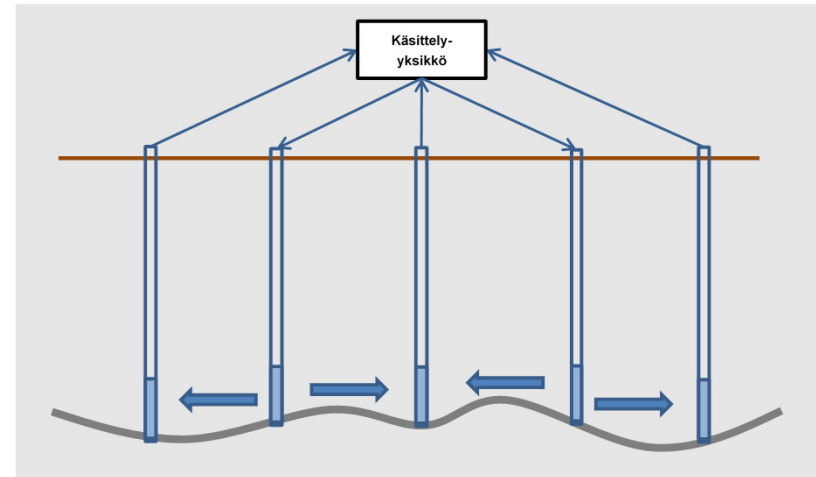
Geologia, pohjaveden virtausolosuhteet



Geologia, pohjaveden virtausolosuhteet

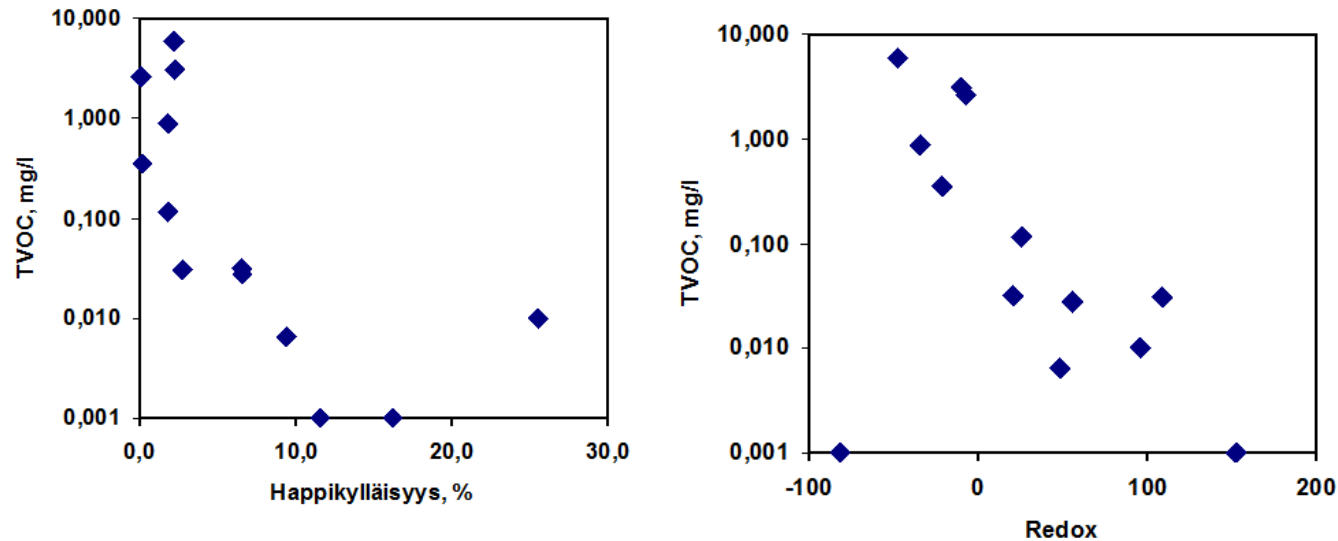


- Orsivesi
 - Tehosteaineen syöttö painovoimaisesti tiheään asennettuihin putkiin



- Pohjavesi
 - Tehosteaineen levitys pohjaveteen kierrättämällä pohjavettä pumpaamalla

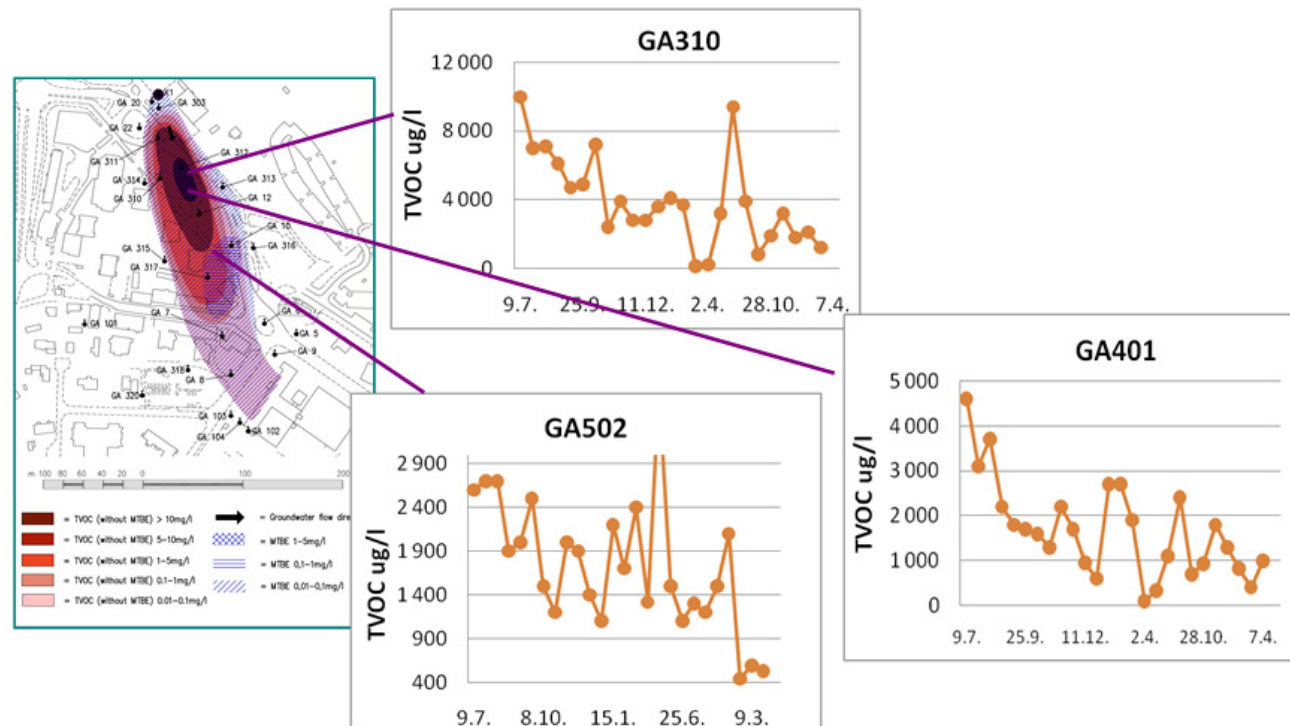
Pohjaveden geokemialliset olosuhteet



Parametri	GA312	GA12	GA317	GA310	GA311	GA10	GA7	GA8	GA303	GA315	GA104
TVOC, mg/l	1,1	7,2	3,4	1,4	0,7	0,3	0,09	0,005	<	<	<
Johhtokyky, $\mu\text{S}/\text{cm c}$	420	340		239	225	314			198	317	
pH	6,3	6,5		6,1	6,1	6,7			5,9	7,0	
DO, %	36,1	12,5		17,7	17,8	20,5			66,0	32,7	
NO ₃ , mg/l	<0,1	<0,1	0,2	9,4	6,2	0,9	1,3	17,0	9,6	9,6	19,0
SO ₄ , mg/l	6,3	<3	7,5	17,7	26,1	24,6	24,0	29,0	27,9	36,6	35,0
Liukoinen Fe, mg/l	22,3	6,2	1,0	0,7	0,5	0,0	1,1	0,0	0,7	0,1	0,0
Mn, mg/l	1,9	1,6	1,5	0,1	0,1	0,4	1,3	1,8	0,3	0,4	0,0
Vallitseva prosessi	Fe-pelk.	Fe-pelk.	SO ₄ pelk.	SO ₄ pelk.	NO ₃ pelk.	NO ₃ pelk.	NO ₃ pelk.	O ₂ heng.	NO ₃ pelk.	NO ₃ pelk.	O ₂ heng.

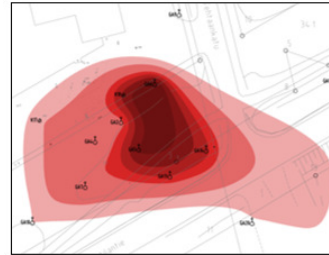
Pohjaveden geokemialliset olosuhteet

- Eniten pilaantuneella alueella hajoaminen tapahtuu sulfaattia pelkistävässä olosuhteissa
 - Biologisen hajoamisen tehostaminen sulfaatin avulla

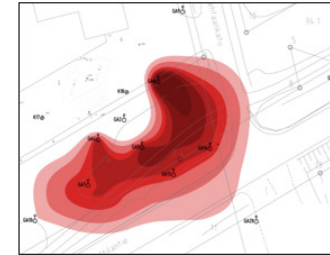


Pohjaveden geokemialliset olosuhteet

- Eniten pilaantuneella alueella hajoaminen tapahtuu rautaa pelkistävässä olosuhteissa
 - Biologisen hajoamisen tehostaminen humuksen avulla (raudan pelkistyksen tehostaminen)



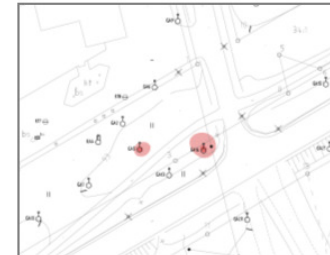
Hiilivetyleviämä ennen kunnostusta 2004



Hiilivetyleviämä koetöiminnan jälkeen



Hiilivetyleviämä kunnostuksen jälkeen



Hiilivetyleviämä lopputarkkailun jälkeen

In situ –kunnostusmenetelmän valinta

- Ennen kunnostusmenetelmän lopullista valintaa tarvitaan riittävästi kohdetietoja, jotta voidaan valita kustannustehokkain menetelmä
- Kohteissa, joissa kaikkiin menetelmiin liittyy huomattavaa epävarmuutta, kannattaa vaihtoehtoja pitää mukana viime metreille asti ja varautua vaihtamaan menetelmää, jos jokin menetelmä ei toimikaan tai osoittautuu kalliiksi.
 - Menetelmän vaihtaminen voi tulla kustannustehokkaammaksi kuin jatkaminen tehottomalla menetelmällä

In situ –kunnostusmenetelmän valinta

- In situ menetelmät ei aina halpoja tai edes kustannustehokkain vaihtoehto
- Kustannustehokkuus kohdekohtaista
- Kustannustehokkuus perustuu oikean menetelmän valintaan. Mikään menetelmä ei sovellu kaikkiin kohteisiin tai ei ole se edullisin vaihtoehto kaikissa kohteissa. Mikä tahansa menetelmä voi olla kustannustehokkain kun se on kohteeseen parhaiten soveltuva.

In situ –kunnostusmenetelmän valinta

- Riittävät tiedot kohteesta
 - Mahdollistaa kustannustehokkuuden kunnostuksen aikana
 - Mahdollistaa kohtuullisten kunnostustavoitteiden asettamisen
 - Mahdollistaa myös luontaisen puhdistumisen tai seurannan käytön riskinhallintavaihtoehtoina
- Erityisen kriittistä suunnittelun kannalta on
 - Geologia ja pohjaveden virtausolosuhteet
 - Haitta-aineiden esiintyminen sekä alueellisesti että syvyyden suhteen
 - Tutkimuksia kannattaa tehdä vaiheittain yhdessä suunnittelun kanssa
- Kunnostusmenetelmän valinta voi olla prosessi, jossa kohteesta saatavan tiedon ja kustannusten tarkastelun perusteella vaihtoehdot vähenevät ja voivat myös vaihtua

Menetelmä	Faasin poisto	Maaperän puhdistus	Orsiveden puhdistus	Pohjaveden puhdistus	Muu riskinhallinta
Faasin ja korkeiden pitoisuuksien poisto pumppaamalla	x		x 1)	x 1)	x
Dual Phase Extraction (Bioslurping)	x	(x)	x		
Nauhasuihkun käyttö	x				
Huokoskaasuimu tai pumppaus		x			
Ilmastus (stripping)			x	x	
Huuhtelu		x	x		
Termiset menetelmät			x	(x)	
Kemiallinen hapetus otsonin avulla		x			
Kemiallinen hapetus veteen lisättävien hapettimien avulla				x	
Elektrokineettinen hapetus		x	x	x	
In situ kiinteyttäminen/stabilointi (Solidification/stabilization)		x			
In Situ Geochemical Stabilization (ISGS)		x			
Elektrokineettinen erottelu (haitta-aineiden tai hajoamista edistävien aineiden kulkeutumisen edistäminen)			x	x	
Biologian käyttö			x	x	
Monivaiheinen puhdistuminen (MNA)		x	x	x	x
Massa-aktiivisuus		x			
Reaktiivisen soran käyttö			(x)	x	
Reaktiivisen vyöhykkeen käyttö			(x)	x	
In-situ bioremediation				x	
Kulkeutumisen estäminen					x
Huokoskaasun hallinta					x

Faasia ei enää todettu

Tutkimukset: Heikko vedenjohtavuus

Kustannusten arviointi: korkeat kustannukset

Injektointitekniikan kehittyminen

Ei riittävän nopea

Ei teknisesti ja taloudellisesti järkevä

Kunnostustavoite: haihtuvien kulkeutuminen sisäilmaan ei ole riski



GOLDER

Kiitos