

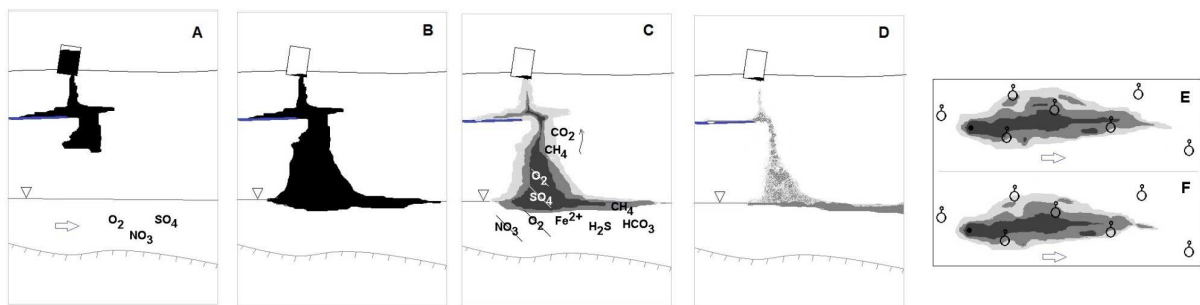
## Pohjaveden monitoroitu luontainen puhdistuminen (MLP) osana riskinarviointia ja -hallintaa

MUTKU-päivät 20.3.2013

Erikoistutkija Jani Salminen  
SYKE  
jani.salminen@ymparisto.fi

## Yleistä pohjaveden pilaantumisesta

- Tyypillisesti PIMA-kohteessa, jossa haitta-aineet ovat kulkeutuneet pohjaveteen saakka
- Hyvin vettä läpäisevät kerrokset
- Kulkeutuminen veden mukana tai omana faasinaan
- Luokitellut pohjavesialueet, muualla pohjaveden käyttö



Kuva: Öljyhiilivetyjen kulkeutuminen ja hajoaminen pohjavedessä

## Pilaantuneen pohjaveden riskinarvioinnin ja -hallinnan tavoitteita

### ARVIOINTI

- **Käsitys nykytilanteesta (haitta-aineiden leviäminen)**
- Pohjaveden laatu (haitta-aineet ja muu geokemia)
  - geokemia vaikuttaa oleellisesti haitta-aineiden kohtaloon = perustietoa!
- Arvio pluumin kehityksestä tulevaisuudessa
  - pohjaveteen vajovesivyohykkeestä kulkeutuvat haitta-aineet
  - pohjavedessä jo olevien haitta-aineiden kulkeutuminen

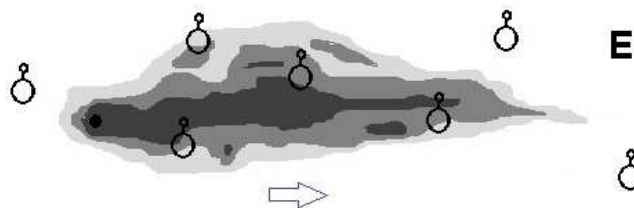
### HALLINTA

- Haitta-aineiden leviämisen estäminen
  - puhtaaseen pohjaveteen (nykyinen ja/tai tuleva käyttö)
    - vedenottamo tarkastelukohteena ei riitä
    - naapurikiinteistölle
- **Haitta-aineiden massan ja konsentraation vähentyminen ajan kuluessa (puhdistaminen tai puhdistuminen) ≠ laimentuminen**
- Pohjaveden laadun monitorointi

3

## Miten saadaan käsitys pluumin nykyisestä ja tulevasta tilasta?

- Riittävä määrä pohjaveden havaintoputkia
  - Tapauskohtainen harkinta, johon vaikuttaa muodostuma, haitta-aineiden määrä ja laatu, maaperän ominaisuudet (kyllästynyt & kyllästymätön vyöhyke), geokemia jne.
  - seuranta ≠ tavoitteisiin sidottu monitorointi



4

## Miten saadaan käsitys pluumin nykyisestä ja tulevasta tilasta?

- Haitta-aineiden ominaisuudet vs. tehdyt havainnot
- Tieto pohjaveden virtaussuunnasta
- Perusteltu arvio pohjaveden virtausnopeudesta on hankittavissa yksinkertaisin keinoin

Havaintoputki	Viipymä (kuukautta)		
	slug-testit	Merkkiainekoe	Pohjaveden laatutieto
13A	1	0,75	0,75–1
14	7,6	5,7	5
7A	15,6	12	15

Yksinkertaisimmillaan määritellään maaperän keskimääräiset huokoisuuden ja vedenläpäisevyyden arvot (jälkimmäinen esim. slug-testien perusteella) kyllästyneessä vyöhykkeessä ja gradientti (pohjaveden pinnankorkeuksien perusteella) → lasketaan suuruusluokka-arvio virtausnopeudesta

## Pohjaveden puhdistamiselle asetetut tavoitteet

- Realistisuus
  - Vaatii aikaa menetelmästä riippumatta
  - Laadun parantuminen, ei talousvesinormi
  - Pluumin stabiloituminen ja pieneneminen kohtuullisessa ajassa
  - Haitta-aineiden massan ja konsentraation (keskiarvot) jatkuva väheneminen
  - Ongelman ratkaiseminen nopeasti kohtuukustannuksin (vrt. massanvaihto) ei ole mahdollista
- Puhdistuminen vs. puhdistaminen
- **Aktiivisia puhdistamistoimenpiteitä on syytä harkita vain silloin, kun siellä on teoreettisesti tarkasteluna saavutettavissa merkittäviä hyötyjä suhteessa panostukseen**
- Kunnostamisen tekniset vaihtoehdon vaihtelevat haitta-aineittain ja osin kohdekohtaisesti
- Päästölähteen poistaminen?

## Miten pilaantuneen pohjaveden riskejä voidaan hallita?

- Kunnostamalla pohjavettä on-site (pump & treat)
  - Kalliita ikuisuusprojekteja
  - Suojapumppaukset silloin, kun pluumi leviää vedenottoamaa kohti tms.
- Kunnostamalla pohjavettä *in situ*
  - Reaktiiviset seinämät
  - Tehostettu luontainen puhdistuminen
  - Monitoroitu luontainen puhdistuminen
- Kaikille menetelmille yhteistä
  - Vaativat paljon aikaa, jotta pohjaveden 'täydellinen' puhdistuminen (talousvesinormi) saavutetaan

➔ **AINA ENSIN ARVIOIDAAN PLUUMIN LÄHTÖTILANNE JA TULEVAISUUDEN KEHITYS JA RISKINHALLINTATOIMENPITEIDEN TARVE**

➔ **VASTA SEN JÄLKEEN PYRITÄÄN LÖYTÄMÄÄN KUHUNKIN TILANTEeseen SOPIVIN RISKINHALLINTARATKAISU, JOLLA TAVOITTEET VOIDAAN SAAVUTTA A KOHTUULLISIN PANOSTUKSIN**

7

## Pohjaveden puhdistamisen/puhdistumisen tavoite



POHJAVEDEN VIRTAUSSUUNTA



**TAVOITTEEN KANNALTA ON SAMANTEKEVÄÄ, SAAVUTETAANKO SE AKTIIVISIN VAI PASSIIVISIN TOIMIN**

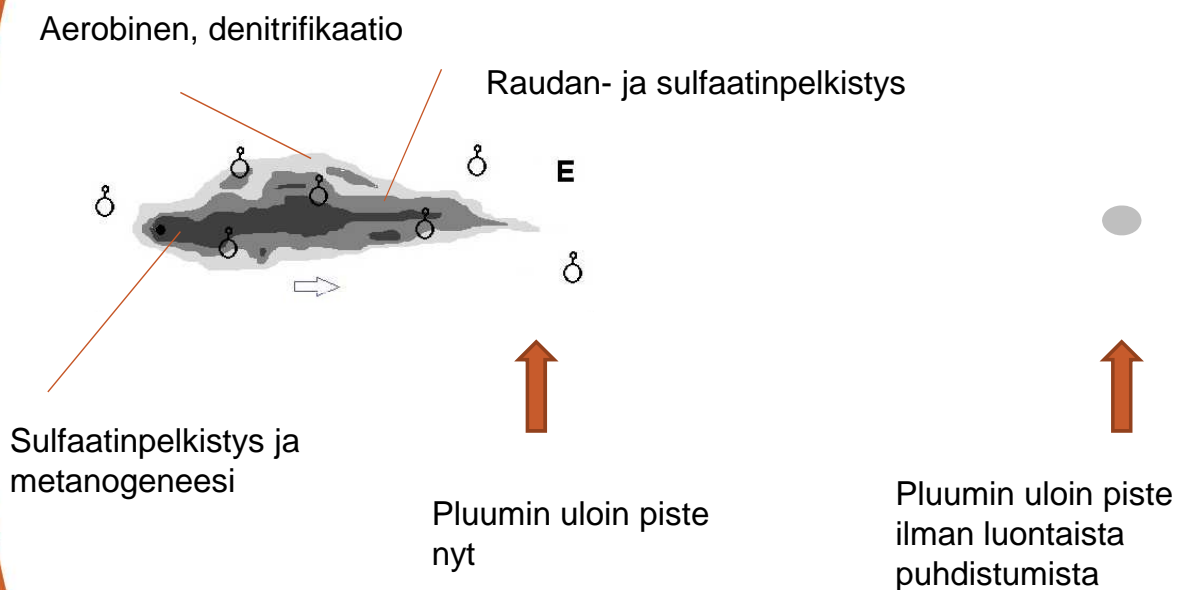
8

## Hajotustoiminnan hyödyntäminen pohjaveden puhdistamisessa

- Monitoroitu luontainen puhdistuminen
  - Erityisesti öljyhiilivedyt, eli pääsääntöisesti orgaaniset yhdisteet, jotka hajoavat sekä hapellisissa että hapettomissa olosuhteissa eli **olosuhteet eivät rajoita hajoamista**. MTBE, etanoli, PAH:t jne., harvemmin klooratut liuottimet. Bentseeni toisinaan ongelma.
- Tehostettu luontainen puhdistaminen
  - Pääsääntöisesti haitta-aineet, joita luonnon oma mikrobitoiminta yleisesti muuttaa haitattomaan muotoon, mutta toimintaa rajoittaa jokin olosuhdemuuttaja (hapellisuus, hapettomuus, org. aineksen vähyys. Esimerkiksi nitraatti, klooratut liuottimet (kohdekohtaisesti), kloorifenolit, mahdollisesti PAH-yhdisteet eli
  - Metalleilla saostamista käytetty jonkin verran ulkomailla
- Aktiivinen kunnostaminen
  - Esim. hajottajakantojen lisääminen (erityisesti klooratut liuottimet)

9

## Luontaisen puhdistumisen vaikutus ja merkitys jää usein huomiotta



**ERO VOI OLLA USEIN HUOMATTAVA; ESIM. 150 m vs. 1500 m.**

10

PLUUMIN KARAKTERISOINTI (VIRTAUS, GEOKEMIA)



VERRATAAN POHJAVEDEN VIRTAUSTA JA HAITTA-AINEIDEN JO TAPAHTUNUTTA LEVIÄMISTÄ – ONKO LUONTAISTA PUHDISTUMISTA TAPAHTUNUT?



VOIDAANKO PUHDISTUMISTA TEHOSTAA AKTIIVISILLA TOIMENPITEILLÄ JA ONKO SIITÄ HYÖTYÄ VS. PANOSTUS



ARVIOIDAAN PLUUMIN TULEVAA KEHITYSTÄ JA (TEHDYJEN KUNNOSTUS)TOIMENPITEIDEN VAIKUTUSTA SIIHEN (esim. päästölähteen poisto)

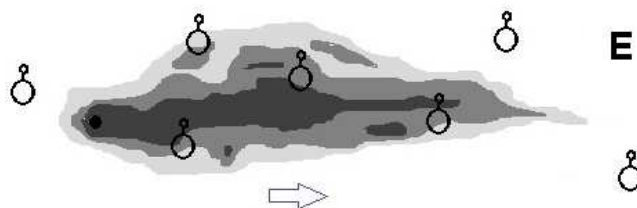


ASETETAAN MONITOROINNILLE TAVOITTEET JA LAADITAAN MONITOROINTIOHJELMA

11

## Pohjaveden monitoroitu luontainen puhdistuminen – 'käyttöohjeet'

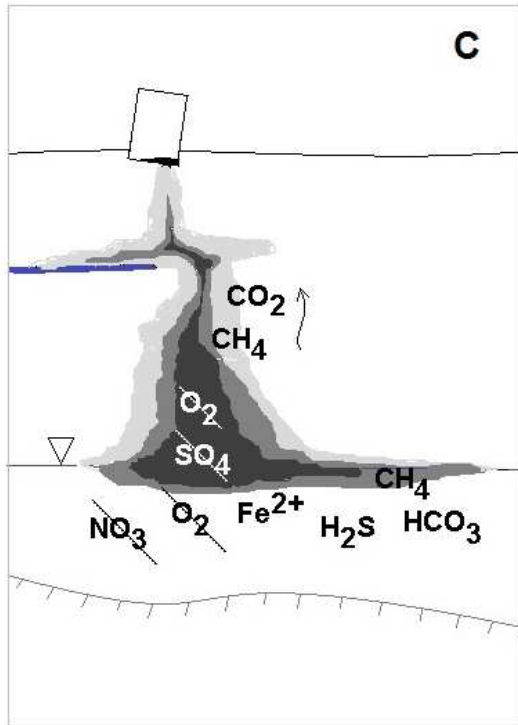
1. Osoitetaan suorasti ja/tai epäsuorasti, että haitta-aineet hajoavat kohteessa ja tämä hajoaminen on vähentänyt ja vähentää haitta-aineiden massaa ja konsentraatiota merkittävästi kohteessa ajan myötä (=todistusaineisto)
  - Pohjaveden geokemia kertoo hajoustoiminnasta
  - Pluumi oleellisesti pienempi kuin virtausnopeudet (kulkeutuminen) antavat olettaa



12



## Pohjaveden monitoroitu luontainen puhdistuminen – 'käyttöohjeet'



### TYYPILLINEN ÖLJYHIILIVETYKOHDE

1. Aerobinen hajoaminen (hapettomuus)
2. Denitrifikaatio (nitraatti kulunut pohjavedestä)
3. Raudan pelkistyminen (kahdenarvoista rautaa runsaasti > 10 mg/l)
4. Sulfaatin pelkistyminen (sulfaattia vähemmän alueen luonnontilaiseen pohjaveteen verrattuna)
5. Metanogeneesi (metaania pohjavedessä/huokoskaasussa)
6. Bikarbonaattia (hiilivetyjen hajoamislopputuote, em. prosessit yhdessä)

13

## Pohjaveden monitoroitu luontainen puhdistuminen – 'käyttöohjeet'

2. Arvioidaan pohjaveden tulevaa puhdistumista. Useimmiten haitta-ainepitoisuudet saavuttavat talousveden laatunormia vastaavan tason vasta vuosien-vuosikymmenten kuluessa
  - Arvioidaan aktiivisten kunnostustoimenpiteiden tarve ja vaikutus (esim. päästölähteen poisto)
  - Pätee myös aktiivisiin pohjavedenkunnostusmenetelmiin
  - Monitoroinnin tarkoitus on **varmistaa** arvioidun kehityksen suunta ja oikeellisuus
  - Monitorointi ei nopeuta prosessia, mutta aiheuttaa kustannuksia; **ei monitorointia monitoroinnin vuoksi!**
  - Panostus pluumin karakterisointiin ja **hyvään lähtötilanteen kartoitukseen**, ei monitorointiin
  - Monitorointia voidaan vähentää tuntuvasti alkuvaiheen jälkeen

14

**Kiitos!**

*jani.salminen@ymparisto.fi*