




VOC-hanke - huokosilmatutkimuksilla luotettavuutta kohdekohtaiseen riskinarviointiin

Milja Vepsäläinen, EnviPro Oy
Pirjo Tuomi, AFRY Finland Oy

Sisälllys



-  Hankeryhmä
-  Tutkimuskysymykset
-  Vaiheen 1 toteutus
-  Vaiheen 1 tulokset
-  Tulevat vaiheet

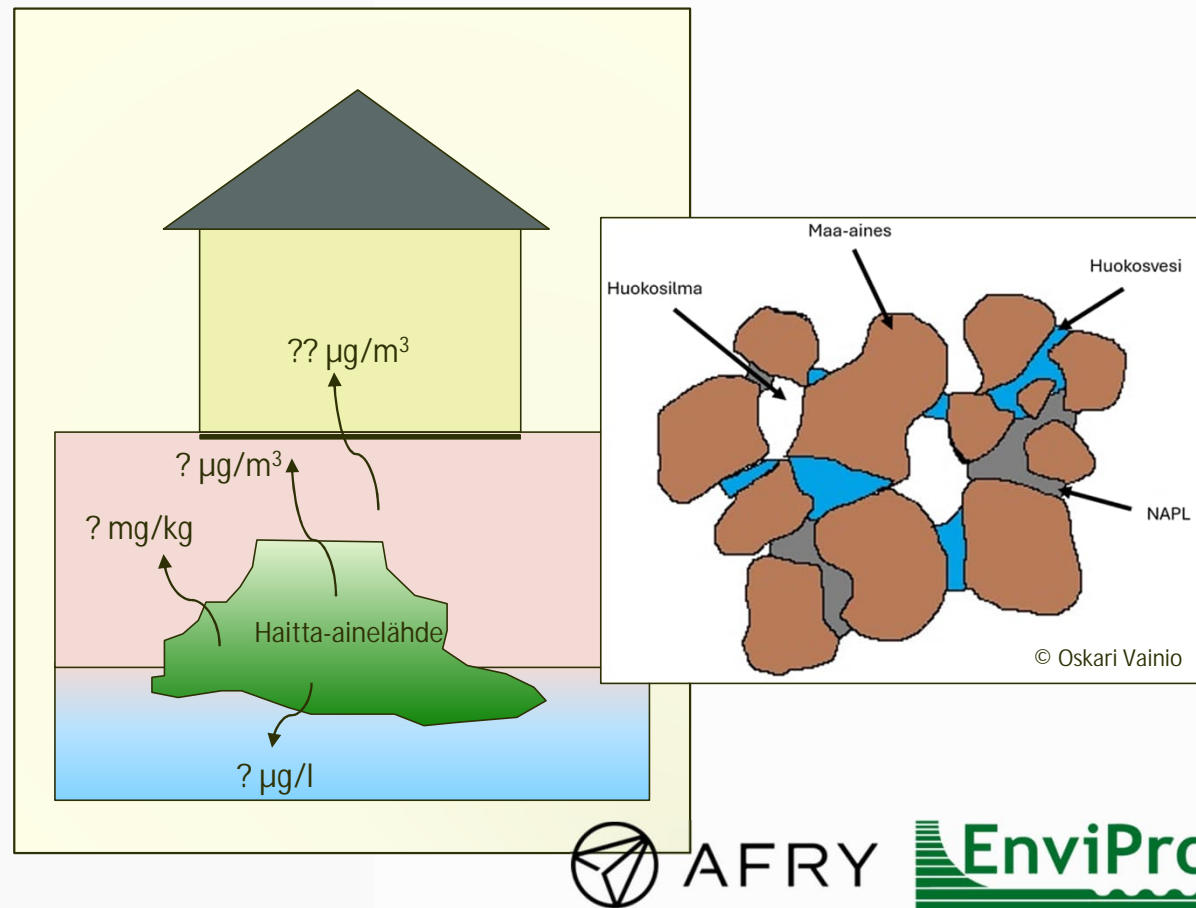
Hankeryhmä

- Rahoittaja: Ympäristöministeriö
 - Nina Lehtosalo
- Ohjausryhmä ja rahoittaja: Suomen ympäristökeskus
 - Outi Pyy
 - Jussi Reinikainen
 - Heidi Ahkola
 - Aura Nousiainen
 - Minna Wasenius
- Toteuttajat: EnviPro Oy ja AFRY Finland Oy
 - Milja Vepsäläinen
 - Pirjo Tuomi
- Opinnäytetyöntekijä
 - Oskari Vainio, Tampereen yliopisto



Taustaa: VOC-yhdisteiden ympäristötekhniset analyysit

- Maaperäpitoisuus ~luotettava
 - Matriisi toimitetaan laboratorioon
 - Edustava näytteenotto?, vakiintuneet käytännöt
 - Pitoisuudet muuttuvat hitaasti
- Pohjavesipitoisuus ~luotettava
 - Matriisi toimitetaan yleensä laboratorioon
 - ~Vakiintuneet näytteenottokäytännöt
 - Pitoisuudet voivat muuttua nopeastikin, näyte edustaa tiettyä ajan hetkeä
- Huokosilmapitoisuus luotettava?
 - Matriisi toimitetaan harvoin laboratorioon
 - Ei vakiintuneita näytteenottokäytäntöjä
 - Pitoisuudet muuttuvat nopeasti, vrt. ilmanpaine, lämpötila, kostaus
- Laboratorion mittauserävarmuus 20...50 %



AFRY



Kysymyksiä hankkeen taustalla



Näytteenotto

Eri keräimiä, kokoilma
Aktiivi ja passiivi
Virtausnopeudet
Kosteus
Tuuletus



Tulkinta

Mitä menetelmiä käytetty
Miten menetelmät
vaikuttavat tulokseen



Riskinhallinta

Vanhat rakenteet
Rakenteiden kestävyys
Reiät, raot, poraukset
Aika
Tiedonhallinta
Vastuut
Kustannukset



Tulokset

Tolueenivaste
Raportoitavat yhdisteet
Määrittärajat
Summapitoisuudet



Riskinarviointi

Oletusarvot
Mitatut arvot
Siirtymäkertoimet
Kulkeutuminen
Varmuuskertoimet

Vaiheet

1. TAUSTASELVITYS

- KÄYTÄNNÖT MEILLÄ JA MUUALLA
- VIITEARVOT
- OPINNÄYTETYÖ
- TYÖPAJA

2. NÄYTTEENOTTOTAPOJEN, KERÄIMIEN, ANALYYSIEN VERTAILU

- ERILAISET KOHTEET
- ERI HAITTA-AINEET
- KOKOILMANÄYTE

3. LASKETTUJEN JA MITATTUJEN PITOISUUKSIEN VERTAILU

- HUOKOSILMA/SISÄILMA

4. RISKINARVIOINTI-OHJELMAT

- KRIITTISET PARAMETRIT
- OHJELMIEN VERTAILU
- HERKKYYSTARKASTELU
- SUOSITUKSIA

5. RAKENNUKSET JA RAKENTEET

- RAKENNUSTEN IKÄ
- TYYPILLISET ILMAVUOTOREITIT
- VUOTOILMAN MÄÄRÄ
- ERISTERAKENTEET

6. KANSALLINEN OHJE TAI OHJEET

- VIITEARVOJA?
- TOIMINTATAPOJA?
- VERTAILUKOKEITA?

7. MITÄ MUUTA?

→ 2–3 hankevaihetta

Vaiheen 1 toteutus 2025

- Hankesuunnitelma – AFRY ja EnviPro
- Opinnäytetyöntekijän etsiminen – aikataulu
- Opinnäytetyön tekeminen kirjallisuuskatsauksena + ohjaus
 - Yhdisteet
 - Keräimet
 - Analytiikka
 - Laboratorioiden haastattelut
 - Epävarmuudet
 - Eri maiden viitearvot ja niiden perusteet
- Työpaja pima-toimijoille 23.10.2025
 - Muistio ja suositus hankkeen jatkosta
- Vaiheen 2 tutkimussuunnitelma



Vaiheen 1 tulokset

- Tarkasteltavat yhdisteet:
 - Fys-kem-ominaisuuksien perusteella
 - BTEX
 - Naftaleeni
 - Klooratut alifaatit: dikloorimetaani, VC, dikloorieteenit, tri- ja tetrakloorieteeni
 - Triklooribentseeni
 - 1,2,4- ja 1,3,5-Trimetyylibentseeni
 - n-Propyylibentseeni
 - sec-Butyylibentseeni
 - p-Symeeni
- Eri maiden ohje- ja viitearvot sekä niiden määrittäisperusteet
- Aktiivi- ja passiivinäytteenoton haasteet ja edut
- Eri maiden kansalliset ohjeet ja suositukset näytteenotolle
- Laboratorioiden haastattelu: menetelmät, toimintaohjeet, adsorbentit, analyysilaitteistot, laadunvarmistus
- Työpaja: selvitettävää hankkeen seuraavissa osuuksissa
- Opinnäytetyön esittely Maaperä kuntoon – aamuwebinarissa 20.4.2026/Oskari Vainio

	Saksa Tutkimusraja- arvot [µg/m³]	Italia Kynnysarvot [µg/m³]		Australia Tutkimusraja- arvot [µg/m³]		Yhdysvallat Tavoitearvot¹ [µg/m³]	
	Kaikki maankäytöt	Asutus- alue²	Teolli- suus- alue²	Asutus- alue	Teolli- suus- alue	Asutus- alue	Teolli- suus- alue
Aromaattiset hiilivedyt:							
Bentseeni	10 000	3,3	16	-	-	120	520
Toluenei	1 000 000	56 000	220 000	-	-	170 000	730 000
Etyylibentseeni	200 000	10	49	-	-	370	1 600
Ksyleenit	1 000 000	1 100	4 400	-	-	3 500	15 000
Polyaromaattiset hiilivedyt:							
Naftaleeni	10 000	0,8	3,6	-	-	28	120
Klooratut alifaatti- set hiilivedyt:							
Dikloorimetaani	80 000	1 100	12 000			21 000	88 000
Vinyylikloridi	4 000	5,0	28	300	2 000	56	930
Dikloorieteenit	900 000³	1 500⁴	5 700⁴	2 000³	10 000³	970⁴	4 100⁴
Trikloorieteeni	20 000	2,8	30	2 000	15 000	70	290
Tetrakloorieteeni	70 000	99	470	10 000	70 000	1 400	5 800
Klooribentseenit:							
Trikloori- bentseenit:	70 000⁵	22⁵	88⁵	-	-	70⁵	290⁵
Muut alkyyli- bentseenit:							
1,2,4-Trimetyyli- bentseeni	-	-	-	-	-	2 100	8 800
1,3,5-Trimetyyli- bentseeni	1 000 000	-	-	-	-	2 100	8 800
n-Propyyli- bentseeni	-	-	-	-	-	35 000	150 000
sec-Butyyli- bentseeni	-	-	-	-	-	-	-
p-Symeeni	-	-	-	-	-	1 400	5 800

Viitearvojen taustalla

- Käyttötarkoitus
- Siirtymäkertoimet (miten huokosilman oletetaan haihtuvan sisäilmaan siirryttäessä)
 - Saksa 1:1000
 - Italia 1:10
 - Australia 1:100
 - Yhdysvallat 1:33
- Altistumisskenaariot
- Toksikologiset lähtöarvot



Vaiheen 1 tulokset: näytteenotto

- Aktiivinäytteenotto:
 - Joko kokoilma tai adsorbentti
 - Kvantitatiivinen
 - Nopea, tunteja
 - Edustaa tiettyä ajanhetkeä
 - Kosteus haasteena
- Passiivinäytteenotto:
 - Hitaampi, useita päiviä...viikkoja
 - Semikvantitatiivinen
 - Diffuusiokerroin, keräysnopeus
 - Edustaa pidempää ajanjaksoa
 - Raskaat VOCit ja BTEX: alhaisempia pitoisuuksia kun aktiivimenetelmällä
 - Hitaampi diffuusio?
 - Adsorbentin ominaisuudet?
 - Alhaisempi kustannus?

V1 tulokset: Kansallisia ohjeita ja suosituksia näytteenotolle

- Ei suositusta ajankohdalle;
 - Paine-ero suurimmillaan talvella
 - Haihtuminen pienintä talvella
- Läheltä maan pintaa tehtävässä näytteenotossa ulkoilman vaikutus voi olla merkittävä
- Saksa: vain aktiivihiili adsorbenttina
- Näytteenottojärjestelmän tiiviyden testaus alipaineella
- Näytteenottoputkien seisottaminen ennen näytteenottoa (tunteja...viikko)
- Pysyvään havaintoputkeen tiivis korkki
- Putket huuhdellaan ennen näytteenottoa
- Näytteenotto alhaisella virtausnopeudella

	Huuhtelutilavuus [järjestelmän tilavuuden kertoimena]	Virtausnopeus huuhtelussa [mL/min]	Virtausnopeus näytteenotossa [mL/min]	Alipaine [Pa]
USA (CalEPA)	3x	100–200 (>200 sallittu tietyin ehdoin)	100–200	≤ 25 000
Kanada	≥ 3x	20–200 (jopa 5 000 suurissa putkissa)	20–200	≤ 2 500
Saksa	≥ 2x	100–1 000	100–1 000	Vakioalipaine (ei tarkkaa arvoa)
Italia	1–3x	0,5–500	0,5–500	-
Sveitsi	3x	-	-	-
USA (USEPA)	Jatketaan kunnes pitoisuudet vakiintuvat	-	-	-

V1 tulokset: Työpajan anti

- Pienryhmät:
 - Huokosilmatutkimusten suunnittelu
 - Näytteenotto
 - Analyysit
 - Huokosilmatulosten käyttö
- Toiveita hankkeelle:
 - Suosituksia, milloin tutkimuksia pitäisi tehdä
 - Ohjeistusta vaiheittain etenevästä tutkimisesta ja seurannasta
 - Ohjeistusta tutkimussuunnitteluun
 - Suosituksia/ohjeistusta menetelmistä ja tietoa eri menetelmien tilannekohtaisesta soveltuvuudesta
- Toiveita hankkeelle:
 - Maalajin vaikutus VOCien käyttäytymiselle – kokeellisesti
 - Tyhjennyspumppauksen vaikutuksen testaaminen
 - Vuodenajan ja sään vaikutus tuloksiin
 - Kosteuden vaikutus ja kosteudenpoiston menetelmät
 - Analyysitulosten esitystavan yhtenäistäminen
 - Viitearvoja... → tukea tulosten tulkintaan
 - Ohjeistusta riskilaskentaan
 - Ohjeistusta riskinarviointiin
 - Onko varokertoimia liikaa?

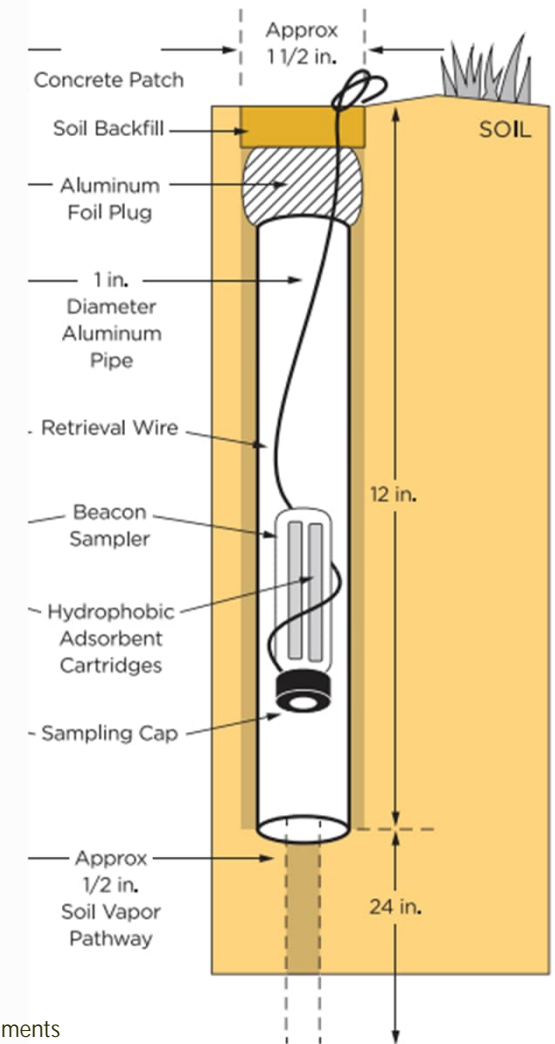
Vaihe 2 – Näytteenoton epävarmuuksiin liittyvät kenttätutkimukset, 2026

- Tutkimussuunnitelman tarkentaminen
- Oikovirtausta ja tyhjennuspumpkauksen vaikutusta tarkastelevat kenttätutkimukset
 - VOC, O₂, CO₂, paine-ero, kosteus?
 - Sama kontaminantti
 - Erilaiset maaperät
 - Eri pumppaustilanteita
 - Vähintään 2 kohdetta
 - Huokosilmaputki, pohjavesiputki, pintamaahan tehty reikä



Vaihe 2 – Näytteenoton epävarmuuksiin liittyvät kenttätutkimukset, 2026

- Näytteenottotapojen vertailu kohteissa, joista on jo olemassa tietoja ja joissa tiedetään esiintyvän korkeita haihtuvien yhdisteiden pitoisuuksia huokosilmassa
 - Hetkellistä pitoisuutta kuvaavan näytteen otto
 - Summakanisteri tai Bottle vac
 - Aktiivinäyte adsorbenttiin
 - Pitkän aikavälin keskimääräistä pitoisuutta kuvaavan näytteen otto
 - Passivikeräin havaintoputkessa
 - Beacon-menetelmä maahan tehdystä reiästä
- Loppuraportti



Yhteistyötä?

- Kiitos yhteistyöstä vaiheen 1 työpajassa!
- Rahoitus juuri myönnetty vaiheelle 2 😊
- Tutkimussuunnitelman tarkentaminen ja yhteistyökumppaneiden haku
- Sopivia kohteita?





Kiitos!

Milja Vepsäläinen
EnviPro Oy
milja.vepsalainen@envipro.fi
p. 040 823 5892

Pirjo Tuomi
AFRY Finland Oy
pirjo.tuomi@afry.com
p. 044 778 8662

