

Näytteenoton merkitys riskienhallinnassa

MUTKU-koulutuspäivä: Uusia menetelmiä kohdetutkimukseen
Tampere, 28.3.2017

Jussi Reinikainen, SYKE

Esityksen sisältö

- Näytteenoton suunnittelu ja edustavuus
- Teoriaa ja esimerkkejä
- Yhteenveto

Näytteenotto ympäristötutkimusten tärkein vaihe

- Tutkimuksilla lukuisia erilaisia tarkoituksia ja tavoitteita
 - Lainsäädännön velvoitteet ja yleiset suositukset
 - Tulosten vaihteleva soveltamiskäytäntö ja vaatimustaso
 - Paljon oppaita ja standardeja saatavilla
- Tapauskohtaisuus korostuu PIMA-tutkimuksissa
 - Kohteen alustava karakterisointi
 - Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi
 - Kunnostussuunnittelu
 - Kunnostuksen ohjaus ja valvonta
 - Jäännösriskit ja seuranta
 - Näytteenotossa mukana kaikki ympäristönosat

→ **Yhtä ja oikeaa menettelytapaa
näytteenottoon ei voi ohjeistaa (paitsi hyvin
tarkasti määriteltäisiin tarkoituksiin)**

- **Esim. kasanäytteenotto (SFS-ISO10381-8)**



Riskinhallinta ja näytteenotto PIMA-kohteissa

- ”Riskinhallinta on toimintaa, joka kattaa koko riskejä koskevan suunnittelu- ja päätöksentekoprosessin. Siihen sisältyvät riskinarviointi sekä toimet haittojen ja riskien estämiseksi tai vähentämiseksi”

- **Näytteenotto tärkein osa riskinarviointia ja sen tuloksia käytetään haittojen ja riskien määrittämiseen suoraan tai välillisesti**

→ **Näytteenotto riskinhallinnan perusta!**



Näytteenoton suunnittelu

- Näytteenoton tärkein vaihe
 - Näytteenottajan pätevyys ei yksin riitä
- Myös suunnittelu tapauskohtaista, mutta...
- ...tietyt yleisperiaatteet pätevät kaikkeen näytteenottoon

→ Systemaattinen suunnitteluprosessi (näytteenottosuunnitelma)

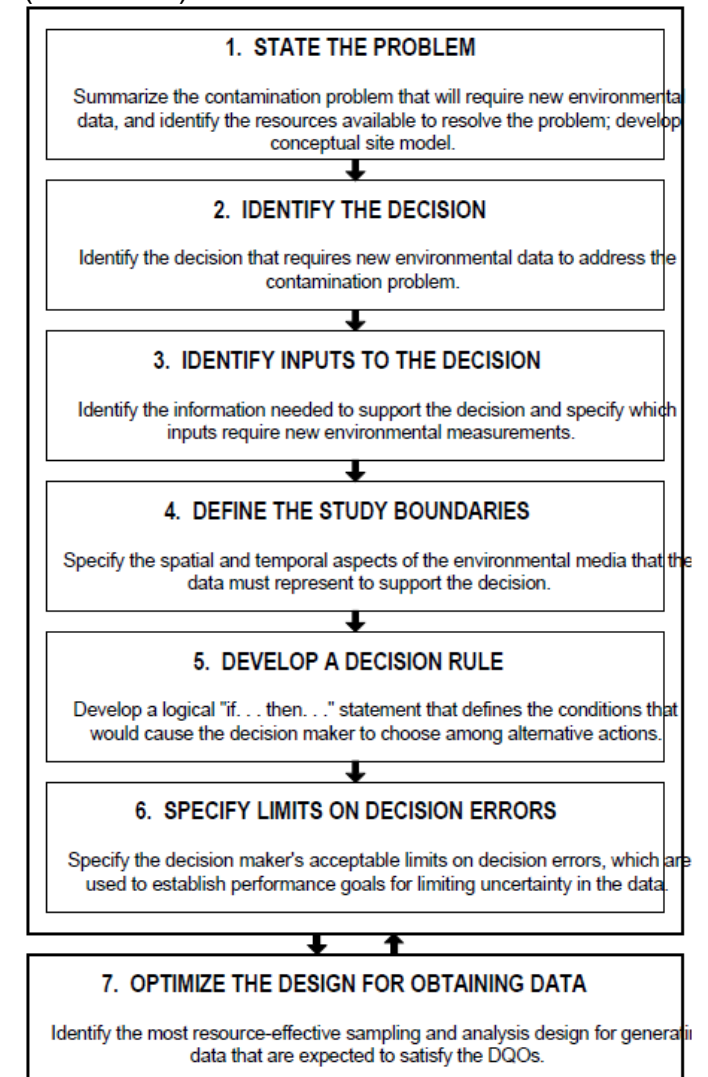
- ☐ Tutkimuksen yleistavoite
- ☐ Näytteenoton ”tekniset” tavoitteet
- ☐ Toteutustapa

→ Näytteenoton teoria ja tilastolliset periaatteet

→ Tavoitteena edustavat näytteet

- ☐ Huom! Näytteiden esikäsittely ja analysointi laboratoriossa; laboratorioon lähetetty vs. analyysiin menevä näyte

DATA QUALITY OBJECTIVES PROCESS FOR HAZARDOUS WASTE SITE INVESTIGATIONS (U.S.EPA)



Näytteenottosuunnitelma

– CEN/TR 15310-1:2006

Characterization of waste. Sampling of waste materials. Part 1: Guidance on selection and application of criteria for sampling under various conditions

Step	Subject
Specify the objective of the Testing Programme	
1	Specify the objective of the Testing Programme
Develop the Technical Goals from the objective	
2	Define the population to be sampled
3	Assess variability
4	Select the sampling approach
5	Identify the scale
6	Choose the required statistical approach
7	Choose the desired reliability
Determine the practical instructions	
8	Choose the sampling pattern
9	Determine the increment/ sample size
10	Determine the use of composite or individual samples
11	Determine required number of samples
Define the Sampling Plan	
12	Define the Sampling Plan

Näytteenoton teoria ja tilastolliset periaatteet

- Tavoitteina luotettavuus (=epävarmuuden vähentäminen) ja toistettavuus
 - Näytteenoton tarkoitus ja tulosten soveltamiskäytäntö määrittelevät riittävän tason
- Teoriaa ja tilastollisia periaatteita kuvattu hyvin mm.
 - Standardeissa, mm. SFS-ISO10381-8; EN14899:2005; CEN/TR15310-1:2006
 - Käsikirjoissa, mm. Gy, P. (1992) "The Sampling of Heterogeneous and Dynamic Material Systems."

→ **Tilastollinen päättely ja luotettavuuden osoittaminen (kvantitatiivisesti) edellyttävät satunnaisotantamenetelmien soveltamista (vrt. "asiantuntijavalintaan" perustuva näytteenotto)**

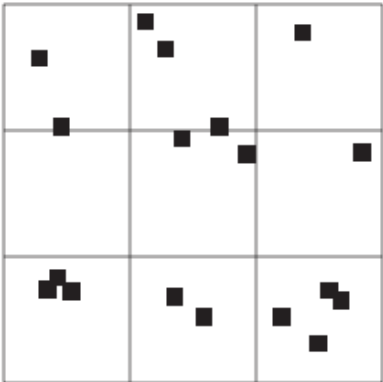
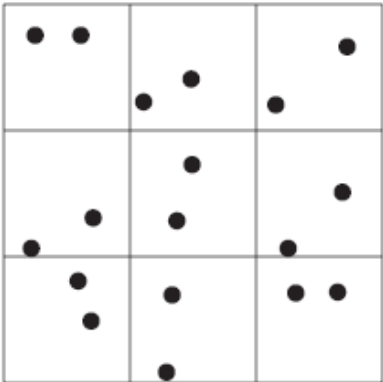
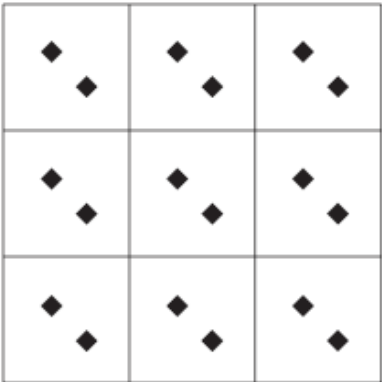
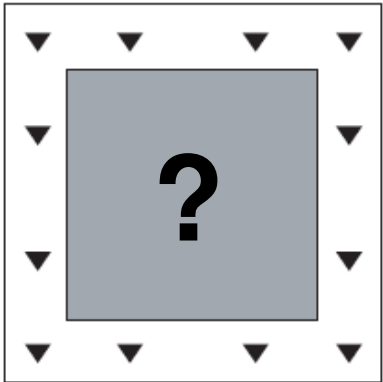
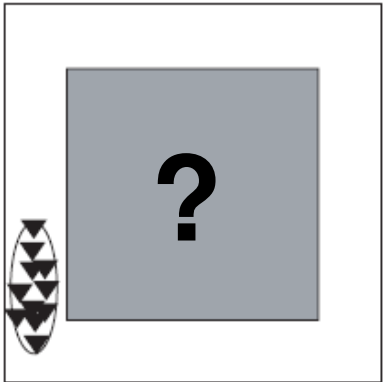
- ❑ **Huom! Ei poista historiatiedon pohjalta tehtävää "valintaa"; näytteenottoalueen määrittely ei perustu tilastolliseen tarkasteluun**

Probabilistic sampling = sampling conducted according to the statistical principles of sampling (EN14899:2005)

NOTE 1 The essential principle of probabilistic sampling is that every individual particle or item in the population has an equal chance of being sampled.

NOTE 2 Probabilistic sampling results in boundary conditions for the type of sampling equipment used, the method of sampling (where, when, how) and the minimum size of increments and (composite) samples.

Satunnaisotanta vs. "asiantuntijavalinta"

Simple random sampling	Stratified random sampling	Systematic sampling
		
Judgemental sampling (1)	Judgemental sampling (2)	
		

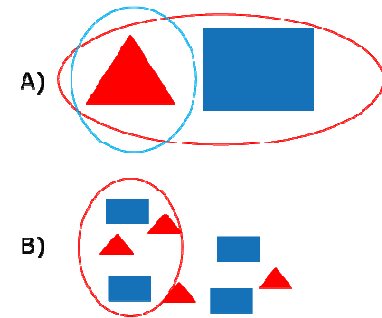
Edustava näytteenotto

- Näytteenotto, jonka perusteella voidaan tehdä *riittävän luotettavia päätelmiä* (vrt. tavoite) sen ympäristönosan tai kohteen ominaisuuksista, josta näytteitä on otettu (mukaillen ISO 11074-2)
 - **Tavoitteet**
 - Mihin kysymyksiin näytteenotolla halutaan saada vastauksia?
 - Eri kysymys -> eri tavoitteenasettelu -> eri näytteenottosuunnitelma
 - **Kohteen rajausta -> näytteenottoalue**
 - Mitä aluetta, massaa tai muuta kohdetta kysymykset koskevat?
 - Pienin päätöksenteon kannalta olennainen yksikkö; näytteenoton mittakaava
 - **Epävarmuus**
 - Mikä on tulosten hyväksyttävä epävarmuus (esim. 99%, 75%, 50 %, ”mutu”)?
 - Heterogeenisuuden tunnistaminen ja näytteenottovirheen minimointi
- **Ymmärrys teoriasta ja tilastollisista periaatteista ohjaa edustavaan näytteenottoon; mistä, milloin, miten ja kuinka paljon?**
- **Huom! Huonosti suunnitellun ja/tai toteutetun näytteenoton tuloksia ei voi muuttaa edustaviksi tuloksiksi esim. tilastollisilla analyyseillä**

Näytteenoton epävarmuus/virhe

- Näytteenottovirhe = poikkeama ”todellisesta” arvosta
 - Ei näytteenottovirhettä, jos koko tutkimusalue mahtuu näytepurkkiin...
- Aiheutuu näytematriisin heterogeenisuudesta
 - Tutkittavan ominaisuuden vaihtelu paikan ja ajan suhteen
 - *Compositional / distributional / large-scale heterogeneity*
- Perusvirheen pienentäminen
 - Riittävän suuri näytemassa (kaikki partikkelikoot mukaan)
 - Tarvittaessa raekoon pienentäminen (esim. murskaus, jauhanta)
- Lajittumis- ja ryhmittymisvirheen pienentäminen
 - Näytteitä riittävästi ja tasapuolisesti koko tutkittavalta alueelta
 - Yksittäisnäytteet vs. kokoomat
- Perusvirhe ja lajittumisvirhe huomioitava myös laboratoriossa
 - Sekoittaminen ei homogenisoi heterogeenista matriisia, vaan voi jopa lisätä lajittumista
 - Keskustelu laboratorion kanssa ennen näytteiden toimittamista

Kuvat: Mikael Takala

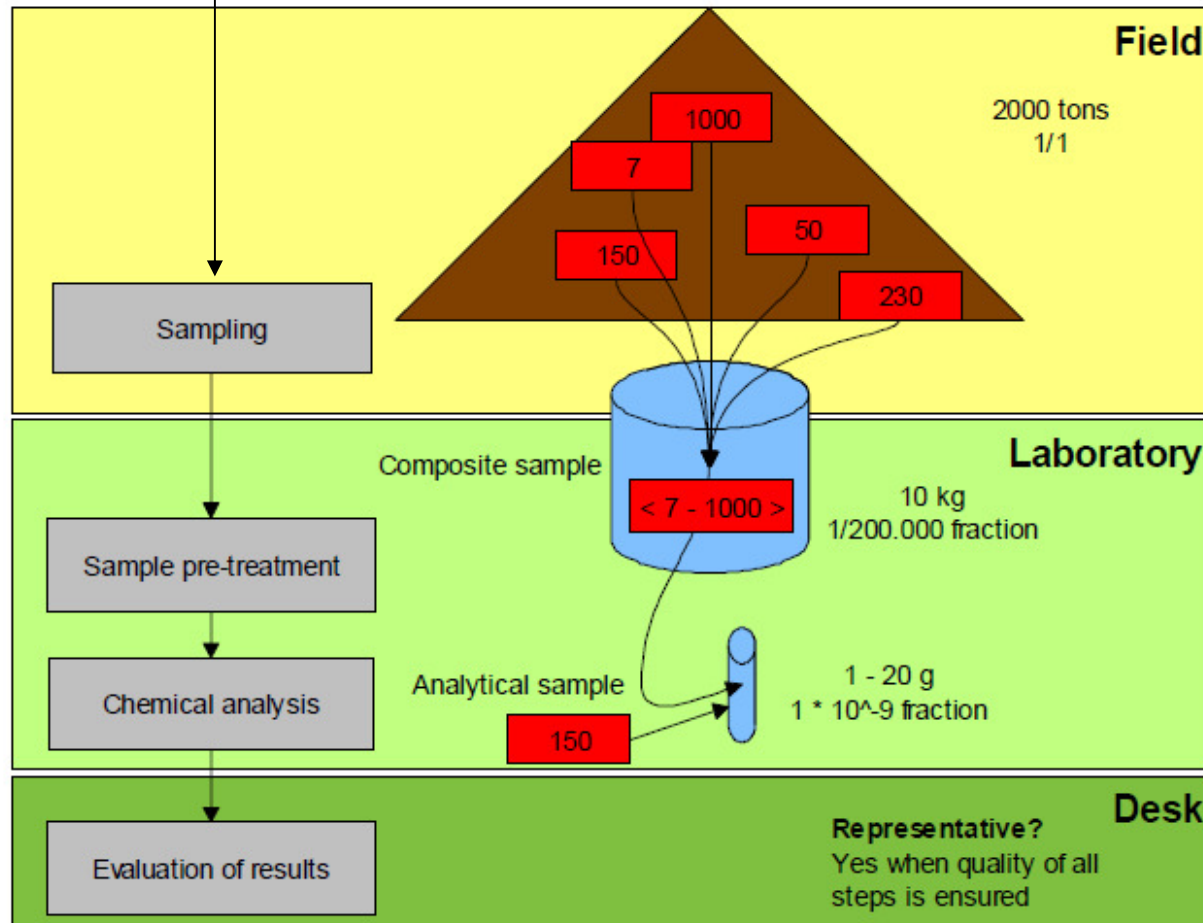


50	10	20	40
50	100	30	25
10	20	80	40
50	10	30	40
1000	10	2000	25

Edustavuus varmistettava koko näytteenottoketjussa

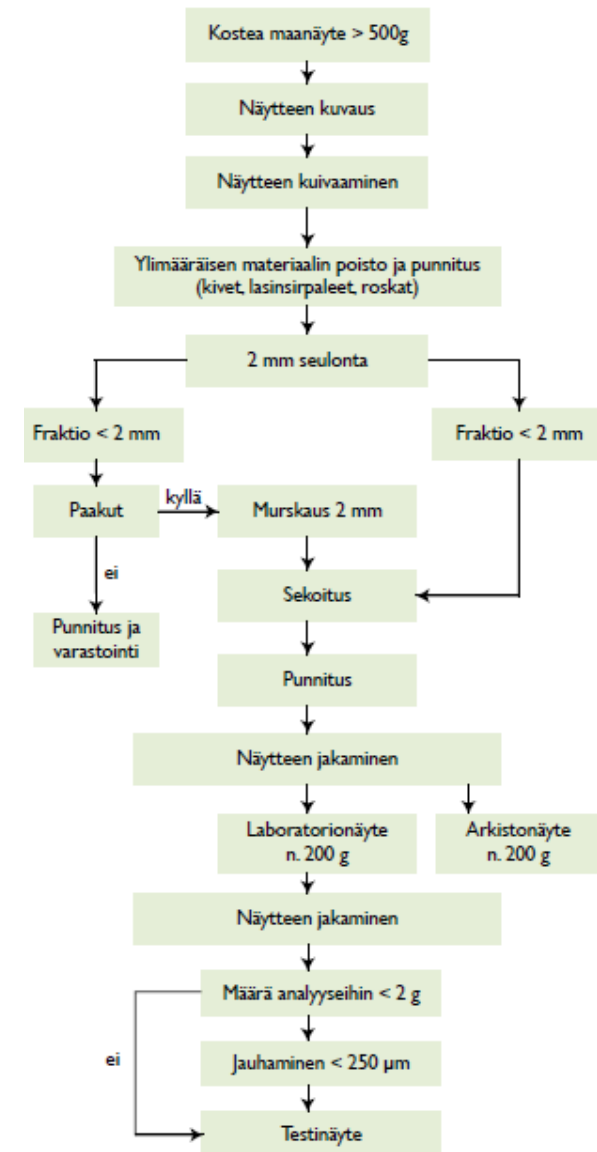
Sampling plan

Honders et al. 2001



150

Concentration in an individual increment, composite sample or analytical sample



Kuva 1. Maanäytteen esikäsittely (SFS-ISO 11464 Soil quality - Pretreatment of samples for physical-chemical analyses).

Esimerkki – näytteenotto kasasta

- Näytteenottostrategia kaivettujen maa-ainesten hyödyntämiskelpoisuuden arvioimiseksi Hollannissa
 - Kasaa edustava haitta-aineen keskimääräinen pitoisuus määritettävä kahden rinnakkaisen, 50 osanäytteestä (n. 180 g) koostuvan, kokoomanäytteen perusteella
 - Perustana 2600 maakasan tulosaineisto
 - Tekniset ohjeet näytteenoton toteutukseen

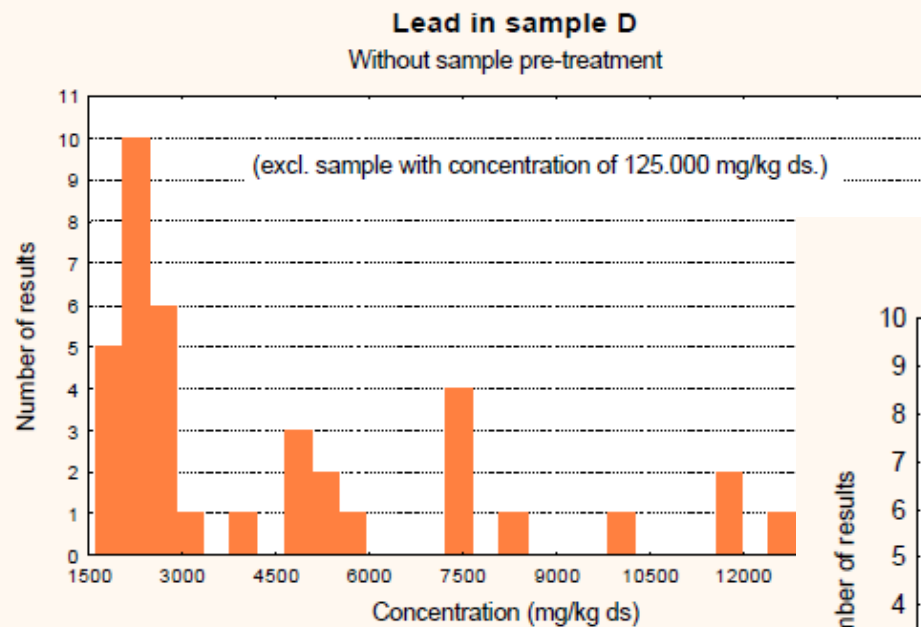
Esimerkki I taulukko. Prosenttiosuus niistä maakasoista, joille näytteenottostrategia antaa riittävän luotettavan arvion haitta-aineen todellisesta pitoisuuskeskiarvosta.

	Epäorgaaniset aineet		Orgaaniset aineet	
Analyysivirhe	5%	10%	5%	20%
2 x 50 osanäytettä	97	98	75	82
2 x 6 osanäytettä	79	85	48	69

Esimerkki - esikäsitteilyn merkitys

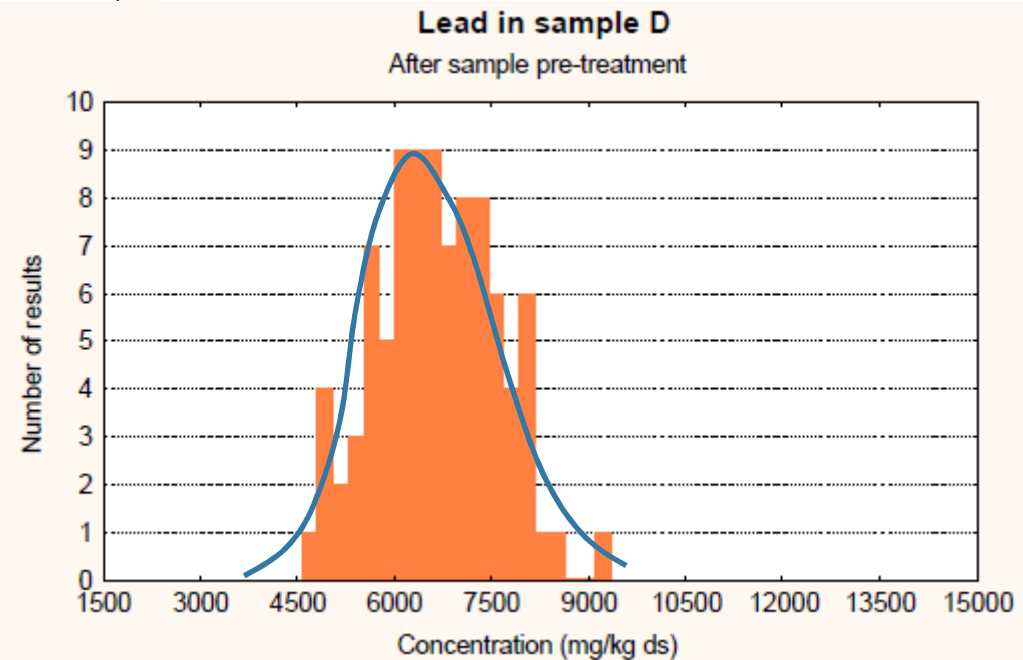
- 50 satunnaisesti otettua 2 g näytettä (analyysiin) 10 kg kokoomanäytteestä
- **Riittävä esikäsitteily ($\neq$ sekoitetaan ja ravistellaan) edellytys tulosten perusteltuun tulkintaan (tilastollinen päättely)**

Ei esikäsitteilyä



Esikäsitelty

(kuivaus, jauhaminen ja jakaminen)



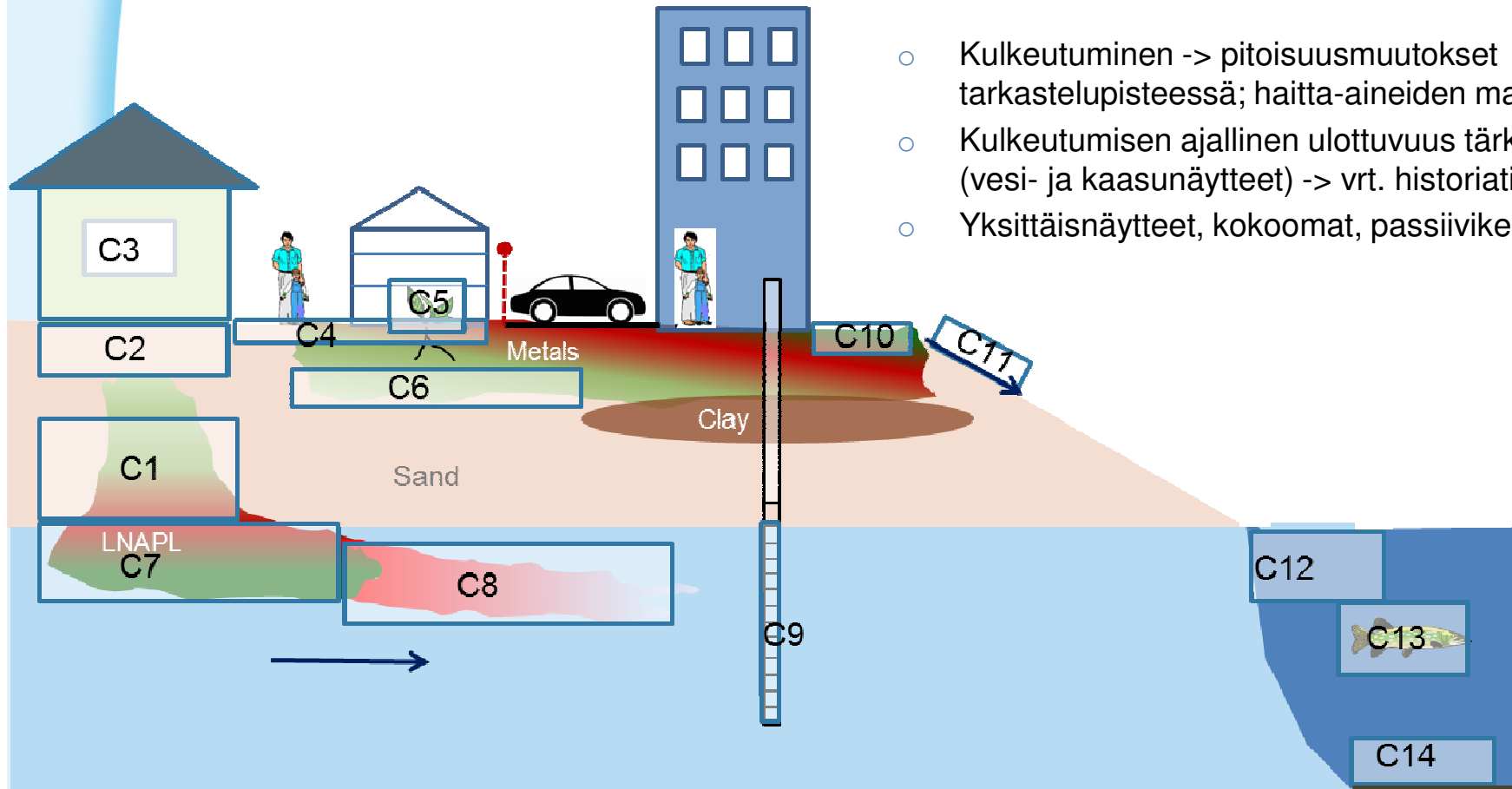
Honders et al. 2001

MONO



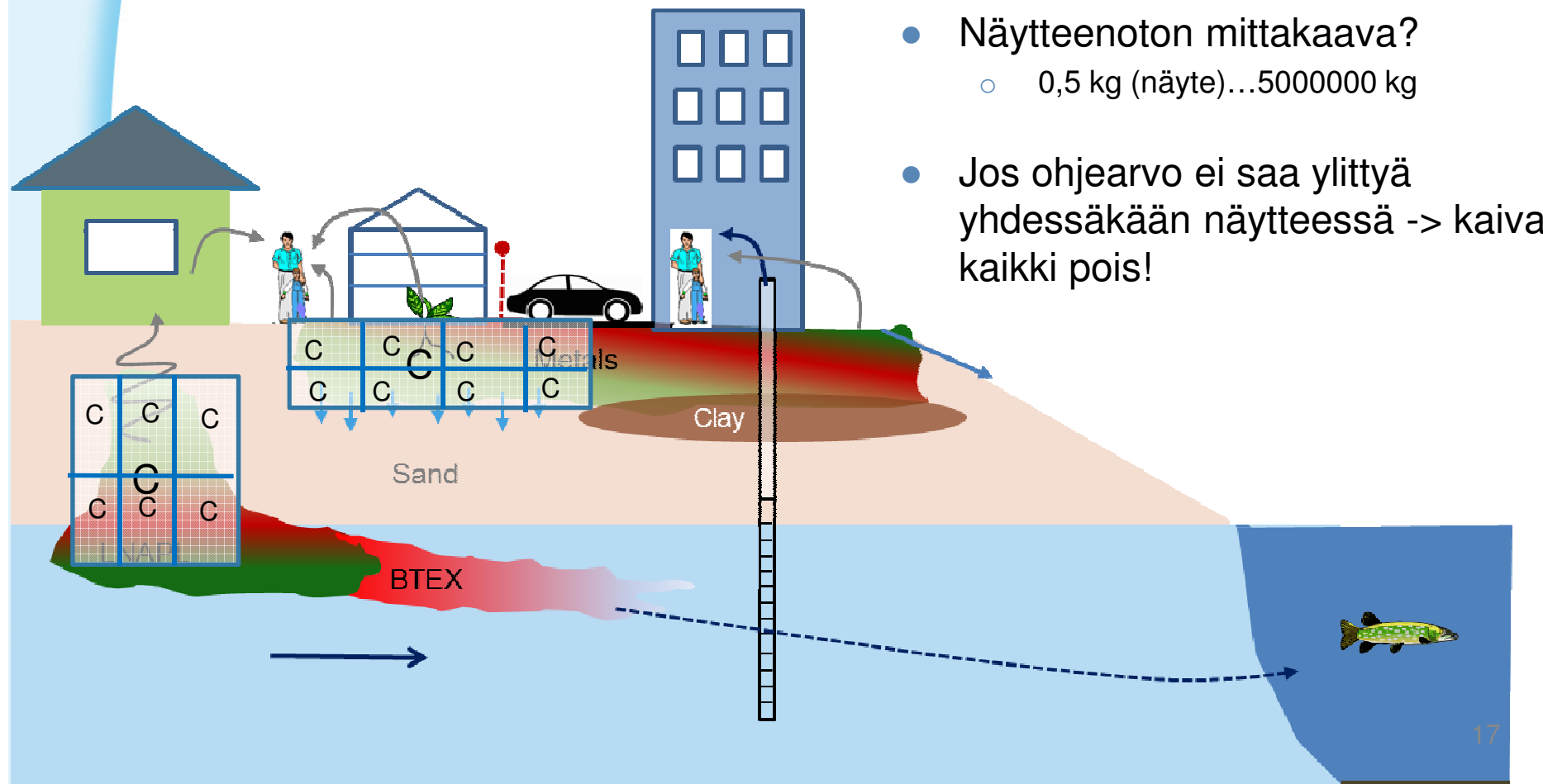
Esimerkki – riskinarviointi

- Tavoitteena
 - Altistumisen ja kulkeutumisen määrittäminen
- Näytteenotto
 - Edustavat pitoisuudet altistumis- ja kulkeutumisreiteillä sekä päästölähteissä
 - Altistuminen -> pitoisuuskeskiarvo -> riittävä näytemäärä ja näytteenoton alueellinen/ajallinen kattavuus
 - Kulkeutuminen -> pitoisuusmuutokset tarkastelupisteessä; haitta-aineiden massavirta
 - Kulkeutumisen ajallinen ulottuvuus tärkeää (vesi- ja kaasunäytteet) -> vrt. historiatiedot
 - Yksittäisnäytteet, kokoomat, passiivikeräimet



Esimerkki – ohjearvovertailu

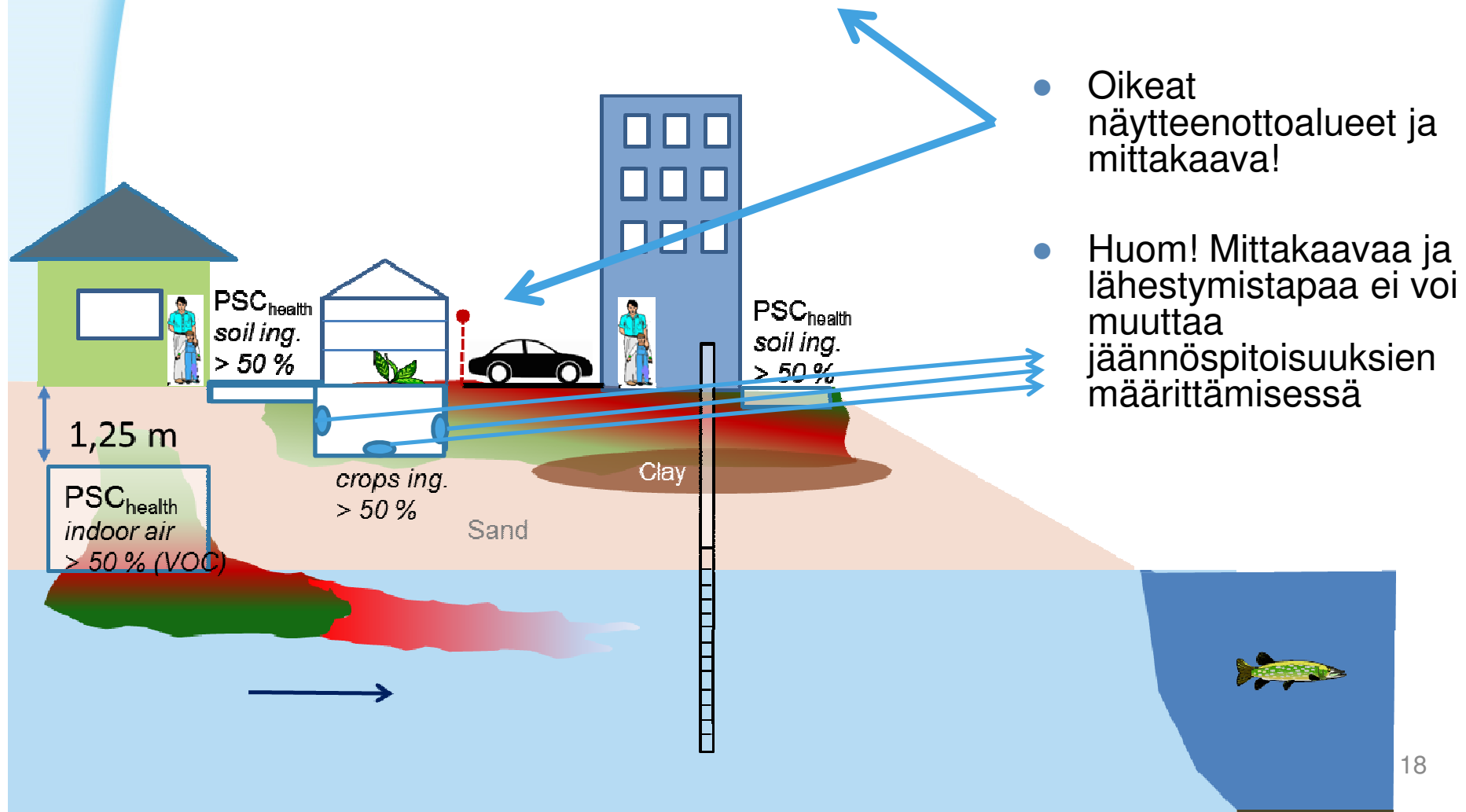
- “Suora” ohjearvovertailu $\neq$ riskien tapauskohtainen arviointi
- **Edustavalla näytteenotolla silti samat yleiset vaatimukset**
 - Tavoitteet -> näytteenottoalue -> luotettavuus
 - Lähtökohtana näytteenottoalueen luotettava **keskiarvopitoisuus**



Esimerkki – terveysterusteiset ohjearvot

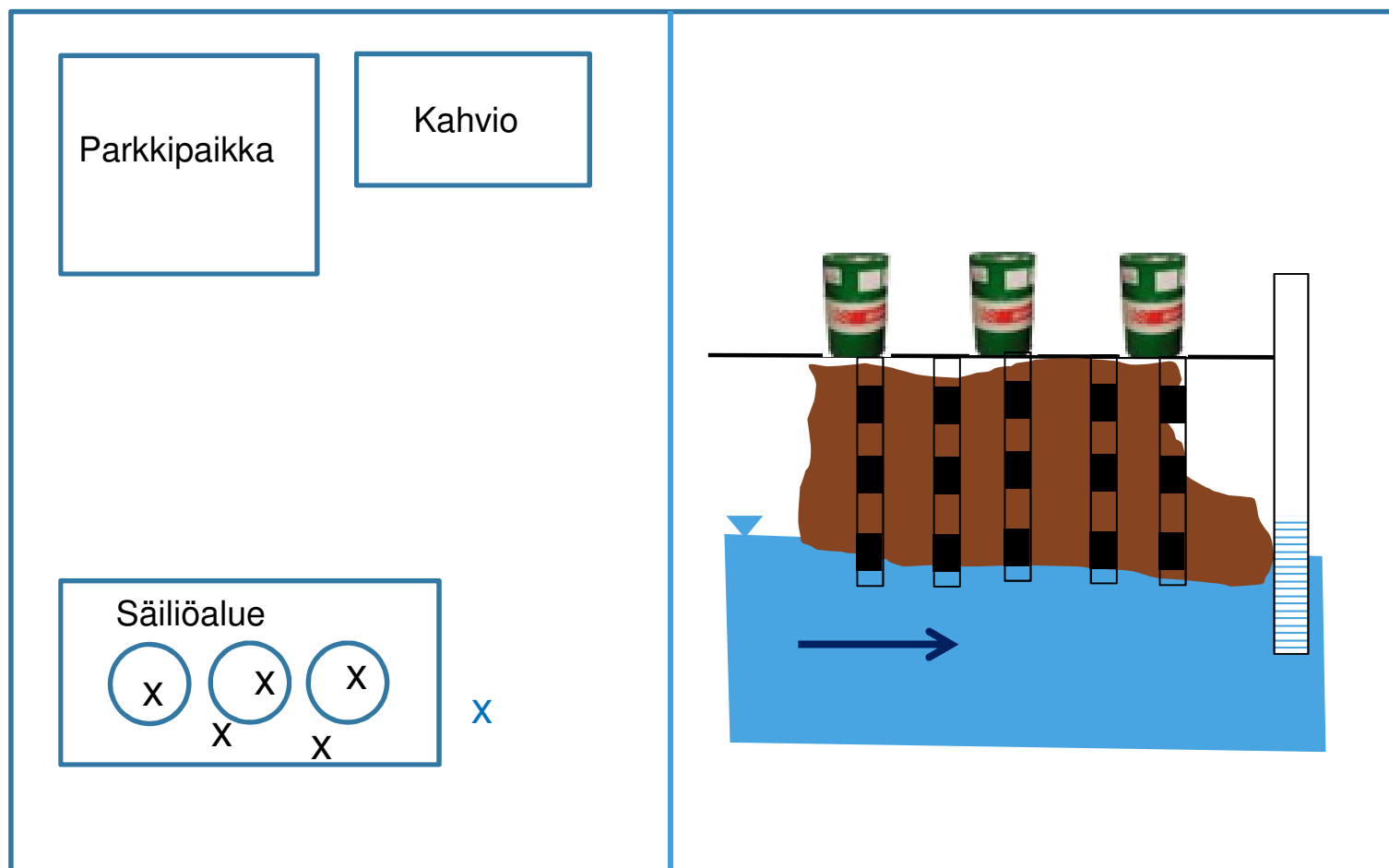
- Soveltuvuus

- Suora altistuminen, pintamaa (0...10/20 cm)
- Ravintokasvit, juurivyöhyke; (0...100 cm)
- Haihtuvat yhdisteet, pohjamaa rakennusten alla (0,5...3 m)



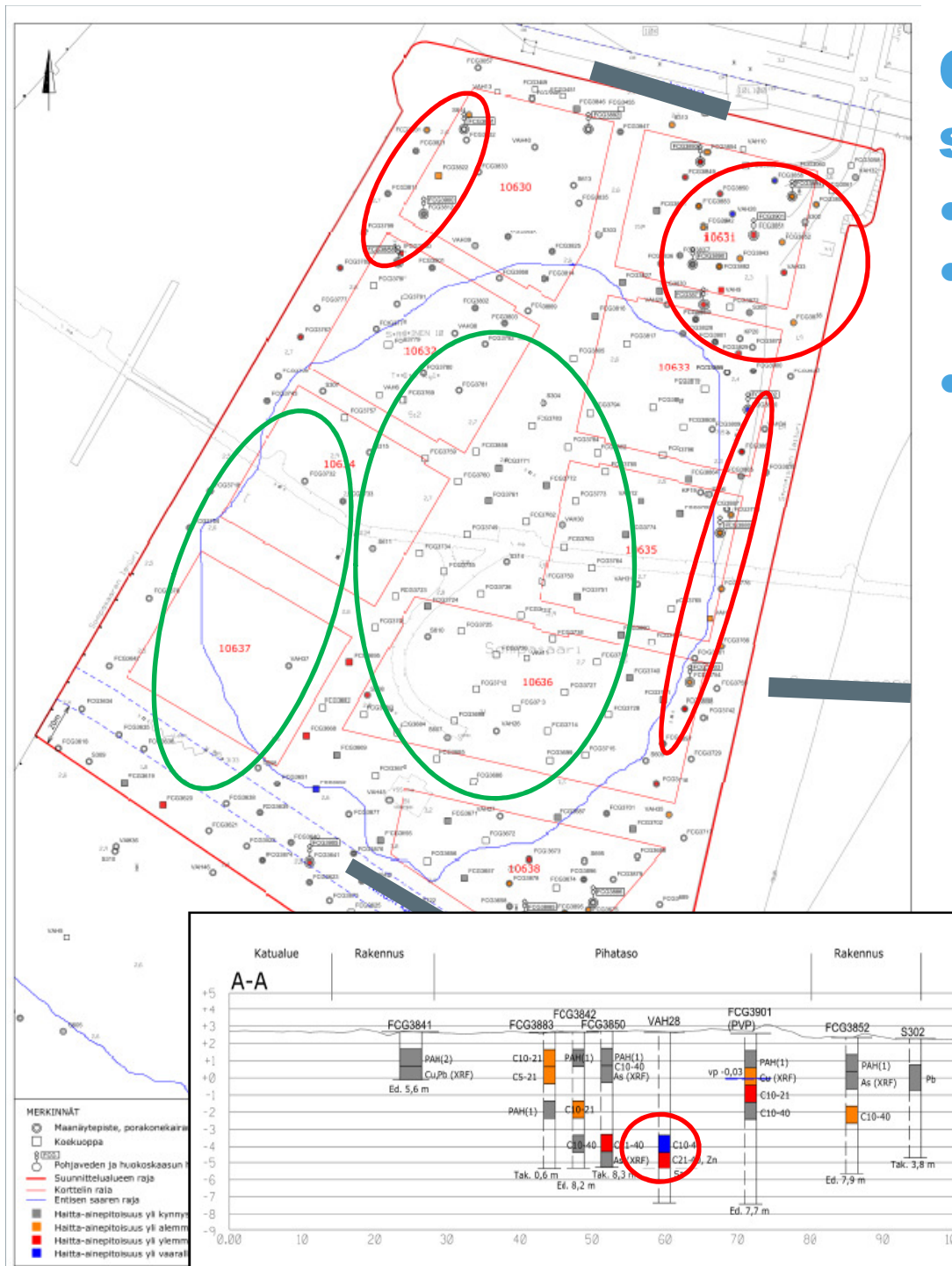
Esimerkki - jakeluasema (kuvitteellinen)

- Historiatieto yleensä tarkkaa ja luotettava
 - Haitta-aineet ja niiden esiintyminen tiedossa
 - Näytteenoton ja riskinhallinnan kohdentaminen helppoa
- **Vähän näytepisteitä ja näytteitä, näytteenotto voi olla silti edustavaa**



Oikea esimerkki: vanha satama-alue 1/2

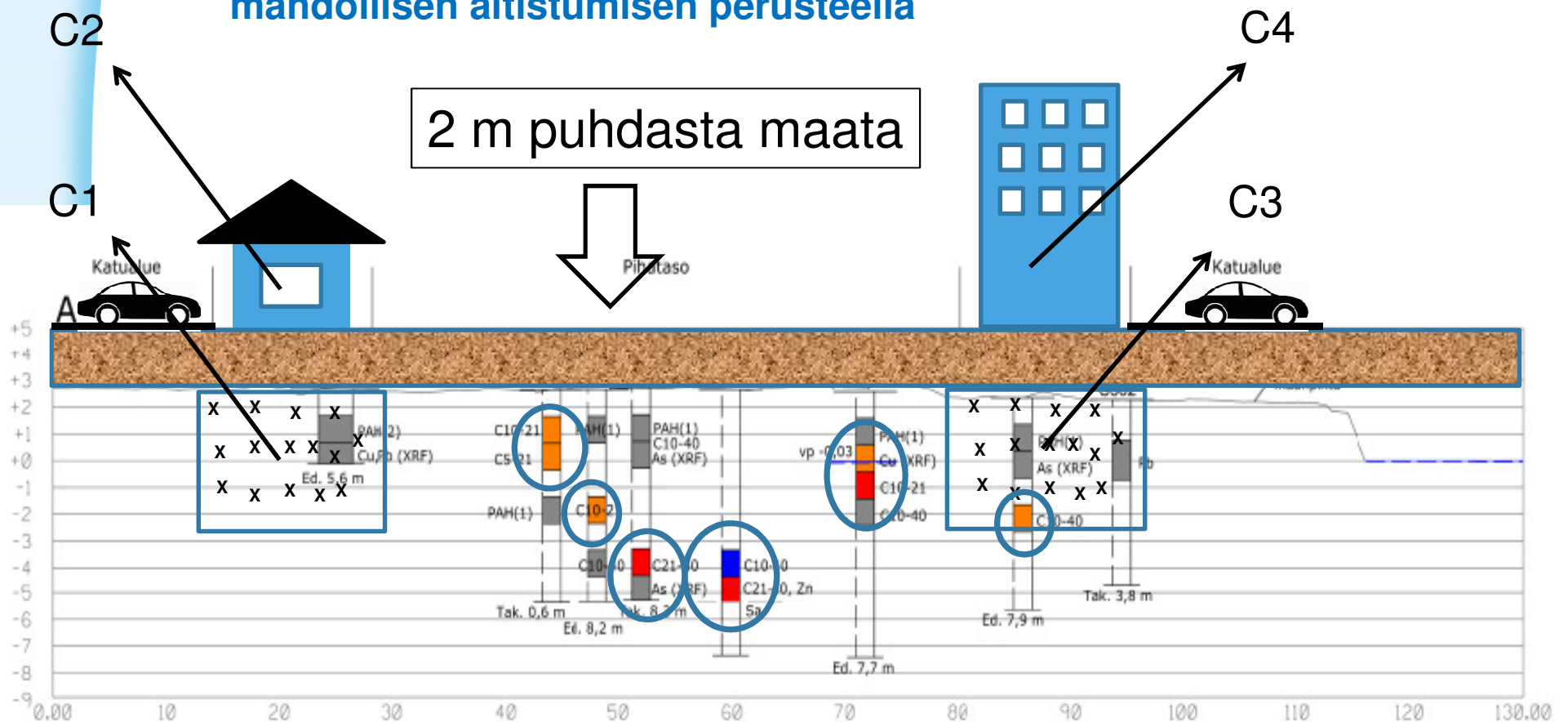
- Alue tulee asuinkäyttöön
- 990 kpl maanäytteitä 267 näytepisteestä + muut näytteet
- Mitä tulokset kertovat?
 - Onko pilaantuneisuus rajattu?
 - Entä pilaantumattomuus?
 - Tarvitaanko lisätutkimuksia?
 - Mitä ovat alueen riskit?
 - Onko alueella kunnostustarvetta?



Haitta-aine	Ana-lyysit kpl	KYA mg/kg	B kpl	AOA mg/kg	C kpl	YOA mg/kg	D kpl	VAAR mg/kg	E kpl	MAX mg/kg
Öljyt keskit. C ₁₀ -C ₂₁	318	-	-	300	13	1 000	7 ²	-	-	2 180
Öljyt raskaat C ₂₁ -C ₄₀	318	-	-	600	21	2 000	9 ²	-	-	12 500
Öljyt summa C ₁₀ -C ₄₀	318	300	19 ¹	-	-	-	-	10 000	2	14 600
Bentseeni	238	0,02	6	0,2	3	1	0	1 000	0	0,941
Antimoni (Sb)	131	2	4	10	1	50	1	2 500	0	337
Arseeni (As)	131	5	33	50	2	100	1	1 000	0	110
Elohopea (Hg)	131	0,5	4	2	0	5	1	1 000	0	5,99
Kadmium (Cd)	131	1	3	10	0	20	0	100	0	1,81
Koboltti (Co)	131	20	2	100	0	250	0	1 000	0	65
Kupari (Cu)	131	100	1	150	1	200	3	2 500	1	3 030
Lyijy (Pb)	131	60	21	200	9	750	0	2 500	1	4 410
Nikkeli (Ni)	131	50	0	100	0	150	1	1 000	0	278
Sinkki (Zn)	131	200	8	250	4	400	6	2 500	0	1 790
Vanadiini (V)	131	100	0	150	0	250	1	10 000	0	996
Antraseeni	305	1	2	5	2	15	2	1 000	0	19,5
B(a)antraseeni	305	1	13	5	4	15	2	1 000	0	150
B(a)pyreeni	305	0,2	75	2	7	15	1	100	1	101
B(k)fluoranteeni	305	1	6	5	0	15	2	1 000	0	33,6
Fenantreeni	305	1	22	5	1	15	6	1 000	0	386
Fluoranteeni	305	1	40	5	3	15	6	1 000	0	522
Naftaleeni	309	1	3	5	1	15	2	2 500	0	25,2
PAH-yhd. sum	304	15	7	30	4	100	3	1 000	2	2 020
Triklooriteeenit	134	0,01	1	1	0	5	0	1 000	0	0,013
Tetraklooriteeenit	134	0,01	1	0,5	0	2	0	10 000	0	0,062
PCB	32	0,1	1	0,5	0	5	0	50	0	0,319
PCDD/F	9	0,00001	3	0,0001	2	0,0015	0	0,015	0	0,00041

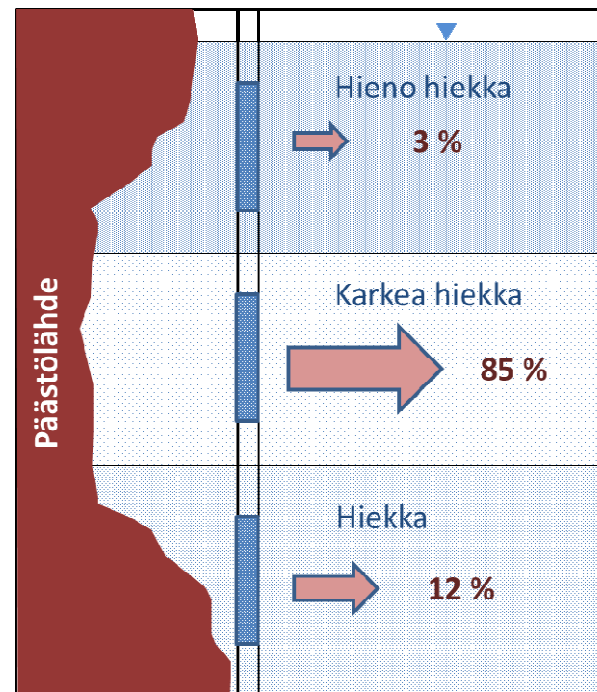
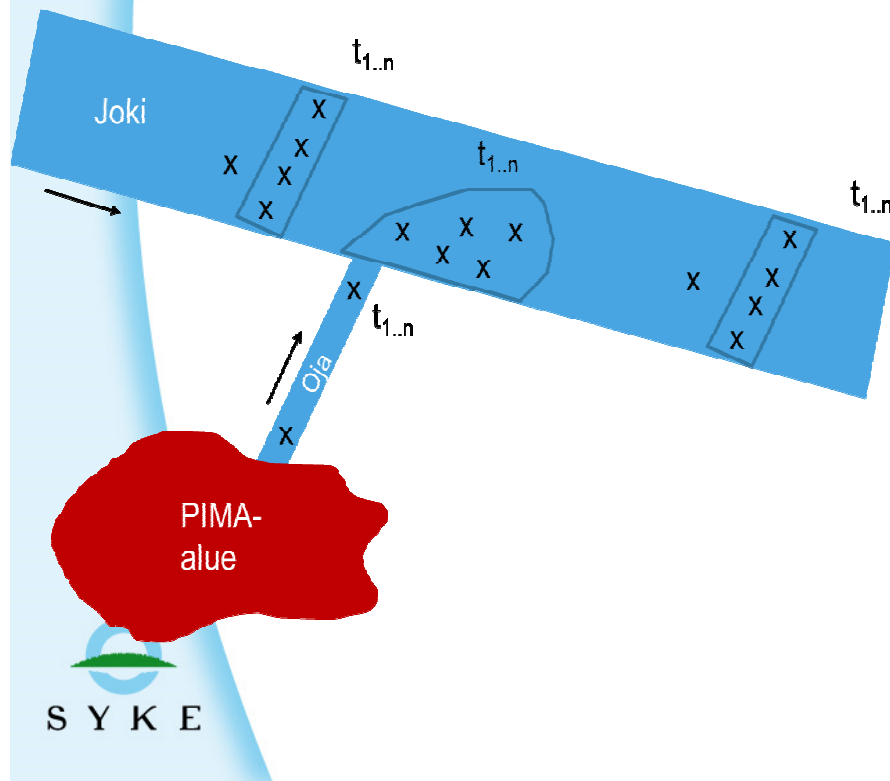
Oikea esimerkki: vanha satama-alue 2/2

- Näytteenottosuunnitelma: mieti sekä historiaa että tulevaisuutta...
- **Joitakin riskejä voidaan/pitää hallita ilman koko alueen kattavaa näytteenottoa ja pilaantuneisuusrajoituksia**
 - ❑ Ei selvää päästöhistoriaa ja -lähteitä; sattumanvaraisia pitoisuuksia täyttömaassa
- **Arviointialueiden määrittely ja näytteenoton kohdentaminen mahdollisen altistumisen perusteella**



Pohja- ja pintavesi

- Näytteillä voidaan mitata ja arvioida päästöä sekä vaikutusta
 - Taustapitoisuudet, sekoittuminen, massavirta, pluumin rajaus, geokemiallinen karakterisointi, kulkeutumisen todentaminen, vuosikeskiarvo, ajalliset vaihtelut, trendit...
 - Liukoinen vs. totaalipitoisuus
 - Yksittäisnäytteet, kokoomat, passiivikeräimet
- Tunnettava riittävän hyvin virtausolosuhteet ja muut ympäristötekijät



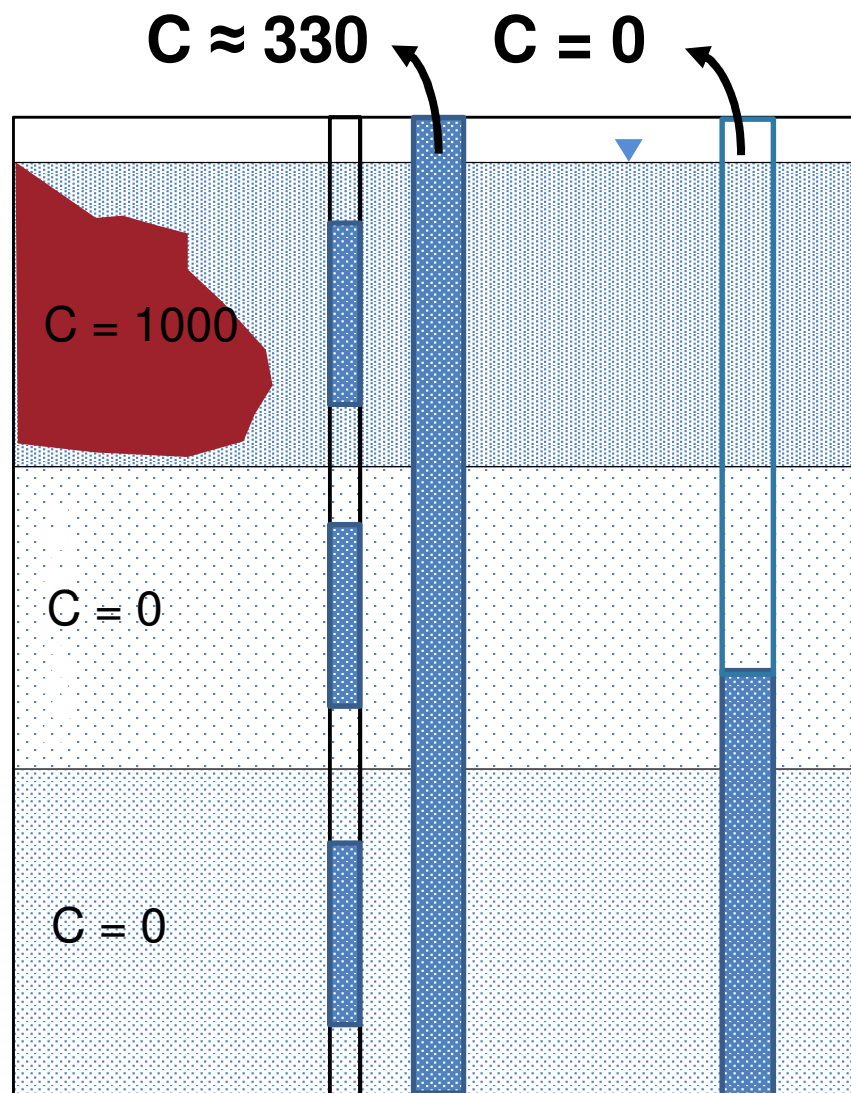
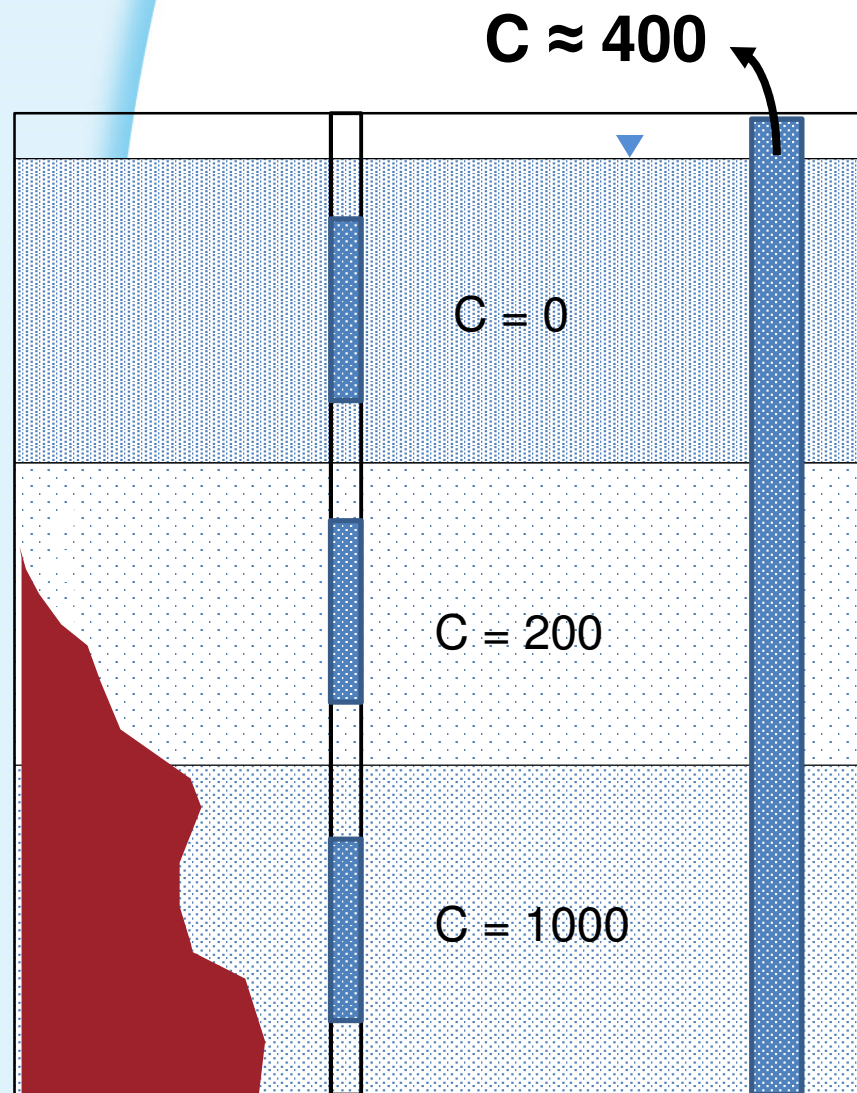
Massavirta (J) = $K \cdot i \cdot C$

$K = 1 \text{ m/d}$
 $i = 0,003 \text{ m/m}$
 $C = 10\,000 \text{ } \mu\text{g/L}$
Massavirta = $0,03 \text{ g/d/m}^2$

$K = 33,3 \text{ m/d}$
 $i = 0,003 \text{ m/m}$
 $C = 10\,000 \text{ } \mu\text{g/L}$
Massavirta = 1 g/d/m^2

$K = 5 \text{ m/d}$
 $i = 0,003 \text{ m/m}$
 $C = 10\,000 \text{ } \mu\text{g/L}$
Massavirta = $0,15 \text{ g/d/m}^2$

Myös näyttenottomenetelmät vaikuttavat

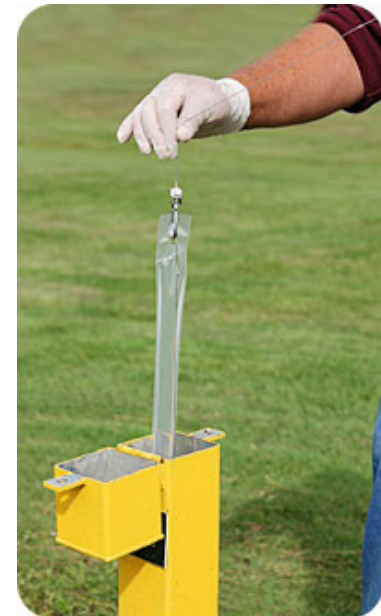
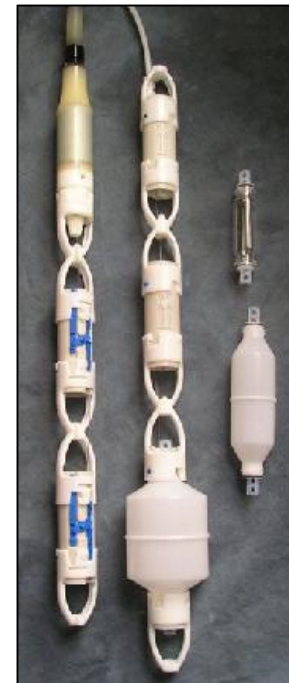
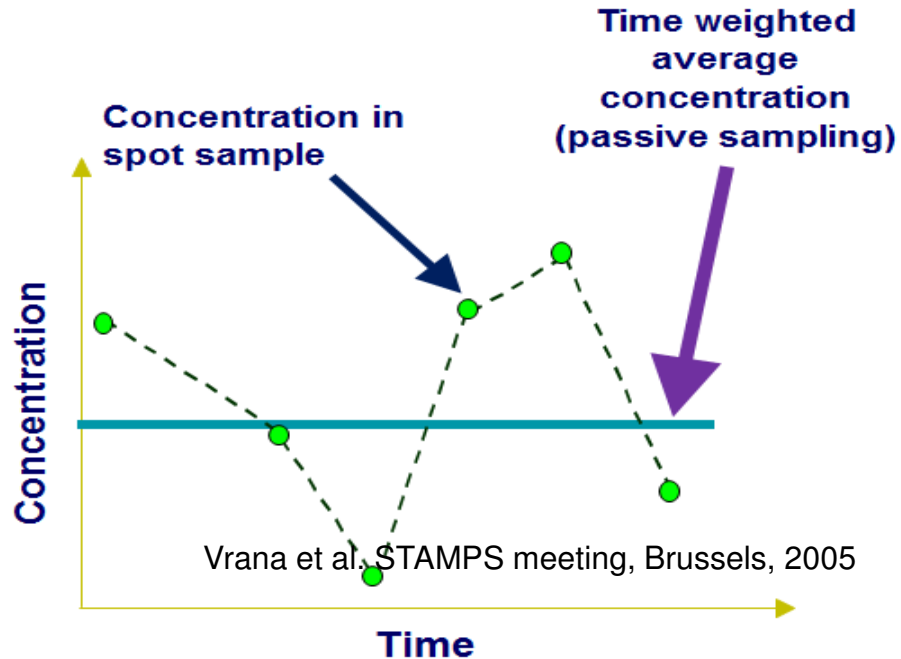


Kertanäytteenotto vs. passiivikeräin

(kalvo: Heidi Ahkola, SYKE)

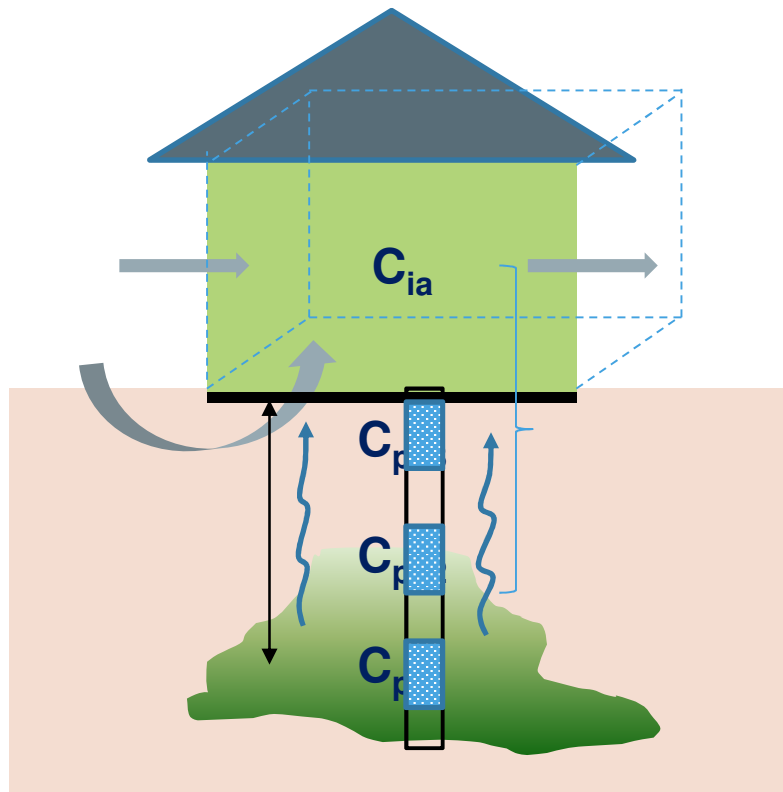
- Passiivikeräin

- Kerää haitta-aineen liuenneen (tai haihtuneen) fraktion
 - Diffuusio
 - Kauhaisu (grab sampling)
 - Adsorptio
- Keskiarvopitoisuus tietyltä aikaväliltä -> kuormitus
 - Pintavesi: 2 viikkoa
 - Pohjavesi: 4 viikkoa
 - Jätevesi: 3 päivää



Huokosilma ja sisäilma

- Riskinhallinnan kannalta tärkeintä sisäilman pitoisuus
 - Mittaus suoraan sisäilmasta ja/tai laskennallisesti maaperä-/huokoskaasunäytteistä - > edustavat pitoisuudet
- Huokosilmamittausten hyödyntäminen tärkeää
 - Myös huokosilmassa kerrosnäytteenotto on usein tarkoituksenmukaista
 - Pumppaus vai passiivikeräin...?



Yhteenveto

- Näytteenotto riskinhallinnan perusta
 - Lähtötiedot ja suorat vastaukset
- Näytteenoton suunnittelu tärkein vaihe
 - Yksiselitteiset tavoitteet ja oikea toteutustapa; esim. yksittäisnäytteet vs. kokoomat
 - Koko ketju kentältä labra-analyysiin huomioitava
 - Paljon eri näytteenottovaihtoehtoja, tietyt yleisperiaatteet pätevät silti aina
- Tavoitteena edustavat näytteet
 - Mitä näytteen tulee edustaa ja kuinka tarkasti?
 - Tavoite -> näytteenottoalue -> näytteenottovirheen minimointi
 - Edustavat haitta-ainepitoisuudet tärkeitä riskinhallinnassa ja -arvioinnissa; ei maksimit (mitattu maksimi $\neq$ todellinen maksimi)
- **Kaikki pitoisuudet ovat keskiarvoja!**

Kiitos!

jussi.reinikainen@ymparisto.fi