



DOKUMENTATION AF RISIKO VED NYTTIGGØRELSE AF JORD

KONCENTRATION OG JORDKVALITET

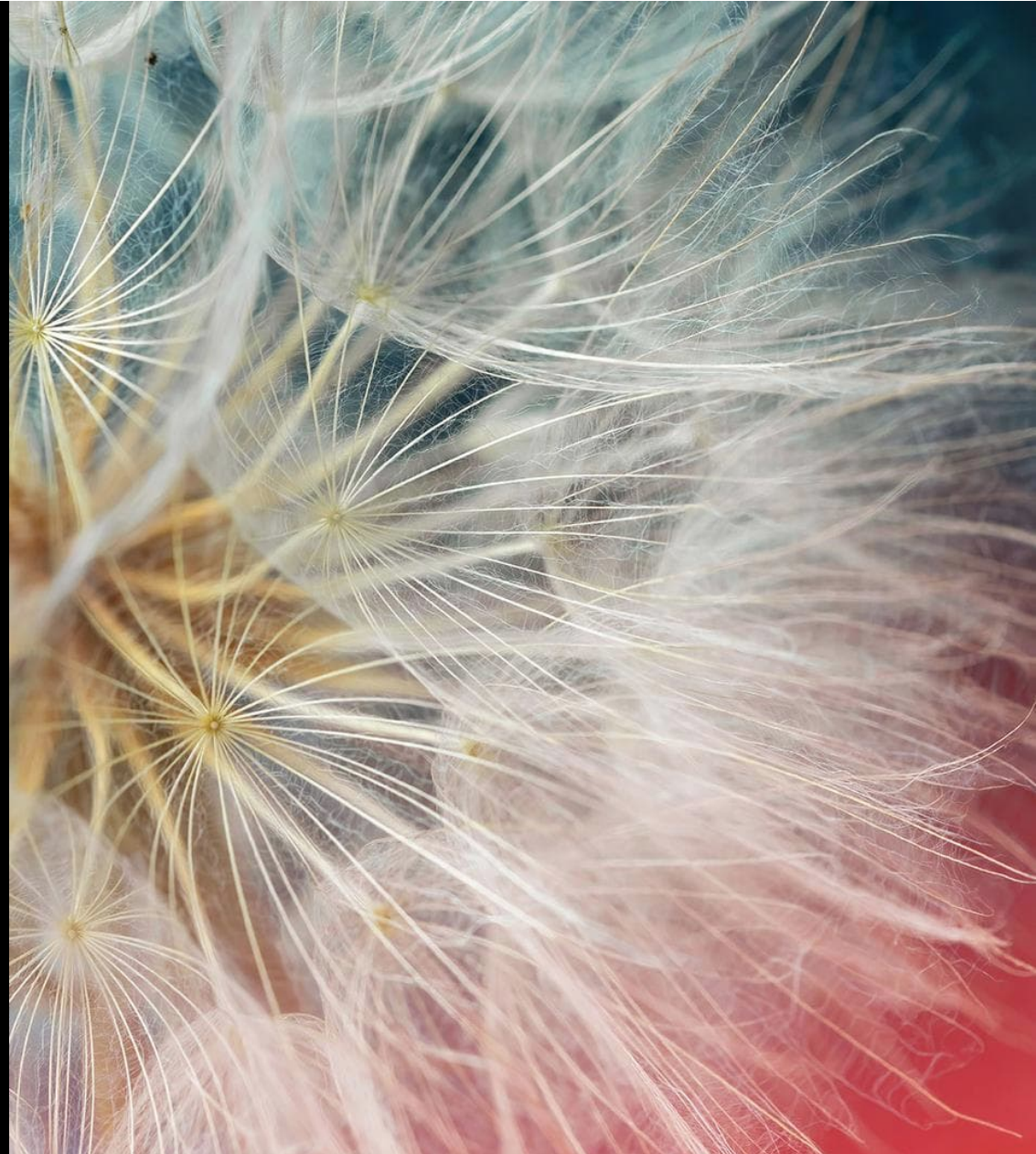
MOBILITET, UDVASKNING

RISIKOVURDERING

HVILKE MULIGHEDER HAR VI ?

**KIM HAAGENSEN
KEMIINGENIØR, SENIOR SPECIALIST
WSP DANMARK**

KTC Natur og Miljø 2025 | 14. Maj 2025





Kort om ”mine” jordprojekter

- Domicilprojekter med meget jord – hovedsagelig forurenet fyldjord med egentlige ”hot-spot” områder
 - ”Operaen” på Dokøen i København – gammel fyldjord iblandet ”natmændenes” fyld uden struktur.
 - Tunnelboremasser fra Malmø Citytunnel – borekemikalier i kalkmasser til ”Landvindingsprojekt” Malmø Nordhavn
 - Tilladelser til terrænregulering i det åbne land
 - Specialforureninger – DDT forurenet jord
 - Planlægning af jordhåndtering for DSV Horsens
-
- Altså hovedsagelig projekter med store jordflytninger – A til B flytninger – Oftest entreprenørens opgave men kan være bygherrelevance
 - Kræver ”placering med tilladelse” og ”jord til tiden” – det kan gøres cirkulært og bæredygtigt, men det kræver planlægning



Hvorfor er det så svært at gøre det ”bedre”?

- Afgørende med pris, og dermed udbud og efterspørgsel
- Det kræver ihærdighed og lokalkendskab at initiere lokale løsninger
- Prisen – det er ”billigst” at få tilladelse til og at drifte et større anlæg end mange små anlæg.
- Behovet for tilkøbt jord er relativt begrænset – fortrængningen er størst.
- Mindre jordpartier til kartering er ofte uspecifik fyldjord med indslag af affald
- Anlægsmuld har i mine øjne størst potentiale.
- Eventuelle hindringer?
 - Jordens forureningsgrad – kan der skabes andre rammer
 - Placering af anlæg til jord – kan risiko og forurening italesættes på anden vis end ved ”indhold”

Jordenkvalitetskriteriet

Jordkvalitetskriteriet – Baseret på jordspisende børn og Tolerabelt Dagligt Indtag (TDI) med allokering af en andel heraf til jord.

EFSA: Det tolerable daglige indtag (TDI) er et skøn over den mængde af et stof i fødevarer eller drikkevand, som ikke er tilsat bevidst (f.eks. et forurenende stof) og kan indtages hele livet igennem uden at udgøre en nævneværdig sundhedsrisiko.

$$KK_{\text{jord}} = \frac{\text{TDI} \times V \times f}{E_{\text{t,jord}} \text{ (eller } E_{\text{H,jord}})} \quad \text{hvor}$$

f : procentdel af TDI, der allokeres til indtagelse af jord
 V : legemsvægt, 1-3 årigt barn: 13 kg
 $E_{\text{t,jord}}$: daglig eksponering (indtagelse) for jord, standardværdi:

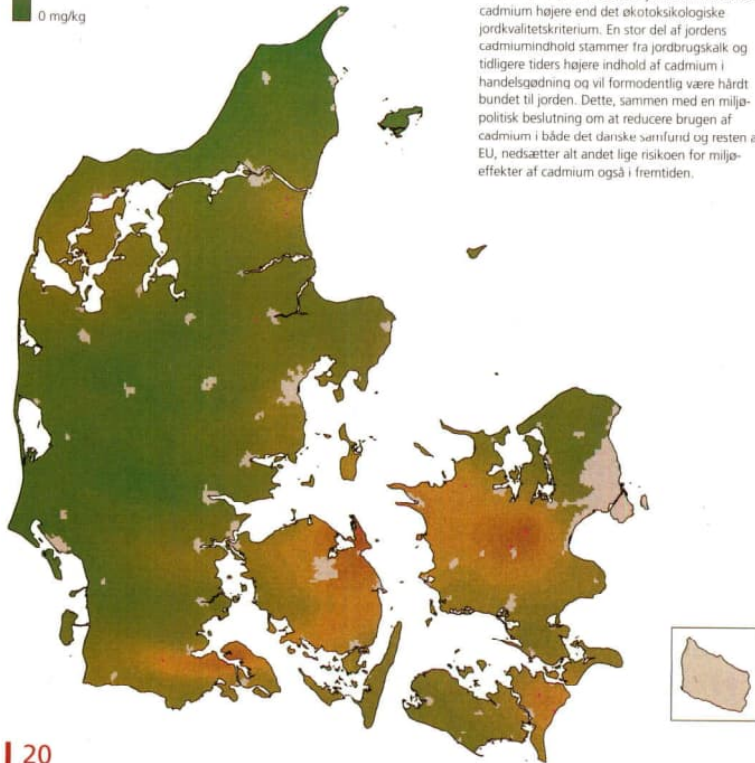
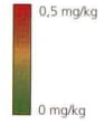
- 1) 0,0002 kg/d (sv.t. 95-percentilgrænsen) i tilfælde hvor hele TDI-værdien eller hovedparten af denne anvendes til beregning af kvalitetskriteriet
- 2) 0,0001 kg/d (sv.t. medianudsættelse) i tilfælde hvor TDI er en 10^{-6} livstidsrisikodosis for et kræftfremkaldende stof, eller i tilfælde, hvor der anvendes en mindre del af TDI til jordkvalitetskriteriet

$E_{\text{H,jord}}$: daglig eksponering (hudkontakt) for jord, standardværdi: 0,001 kg/d for barn.

Vejledning fra MST nr. 5 – 2006: Metoder til fastsættelse af kvalitetskriterier for kemiske stoffer i jord, luft og drikkevand med henblik på at beskytte sundheden

Jordens baggrunds niveau

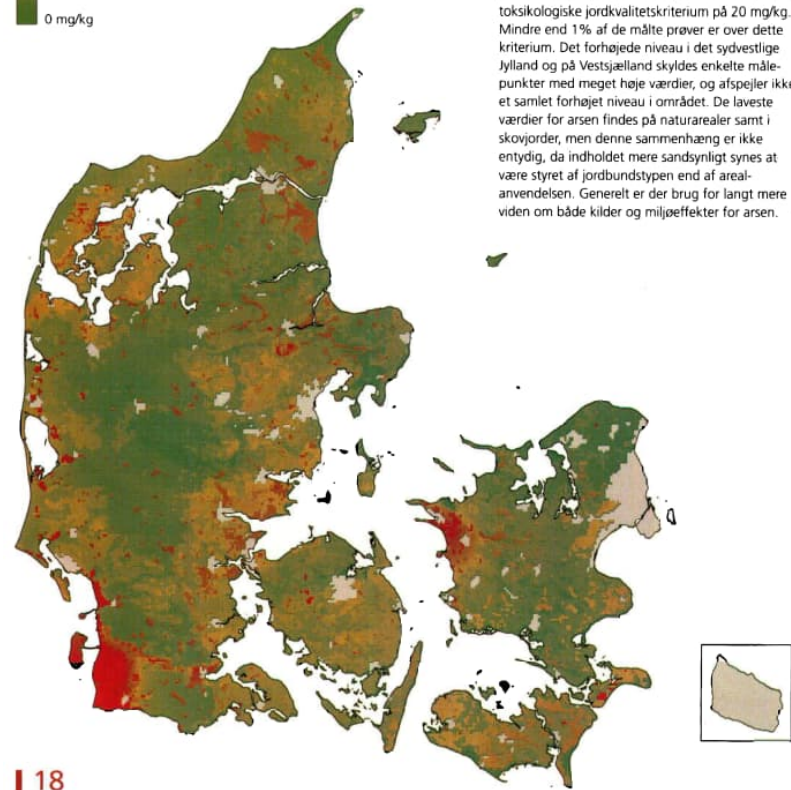
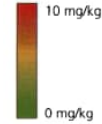
Cadmium (Cd)



20

Figur 1c. Cadmium er også stort set jævnt fordelt over hele landet, dog med lidt lavere indhold i de vestjyske jorder. Der er ingen sikre forskelle mellem indholdet af cadmium i naturjorder og andre jorder, hvis jordbundsforholdene på de forskellige arealer inddrages i beregningerne. I mere end 10% af de danske jorder er indholdet af cadmium højere end det økotoxikologiske jordkvalitetskriterium. En stor del af jordens cadmiumindhold stammer fra jordbrugsalkali og tidligere tiders højere indhold af cadmium i handelsgødning og vil formodentlig være hårdt bundet til jorden. Dette, sammen med en miljøpolitisk beslutning om at reducere brugen af cadmium i både det danske samfund og resten af EU, nedsætter alt andet lige risikoen for miljøeffekter af cadmium også i fremtiden.

Arsen (As)



18

Figur 1a. Fordelingen af arsen kan kun delvis forklares ud fra jordbundsforhold, og der er stor variation i målingerne. Da der endnu ikke findes et velunderbygget økotoxikologisk jordkvalitetskriterium, er arsen geografisk afbildet mod en koncentration på 10 mg/kg, og de målte arsenkoncentrationer er sammenholdt med det human-økotoxikologiske jordkvalitetskriterium på 20 mg/kg. Mindre end 1% af de målte prøver er over dette kriterium. Det forhøjede niveau i det sydvestlige Jylland og på Vestsjælland skyldes enkelte målepunkter med meget høje værdier, og afspejler ikke et samlet forhøjet niveau i området. De laveste værdier for arsen findes på naturarealer samt i skovjorder, men denne sammenhæng er ikke entydig, da indholdet mere sandsynligt synes at være styret af jordbundstypen end af arealanvendelsen. Generelt er der brug for langt mere viden om både kilder og miljøeffekter for arsen.



Fra jordkvalitet til grundvandskvalitet (fra jordspisende børn til koncentration i infiltrationsvand)

Sundhedsbaseret:

Jordkvalitetskriterium – Afskæringskriterium (ren jord – lettere forurenede jord – stærkt forurenede jord)

Baseret på grundvandsbeskyttelse

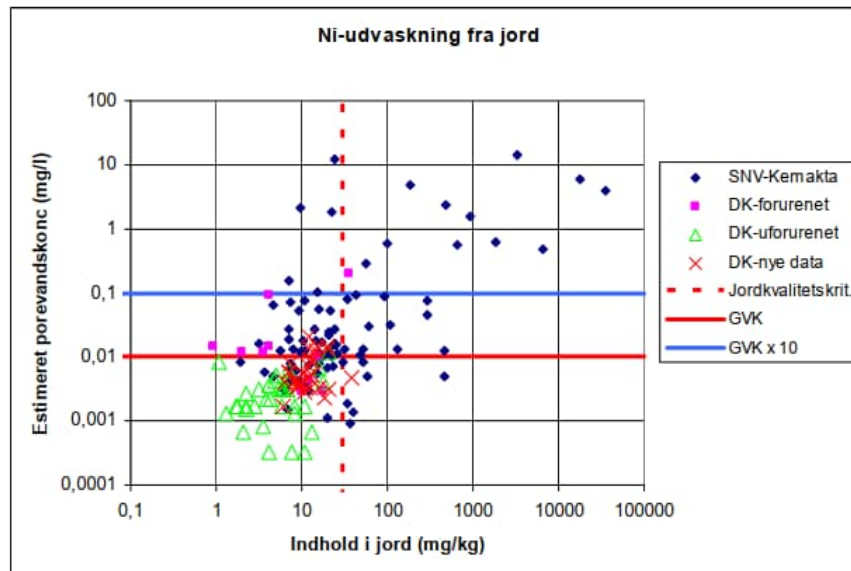
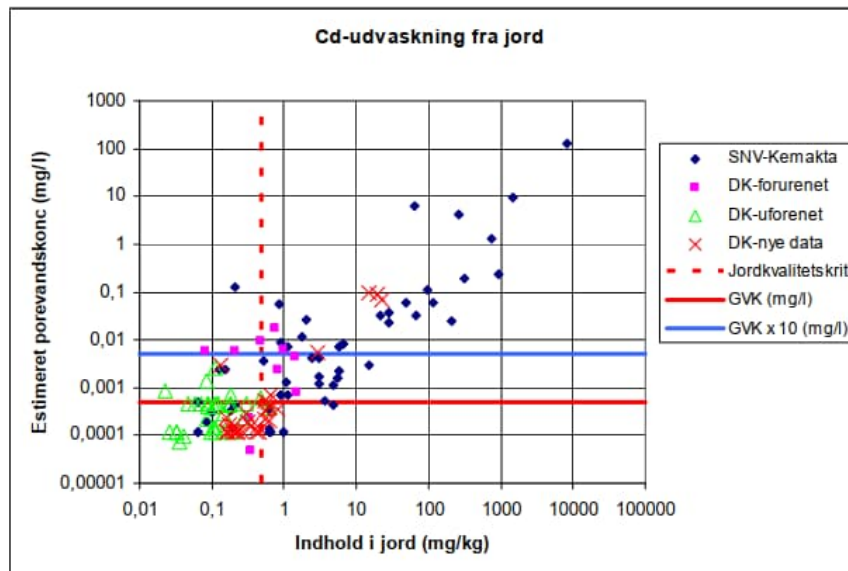
Immobiliserede stoffers "mobile andel" – processer i jord og undergrund – opblanding i grundvandsmagasinet

Værktøj til mobile stoffer findes og vi bruger dem systematisk – værktøj til immobiliserede stoffer er ikke tydelige men findes.

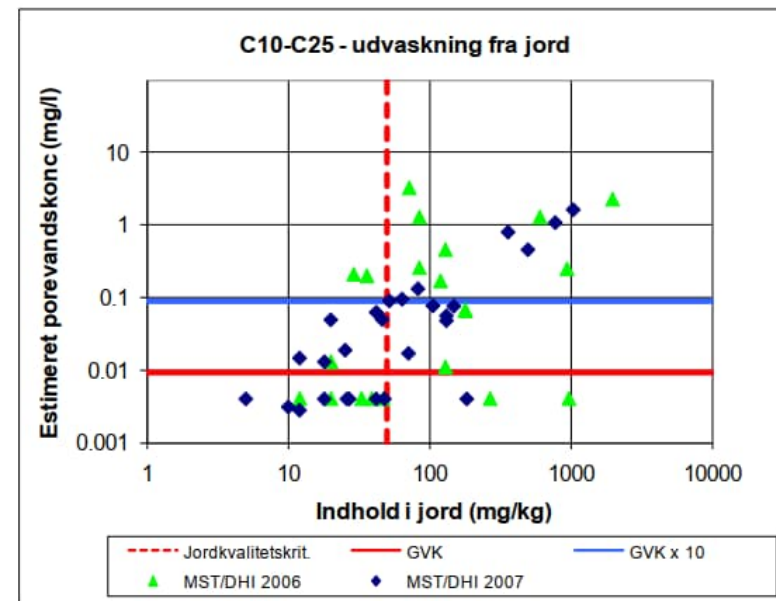
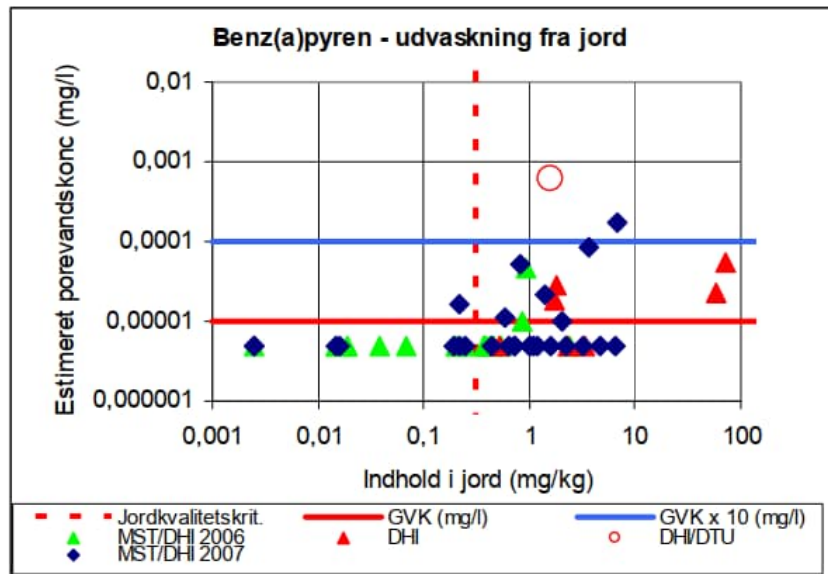
Jordflytningsbekendtgørelsen opr. BEK nr 1479 af 12/12/2007 gav os rammer for jordflytning og Kategori 1 jord – Kategori 2 jord.

Stort arbejde udført mhp. at belyse udvaskningspotentialer fra jord med immobiliserede stoffer, og dermed risiko for grundvand, under en række forskellige tekniske scenarier og lokaliseringer, og derfra få fastsat nye rammer for jordflytninger.

Udvaskning af "immobile" stoffer fra jord



Jordens kvalitet



Jordflytningsbekendtgørelsens kategorier

Baseret på jordanalyse og udvaskningstest:

Præciserer

- Jord kan have indhold af stoffer som forventes at være immobile i forskellig grad.
- Dokumentation, anmeldeordning, fremgangsmåder, pligter, ansvar og straf
- Ingenting om mulig anden anvendelse

Og så er jord oftest affald.

	Kategori 1 ^{Note 2}	Kategori 2
Arsen (As)	≤20	≤20
Cadmium (Cd)	≤0,5	≤5
Chrom total (Cr total)	≤500	≤1000
Kobber (Cu)	≤500	≤1000
Kviksølv(Hg) (uorganisk)	≤1	≤3
Bly (Pb)	≤40	≤400
Zink (Zn)	≤500	≤1000
PAH total ^{Note 3}	≤4	≤40
Benz(a)pyren	≤0,3	≤3
Dibenz(a,h)antracen	≤0,3	≤3

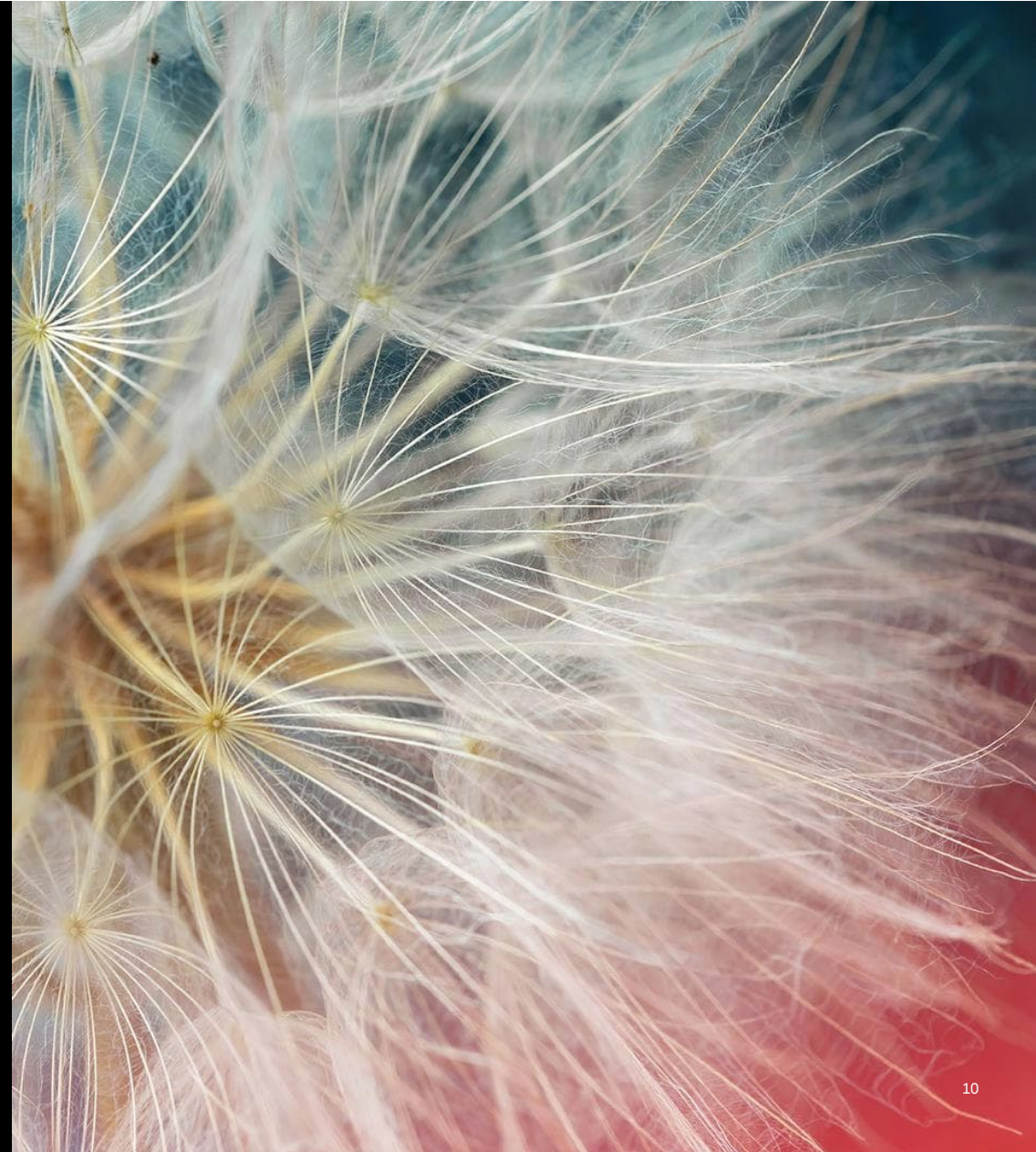
Note 1: Forurenet jord, der er affald, som indeholder andre forureningskomponenter end de, som er angivet på listen, eller indeholder forureningskomponenter, der er indeholdt i listen, men i højere koncentrationer end på listen, kan ikke henføres til kategori 1 og 2. Kommunalbestyrelsen vurderer, hvordan denne jord skal kategoriseres.

Note 2: Jord, der kategoriseres som kategori 1, kan ikke anvendes i alle sammenhænge. F.eks. ved placering af jord i naturområder og på landbrugsjord kan der være skærpede krav.

Note 3: PAH-analyser (analyser for PolyAromatiske Hydrocarboner) skal omfatte en kvantificering af indholdet af enkeltkomponenterne fluoranthen, benz(b+j+k)fluoranthren, benz(a)pyren, di-benz(a,h)antracen og indeno(1,2,3-cd)pyren samt sum-PAH'er bestemt som summen af koncentrationerne af hver af de nævnte enkeltkomponenter.



HVAD VISER EN UDVASKNINGSTEST?





Dokumentation af jordens kvalitet – indhold og udvaskning

Vi søger oplysninger om et stof og særligt:

- den mobile fraktion
- dens styrke (koncentration) ved "udløb" fra jordsøjlen
- skæbne ved nedsivning

"Målestokken" er jordkvalitetskriteriet – fastsat med henblik på at sikre sundhed og ikke grundvand (mobilitet).



Dokumentation af jordens kvalitet – prøvetagning og kemisk analyse

	Faststof-analyse	Udvaskningstest
Prøvetagning	Ofte samme prøve	
Afmålt prøvemængde	X	X
Tilsat vandmængde	Vand <u>med</u> pyrofosfat	Vand <u>uden</u> pyrofosfat
Tilsat ekstraktionsmiddel	Før omrystning	Til vandfase efter omrystning
Måling på vand og/eller ekstrakt	Organiske forureninger målt på ekstrakt jf. standard-metode	Organiske forureninger målt på ekstrakt fra vandfase jf. standard-metode
	Tungmetaller efter målrettet oplukning	Tungmetaller målt i vandfasen



Udvaskningstest

Vi har i laboratoriet skabt et nyt forhold mellem vandmængde og faststofmængde.

Vi har rystet blandingen af vand og faststof, og frembragt en ny fordeling af stof forventeligt til fordel for vandfasen.

Vi har forventeligt skabt noget fortynding.

Hvad bringer udvaskningstesten af oplysninger når vi taler om tungmetaller/metaller og immobile stoffer.

- Veldefineret metode parallelt til faststofanalyser
- Ændrer fysisk/kemiske forhold i jorden
- Bestemmer mængden (massen) af et stof, som kan bringes fra jord til vand + det som allerede var opløst i jordens vandfase.

Dermed et bud på den mobile fraktion.

Massetransport af stoffer og deres skæbne

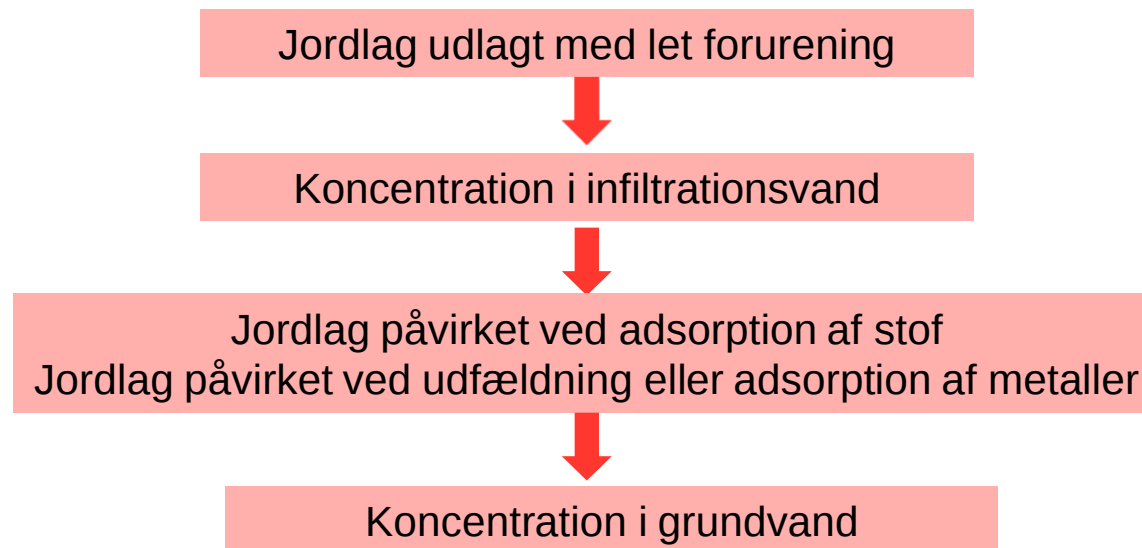
Gennem en jordsøjle på 1 meter infiltrerer årligt omkring 400 L regnvand
Jorden vejer ca. 1.600 kg og rummer ca. 300 L vand (stående L/S = 0,20 liter/kg)

Beregnet dynamisk L/S-forhold: $400 \text{ L} / 1.600 \text{ kg} = 0,25 \text{ liter/kg}$
Udvaskningstest: L/S = 2,0 liter/kg

Anslået omkring 10 gange mere vand end naturligt, men svarer det så til:

- Samlet udvaskelig masse (worst-case eller gennemsnit eller ?)
- Udvasket over hvor mange år (= vandmængde og dermed "fortyndingsgrad")

Konceptuel model for stoffer med meget lav mobilitet





Vurdering af risiko for grundvand

Mit fagligt bedste bud.

Samlet masse udvasket ved test :
$$\frac{\text{Udvasket masse}_{stof}}{\text{kg materiale}} = \frac{L}{S} \left(\frac{\text{l}}{\text{kg materiale}} \right) \cdot C_{stof} \left(\text{mg eller } \mu\text{g eller ng/l} \right)$$

Samlet udvasket masse per kvadratmeter:
$$\frac{\text{Udvasket masse}_{stof}}{\text{kvadratmeter}} = \frac{\text{Udvasket masse}_{stof}}{\text{kg materiale}} \cdot \frac{\text{kg materiale}}{\text{kvadratmeter}}$$

Vurdering og beregning med fx Kd-værdier ved "udløb" eller infiltration gennem ikke påvirket materiale

Estimeret gennemsnitlig koncentration baseret på ligevægtskoncentration



Her ville jeg godt komme med eksempler

... men findes de?

Jeg har kun udvaskningstest på byggematerialer

Byggevareforordningen

Rummer krav om at byggematerialer må ikke afgive/afsmitte stoffer som kan give anledning til skader på miljø jf. bilag 1

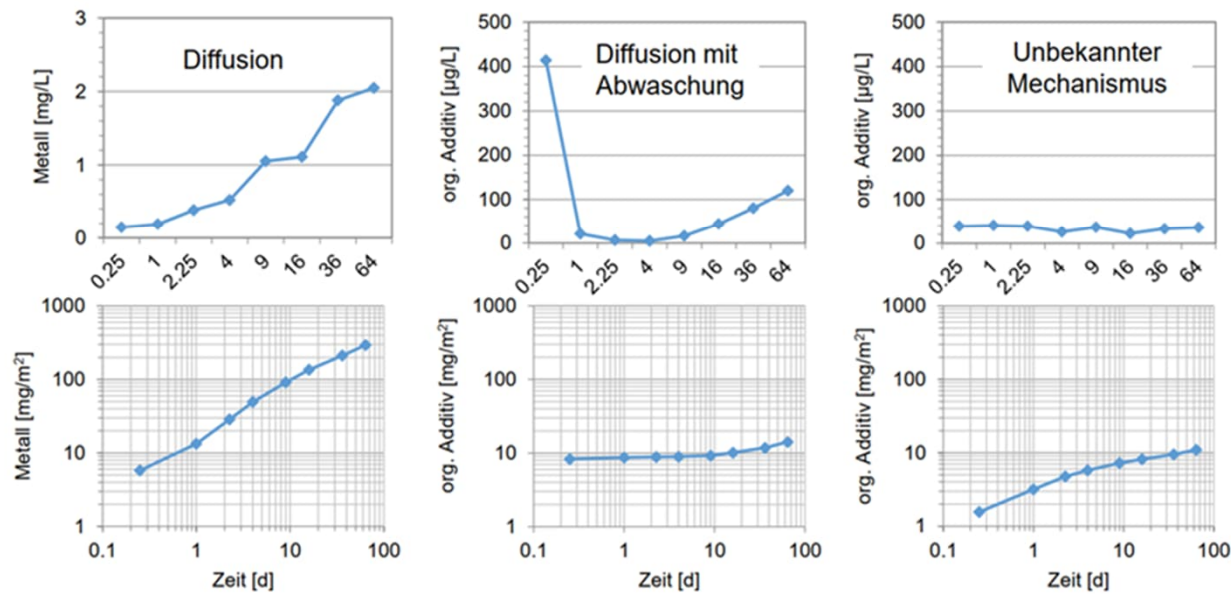
3. Hygiejne, sundhed og miljø

Bygværker skal være konstrueret og opført på en sådan måde, at de i hele deres livscyklus ikke udgør nogen risiko af hygiejne- eller sundheds- og sikkerhedsmæssig art for de personer, der arbejder eller opholder sig i bygværkerne, eller naboer hertil eller ikke, i hele deres livscyklus, har en uforholdsmæssig stor indvirkning på den miljømæssige kvalitet eller på klimaet, under opførelse, brug og nedrivning, navnlig på grund af følgende:

- a) afgivelse af giftige gasser
- b) emissioner af farlige stoffer, flygtige organiske forbindelser (VOC), drivhusgasser eller farlige partikler til luften indendørs eller udendørs
- c) afgivelse af farlig stråling
- d) afgivelse af farlige stoffer til grundvand, marine vande, overfladevand eller jord
- e) afgivelse af farlige stoffer til drikkevandet eller af stoffer, som på anden måde indvirker negativt på drikkevand
- f) mangelfuld udledning af spildevand, emission af røggasser eller mangelfuld bortskafning af fast eller flydende affald

Udvaskningstest fra byggematerialer

- Bestimmung vom Freisetzungsmechanismus und genormte Extrapolation auf bis zu 30 Jahre Lebensdauer



wsp

TAK

wsp.com

