

Flyktige forbindelser i rampelyset: Endringer i det norske risikovurderingsverktøyet

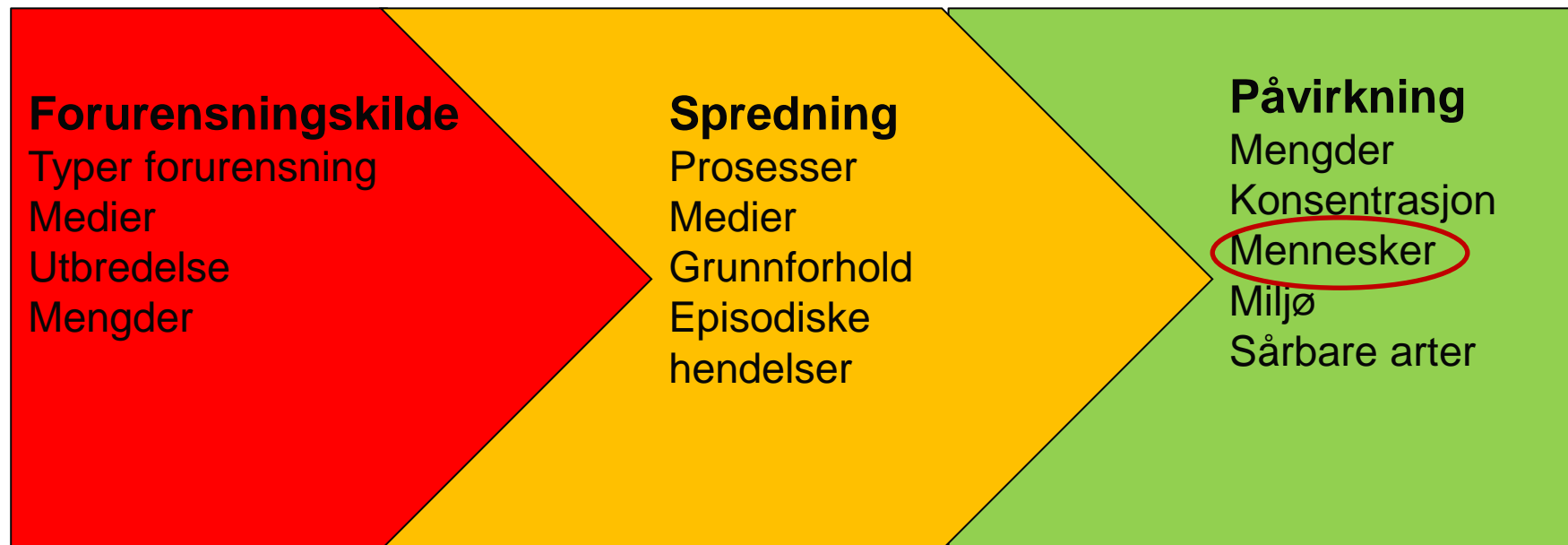
Erlend Sørmo, Hans Peter H. Arp, Gijsbert Bredveld

Miljøringens temamøte:

Bli bedre på klart språk og å vurdere hvordan du håndterer gass og flyktige kjemikalier fra forurensning i grunnen

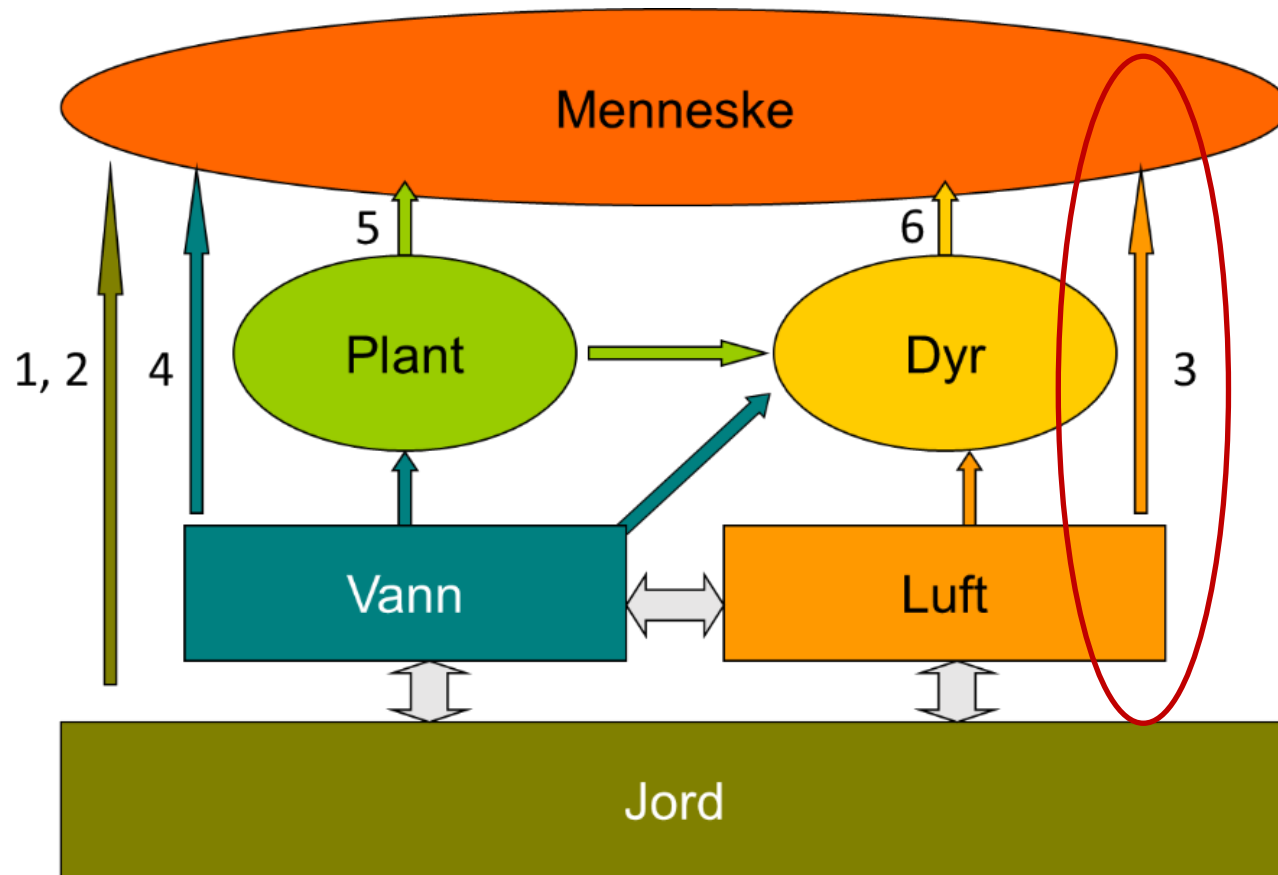
22.11.24

Prinsipp for risikovurdering



[Vurdere risiko for mennesker \(human helse\) - miljodirektoratet.no](http://miljodirektoratet.no)

Eksponeeringsveier human helse



1. Oralt inntak av jord eller støv
2. Hudkontakt med jord eller støv
- 3. Innånding av støv eller gass**
4. Inntak av drikkevann
5. Inntak av grønnsaker, frukt, bær og andre spiselige planter
6. Inntak av fisk eller skaldyr fra nærliggende resipient

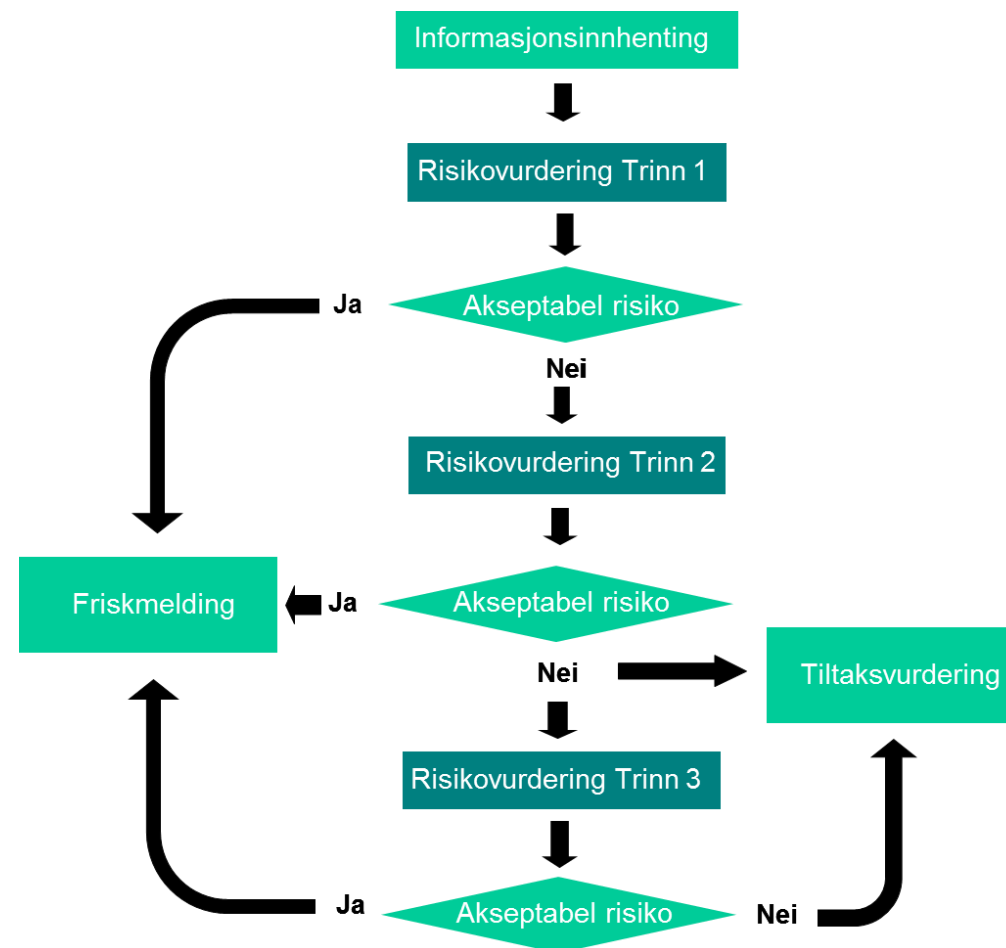
Vurdering av resultater

Resultatene av estimert eksponering for et stoff sammenlignes med grenseverdier for human risiko Maximum Tolerable Daily Intake (MTDI)



Fremgangsmåte

- Resultatene fra grunnundersøkelsene legges inn og gjennomsnitt og maksimum beregnes
- Eksponering beregnes og kan tilpasses til arealbruk
- **Ved overskridelse av MTDI kan det suppleres med stedspesifikke målinger av de dominerende eksponeringsveiene som kan legges inn og erstatte estimerte verdier i verktøyet**



Fasefordeling

Likevekt mellom fasene i grunnen

- Bundet til jord (C_{jord})
- Løst i porevann (C_{vann})
- Fordampet i poregass (C_{gass})
- Stoffspesifikke parameter:

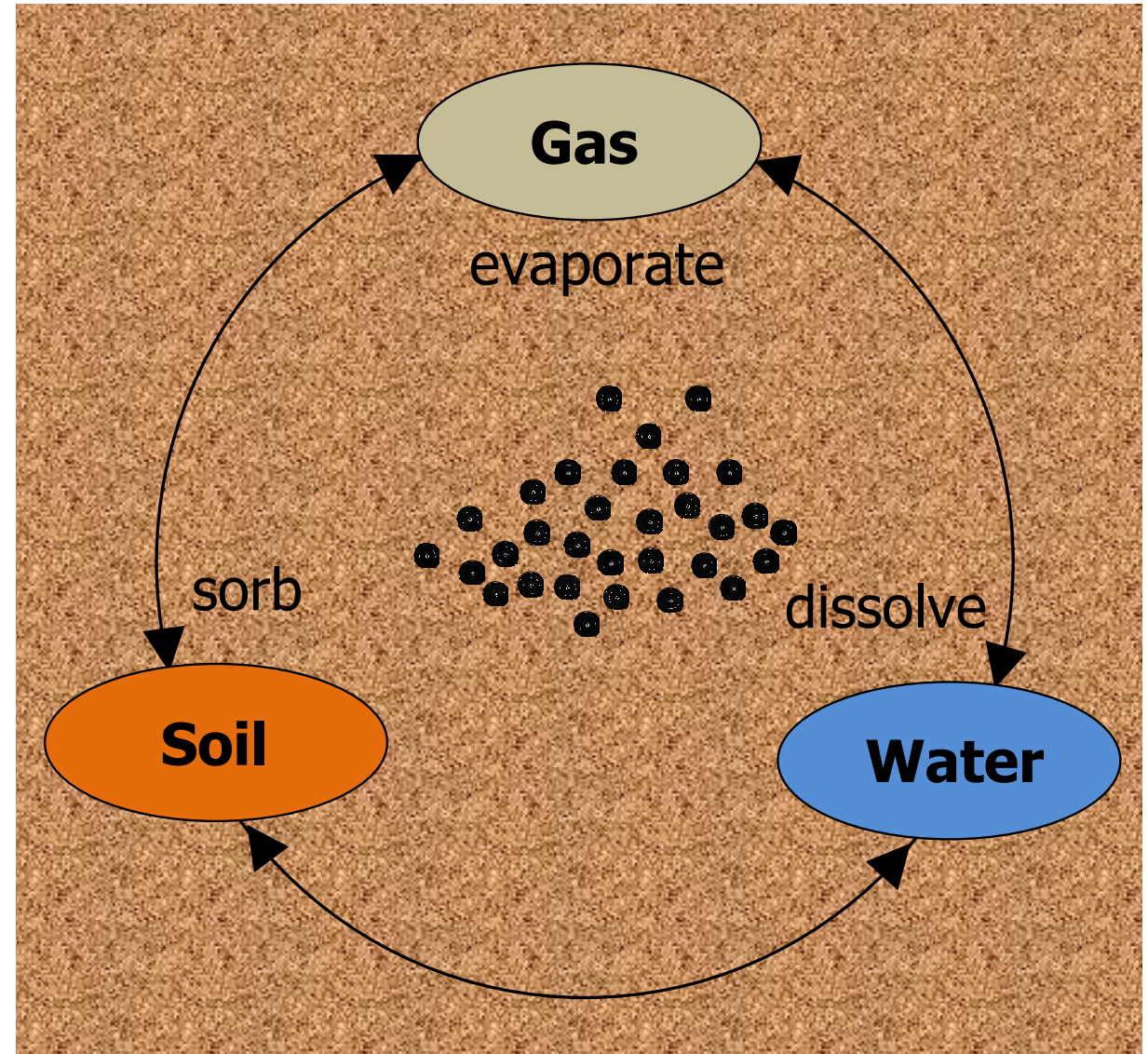
Fordelingskoeffisient

$$- K_d = \frac{C_{\text{jord}}}{C_{\text{porevann}}}$$

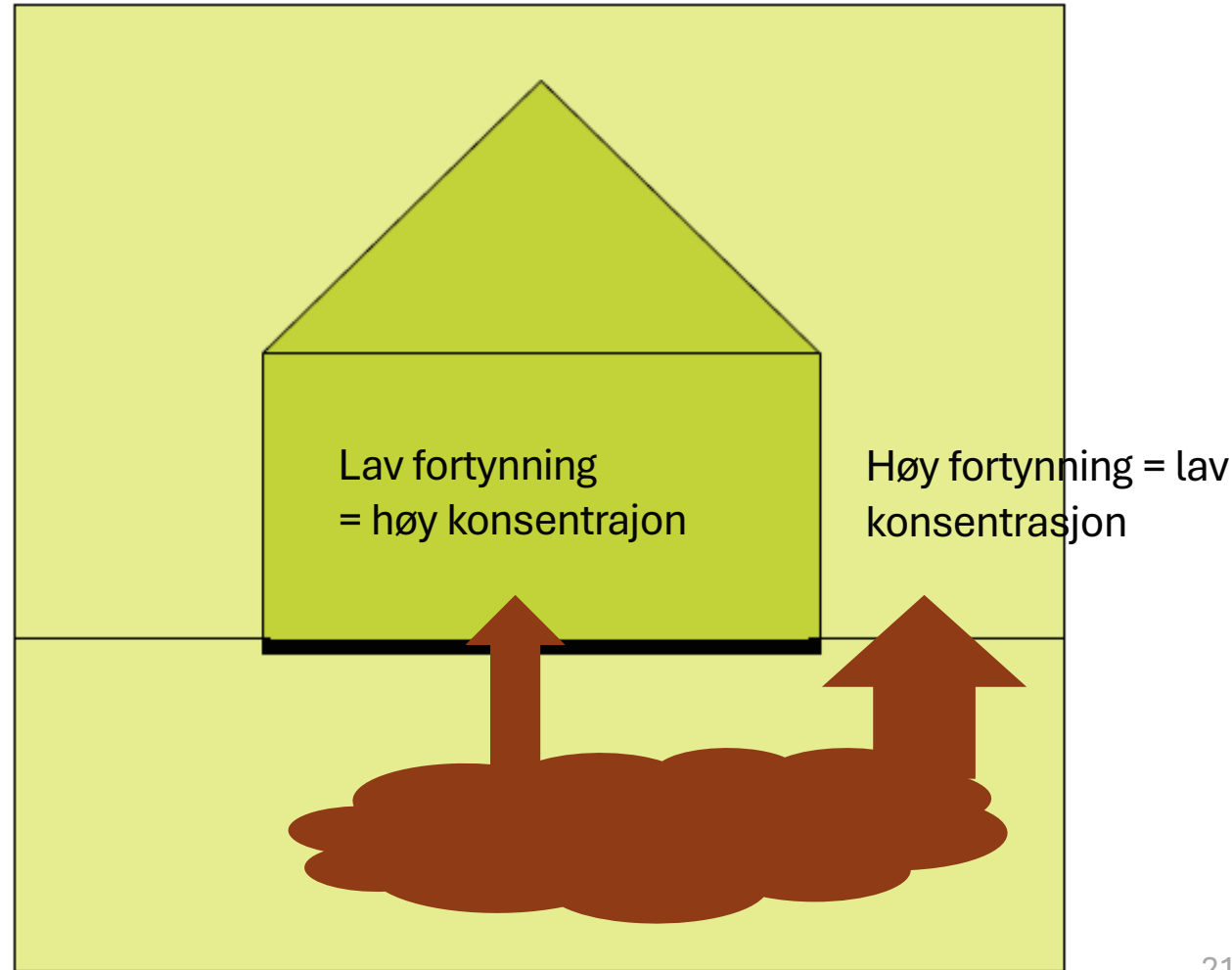
Henry's lov koeffisient

$$- K_H = \frac{C_{\text{gass}}}{C_{\text{porevann}}}$$

- **Direkte målinger er alltid bedre!**



Gasseksponering = innendørsluft



Gammel modell (99:01) – Forenklet tilnærming

$$C_{ia} = DF_{ia} \cdot C_a$$

der:

C_{ia}	=	forurensningskonsentrasjonen i innendørs luft (mg/l).
DF_{ia}	=	fortynningsfaktor fra poreluft til innendørsluft.
C_a	=	konsentrasjonen i jordluft

Fortynningsfaktoren DF_{ia} bestemmes ved:

$$DF_{ia} = \frac{L \cdot A \cdot D}{V_{hus} \cdot l} \cdot (Z \cdot L + A \cdot D)^{-1}$$

der:

L	=	innlekkingshastigheten av poreluft (2,4 m ³ /d).
A	=	arealet under huset (100 m ²).
D	=	diffusiviteten av luft i jord (m ² /d)
D_0	=	diffusiviteten i luft (0,7 m ² /d)
V_{hus}	=	innvendig volum av huset (240 m ³).
l	=	utskiftningshastigheten for luft i huset (12 d ⁻¹).
Z	=	dybden til forurensningene (0,5 m).

$$D = D_0 \cdot \left[\frac{\theta_a^{10}}{\varepsilon^2} \right]$$

Ny modell – basert på arbeid fra Nederland

- Volasoil (RIVM, 2008)
 - Kompleks modell..
 - Et utvalg av mulige likningssett og detaljeringer valgt
 - Et utvalg av sjablongverdier for parametere som beskriver bygninger og grunn valgt



Bygningstype

- **Betongsåle direkte på grunn**
- Justering av inngangsparametere for å inkludere hus med kjeller → øke arealet til flaten som bidrar til innlekkasje + justere ventilasjonsfaktor
- Hus med krypkjeller ikke inkludert → kan mulig tas høyede for ved å justere permeabilitet i grunnen og betongsålen

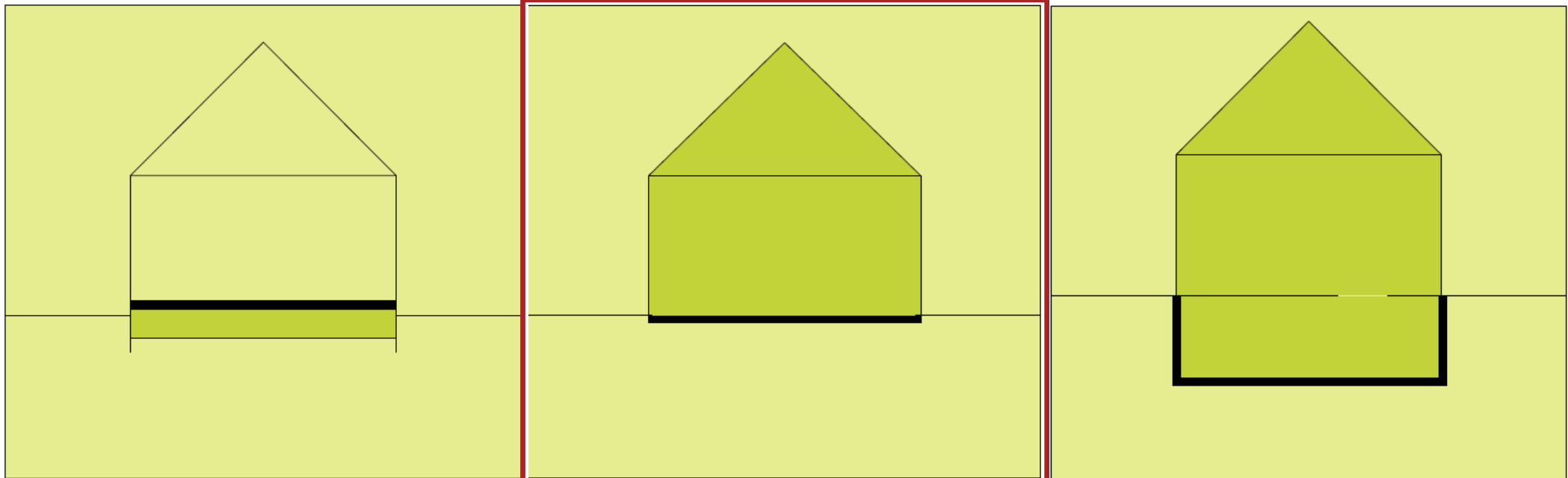


Figure 3-1 House with crawl space

Figure 3-2 House with ground bearing slab (slab-on-grade)

Figure 3-3 House with a basement

Transportmodell

- Total innlekkasje av jordluft:
 - Diffusiv transport (kjemisk gradient)
 - Konvektiv transport (trykkgradient)
- Innendørs konsentrasjon:
 - Fortynning av luft som lekker inn
- Påvirkes av:
 - Konsentrasjoner
 - Areal
 - Avstand til forurensning
 - Temperatur
 - Jordegenskaper
 - Gulvegenskaper
 - Innendørs luftvolum
 - Utskifting av luft (ventilasjon)

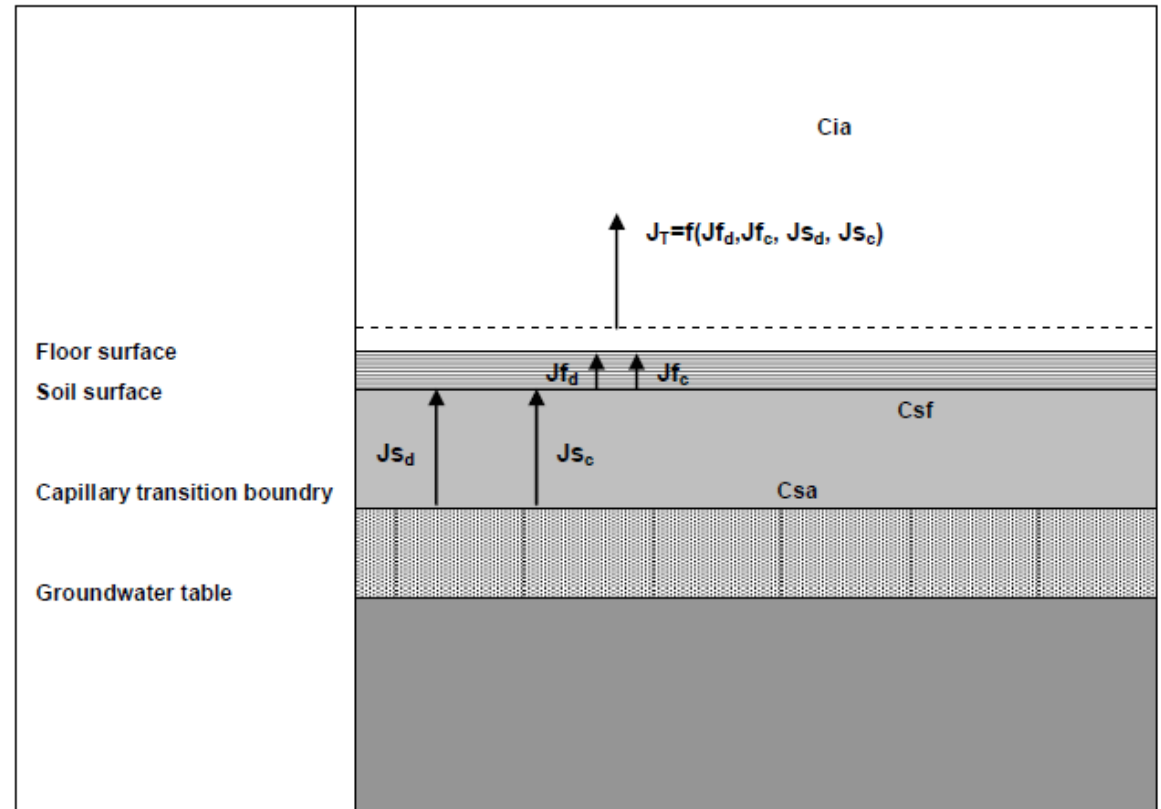


Figure 4-4: Combined diffusive and convective transport through both the unsaturated zone and the building floor. The dotted line is the transition boundary

Avgjørende faktorer

Tabell D-1 Beregnet innendørs gasskonsentrasjon for alifater $C_8 - C_{10}$ (10 mg/kg) i et hus med 100 m² gulvareal, med tregulv og ulike dyp til forurensningen.

Dybde	Inntrengningsareal m ²	Gasstransport g/m ² /h	Kons. innendørs luft mg/l	Eksposering via innånding Barn mg/kg k.v./d
0 m (0,35m)	100	0,0641	0,0534	27
1 m (1,35 m)	100	0,0202	0,0168	8,5
2 m (2,35 m)	100	0,0121	0,0101	5,1
3m (3,35 m)	100	0,00871	0,00726	3,7

Tabell D-1 Beregnet innendørs gasskonsentrasjon for alifater $C_8 - C_{10}$ (10 mg/kg) i et hus med 100m² gulvareal, med betong og tregulv ved et trykk forskjell på hhv. 1 og 2 Pa.

	Trykkforskjell ΔP	inntrengningsareal m ²	Kons. innendørs luft mg/l	Eksposering via innånding Barn mg/kg k.v./d
Betonggulv	1	100	$3,87 \times 10^{-4}$	0,20
	2	100	$3,89 \times 10^{-4}$	0,20
Tregulv	1	100	0,0534	27
	2	100	0,106	54

Gulvets tilstand kan være helt avgjørende!

- Standard: uniform betongsåle med 0,1 m tykkelse
- 3 alternativer
 - **Intakt, porøst medium**
 - Hull og sprekker
 - Sammenhengene sprekke i kontaktflate mellom vegg og gulv
- Tilstand?

Table 5-19 Air permeability coefficients (κ_f) and estimated air filled porosity ($\epsilon_{v,f}$) for concrete (Denarié, 2003)

Quality	Air permeability concrete, κ_f (m^2)	Estimated air-filled porosity, $\epsilon_{v,f}$ (-)
Very good	10^{-19} - 10^{-18} ($10^{-18.5}$)	0.002-0.01
Good	10^{-18} - 10^{-17} ($10^{-17.5}$)	0.01-0.02
Average	10^{-17} - 10^{-16} ($10^{-16.5}$)	0.02-0.07
Bad	10^{-16} - 10^{-14} ($10^{-15.0}$)	0.07-0.20

Inngangsverdier i verktøyet

Justeres ved større dyp til forurensningen

Parameter justeres til lokale forhold

19 Parametre brukt til beregning av konsentrasjon i innendørsluft						
20	Innvendig volum av huset	V_{hus}	240	240	m^3	
21	Areal under huset	A	100	100	m^2	
22	Utskiftingshastighet for luft i huset	I	12	12	d^{-1}	
23	Dybde fra kjellergulv til forurensning	Z	0,35	0,35	m	
24	Luftpermeabilitet jord	k_s	1E-10	1E-10	m^2	Coarse sand (RIVM, 2008)
25	Luftpermeabilitet gulv	k_f	1E-15	1E-15	m^2	Concrete (RIVM, 2008) --> k_f dårlig gulv tab 5.32
26	Viskositet luft	η	6E-09	6E-09	Pa.h	
27	Trykkforskjell, inneluft vs. jordluft	ΔP	1	1	Pa	Slab-on-grade/indoor (RIVM, 2008)
28	Tykkelse gulv	L_f	0,1	0,1	m	
29	Porøsitet gulv	n gulv	0,135	0,135	m^3/m^3	Concrete (RIVM, 2008)
30	Gassfylt porevolum gulv	θ_a gulv	0,135	0,135	m^3/m^3	Concrete (RIVM, 2008)

Nytt vs. Gammel

Stoff	Beregnet Eksponering (mg/kg kv/d)			
		Totalt oppd. 99:01 Ehe	Totalt ny model Ehe	Diff
Arsen		6,0E-04	6,0E-04	-0,11 %
Bly		1,0E-03	9,9E-04	-1,19 %
Kadmium		1,3E-04	1,3E-04	-0,59 %
Kvikksølv		2,0E-04	3,3E-03	1500,24 %
Kobber		2,4E-03	2,6E-03	7,53 %
Sink		9,5E-03	9,2E-03	-3,21 %
Krom (III)		7,0E-04	7,0E-04	-0,22 %
Krom (VI)		4,5E-04	4,5E-04	-0,54 %
Krom totalt (III + VI)		1,1E-02	1,1E-02	-0,54 %
Nikkel		3,0E-03	3,0E-03	-0,27 %
Cyanid fri		8,3E-03	1,2E+00	14815,93 %
PCB CAS1336-36-3		6,0E-07	2,0E-06	233,11 %
Lindan		3,6E-07	2,2E-07	-37,68 %
DDT		1,5E-07	4,1E-07	183,28 %
Monoklorbensen		7,3E-04	7,5E-03	920,97 %
1,2-diklorbensen		1,3E-03	1,4E-02	969,90 %
1,4-diklorbensen		4,6E-04	1,2E-02	2498,39 %
1,2,4-triklorbensen		2,7E-04	1,8E-03	585,91 %

Hva betyr dette?

- Eksponering via gass kan ha blitt undervurdert tidligere
- Eksponering via gass vil få mer fokus i fremtidige risikovurderinger
- Vurdering av forhold knyttet til gasstransport vil bli viktigere
 - Måling av gass i jordluft
 - Karakterisering av gulv og andre stedsspesifikke forhold
- Behov for kompetanseløft?

NGI

On safe ground