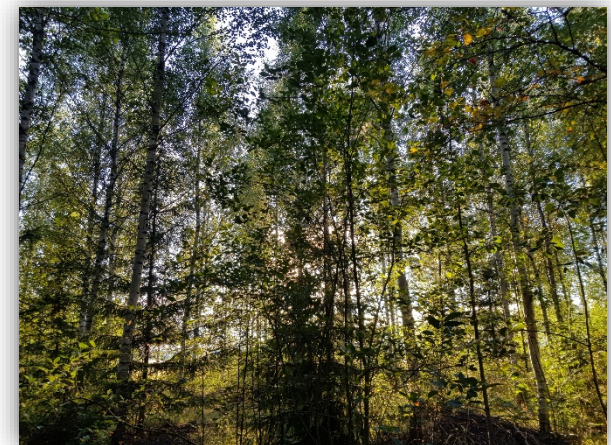


**Minkälaisia ovat haitalliset
kemikaalit ja miten ne
vaikuttavat meihin ja
ympäristöön?**

Kemikaaleja on kaikkialla..

Kemikaaleja on paljon erilaisia:

- suuria ja pieniä molekyylejä..
- luonnon tai ihmisen valmistamia..
- laajalti esiintyviä tai hyvin pienissä määrissä tuotettavia
- haitallisia ja haitattomia..



Mikä erottaa haitallisen kemikaalin haitattomasta?

Kaikkein haitallisimmiksi on luokiteltu kemikaalit, jotka ovat

Pysyviä, Kertyviä ja Myrkyllisiä

(PBT: Persistent, Bioaccumulative and Toxic)

Muutkin kemikaalit voivat olla haitallisia, mikäli ihmiset tai ympäristö altistuvat niille siinä määrin, että ne aiheuttavat terveysvaikutuksia.



SVHC – erityistä huolta aiheuttavat aineet

EU:n kemikaalilainsäädännössä (REACH-asetus) erityistä huolta aiheuttaviksi (**SVHC = Substances of Very High Concern**) on määritetty kemikaalit, jotka ovat

- hitaasti hajoavia, biokertyviä ja myrkyllisiä (PBT-aineet)
- erittäin hitaasti hajoavia ja erittäin voimakkaasti biokertyviä (vPvB-aineet)
- syöpää aiheuttavia
- perimää vaurioittavia
- lisääntymiselle vaarallisia tai
- joilla on ihmisten terveyteen tai ympäristöön muita saman tasoiseen huoleen aiheuttaavia vaikutuksia (esim. hormonitoimintaa häiritseviä tai hengitystieherkistäjiä).

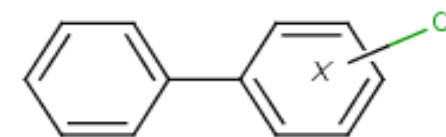
Tällainen kemikaali lisätään SVHC -kandidaattilistalle ja sen käytön muuttamista luvanvaraiseksi harkitaan.



Kemikaalien haittaluokitukset

PBT (REACH Article 57d) **Hitaasti hajoava**, biokertyvä ja myrkyllinen
vPvB (REACH Article 57e) **Erittäin hitaasti hajoava** ja erittäin voimakkaasti biokertyvä

- Kemikaalin hajoamisnopeuden arviointiin käytetään sen puoliintumisaika ympäristössä (tai kudoksessa).
- Hitaasti hajoavat kemikaalit pysyvät ympäristössä ja elimistössä pitkään, jolloin niiden pitoisuudet hitaasti kasvavat.
- Kemikaali luokitellaan **hitaasti hajoavaksi**, jos sen puoliintumisaika maassa on yli 120 päivää tai pintavesissä yli 40 päivää, ja **erittäin hitaasti hajoavaksi**, jos vastaavat ajat ovat 180 päivää ja 60 päivää.
- Nopeasti hajoavat myrkyt saattavat silti suurissa määrin käytettyinä aiheuttaa ongelmia, esim. organofosfaatti -torjunta-aineet, ftalaatit.
- Ympäristössä kemikaaleja hajottavat lähinnä
 - valo (uv-säteily)
 - hydrolyysi ja hapetus-pelkistysreaktiot vesiympäristössä
 - -OH ja -NO₃ -radikaalit sekä otsoni ilmakehässä
 - mikrobien toiminta.

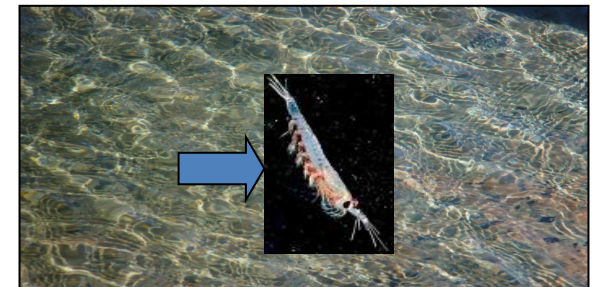
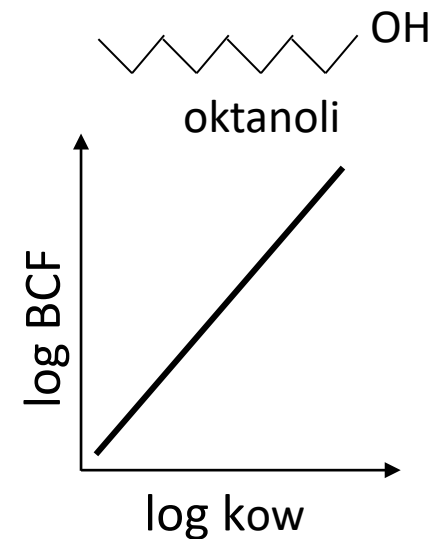


PCB

Kemikaalien haittaluokitukset

PBT (REACH Article 57d) Hitaasti hajoava, **biokertyvä** ja myrkyllinen
vPvB (REACH Article 57e) Erittäin hitaasti hajoava ja **erittäin voimakkaasti biokertyvä**

- Kertyvyyden ansiosta pienikin pitkäaikainen altistus saattaa johtaa suuriin myrkkymääriin kudoksessa!
- Kertyvät myrkyt ovat tyypillisesti rasvaliukoisia ja hydrofobisia → kertyvät rasvakudoksiin
- Biokonsentroitumiskerroin (BCF) kuvaa biokertyvyyttä eli paljonko on tutkittavan aineen pitoisuus eliön kudoksessa suhteessa aineen pitoisuuteen ympäristössä.
- Oktanoli-vesi jakautumiskerroin (**kow**) $\approx$ aineen taipumus kertyä rasvakudoksiin
- REACHin mukaan luokitellaan biokertyväksi, jos $BCF > 2000$, ja erittäin voimakkaasti biokertyväksi, jos $BCF > 5000$. Usein käytetään rinnalla myös oktanoli-vesi jakautumiskerrointa.



Kemikaalien haittaluokitukset

PBT (REACH Article 57d) Hitaasti hajoava, biokertyvä ja **myrkyllinen**

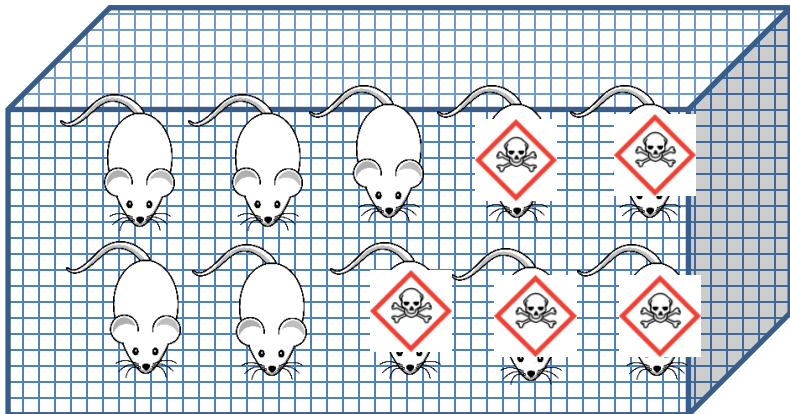
Myrkkyyvaikutuksiin liittyviä käsitteitä:

- **Välitön myrkyllisyys** (lyhyen altistuksen jälkeen nopeasti haittavaikutuksia, jotka voivat johtaa kuolemaan)
- **Krooninen myrkyllisyys** (pitkällä aikavälillä tapahtuva altistus voi aiheuttaa vakavia terveysvaikutuksia, esim. lisääntymishäiriöitä tai syöpää, mutta ei välttämättä kuolemaa)

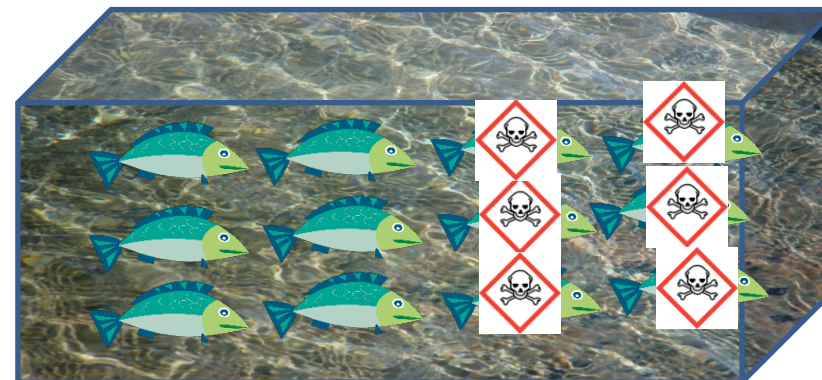


Myrkyn voimakkuuteen liittyviä käsitteitä:

Lethal Dose LD50, Effective Dose ED50



Lethal Concentration LC50,
Effective Concentration EC50,
No-observed effect concentration (NOEC)



Kemikaalien haittaluokitukset

PBT (REACH Article 57d) Hitaasti hajoava, biokertyvä ja **myrkyllinen**

Ryhmä	LD50 suun kautta rotalle mg/kg	LD50 ihon kautta rotalle tai kaniinille mg/kg	LC50 hengitysteitse rotalle mg/litra/4 tuntia
Erittäin myrkyllinen	≤ 25	≤ 50	≤ 0,25
Myrkyllinen	25 – 200	50 – 400	0,25 – 1
Haitallinen	200 - 2000	400 - 2000	1 – 5

**Toksikologian
perussääntö:
Annos tekee myrkyn!**

Vaarallisten kemikaalien yleiset merkintä- ja luokitusvaatimukset (Finlex)

Esimerkkejä
aineiden LD50
arvoista rotalle
suun kautta
annettuna

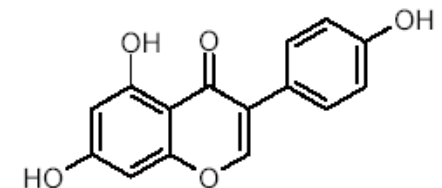
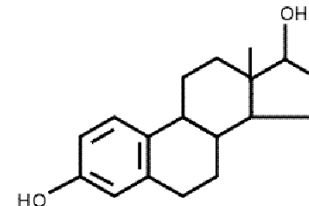
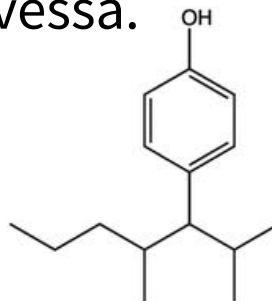
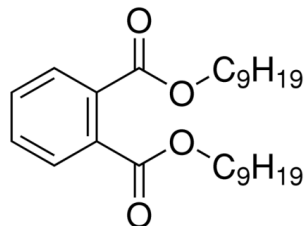
Aine	LD50
C vitamiini	11,900 mg/kg
Pöytäsuola	3,000 mg/kg
THC	1,270 mg/kg uroksilla; 730 mg/kg naarailla
Kofeiini	192 mg/kg
Nikotiini	50 mg/kg
Aldriini	39 mg/kg
Pentakloorifenoli	27 mg/kg
Kadmium kloridi	1.8 mg/kg
Dioksiini	0.001mg/kg

Kemikaalien haittaluokitukset

Endocrine disrupting properties (REACH Article 57(f) – environment/ Human health) **Hormonitoimintaa häiritsevät** ominaisuudet

= hormonihäiritsijät, endocrine disruptors..

- Hormonit säätelevät laajasti aineenvaihduntaa ja kehitystä (sukupuolihormonit, kasvuhormoni, kilpirauhashormoni jne.)
- Kemikaalit voivat estää, stimuloida tai muuttaa hormonijärjestelmän toimintaa.
- Monet kemikaaleista sitoutuvat luonnollisen hormonin paikalle reseptoriin, mutta myös monia muita mekanismeja tunnetaan.
- Vaikutukset riippuvat usein elion kehitysvaiheesta ja sukupuolesta, ja ne voivat myös ilmetä vasta seuraavassa sukupolvessa.



Kemikaalien haittaluokitukset

Respiratory sensitising properties (REACH Article 57(f) - human health) **Hengityselimistöä herkistävät** ominaisuudet



- Aine, joka hengitettynä aiheuttaa hengitysteiden yliherkkyyttä.
- Kemikaali voidaan luokitella alakategorioihin 1A tai 1B sen mukaan, miten voimakkaasta herkistäjästä on kyse. Jos ei ole riittävästi tietoa alakategorioihin luokittelua varten, kemikaali saa kategorian 1.
- Näyttö siitä, että aine voi aiheuttaa spesifistä hengitysteiden yliherkkyyttä, perustuu yleensä ihmisillä saatuun kokemukseen. Tällainen yliherkkyys ilmenee tavallisesti astmana, mutta se voi ilmetä myös nuhana/sidekalvotulehduksena ja keuhkorakkuloiden tulehduksena.
- Validoituja eläinmalleja ei ole.



Kemikaalien haittaluokitukset

Skin sensitising properties (REACH Article 57(f) – human health)
Ihoa herkistävät ominaisuudet



- Kemikaali aiheuttaa ihoallergiaa.
- Jaetaan kategorioihin 1, 1A ja 1B, kuten edellä.
- Testataan yleensä hiirillä (Mouse Local Lymph Node Assay) ja marsuilla (Guinea pig maximisation test tai Buehler test).
- Myös ihmisillä saatuja tuloksia voidaan käyttää.
- Esimerkkejä kromi ja nikkeli, joiden käyttöä ihon kanssa kosketuksissa olevissa tuotteissa rajoitettu.
- *Methylisothiazolinone*, jota käytetään säilöntäaineena kosmetiikassa, on kielletty iholle jätettävissä tuotteissa.



Kemikaalien haittaluokitukset

Carcinogenic (REACH Article 57a) **Syöpää aiheuttava**



- Karsinogeeniset kemikaalit voivat aiheuttaa syöpää monilla erilaisilla mekanismeilla, joista kaikkia ei tunneta
 - esim. ne voivat **vahingoittaa geenejä**, aiheuttaa **kudosvaurioita** tai häiritä elimistön omia **puolustusmekanismeja**
- Nopeasti jakautuvat solut, eli ihon, vatsan limakalvon, rintarauhasen sekä munasarjojen tai kivesten solut, ovat erityisen alttiita karsinogeeneille, koska syöpä-DNA pystyy kopioitumaan nopeasti.
- Kemikaali lisää syövän riskiä, mutta ei vaikuta kaikkiin samalla tavoin (ikä, sukupuoli, geeniperimä, elintavat ym. vaikuttavat).
- Syöpäriski voi kohdistua johonkin tiettyyn kohde-elimeen, esim. maksa, iho, keuhkot jne.
- Tutkimusnäyttö voi olla ristiriitaista ja riittävän tutkimusnäytön kerääminen kestää usein kauan.
- Tunnettuja karsinogeeneja, joita on EU:ssa rajoitettu:
 - 1,4-dichlorobenzene (DCB), jota käytettiin ilmanraikastimissa ja hajustimissa julkisissa tiloissa, toimistoissa ja kodeissa. Maksasyövän riski silloisilla käyttömäärillä todettiin EU-raportissa vuodelta 2004, käyttö ilmanraikastajissa kiellettiin vuonna 2014.
 - Tekstiileissä ja nahkatuotteissa käytetyt atsovärit. Vuodesta 2003 ei ole luvallista käyttää suorassa ihokontaktissa oleviin tuotteisiin.

Kemikaalien haittaluokitukset

Mutagenic (REACH Article 57b) **Perimää vaurioittava**



- Mutaatio on solun geneettisen aineksen (DNA) määrän tai rakenteen pysyvä muutos. Mikäli mutaatio tapahtuu sukusoluissa, se on periytyvä ja voi aiheuttaa eliössä (ml. ihminen) rakenteellisia tai toiminnallisia muutoksia.
- Termiä '*mutageeninen*' (perimää vaurioittava) käytetään kemikaaleista, jotka aiheuttavat mutaatioiden lisääntymisen solu- ja/tai eliöpopulaatioissa.
- Kaikki mutaatiot eivät välttämättä ole haitallisia eivätkä periytyviä.
- Jaetaan eri kategorioihin sen mukaan, kuinka vahvaa näyttö on (1A: vahva näyttö ihmisillä, 1B: näyttö periytyvistä vaikutuksista eläinkokeissa, 2: näyttö mutageenisuudesta muissa kuin sukusoluissa).



Kemikaalien haittaluokitukset

Toxic for reproduction (REACH Article 57c) **Lisääntymiselle vaarallinen**

Näihin kuuluvat kemikaalit, joilla on todettu haitallisia vaikutuksia

- aikuisten miesten ja naisten **sukupuolitoimintoihin** ja **hedelmällisyyteen** (mm. muutokset puberteetin ajoitukseen, sukusolujen tuotantoon ja kuljetukseen, kuukautiskiertoon, sukupuolikäyttäytymiseen, hedelmällisyyteen, synnytykseen, raskauden kulkuun ja ennenaikaiseen lisääntymiskyvyn hiipumiseen)
- **jälkeläisten kehittymiseen** (mm. keskenmenojen ja rakenteellisten epämuodostumien lisääntyminen, heikentynyt syntymänjälkeinen henkinen tai fyysinen kehitys murrosikään saakka).



Kemikaalien haittaluokitukset



Syöpää aiheuttavien, perimää vaurioittavien ja lisääntymisvaarallisten kemikaalien kategoriat

- Kattegoria 1A: aineen tiedetään aiheuttavan vaaraa ihmisille; luokitus perustuu lähinnä ihmisillä saatuun näyttöön,
- Kattegoria 1B: aineen oletetaan aiheuttavan ihmiselle vaaraa; luokitus perustuu lähinnä eläimillä saatuun näyttöön.
- Kattegoria 2: ihmisillä ja/tai eläimillä saadun sellaisen näytön perusteella, joka ei ole riittävän vakuuttavaa aineen luokitteliseksi kattegoriaan 1A tai 1B; sekä näytön vahvuuden ja muiden näkökohtien perusteella.

Esim.

Aine, jonka yhteys syöpien lisääntymiseen on todettu laajoissa epidemiologisissa tutkimuksissa ja lisäksi on näyttöä laboratoriotason tutkimuksista aineen syöpäominaisuuksista, luokitellaan kattegoriaan 1A, ja aine saa lauseen ”Saattaa aiheuttaa syöpää”. Tällainen lisätään hyvin todennäköisesti myös SVHC-kandidaatilistalle, ja sen luvanvaraisuutta ja rajoituksia arvioidaan.

Aine, joka on aiheuttanut solu- ja/tai eläinkokeissa syöpäkasvainten kasvua, mutta tutkimustieto on ristiriitaista tai riittämätöntä, luokitellaan kattegoriaan 2, ja aine saa lauseen ”Epäillään aiheuttavan syöpää”. Tällainen aine ei vielä päädy SVHC-kandidaatilistalle, mutta lisää tutkimustietoa pyritään hankkimaan.

Monilta aineilta luokitukset puuttuvat, koska tieto on riittämätöntä.



Miten kemikaalien vaikutuksia voidaan tutkia?

Kemikaalien vaikutukset riippuvat kohde-eliön iästä ja kehitysvaiheesta, perimästä, elintavoista ja -olosuhteista jne.

→ ihmisiä tai luonnossa eläviä eläimiä tutkimalla on vaikeaa vetää johtopäätöksiä jonkin tietyn kemikaalin vaikutuksista

→ tarvitaan kontrolloituja eläinkokeita: näiden ongelma on, että eläinmallit eivät aina kerro koko totuutta kemikaalin vaikutuksista ihmisiin ja lisäksi eläinkokeita halutaan vähentää

→ käytetään mahdollisimman paljon kokeita kasvatetuilla soluilla ja kudoksilla sekä erilaisia rakennemallinnuksia

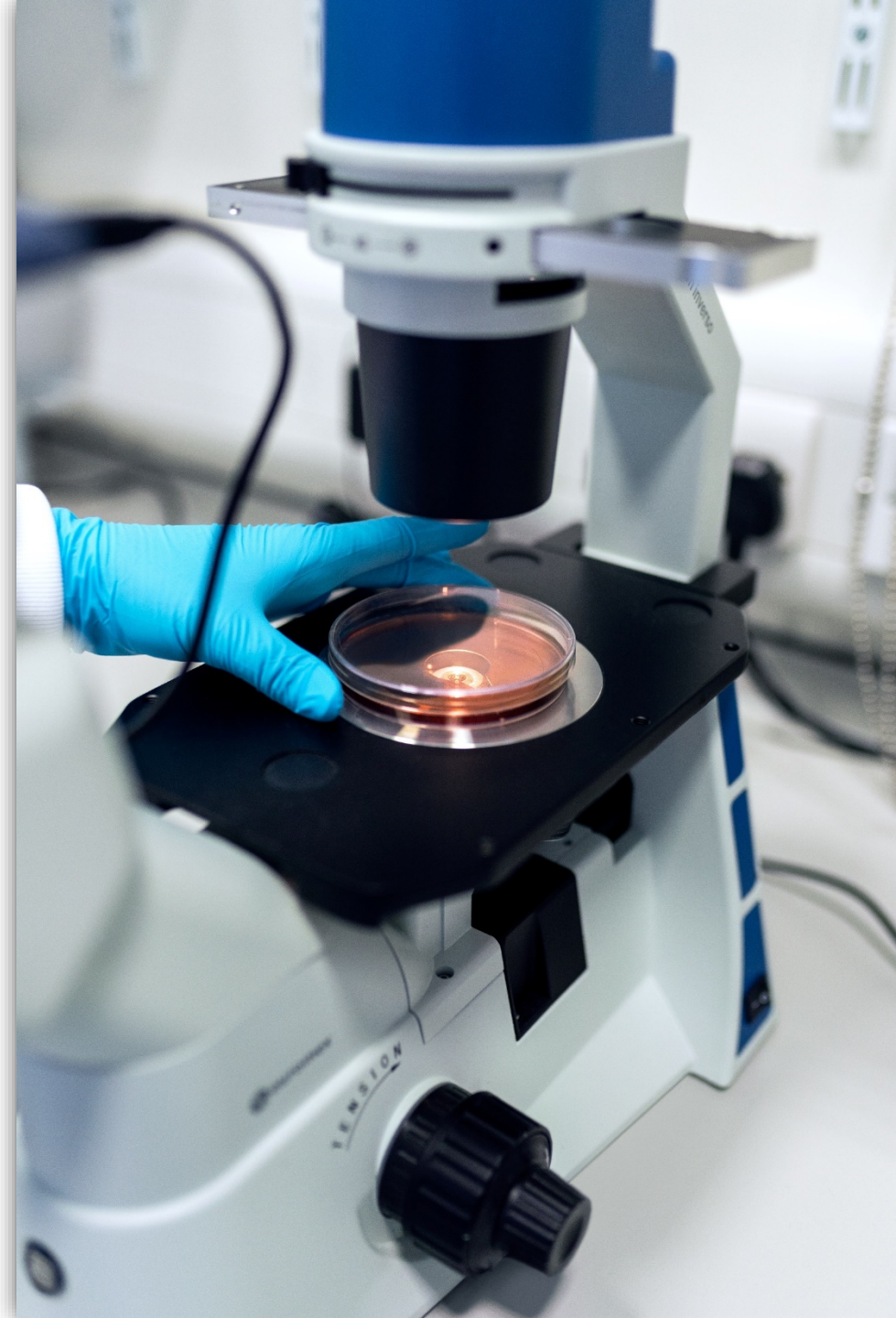


Onko kemikaaliluokitusten pohjalla oleva tieto luotettavaa?

Tieto on usein puutteellista, koska

- kaikkia vaikutusmekanismeja ei tunneta
- eri tutkimukset voivat antaa ristiriitaisia tuloksia
- laboratoriossa tehdyt eläin- ja solukokeet eivät välttämättä vastaa todellisuutta
- testaaminen on kallista ja aikaa vievää.

REACH-riskinarvioinneissa ja kemikaalien luokituksissa otetaan huomioon kaikki saatavilla oleva tutkimustieto, arvioidaan sen luotettavuutta ja tehdään synteesi, jossa yksittäinen tutkimustulos ei välttämättä merkitse vielä paljon.



Miten kemikaalit pääsevät vaikuttamaan ihmiseen?



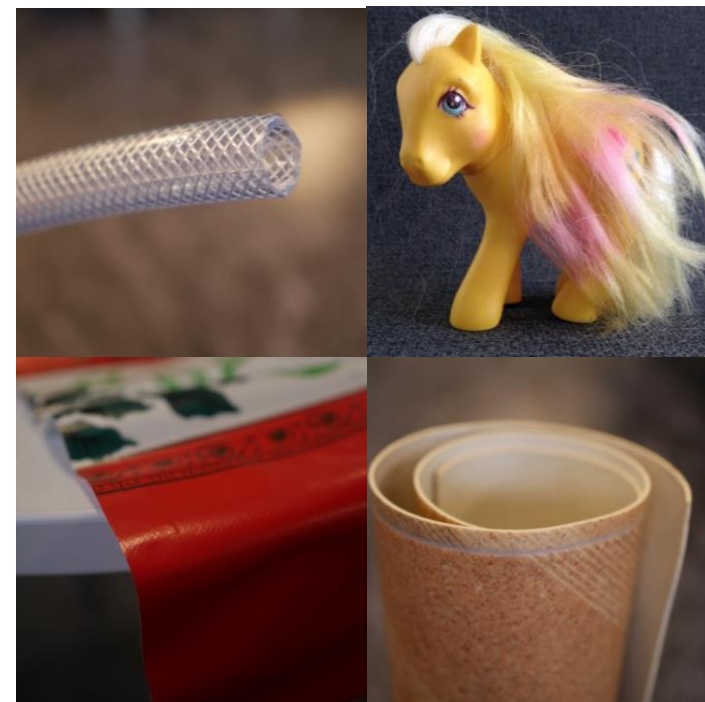
Kemikaalituotteet

- Yleensä kemikaalien seoksia (esim. puhdistusaineet, maalit, kyllästeet, kosmetiikka jne.)
- Seoksia ei yleensä ole luokiteltu erikseen, vaan niiden turvallisuusarviot perustuvat yksittäisten ainesosien luokitukseen. Joillain kemikaaleilla voi kuitenkin olla yhteisvaikutuksia.
- **Kemikaalin käytön tapa vaikuttaa ratkaisevasti altistumiseen!**



Kemikaalit esineissä

- Kemikaalin ominaisuudet ja käyttötapa vaikuttavat ratkaisevasti käyttäjien altistumiseen
 - onko kemikaali osa tuotetta, käytetäänkö sitä osana valmistusprosessia (mutta ei jää tuotteeseen) vai lisätäänkö se valmiiseen tuotteeseen
 - onko kemikaali haihtuva huoneilmaan tai helposti tuotteesta liukeneva
 - käytetäänkö kemikaalia suurina pitoisuuksina (esim. ftalaatit osana muovimassaa) vai pienissä määrin (esim. biosidit)
- **Esineiden sisältämät kemikaalit otettava huomioon myös kierrätyksessä!**



Miten kemikaalit pääsevät vaikuttamaan ympäristöön?

- Kemikaaleja pääsee ympäristöömme
 - jätevesien kautta
 - hulevesien kautta
 - suorien päästöjen kautta (onnettomuudet, tahalliset)
 - suotautumalla kaatopaikoilta ja muista jätekasoista sekä saastuneilta maa-alueilta
 - kaukokulkeutumana.
- Ajan kuluessa pienetkin päästöt hitaasti hajoavia kemikaaleja kerääntyvät merkittäviksi pitoisuuksiksi vesistöissä ja eliöstössä.
- Kemikaalit kerääntyvät erityisesti ravintoverkon huipulle ja eliöihin, joiden elintavat erityisesti altistavat ne kemikaaleille.
- Kemikaalialtistus voi aiheuttaa yksilöiden lisääntymiseen, käyttäytymiseen ja kehitykseen muutoksia. Jos kemikaalien aiheuttamat ongelmat koskevat riittävän suurta määrää yksilöitä, **heijastuvat vaikutukset populaatiotasolle ja mahdollisesti koko ekosysteemin** toimintaan.

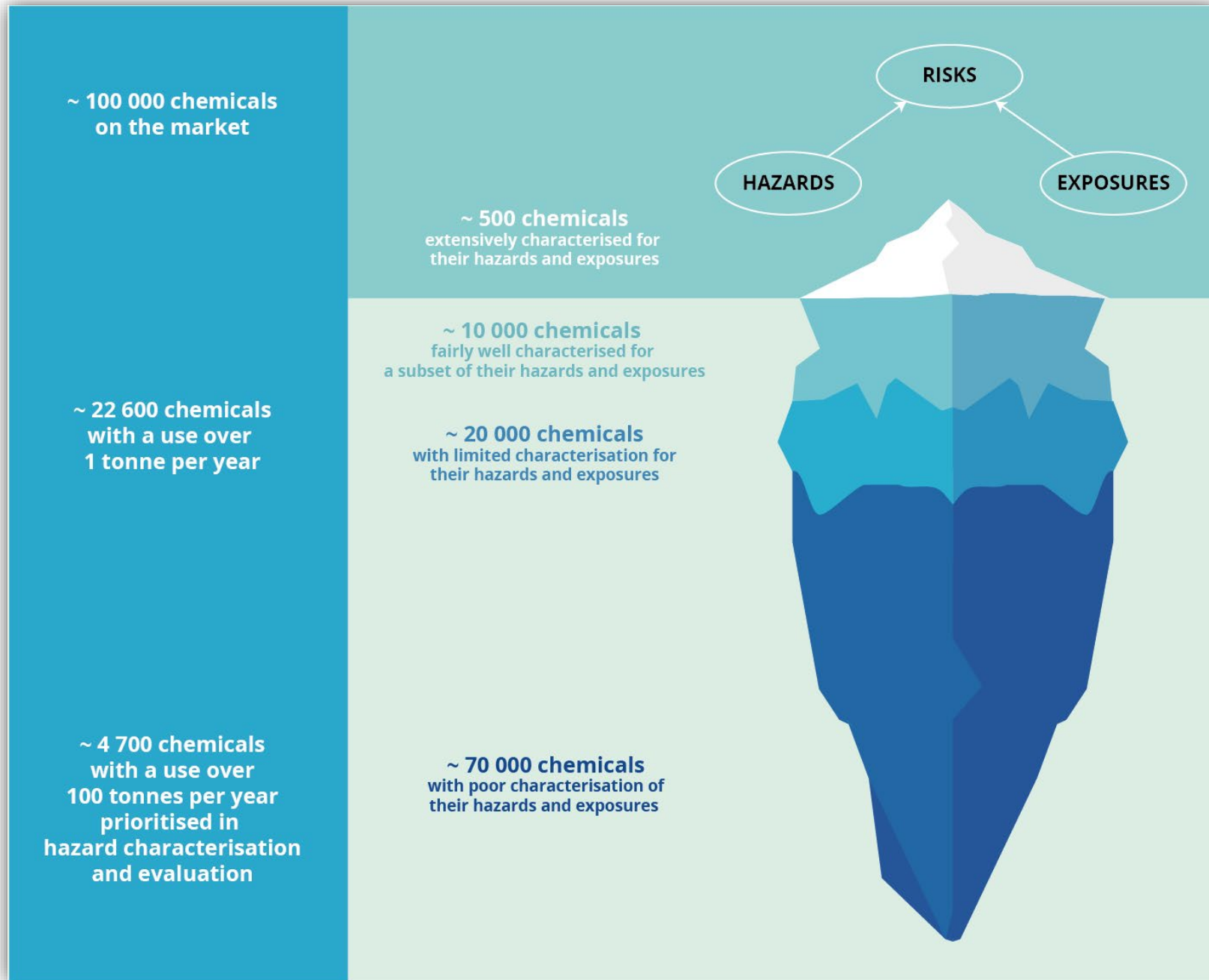


Photo: Jussi Laaksonlaita



Photo: Sami Lyytinen





Lähde: EEA 2020, The unknown territory of chemical risks

Kiitos!

