Kaivosten vuotavat rakenteet



Peter W. Brandt, DI

Who is…

Peter W. Brandt

- Entrepreneur with 40 years track record in manufacturing and civil engineering, M.Sc.(Tech)
- Experience in environmental linings structures (Landfills, industrial impoundments, mining waste areas)
- 25 years different management positions within ViaCon Group
- Retired from all operational 2021 (no commitments to industry anymore)
- IGS-FIN vice president 2012-2019
- Today family fund cob and investor in startup and growth companies
- Contact: peter.brandt@pwboy.fi



Kaivos- ja akkumateriaalitoiminnan
KESKEISET ONGELMAT SUOMESSA



Päästöt ja kaivannaisjätteet

- Kaivos- ja akkumateriaaliteollisuus purkavat puutteellisesti puhdistettuja puhdistamattomia ja myrkyllisiä prosessivesiä (sisältävät mm. syanidia, arsenikkia ja ksantaatteja sekä sulfaatteja), suoraan vesistöihin.
- Kaivosten rakenteet (altaat ja sivukivialueet) vuotavat vaarallisia ja happamia raskasmetalleja ja rikkihappoa sisältäviä vesiä pohjavesiin ja laajoille alueille Suomen linkittyneiden vesistöjen kautta.
- Räjäytyspöly sisältää syöpää aiheuttavia aineita, mm. asbestia, kvartsia ja raskasmetalleja.
- Yli 90% Suomen vaarallista ongelmajätteistä tulee kaivoksista.

Suomi, meillä on iso ongelma!



Meillä on sukupolvet ylittävä ongelma vuotavista kaivosjätealueista

Ne ovat:

- Tehottomia ja perustuvat vanhaan kaivosten tapaan toimia ilman säätelyä
- Eivät ole BAT (Best Available Tech)
- Virheellisiä, tehottimia suotavia ja vuotavia
- Lyhyt kayttöikä, ei mitoitettuja, po. Satoja vuosia

Kaivannaisjäteasetuksen (LSL) mukaan kaivannaisjätealueesta ei saa aiheutua ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa pitkänkään ajan kuluessa:

7 § Kaivannaisjätteen jätealueen perustaminen ja hoito
Kaivannaisjätteen jätealue on perustettava ja sitä on hoidettava siten, että:

1) jätealueesta ei aiheudu maaperän, vesistön, pohjaveden tai ilman pilaantumista eikä muuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ottaen huomioon alueen sijainti sekä alueen geologiset, hydrologiset, hydrogeologiset ja geotekniset ominaisuudet;

2) jätealueesta ei aiheudu pitkänkään ajan kuluessa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa ottaen huomioon syntyvä suotovesi ja muu jätevesi sekä eroosio;

Kaivannaisjätteiden ongelmat liittyvät seuraaviin osa-alueisiin

Säätelyn täydellinen puuttuminen:

YM sai rahoituksen vuonna 2019 ja kaivannaisjätealueiden ohje piti olla valmis vuonna 2020 (oppikirjatasoisena☺)

Vielä ei ole mitään valmista...

Teknologia tiivisrakentamisessa on kehittynyttä. Jätealueiden ohjeistus toimii ympäri maailmaa. Suomessa kaatopaikkojen tiivisrakenneohje, InfraRyI- ohjeet, BAM, IGS ym ym
Barrieerit suunnitellaan ja rakennetaan samalla perusteknologialla riippumatta jätteen laadusta.
Kaivannaisjätteet ovat luonteeltaan pitkän ajan vaikutuksen jätteitä, jolloin varmuus pitää mitoituksilla varmistaa vastaamaan tilannetta. Yhtään mitoitusta ei ole tehty Suomessa barriereille.

Sulfidirikkipitoiset kaivosjätteet - suurimmat ympäristöongelmat, suuri osa kaivosjätteestä on tätä

- Valtavat jätemäärät – alkuaineet eivät häviä

- Jo pelkkä mustaliuskeen esiintyminen alueella voi vaikuttaa haitallisesti ihmisten terveyteen eri altistusreittien kautta (GTK, 2024).



Erittäin vaarallista jätettä

Talvivaara-Terrafame sivukiven läjitysalueen suotovesi

		Allas DP 4/ 5" vuoden 2022 keskiarvo[1]	Vaarallisen jätteen raja-arvo 331/2013 mg/l	Ylittää raja-arvon kertoimella
Kadmium	mg/L	10	0,5	20
Nikkeli	mg/L	900	4,0	225
Sinkki	mg/L	4000	20,0	200

1 Eurofins Ahma Oy (2023) Terrafame Oy Vesipäästöjen tarkkailu 2022, liite 2a 2023. Sivukivialue KL2 s. 52

		Allas DP4[2], 2020	Ympäristölaatunormi EU Cd Ni /muu mikrog/l	Ylittää raja-arvon kertoimella
Kadmium	mg/L	14	0,1	140 000
Nikkeli	mg/L	1200	5,0	240 000
Sinkki	mg/L	5700	8,0	712 500

2 Terrafame waste water inspection Table 3-1 2020. Waste stone dump KL2, page 53/93

- Terrafame 1,5 mrd tonnia jätettä (30 v toiminta-ajalla) – muodostuu 300 milj. tonnia väkevää rikkihappoa.

- Kaikki jäte voidaan katsoa vaaralliseksi jätteeksi joko haponmuodostuksen tai haitta-aineiden perusteella.

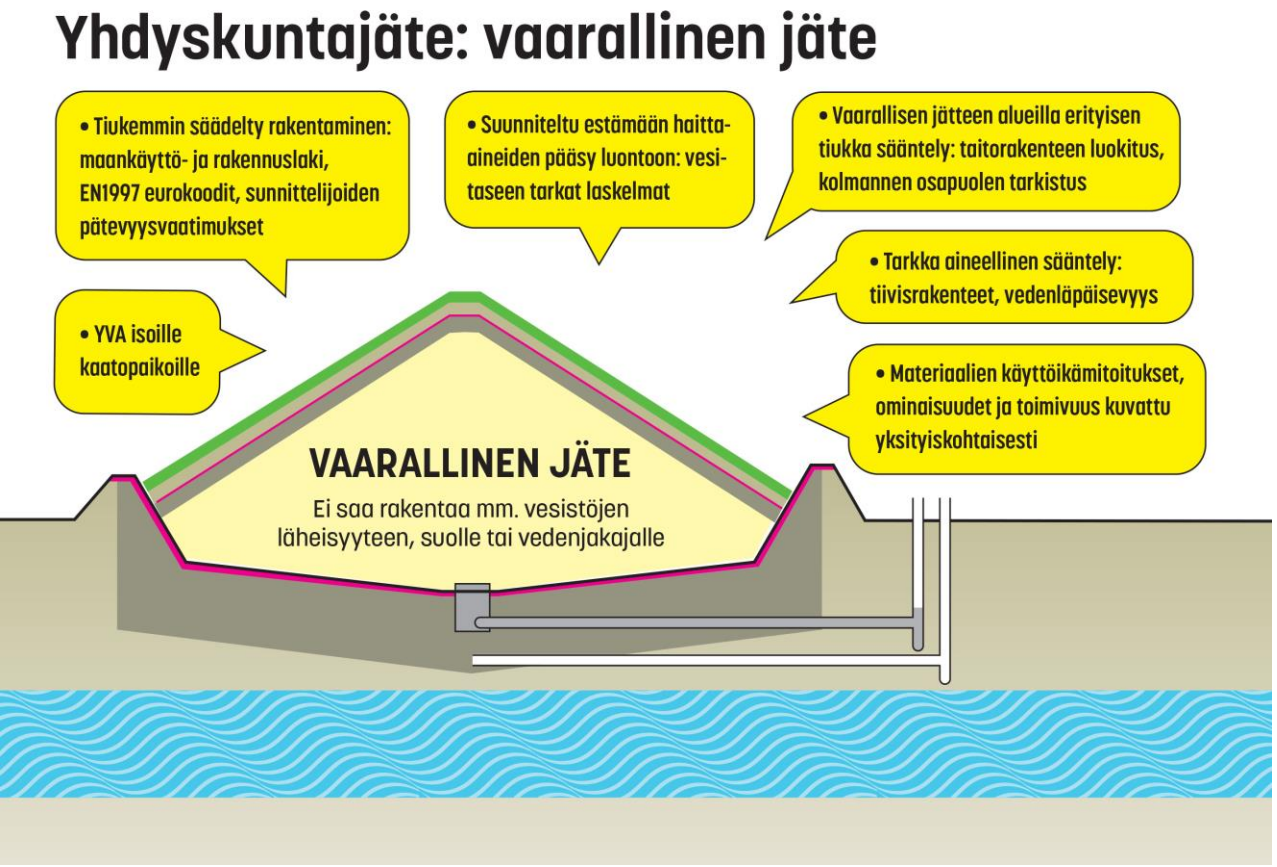
Kaivannaisjätteiden pitkäaikainen vaarallisuus huomioidaan BATeissa

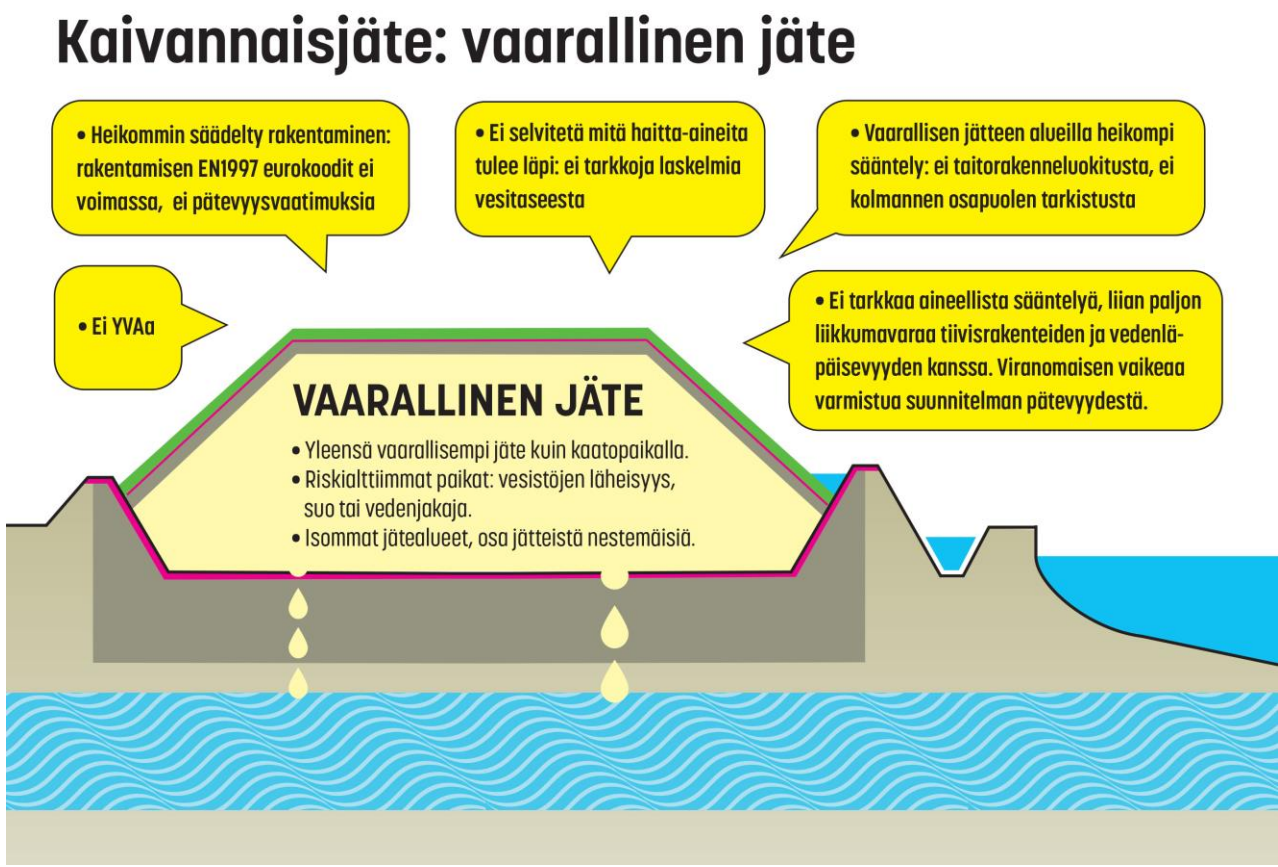
- BAT 5 “Ympäristöön, ihmisten terveyteen sekä turvallisuuteen liittyvät **riskit ja vaikutukset tunnistetaan, analysoidaan ja arvioidaan niiden koko elinkaaren ajalta**”

- BAT 11 “pitkän aikavälin suunnitelma tarkoittaa suurilla kaivannaisjätteen sijoitusalueilla **jopa 1 000 vuotta tai pidempää ajanjaksoa**”

Mutta Suomessa ei mitoituksia käyttöiälle ole tehty…

Kaatopaikka(hajoava biojäte) vs Vaarallinen kaivannaisjäte





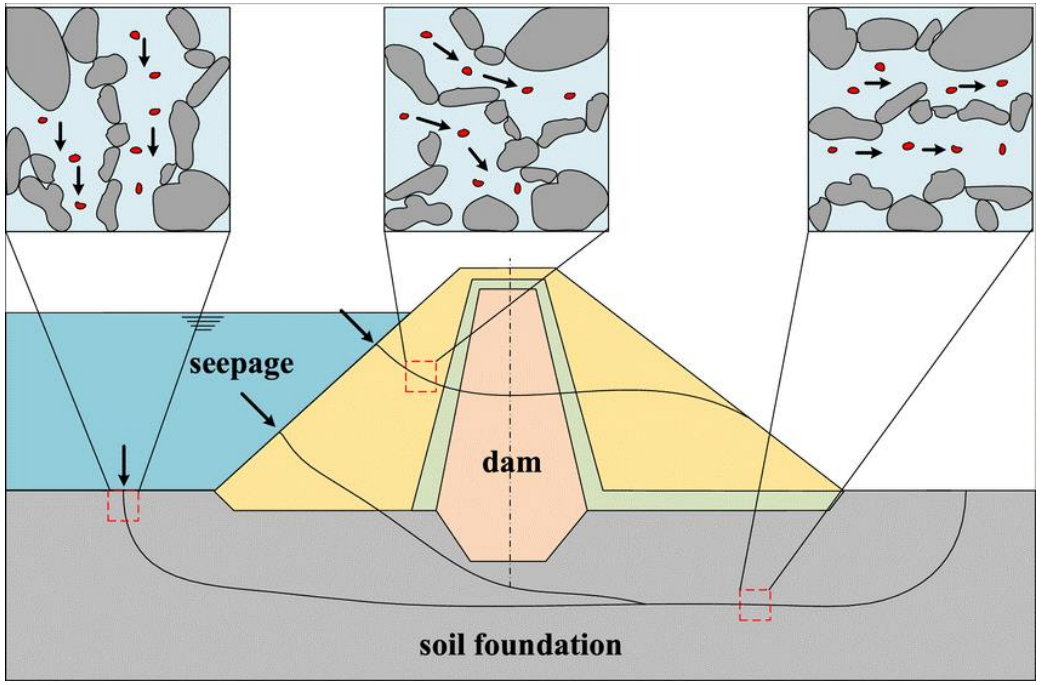
Mechanism

Soil is porous, so it is not watertight

Flow occurs through the subsoil and through the dam

The seepage of water liters/ha/year depends on the height of **the water head** (gradient) and the permeability of the ground

The natural variation in the characteristics of the soil concentrates the flow at points that are more permeable -> **erosion**



(Xiong et al 2021)

Traditional Linings

Built Mineral Liner
(Natural subgrade pond)

Seepage from whole area.
Hydraulic gradient and
water permeability.

Composite Liner System

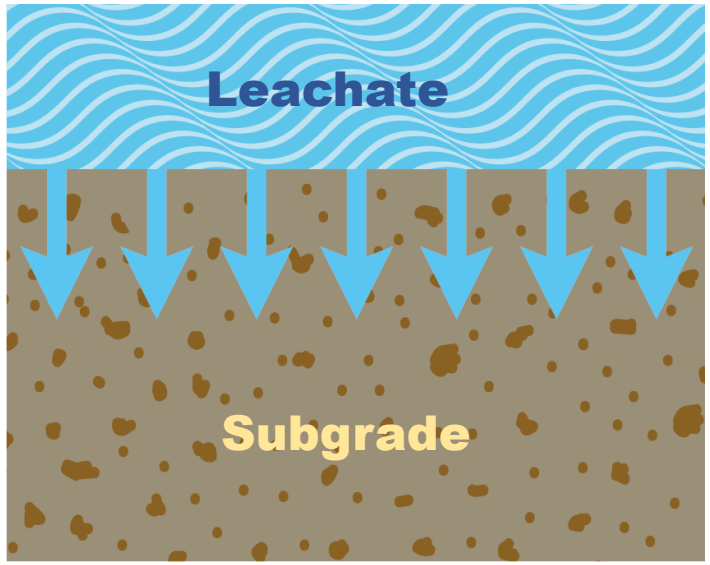
Drainage / Pressure Relief layer
Membrane protection layer
Artificial Layer (membrane)
Built mineral liner

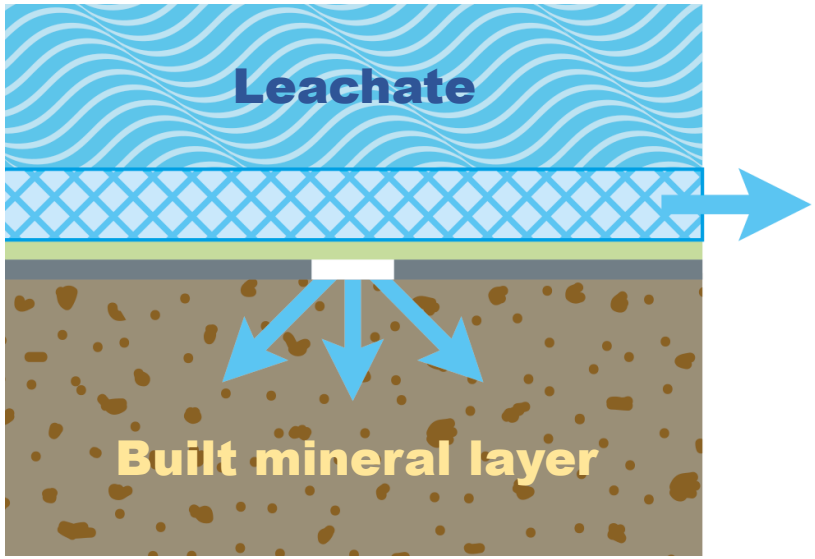
“Intimate contact” necessary!
Very efficient, almost 100%

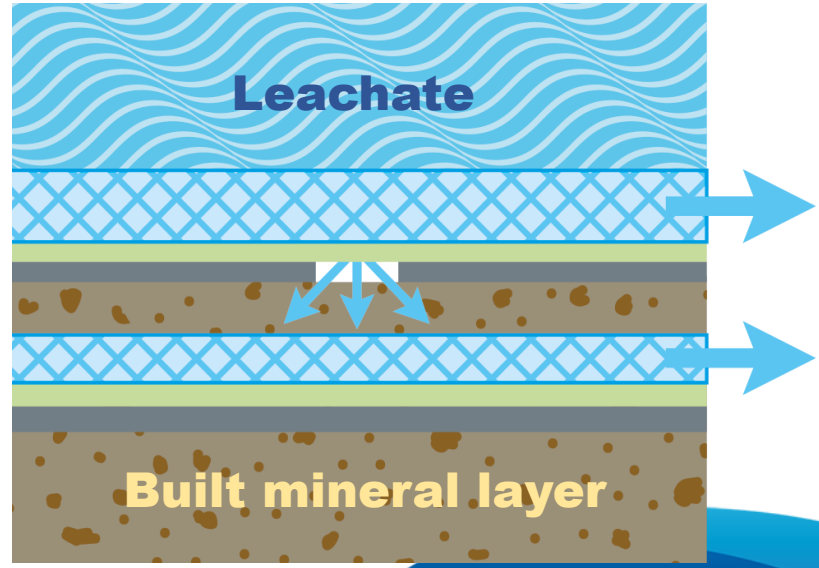
Double Composite Liner System

Drainage / Pressure Relief layer
Membrane protection layer
Primary membrane
Built mineral layer
Pressure relief / leak detection layer

Membrane protection layer
Secondary membrane
Primary built mineral layer







Composite Liner System

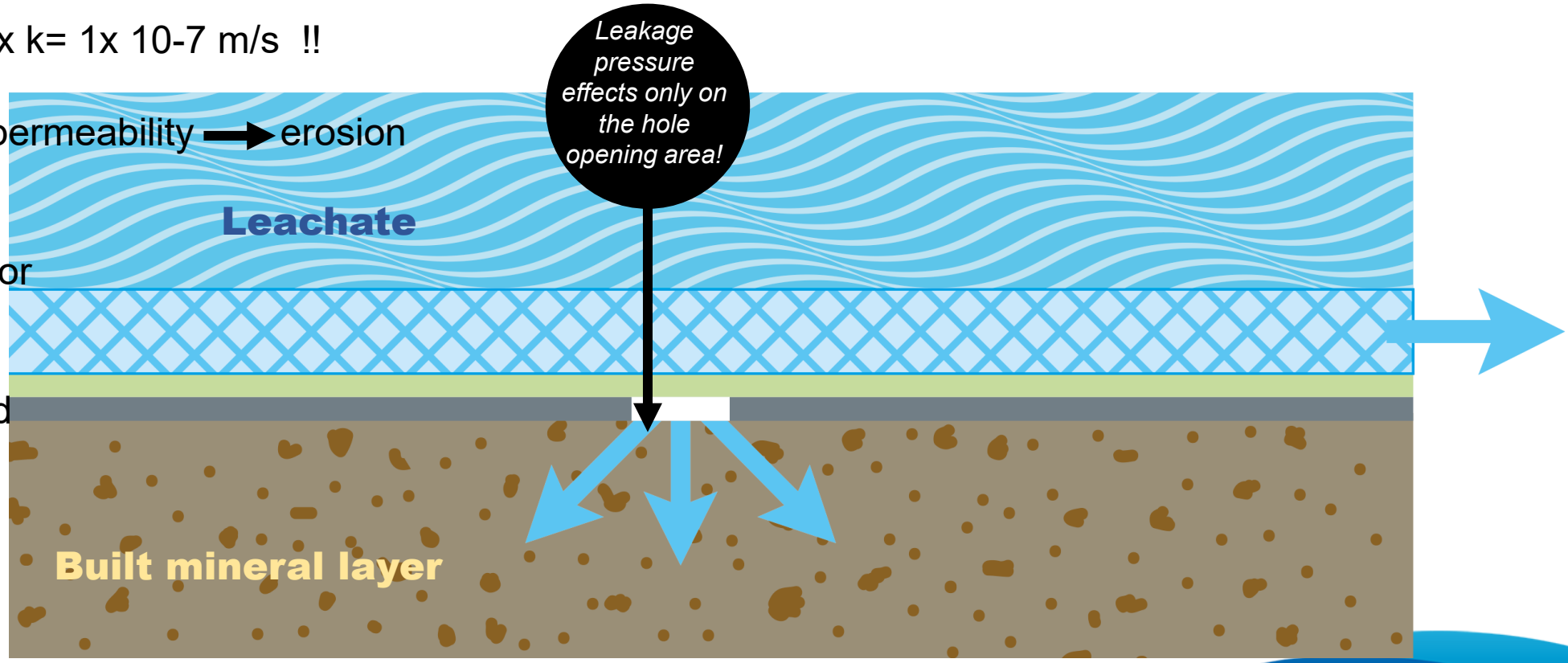
BAT 35 requirement: k max k= 1x 10-9 m/s,
absolute limit !!!

Mines in Finland: k max k= 1x 10-7 m/s !!

Min 100 times too big permeability → erosion
leaks and piping

Cushion layer missing or
is too light/poor

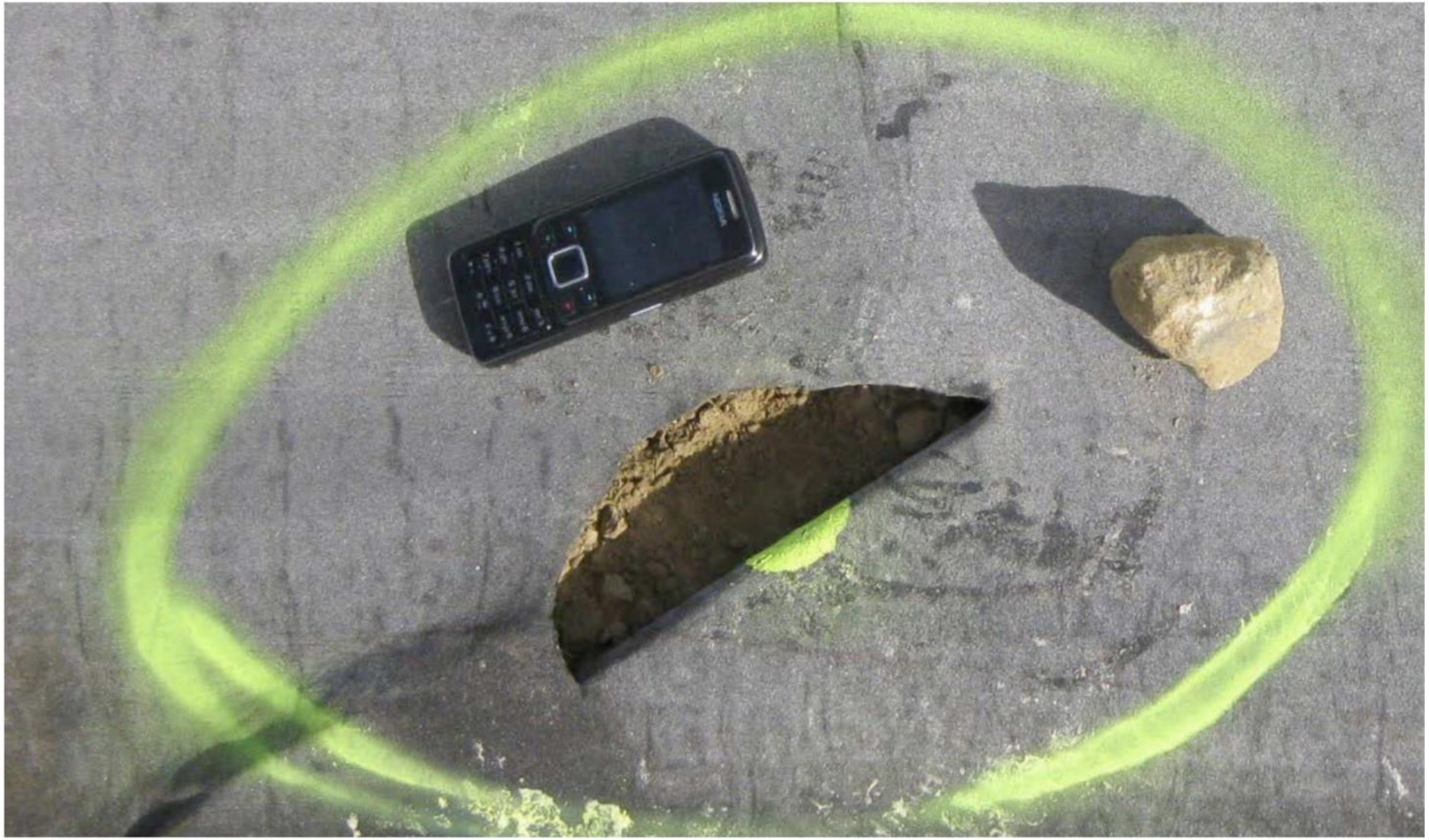
Massive hydraulic head
up to 15 m acts 24/7







KUVA 24. Geomembraanien välinen sauma kokonaan auki (Nousiainen. 2010)



KUVA 29. Geomembraanin alle jäänyt terävä kivi (Nousiainen. 2010)

Suomessa tällä hetkellä halvimmat mahdolliset ratkaisut



(Tailings Dam Safety, Annika Bjelkevik, 2024. FinnMin Tailings Facility Seminar)

- **Kittilä CIL3-allas:** toteavat, että tiivis peittorakenne voidaan kyllä rakentaa ”mutta sen hinta on liian kallis” → ehdottavat halpaa ja vuotavaa moreenikerrosta.

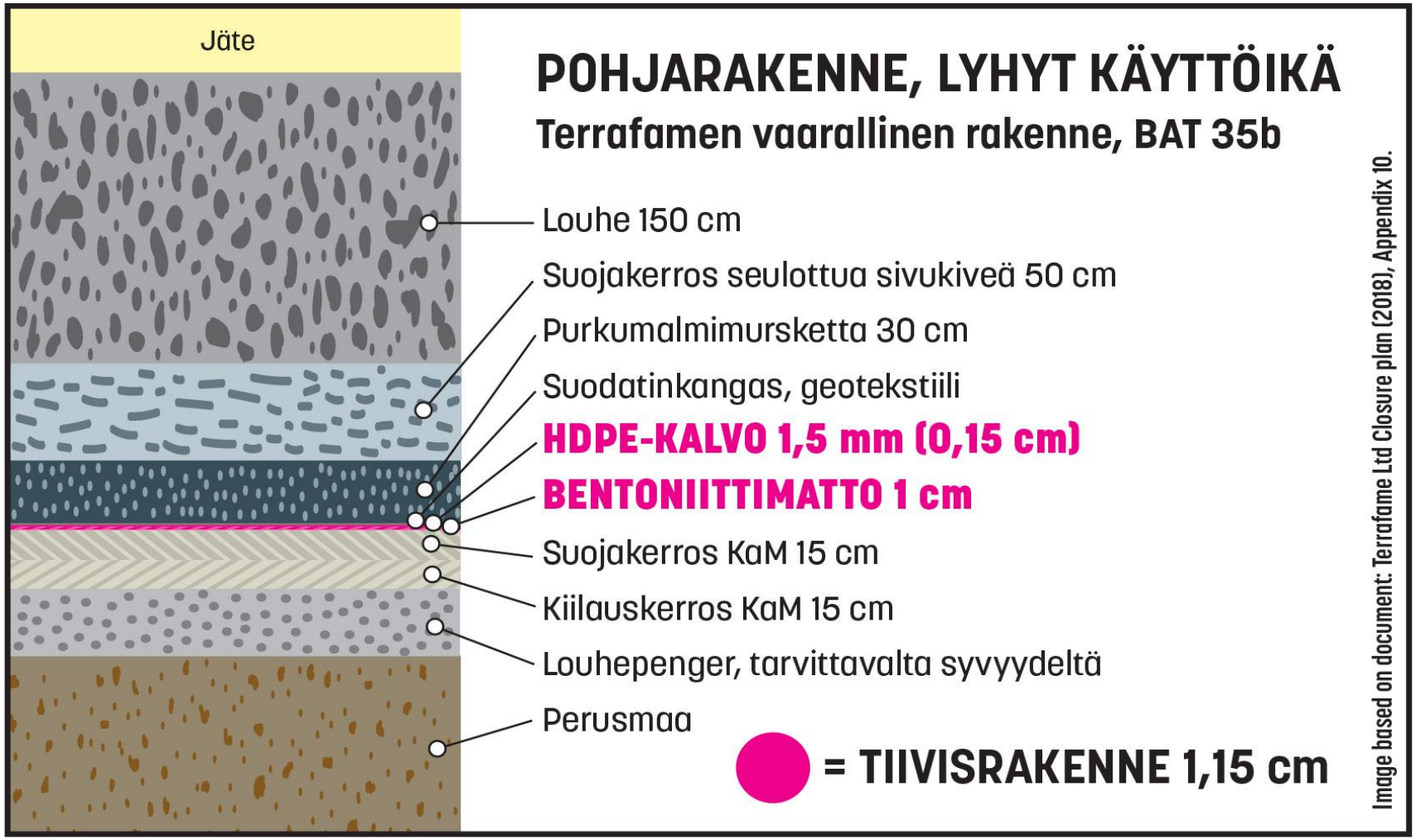
Erittäin korkean suorituskyvyn peittorakenne	
Pintamaa Suojakerros – lajittumaton moreeni Kuivatuskerros – WR Erittelykerros – moreeni GT Tiiviskerros - BGM Pohjakerros – GG	
Hyödyt	*Haitat*
Pienempi kuormitus Seurujokeen	Kallis hinta, tarvitaan suuri määrä luonnon- ja muita materiaaleja

Kaatopaikkamateriaalit vs kaivosmateriaalit

Kaatopaikka	Kaivos
Paksu mineraalinen kerros (BES)	Turve, GCL
HDPE (esimBAM)	Musta HDPE, BGM
Mitoitettu suojakerros	Huopa

Kattohuopa, turve, GCL (bentoniittimatto) ei hyväksytä kaatopaikkojen(hajoava biojäte) tiivisrakenteeksi. Kelpaavat kuitenkin vaarallisen jätteen kaivosalueille!

Esimerkkinä Terrafame kaivos vaarallinen pohjarakenne: Pohjan k-arvo Miljoona kertaa liian läpäisevä (vrt MWEI BREF- vaatimus pohjalle)



Esimerkkinä vaarallinen pohjarakenne: po k 10-9m/s, on k 10-3 m/s



Kuva 3. KL1 laajennusalue. Kuvasuunta pohjoiseen.

Suomessa tällä hetkellä halvimmat mahdolliset ratkaisut

- Esim. Kevitsa, Suhanko suunnitteluvaiheessa

Table 1. Comparison of Embankment Types

Embankment Type	Mill Tailings Requirements	Discharge Requirements	Water-Storage Suitability	Seismic Resistance	Raising Rate Restrictions	Embankment Fill Requirements	Relative Embankment Cost	Use of Low Permeability Cores
Water retention	Suitable for any type of tailings	Any discharge procedure suitable	Good	Good	Entire embankment constructed initially	Natural soil borrow	High	Possible
Upstream	At least 60% sand in whole tailings. Low pulp density for grain-size segregation.	Peripheral discharge, well-controlled beach necessary	Not suitable for significant water storage	Poor in high seismic areas	Less than 15-30 ft/yr most desirable. Over 50 ft/yr can be hazardous	Native soil, sand tailings, waste rock	Low	Not possible
Downstream	Suitable for any type of tailings	Varies according to design detail	Good	Good	None	Sand tailings, waste rock, native soils	High	Possible (inclined cone)
Centerline	Sands or low-plasticity slimes	Peripheral discharge of at least nominal beach necessary	Not recommended for permanent storage. Temporary flood storage can be designed.	Acceptable	Height restrictions for individuals raises may apply	Sand tailings, waste rock, native soil	Moderate	Possible (Central cone)

(Source: Vick 1990)

(US EPA: Design and evaluation of tailings dams)

Kuka maksaa, yritys nyt vai yhteiskunta myöhemmin? Pystyykö ennallistamaan?

- Historiallisesti katsoen teollisuus on yleensä vastustanut tarpeellisia muutoksia, kun niihin täytyy investoida. Vrt. metsäteollisuus.

- Jos jätealueet tehdään heikosti nyt, yhteiskunta joutuu maksamaan jätteiden hoidosta myöhemmin. Tarkkaa ohjeistusta ja aineellista sääntelyä tarvitaan!

Suomi johtamaan kestävän kaivosteollisuuden kehittymistä

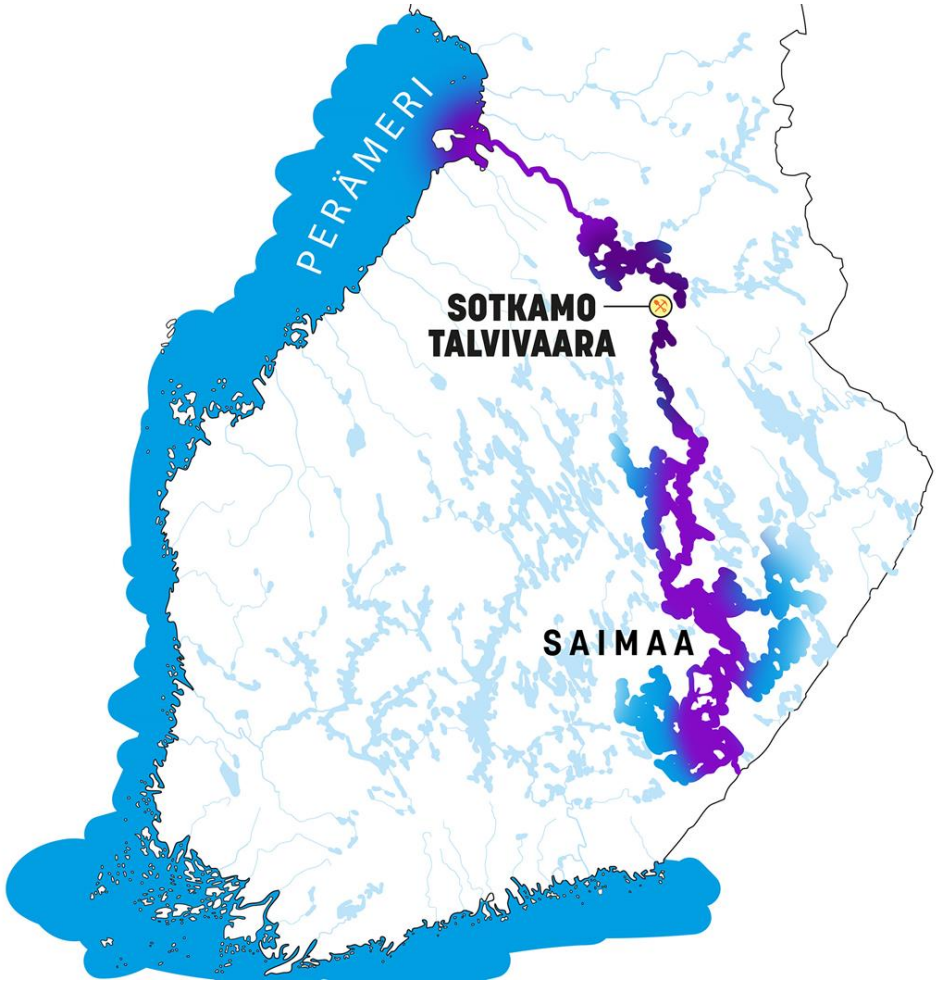
- Vettä poikkeuksellisen paljon ja “kaikkialla” verrattuna muihin kaivosmaihin. Pohjoiset vesistöt erityisen hauraita haitta-aineille.

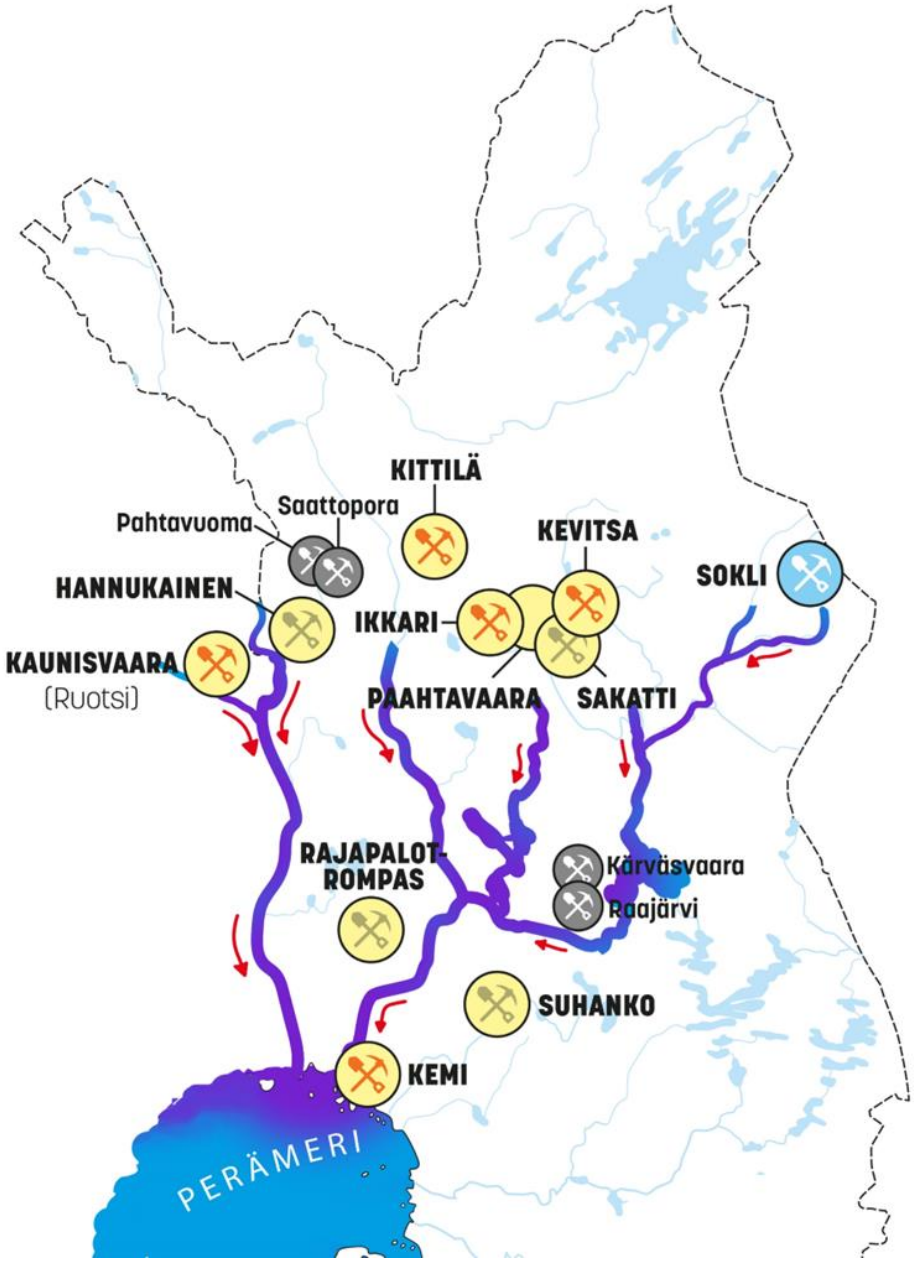
- Tulee ottaa huomioon puhtaiden vesien tulevaisuuden taloudellinen arvo, vaikutus maabrändiin mm. matkailuun, ja terveyteen.

On kaikkien etu, että tarkat vaatimukset ovat etukäteen tiedossa - näin myös stimuloidaan innovaatioita.

Mitä käy, kun rakenteet pettävät?

Huomioitava myös kumulatiivinen vaikutus useasta hankkeesta





1. Kaivannaisjätteen pitkäikäisyyden ja vaarallisuuden vakavasti ottaminen – pilaantumisen kielto.

Kiitos!