

# KYT-2010 tutkimusohjelman loppuseminaari

## Bentoniitin tutkimus osana ydinjätehuollon tutkimusta

Rainer Laaksonen STUK

## Esityksen sisältö

- Säännöstäustaa
- Vapautumisesteet
- Turvallisuustoiminnot
- Toimintakykytavoitteet
- Puskurin materiaali
- Bentoniitin tutkimus KYT –tutkimusohjelmassa

## Säännöstaustaa

YEL 11.12.1987/990 7 b §: Syvyysuuntainen turvallisuusperiaate

Ydinlaitoksen turvallisuus on varmistettava peräkkäisillä ja toisistaan riippumattomilla suojauksilla (syvyysuuntainen turvallisuusperiaate). Tämä periaate on ulotettava laitoksen toiminnalliseen ja rakenteelliseen turvallisuuteen.

VNA Ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta, 736/2008 11§: Moniesteperiaate

Loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden on perustuttava toisiaan täydentävien vapautumisesteiden aikaansaamiin turvallisuustoimintoihin siten, että yksittäisen toiminnon vajavuus tai ennustettavissa oleva geologinen muutos ei vaaranna pitkäaikaisturvallisuutta. Turvallisuustoimintojen on estettävä tehokkaasti loppusijoitettujen radioaktiivisten aineiden vapautumista kallioperään ajanjaksona, jonka pituus riippuu jätteen radioaktiivisuuden kestosta. Lyhytikäisillä jätteillä tämän ajanjakson on oltava vähintään usean sadan vuoden mittainen ja pitkäikäisillä jätteillä vähintään usean tuhannen vuoden mittainen.

## Säännöstötaustaa

YVL D.5 –luonnos 4 (22.9.2010), Ydinjätteiden loppusijoitus, kohta 405.

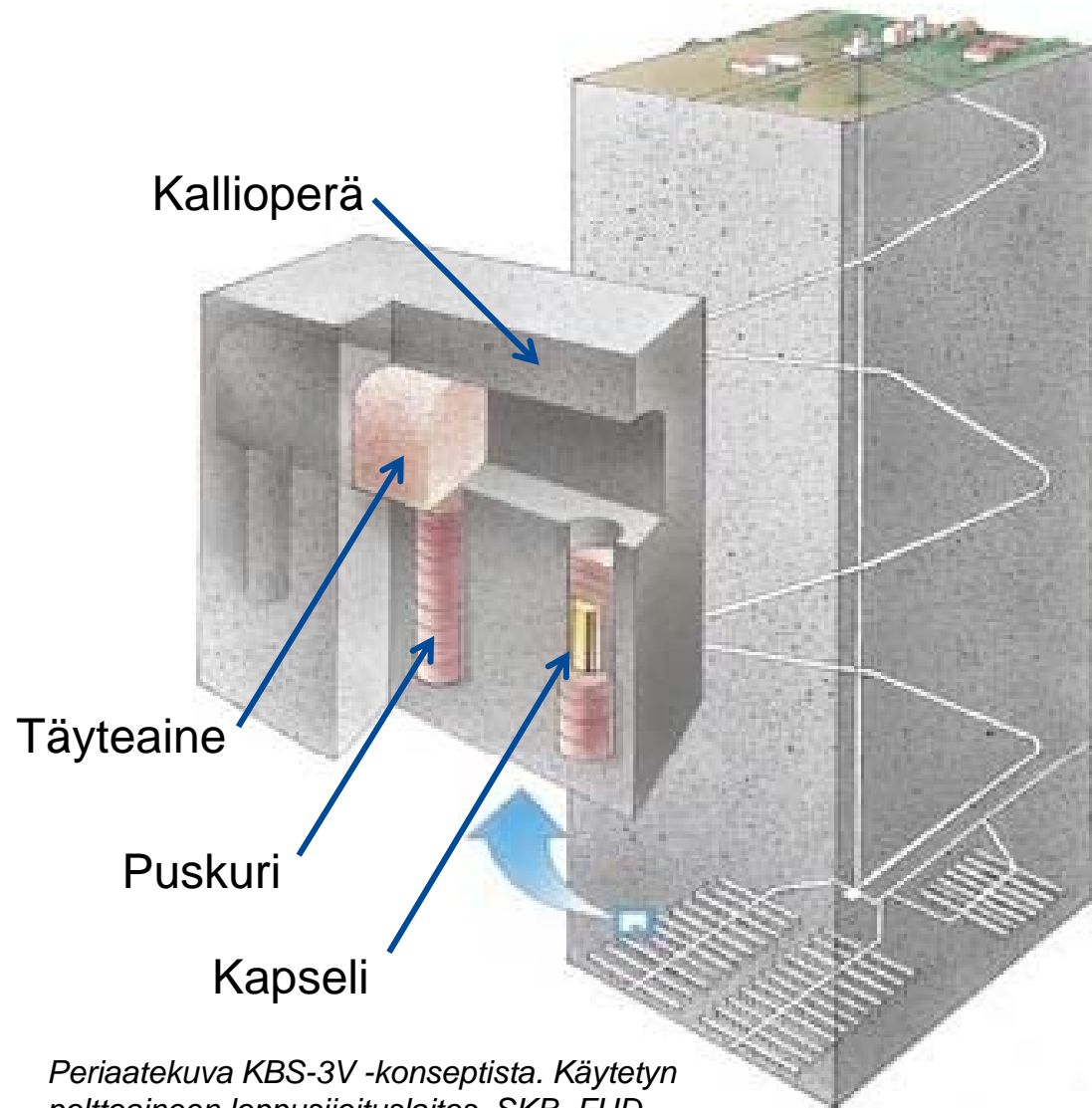
Teknisiä vapautumisesteitä ja niiden turvallisuustoimintoja voivat olla

- jätematriisi, joka sitoo radioaktiivisia aineita
- tiivis, korroosiota ja mekaanista rasitusta kestävä astia, johon jätteet suljetaan
- radioaktiivisten aineiden liukenemista ja kulkeutumista rajoittavat kemialliset olosuhteet jätepakkausten ympäristössä
- jätepakkauksia ympäröivä eristävä ja vähäisiä kallioliikuntoja myötäävä väliaine (puskurimateriaali)
- muut loppusijoitustilassa olevat eristysrakenteet
- täyteaineet ja sulkurakenteet, jotka rajoittavat radioaktiivisten aineiden kulkeutumista louhittujen tilojen kautta.

## Vapautumisesteet

Toisiaan täydentävät vapautumisesteet muodostuvat KBS-3V konseptissa

- kallioperästä,
- loppusijoitustunnelin täyteaineista,
- puskurista ja
- kapselista.



*Periaatekuva KBS-3V -konseptista. Käytetyn polttoaineen loppusijoituslaitos. SKB. FUD 2007, TR-07-12*

## Turvallisuustoiminnot

Puskurille asetetut turvallisuustoiminnot ovat (Posiva, TKS-2009):

- Kapselin suojaus mekaanisilta ja kemiallisilta kuormituksilta
  - esim. kalliosiiirros ja pohjaveden kemialliset aineet
- Rajoittaa ja hidastaa radionuklidien kulkeutumista kapselin vaurioituessa
  - määrääviä tekijöitä ovat nuklidien liukoisuus ja sorptio väliaineeseen, puskuriin

Kulkeutumista voi siis tapahtua molempiin suuntiin puskurin läpi.

## Toimintakykytavoitteet, säännöstausta

YVL D.5 –luonnos, kohta A03.

Turvallisuusperustelussa on määriteltävä vapautumisesteet ja turvallisuustoiminnot ja asetettava niille toimintakykytavoitteet. Niitä asetettaessa on otettava huomioon ajalliset ja satunnaiset muutokset, jotka aiheutuvat mm. geologisista ja ilmastollisista prosesseista.

YVL D.5 –luonnos, kohta 407.

Kullekin turvallisuuustoiminnolle on asetettava korkeatasoiseen tutkimustietoon ja asiantuntijaharkintaan perustuvat toimintakykytavoitteet. Näin tehtäessä on otettava huomioon eri tarkasteluajanjaksoina mahdollisesti esiintyvät, loppusijoitusolosuhteisiin vaikuttavat muutokset ja tapahtumat. Useaan tuhanteen vuoteen asti ulottuvana tarkasteluajanjaksona voidaan sijoituspaikan kallioperän ominaisuuksien olettaa säilyvän nykyisenkaltaisina, paitsi että ennustettavissa olevista prosesseista, kuten maankohoamisesta sekä louhinnoista ja loppusijoitetusta jätteestä aiheutuvat muutokset otetaan huomioon.

## Toimintakykytavoitteet

Puskurille turvallisuustoiminnoista lähtevät toimintakykytavoitteet ovat mm. (Posiva, TKS-2009):

- Alhainen hydraulinen johtavuus
  - vähäinen advektiivisen kulkeutuminen, diffuusion tulee olla merkittävin kulkeutumismekanismi
- Riittävä paisuntapaine
  - itsetiivistymiskyky ja merkittävän mikrobitoiminnan estäminen
- Riittävän pieni huokosrakenne
  - kolloidien mukana tapahtuvan radionuklidien kulkeutumisen estäminen
- Riittävä plastisuus
  - kapseliin kohdistuvien mekaanisten kuormien rajoittaminen

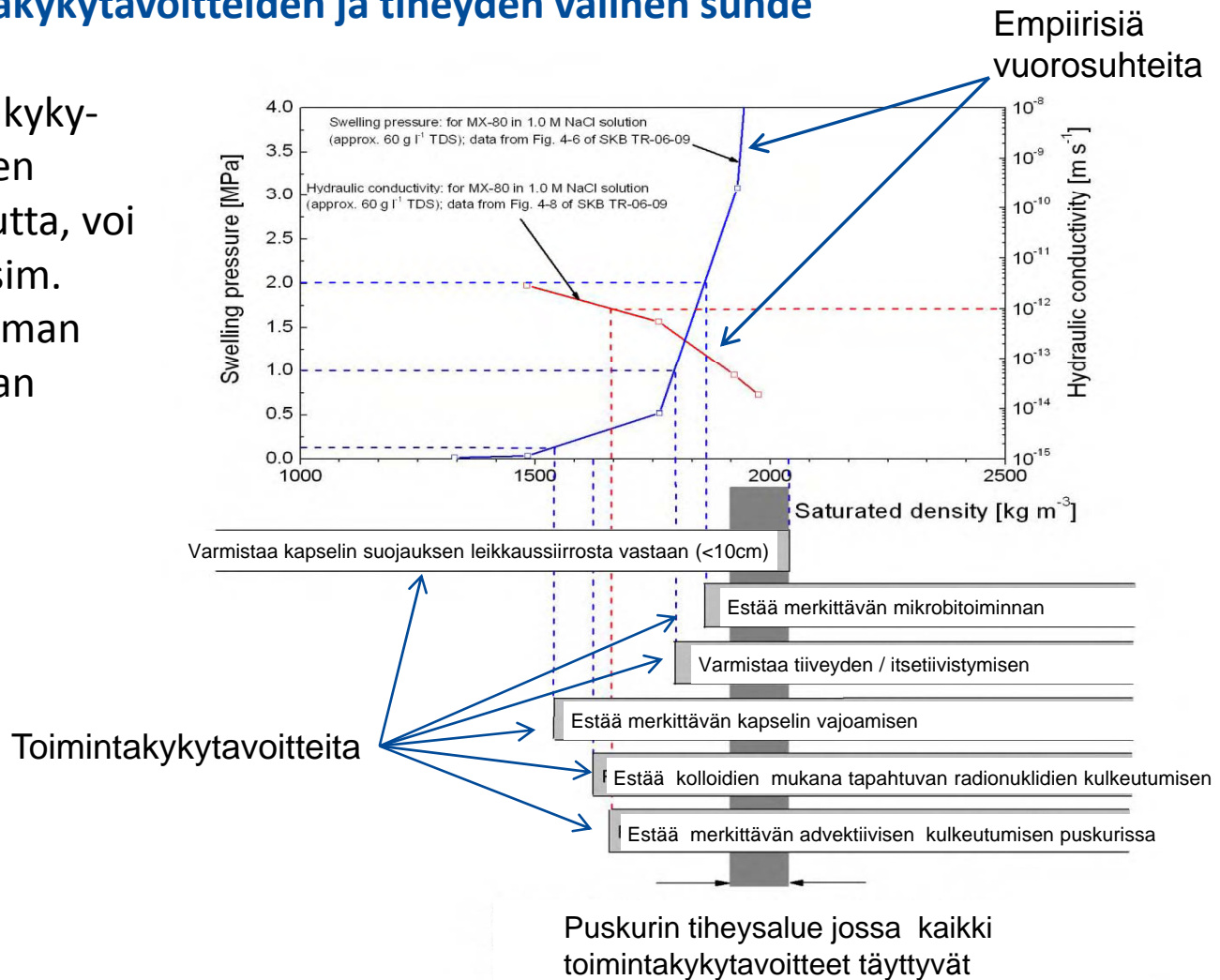
Puskuriin ja täyteaineisiin kohdistuu vaatimuksia myös toteutettavuuden kautta.

Useimmat toimintakykytavoitteet on sidottu materiaalin tiheyteen, eli tiheyden muutos vaikuttaa toimintakykyyn.



## Puskurin toimintakykytavoitteiden ja tiheyden välinen suhde

Puskurin toimintakykytavoitteita ja niiden tiheyssidonnaisuutta, voi havainnollistaa esim. Posivan suunnitelman (TKS-2009) mukaan yhdellä kuvalla:



Posiva. TKS-2009, kuva 6-8.

## Puskurin materiaali - bentoniitti

KBS-3-konseptin puskurin materiaaliksi on kehitystyön aikana valikoitunut bentoniitti. Posiva ja SKB arvioivat bentoniitista valmistettavan puskurin täyttävän asetetut toimintakykytavoitteet. Toimintakykytavoitteiden osalta kehitystyö on edelleen jatkuva iteratiivinen prosessi.

Bentoniittia on tarkoitus käyttää myös täyteaineena tai sen osana.

Loppusijoituskonseptin kehitystyötä on tehty jo vuosikymmeniä ja työ jatkuu. Nykyisen kaltaisia toimintakykytavoitteita on esitetty jo 1970-luvun lopulla.

Bentoniitin osalta tutkimustyön määrä on lisääntynyt viimeisten vuosien aikana. Bentoniitin tutkimus on noussut merkittävään asemaan myös KYT -ohjelmissa.

Tutkimustyö kohdentuu sekä bentoniittiin materiaalina että siitä valmistettuun puskuriin ja täytteeseen.

## Bentoniitin tutkimus osana ydinjätehuollon tutkimusta (1/2)

KBS-3 –konseptin vapautumisesteiden turvallisuustoimintoihin ja toimintakykytavoitteisiin liittyy puskurin, täyteaineiden ja itse bentoniitin osalta vielä useita tiedon tarpeita ja pysyvyyden osoittamistehtäviä.

Viranomaisen tiedostamia bentoniittiin ja -puskuriin liittyviä lisätiedon tarpeita ovat esimerkiksi:

- Eroosio (alkutilan mekaaninen ja kemiallinen jäätiköiden sulaessa)
- Prosessit loppusijoitusreiässä alkutilasta tavoitetilaan (THMC) ja eteenpäin
- Stabiilisuus (mineraloginen pysyvyys, kemialliset (mm. suolapitoisuuden muutos, rauta, vierasaineet, esim. sementti) ja termiset rasitukset)
- Jäätymis-sulamiskestävyys (puskurin ja täyteaineen jäätymisen vaikutus)
- Bentoniitin vaihdettavuus
- -

Tutkimusta näiden aiheiden osalta tehdään Posivan ja SKB:n toimesta. KYT – hankkeissa on tehty ja tehdään näihin teemoihin liittyvää täydentävää soveltavaa ja perustutkimusta sekä mallinnus- ja koemenetelmien kehitystä.

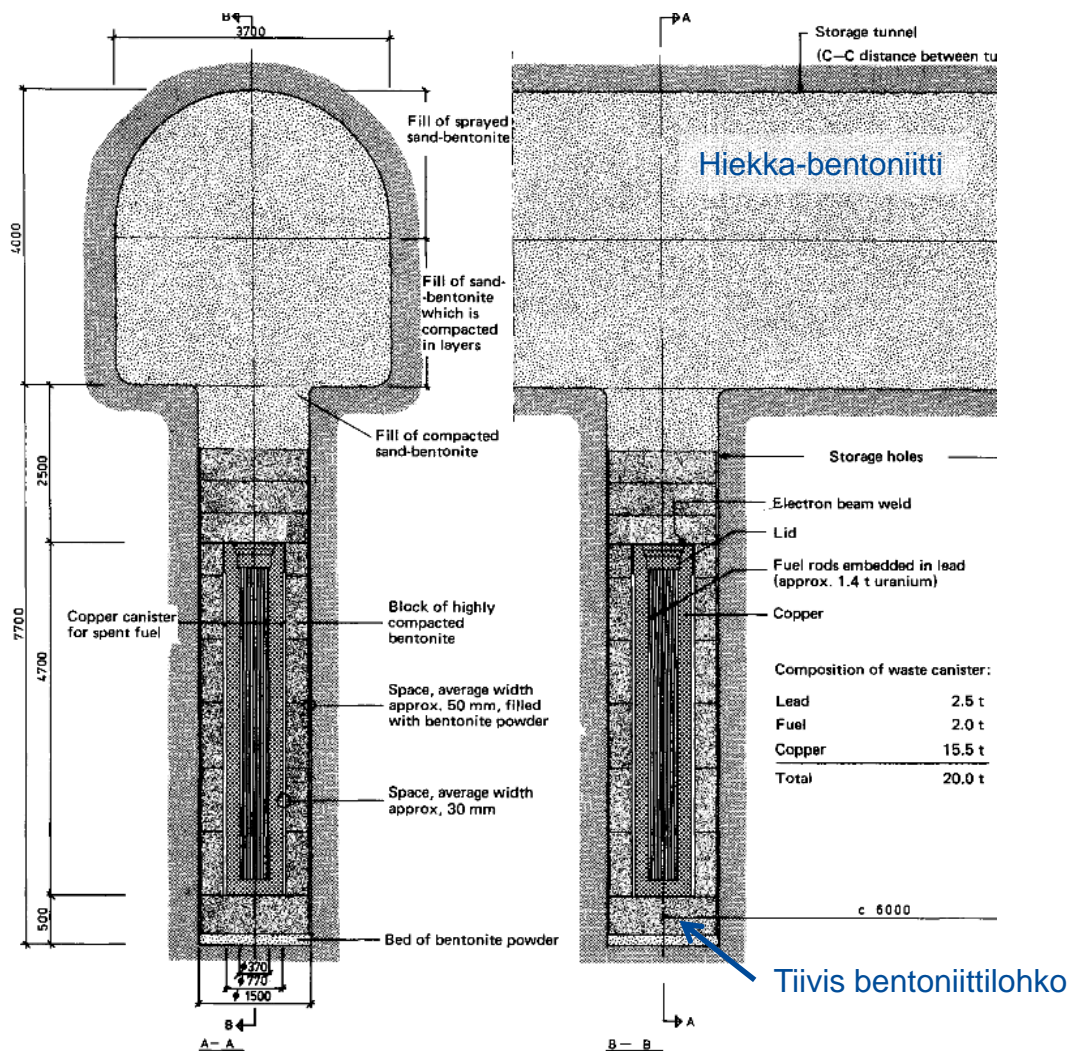
## Bentoniitin tutkimus osana ydinjätehuollon tutkimusta (2/2)

Viranomaisella on jatkuva tarve hyödyntää riippumatonta, täydentävää rinnakkaistutkimusta ja eräiden ilmiöiden osalta myös perustutkimusta nyt tiedostetuista ja mahdollisista uusista aiheista.

KYT –ohjelma tarjoaa yhden keinon saada uutta, täydentävää ja osin riippumatonta tietoa loppusijoitukseen liittyvistä turvallisuusmerkityksellisistä asioista. Viranomaisten kannalta on myös hyödyllistä, että hankkeiden kautta saadaan koulutettua Suomeen lisää aihepiirin osaajia.

Viranomaishyöty riippuu myös viranomaisen omasta panostuksesta hankevalmisteluun, seurantaan ja ohjaukseen tutkimushankkeiden osalta.

## Bentoniitin tutkimuksen aikajänne loppusijoituksen yhteydessä



Loppusijoituskonseptin ja sen komponenttien kehitys on pitkäjänteistä toimintaa.

Oheinen kuva SKB:n KBS-2 –konseptin kuvauksesta on vuodelta 1978.

Tarkentuva ymmärrys bentoniittipuskurin toimintakykyyn liittyvistä asioista aiheuttaa tutkimus-tarpeita, myös tuleviin KYT-tutkimusohjelmiin.

SKB, KBS-2 Technical