

Aino Nummelin

KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN
LOPPUSIJOITUSPROSESSIIN OSALLISTUVIEN
JÄRJESTELMIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
2019

KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUSPROSESSIIN OSALLISTUVIEN JÄRJESTELMIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Nummelin, Aino
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2019
Ohjaaja: Olenius, Meri
Sivumäärä: 64
Liitteitä: 2

Asiasanat: loppusijoitus, ydinpolttoaine, ympäristövaikutukset, pitkäaikaisturvallisuus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää loppusijoitusprosessiin osallistuvien järjestelmien ympäristövaikutukset, sekä tehdä Posiva Oy:n laitesuunnitteluun ja -kehitykseen suositukset ympäristöystävällisistä valinnoista järjestelmien tuotannossa.

Työssä käsitellään järjestelmien ympäristövaikutuksia Olkiluodossa sijaitsevaan loppusijoituslaitokseen. Työssä on huomioitu järjestelmien vaikutukset luontoon ja luonnonvarojen hyödyntämiseen, vaikutukset maankäyttöön, kulttuuriperintöön, maisemaan, rakennuksiin ja kaupunkikuvaan, vaikutukset ihmisten terveyteen sekä sosiaaliset vaikutukset. Työtä tehdessä on tarkasteltu ympäristöolosuhteita Olkiluodon saarella ja maanalaisessa loppusijoituslaitoksessa.

Työn johtopäätöksenä laitteiden normaalikäytöstä ei aiheudu merkittäviä ympäristövaikutuksia loppusijoituslaitokseen eikä loppusijoituslaitoksen kautta muualle ympäristöön. Suurimpana ympäristövaikutuksena voidaan pitää mahdollisen hydrauliiikkaöljyvuodon seurauksia.

Järjestelmillä on positiivista vaikutusta kulttuuriperintöön. Posiva, ja näin myös Suomi, ovat edelläkävijöitä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisessa. Järjestelmät ovat prototyyppejä, joiden suunnittelu ja kehittäminen on erinomainen näyte suomalaisesta osaamisesta.

Työssä on tehty ehdotus uudelle turvallisuusluokiteltujen tarveaineiden hyväksyttämisyjärjestelmälle Posivan tarpeita huomioiden. Tarveaineiden hyväksyttämisen aikana kävi ilmi, että REACH -asetus vapauttaa akkujen valmistajat käyttöturvallisuustiedotteen laatimisesta akuille. Tästä syystä akkujen kemikaaleja ei ole tarvinnut erikseen hyväksyttää loppusijoituslaitokseen. Kuitenkin tämä olisi välttämätöntä tulevaisuudessa, jos maan alle aiotaan viedä enemmänkin akkukäyttöisiä laitteita.

ENVIRONMENTAL IMPACTS RESULTING FROM SPENT NUCLEAR FUEL FINAL DISPOSAL SYSTEMS

Nummelin, Aino

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Energy and Environmental Engineering

December 2019

Supervisor: Olenius, Meri

Number of pages: 64

Appendices: 2

Keywords: disposal, nuclear fuel, environmental impacts, long-term safety

The purpose of this thesis was to look into environmental impacts of systems participating in the final disposal of spent nuclear fuel and to make recommendations for environmentally friendly options in the production of the systems for equipment engineering and development at Posiva Oy (later Posiva).

The thesis deals with the systems' environmental impacts on disposal repository in Olkiluoto. Attention has also been paid to system impacts on nature, impacts on land use, cultural heritage, landscape, buildings, cityscape, impacts on human health and social influence. While writing the thesis, ambient conditions of Olkiluoto Island and underground disposal repository were taken into account.

As a conclusion of the thesis, normal equipment use does not cause significant environmental impacts on disposal repository or on the surrounding environment through the disposal repository. Possible hydraulic oil leak and its consequences can be considered the largest potential environmental impact.

The systems have a positive effect on cultural heritage. Posiva, and thus also Finland, are pioneers in the disposal of spent nuclear fuel. The systems are prototypes, whose designing and manufacturing are an excellent example of Finnish know-how.

The thesis includes a proposal for a new approval system for safety classified supplies, considering Posiva's needs. During the approval of safety classified supplies it turned out that REACH regulation frees battery manufacturers from drawing up safety data sheets for batteries. For this reason, battery chemicals have not needed a separate approval for disposal repository. However, this would be necessary in the future if more battery-driven devices were to be taken underground.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KEHITTÄMISKOHDE JA TAVOITTEET	8
3	POSIVA OY.....	9
4	KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUS	11
4.1	Kapselointilaitos	11
4.2	Loppusijoituslaitos.....	12
4.3	Loppusijoitusprosessi.....	14
4.3.1	KBS-3 -loppusijoitusratkaisu	14
4.3.2	Moniesteperiaate.....	15
4.3.3	Turvallinen loppusijoitus.....	16
5	LOPPUSIJOITUSPROSESSIIN OSALLISTUVIEN JÄRJESTELMIEN PROTOTYYPIT.....	18
5.1	Bentoniittipuskurin asennuslaitteen ja puskurilohkojen siirtolaitteen prototyypit	18
5.2	Kapselin siirto- ja asennuslaitteen prototyyppi.....	19
5.3	Bulkkimateriaalin asennuslaite	21
6	YMPÄRISTÖOLOSUHTEET	22
6.1	Ympäristöolosuhteet Olkiluodossa	22
6.1.1	Luonnon ympäristö.....	22
6.1.2	Rakennettu ympäristö.....	23
6.2	Ympäristöolosuhteet loppusijoituslaitoksessa	25
7	JÄRJESTELMIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	30
7.1	Vaikutukset luontoon	30
7.1.1	Vaikutukset ilmaan ja ilmastoon	30
7.1.2	Vaikutukset lähialueen vesiin ja vesistöihin sekä veden kulutus	31
7.1.3	Jätehuolto	32
7.1.4	Öljyvuotojen raja-arvot	32
7.1.5	Säteilyn vaikutukset loppusijoituslaitokseen.....	32
7.2	Vaikutukset maankäyttöön, kulttuuriperintöön, maisemaan ja rakennuksiin 33	
7.3	Vaikutukset ihmisten terveyteen.....	35
7.4	Sosiaaliset vaikutukset.....	36
8	TURVALLISUUSLUOKITELLUT TARVEAINEET (TLTA).....	37
8.1	TLTA-järjestelmä	37
8.2	Tarveaineiden luokittelu ja hyväksyminen	38
8.3	Pitkäaikaisturvallisuustasot.....	40

8.4	Materiaalitekhninen lupanumero	41
9	JÄRJESTELMIEN HYVÄKSYTTÄMINEN LOPPUSIJOITUSTILOIHIN.....	43
9.1	Case: loppusijoitusreiän pohjan tasauslaitteen hiomapää	43
9.2	Case: Polaris Ranger EV T2a	46
9.2.1	Mönkijän testiajot ja litiumioniakkujen toimintakyky	47
9.2.2	Sähkömönkijän hyväksyttäminen loppusijoitustiloihin	49
10	SUOSITUKSET YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISISTÄ VALINNOISTA	51
10.1	Säädökset ja määräykset	51
10.2	Laitteiden yhdenmukaisuus	51
10.3	Hydrauliikkaöljyt	51
10.4	Laitteiden automatisointi ja sähköistäminen.....	53
10.5	Ympäristövaikutusten minimointi käyttöaikana	54
11	JOHTOPÄÄTÖKSET	56
11.1	Järjestelmien ympäristövaikutusten laajuus.....	56
11.2	Sähkökäyttöisten laitteiden ja ajoneuvojen akut.....	56
11.3	Parannusehdotukset TLTA-järjestelmään.....	57
	LÄHTEET	60
	LIITTEET	

LYHENNE- JA TERMILISTA

KBS	Kärnbränslesäkerhet (viittaa loppusijoitusmenetelmään)
SKB	Svensk Kärnbränslehantering AB
BIM	Buffer installation machine
BTD	Bentonite transfer device
CIM	Canister installation machine
BMA	Bulkkimateriaalin asennuslaite
TLTA	Turvallisuusluokitellut tarveaineet
STUK	Säteilyturvakeskus
YVL ohjeet	Säteilyturvakeskuksen laatimat ydinturvallisuusohjeet: A - Ydinlaitoksen turvallisuuden hallinta B - Ydinlaitoksen rakenteet ja laitteet C - Ydinlaitoksen ja ympäristön säteilyturvallisuus D - Ydinmateriaalit ja jätteet E - Ydinlaitoksen rakenteet ja laitteet

1 JOHDANTO

Ydinvoiman tuotannon sivutuotteena syntyy ydinjätettä, jota ei saisi päästää suoraan kosketukseen minkään elollisen kanssa (Vira, Väisänen, Saanio & Rui-Wamba 2018, 85). Vuonna 1994 voimassaolevaa ydinenergialakia täydennettiin niin, että Suomessa tapahtuneen ydinenergian käytön yhteydessä tai seurauksena syntyneet ydinjätteet on käsiteltävä, varastoitava ja sijoitettava pysyväksi tarkoitetulla tavalla Suomeen (Ydinenergialaki 990/1987, 2 luku 6 a § 1 mom.). Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimaloiden käytetty ydinpolttoaine on tarkoitus loppusijoittaa Eurajoen Olkiluotoon.

Eurajoen lisäksi yksityiskohtaisia paikkatutkimuksia tehtiin vuosina 1993-2000 Kuhmon Romuvaaraan, Äänekosken Kivettyyn sekä Loviisan Hästholmeniin (Vira, Väisänen, Saanio & Rui-Wamba 2018, 112). Paikkatutkimusten, turvallisuusanalyysien ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyiden perusteella kaikki vaihtoehdoista olisivat olleet toimivia. Olkiluotoon päädyttiin, koska suurin osa kuntalaisista kannattaa loppusijoituslaitoksen rakentamista, käytettävissä on suuri maa-alue ja saarella on valmiiksi suurin osa käytetystä ydinpolttoaineesta. (Posivan www-sivut 2019 A.)

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitusta tullaan toteuttamaan maanalaisessa loppusijoituslaitoksessa yli 400 metrin syvyydessä ja se on tarkoitus aloittaa 2020-luvun alkupuolella. Kaikki maanalaiseen loppusijoituslaitokseen kohdistuvat ympäristörisikit vaikuttavat epäsuotuisasti käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen pitkäaikais-turvallisuuteen. Tässä opinnäytetyössä keskitytään ydinpolttoaineen loppusijoituksessa käytettävien järjestelmien ja laitteiden ympäristövaikutuksiin ja siihen, miten niitä voisi vähentää ja ehkäistä.

2 KEHITTÄMISKOHDE JA TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää loppusijoitusprosessiin osallistuvien järjestelmien ympäristövaikutukset, sekä tehdä Posiva Oy:n laitesuunnitteluun ja -kehitykseen suositukset ympäristöystävällisistä valinnoista järjestelmien tuotannossa.

Työssä on huomioitu järjestelmien vaikutukset luontoon, vaikutukset maankäyttöön, kulttuuriperintöön, maisemaan, rakennuksiin ja kaupunkikuvaan, vaikutukset ihmisten terveyteen sekä sosiaaliset vaikutukset. Työtä tehdessä on tarkastelu ympäristöolosuhteita Olkiluodon saarella ja maanalaisessa loppusijoituslaitoksessa.

Tässä työssä ei käsitellä loppusijoituskapseleiden säteilyn aiheuttamia vaikutuksia ympäristöön. Työssä keskitytään laitteiden ja järjestelmien vaikutuksiin maanalaiseen loppusijoituslaitokseen ja sen kautta muualle ympäristöön. Maan päällä oleva kapselointilaitos on jätetty tarkemman tarkastelun ulkopuolelle.

Opinnäytetyön aikana perehdyttiin turvallisuusluokiteltuihin tarveaineisiin ja hyväksyttiin Posivan ohjeiden mukaisesti kaksi laitetta maan alla käytettäväksi. Työhön on tehty kehittämissuositus turvallisuusluokiteltujen tarveaineiden järjestelmästä Posivan tarpeet huomioiden.

3 POSIVA OY

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on asiantuntijaorganisaatio Posiva Oy. Vuonna 1995 Imatran Voima (nykyisin Fortum Power & Heat Oy) ja Teollisuuden Voima Oyj (TVO) perustivat Posivan huolehtimaan loppusijoituksen toteutuksesta ja siihen liittyvistä tutkimuksista. TVO omistaa yrityksestä 60 % ja Fortum 40 %. Omistajayritykset vastaavat ydinjätteen loppusijoituksen kehittämiseen ja toteuttamiseen liittyvistä kustannuksista. (Posivan www-sivut 2019 B.)

Posiva työllistää noin 80 henkilöä, minkä lisäksi alihankkijoina ja konsultteina toimii noin 200 henkilöä (Posivan www-sivut 2019 B). Posiva on osa Teollisuuden Voima Oyj-konsernia, johon kuuluu myös TVO Nuclear Solutions Oy (TVONS) (TVO:n www-sivut 2019 A) sekä Posivan omistama tytäryhtiö, Posiva Solutions Oy, joka myy Posivan osaamista maailmalle (Posivan www-sivut 2019 C). Posivan liikevaihto vuonna 2017 oli 67 902 000 € (Kauppalehden www-sivut 2019).

Yrityksen toimialaan kuuluu Olkiluodossa sijaitsevien TVO:n ydinvoimalaitosyksiköiden (Olkiluoto 1-3) ja Loviisassa sijaitsevien Fortumin ydinvoimalaitosyksiköiden (Loviisa 1-2) sekä yhtiön osakkaiden Suomeen rakennettavien uusien ydinvoimalaitosyksiköiden käytetyn ydinpolttoaineen ja muun runsasaktiivisen ydinjätteen huolto (Kauppalehden www-sivut 2019). Vastuualueeseen kuuluu käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitustutkimukset, loppusijoitus- ja kapselointilaitoksen rakentaminen ja käyttö sekä loppusijoituslaitoksen sulkeminen käytön jälkeen (Posivan www-sivut 2019 B).

Posiva tekee yhteistyötä monien suomalaisten ja ulkomaisten eri alojen asiantuntijaorganisaatioiden kanssa sekä tilaa ydinjätehuoltoon liittyviä tutkimuksia yliopistoilta, korkeakouluilta, tutkimuslaitoksilta ja konsulttiyrityksiltä (Posivan www-sivut 2019 B).

Kuvassa 1 on Olkiluodon ydinvoimalaitosalue, johon on havainnoituna myös Olkiluoto 4 (vasemmalla). Kuvassa 2 on ilmakuva Posivan työmaa-alueesta vuoden 2009 kesältä.



Kuva 1. Olkiluodon ydinvoimalaitosalue. (TVO:n www-sivut 2019 A.)



Kuva 2. Ilmakuva Posivan työmaa-alueesta Olkiluodossa kesällä 2009. (Posivan www-sivut 2019 B.)

4 KÄYTETYN YDINPOLTTOAINEEN LOPPUSIJOITUS

4.1 Kapselointilaitos

Kapselointilaitoksessa käytetty ydinpolttoaine otetaan vastaan, kuivatetaan ja pakataan loppusijoituskapseleihin. Kun kaikki polttoaineniput ovat kapselissa, se täytetään argon-kaasulla ja suljetaan sisemmällä teräskannella. Kapselointilaitoksen lisäksi maan päällä sijaitsee apu- ja oheistoimintatilat, kuten käyttörakennus, ilmanvaihtorakennus, tutkimusrakennus, varasto- ja korjaamotilat sekä eri LVIS-järjestelmien (lämpö-, vesi-, ilmanvaihto- ja sähköjärjestelmät) vaatimat tilat. Laitosalueen rakennusala maan pinnalla on noin 20 hehtaaria. (Posivan [www-sivut 2019 E.](#)) Kapselointilaitoksen rakentaminen aloitettiin vuoden 2019 kesällä.

Kuvassa 3 on pituusleikkaus kapselointilaitoksesta.

1. Kuljetussäiliöiden vastaanottotila
2. Polttoaineen käsittelykammio
3. Kuparikannen hitsausasema
4. Hitsin tarkastus
5. Kapselivarasto
6. Kapselihissi kapselien siirtämiseksi loppusijoitustilaan



Kuva 3. Pituusleikkaus kapselointilaitoksesta. 2014. (Posivan [www-sivut 2019 E.](#))

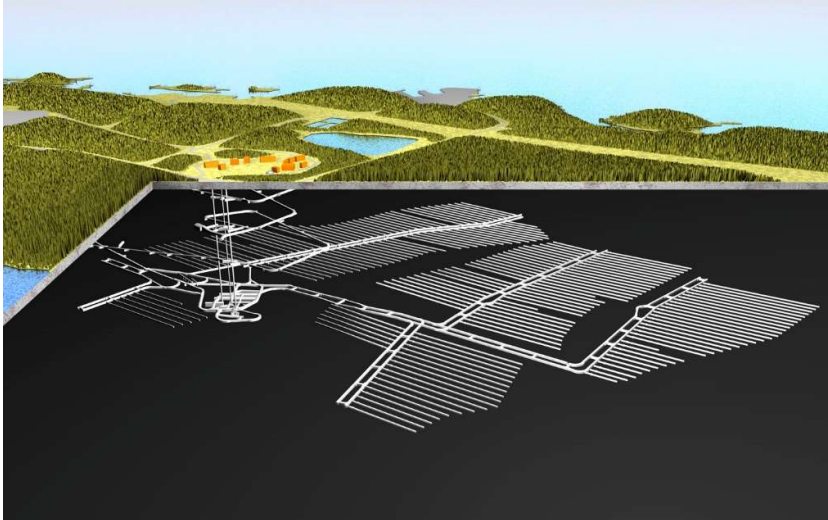
4.2 Loppusijoituslaitos

Säteilyturvakeskus määrittelee ohjeessa YVL D.5 edellytykset loppusijoituslaitoksen paikan valinnalle ja tilojen ominaisuuksille. Ohjeen mukaan kallioperän tulee koostua riittävän suurista ja eheistä kalliolohkoista sekä sen pitää ominaisuuksillaan tukea pitkäaikaisturvallisuutta. Ohjeessa määritellään tarkasti muun muassa kallioperän vaatimukset, loppusijoitussyvyys ja tilojen sijoittaminen. (YVL D.5, 14-15.) Loppusijoituslaitos rakennetaan Olkiluotoon Säteilyturvakeskuksen ohjeiden mukaisesti.

Kapselointilaitoksen alle, n. 400 metrin syvyyteen, rakennetaan loppusijoituslaitos (kuva 4). Siihen kuuluu isona osana maanalainen kallioperän tutkimustila Onkalo, jonka rakentaminen aloitettiin vuonna 2004. Lisäksi siihen kuuluu loppusijoitustunnelit, joihin kapseloitu käytetty polttoaine sijoitetaan, keskustunnelit, jotka yhdistävät loppusijoitustunnelit ja kuilut sekä tekniset aputilat. Loppusijoituslaitokseen pääsee n. 5 km pitkää Onkalo-ajotunnelia pitkin. Maanalaisiin loppusijoitustiloihin on porattu neljä pystykuilua; kaksi ilmanvaihtokuilua, joiden lisäksi henkilö(hissi)kuilu ja kapselikuilu. Kapselikuilua lukuun ottamatta kuilut on rakennettu tutkimustila Onkalon yhteydessä. (Posivan www-sivut 2019 F.)

Kallioperää tutkitaan geologian, hydrologian ja geokemian tutkimusmenetelmien avulla. Kallioperän tutkimusten lisäksi Onkalossa on suoritettu aidoissa olosuhteissa monia kalliorakentamis- ja loppusijoitustekniikan kokeita. (Posivan www-sivut 2019 I.)

Loppusijoituslaitokseen tulee siirtymään ydinpolttoainetta kapseli kerrallaan, kapselointinopeudesta riippuen 0-100 kapselia vuodessa. Olkiluotoon on suunniteltu loppusijoitettavaksi Olkiluoto 1-4:n ja Loviisa 1-2:n käyttöaikoina tullut ydinpolttoaine. Tämän perusteella suunnitelmissa on varauduttu loppusijoittamaan enintään 9 000 tonnia uraania, mikä vastaa noin 4 500 kapselia. (Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemus 2012, 7.)



Kuva 4. Havainnekuva maanalaisesta loppusijoituslaitoksesta. (Posivan www-sivut 2019 F.)

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus on tarkoitus aloittaa 2020-luvun alkupuolella ja tämän hetkisten suunnitelmien mukaan loppusijoituslaitos saataisiin suljettua 2120-luvulla (Posivan www-sivut 2019 G). Loppusijoitushanketta on tehty alusta asti laajalla yhteistyöllä eri tahojen asiantuntijoiden kanssa.

Loppusijoituslaitoksen sulkemisella tarkoitetaan kaikkien louhittujen tilojen täyttämistä savimateriaalilla ja kivimurskeella. Täyttöä tehdään vaiheittain koko laitoksen toiminnan ajan (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 158). Viimeiseksi puretaan kapselointilaitos ja kaikki tukirakennukset, joiden materiaalit sijoitetaan kalliopeirään. Ydin- ja säteilyturvallisuuden vuoksi tunnelien täyttämisen lisäksi maanpinnalla olevat kulkureitit suljetaan ihmisten kulkemista vaikeuttavin. Säteilyturvakeskuksen mukaan suunniteltu loppusijoitus on sulkemisen jälkeen passiivisesti turvallinen eikä laitoksen turvallisuuden varmistaminen edellytä paikan valvontaa tai muita toimenpiteitä. (1/H42212/2013, 2.)

Tunnelien täyttämisen ja laitoksen sulkemisen tarkoituksena on palauttaa loppusijoitusolosuhteet mahdollisimman lähelle luonnontilaa, esimerkiksi estämällä tunnelien ja kuilujen muuttuminen pohjaveden päävirtausreiteiksi (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 158).

4.3 Loppusijoitusprosessi

Säteilyturvakeskus vaatii polttoainenippujen sisällä olevia polttoainesauvoja varastoitavan vesialtaissa vähintään 20 vuotta ennen loppusijoitusta (1/H42212/2013, 2). Tänä aikana polttoaineen lyhytkestoiset isotoopit hajoavat ja vapauttavat lämpöä, minkä takia sauvat jäähtyvät ja säteily heikentyy (Vira, Väisänen, Saanio & Rui-Wamba 2018, 87). Kun käytetty polttoaine on jäähtynyt tarpeeksi reaktorihallin vesialtaissa, polttoaineniput siirretään voimalaitosalueella sijaitsevan välivaraston vesialtaisiin. Vesi eristää käytetyn polttoaineen lähettämän säteilyn sekä jäähdyttää sitä edelleen. (TVO:n www-sivut 2019 D.)

Käytettyä ydinpolttoainetta ei saa pitää jäähdytysaltaissa kuin 30 - 50 vuotta, minkä jälkeen altaista tulee poistaa siellä pisimpään olleet jäähtyneet polttoaineniput (Vira, Väisänen, Saanio & Rui-Wamba 2018, 87). Välivarastoinnin jälkeen käytetyt polttoaineniput siirretään altaista kapselointilaitokseen törmäyksenkestävillä ja tiiviillä kuljetussäiliöillä. Säiliö suojaa ympäristöä säteilyltä ja estää polttoainenippujen vaurioitumisen. Säiliöt siirretään Loviisasta meri- tai maayhteyksillä Olkiluotoon. (TVO:n www-sivut 2019 D.)

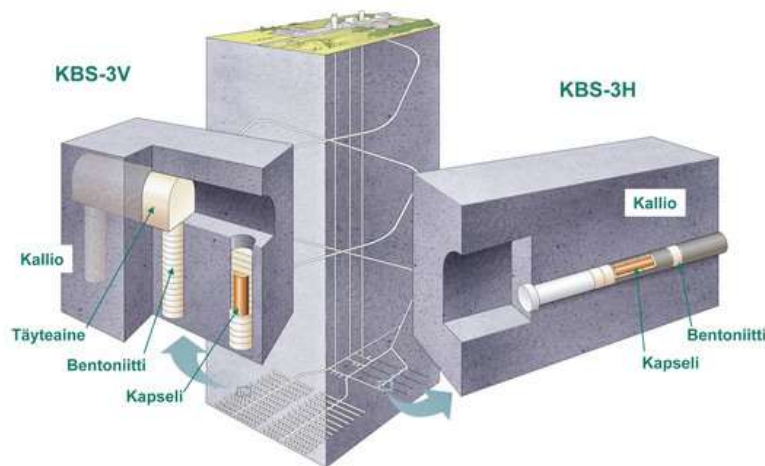
Polttoaineniput kapseloidaan kuparikapseleihin kapselointilaitoksella. Kapselit siirretään maan alle ja sijoitetaan kallioperässä oleviin loppusijoitusreikiin. Tunnelit täytetään bentoniittisavella, kun kaikki kapselit ovat rei'issään.

4.3.1 KBS-3 -loppusijoitusratkaisu

Posivalla käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitus perustuu KBS-3 -konseptiin (Kärnbränslesäkerhet), jonka on kehittänyt Ruotsin ydinjätehuollosta vastaava yritys, SKB (Svensk Kärnbränslehantering Ab). Konseptiin liittyvät tutkimukset on tehty Posivan ja SKB:n yhteistyönä.

Kapselit voidaan sijoittaa pystysuoraan tai vaakasuoraan loppusijoitustunneliin porrattaviin loppusijoitusreikiin (Posivan sisäinen asiakirja 2017 C). Tämän hetkisten suunnitelmien mukaan kapselit tullaan sijoittamaan loppusijoitustunnelien pohjassa

oleviin pystyreikiin KBS-3V -konseptin (V=vertical) mukaisesti. Vaihtoehtoisena sijoitustapana oli KBS-3H (H=horizontal), jonka mukaan kapselit sijoitettaisiin loppusijoitustunnelin seinissä oleviin vaakasuoriin reikiin (Posivan www-sivut 2019). KBS-3H:n käytöstä on luovuttu, koska siihen liittyy enemmän epävarmuustekijöitä kuin KBS-3V:n käyttöön. Kapselit sijoitetaan erillisiin reikiin yksi kerrallaan. Molemmiin tavoin toteutetussa loppusijoituksessa idea perustuu vapautumisesteisiin (kappale 4.3.2). Kuvassa 5 on havainnollistettuna KBS-3V ja KBS-3H.



Kuva 5. KBS-3V ja KBS-3H (Posivan www-sivut 2019 F).

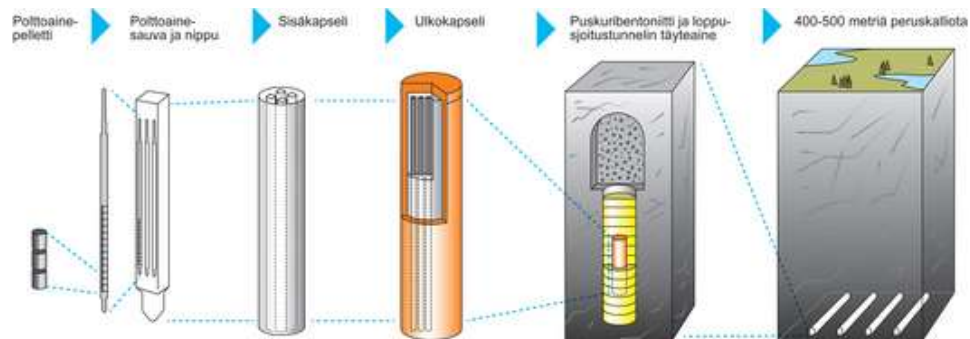
4.3.2 Moniesteperiaate

Loppusijoituksen on perustuttava toisiaan täydentävien vapautumisesteiden (kuva 6) aikaansaamiin turvallisuustoimintoihin siten, että yksittäisen toiminnon vajavuus tai ennustettavissa oleva geologinen muutos ei vaaranna pitkäaikaisturvallisuutta (Asetus ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta 736/2008, 11 §). Radioaktiiviset aineet ovat useiden toisiaan tukevien, mutta toisistaan mahdollisimman riippumattomien vapautumisesteiden sisällä, jotta yhden vapautumisesteen pettäminen ei vaaranna koko eristyksen toimivuutta (Posivan www-sivut 2019 D). Vapautumisesteiden tarkoitus on eristää loppusijoituslaitos maan pinnan ympäristöstä, hillitä ja pitää sisällään radionuklidit sekä hidastaa niiden hajoaminen ympäristöön (Posivan sisäinen asiakirja 2017 C).

Vapautumisesteet jaotellaan teknisiin ja luonnollisiin tyyppinsä mukaan. Teknisiä vapautumisesteitä ovat polttoainepelletit ja -sauvat, kupari-valurautakapseli, puskuribentoniitti ja tunnelien täyteaine. Peruskallio on luonnollinen vapautumiseste. Ydinpolttoainepelletit on kasattu kaasutiiviiden sauvojen sisälle ja sauvat on kasattu nipuiksi ydinpolttoaine-elementtiin. Kaasutiiviiden metallisauvojen sisällä oleva uraani on kiinteää ja huonosti veteen liukenevaa ainetta, mikä hidastaa radioaktiivisten aineiden vapautumista. (Posivan www-sivut 2019 D.)

Kuvassa 6 on esitettyä moniesteperiaate ja kaikki vapautumisesteet.

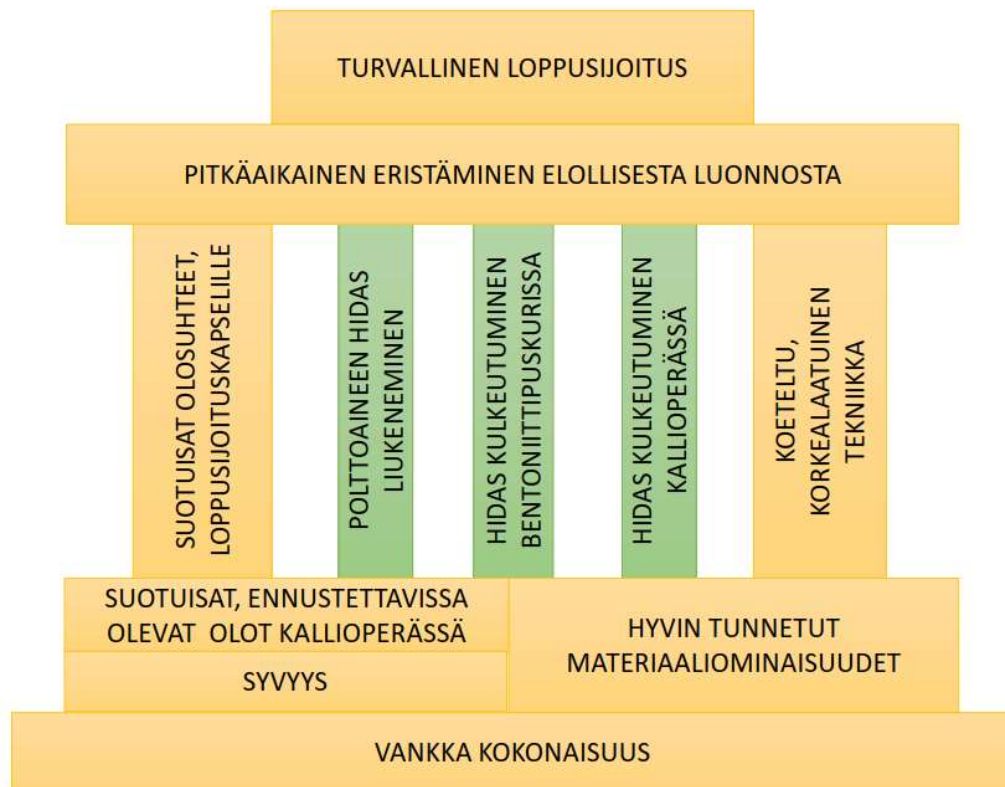
1. Uraani-polttoainepelletti
2. Teräksinen, tiivis polttoainesauva ja polttoainenippu
3. Pallografiittivalurautainen kapselin sisäosa
4. Kapselin tiiviiksi hitsattu ulkokuori on 5 cm paksua kuparia
5. Bentoniittipuskuri ja loppusijoitustunnelin täyteaine
6. Loppusijoitustilojen päällä on 400 - 500 metriä peruskalliota



Kuva 6. Moniesteperiaate. (Posivan www-sivut 2019.)

4.3.3 Turvallinen loppusijoitus

Kuvassa 7 on esitettyä turvallisen loppusijoituksen pääperiaatteet. Keltaiset palkit kuvaavat turvallisuuskonseptin ensisijaisia turvallisuustoimintoja, joiden tavoitteena on säilyttää vapautumisesteiden toimintakyky. Vihreät palkit kuvaavat toissijaisia turvallisuuspiirteitä, jotka voivat tulla merkittäviksi, jos radionuklideja vapautuu kapselistä. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 126.)



Kuva 7. Turvallisen loppusijoituksen pääperiaatteet (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 126).

5 LOPPUSIJOITUSPROSESSIIN OSALLISTUVIEN JÄRJESTELMIEN PROTOTYYPIT

5.1 Bentoniittipuskurin asennuslaitteen ja puskurilohkojen siirtolaitteen prototyyppi

Bentoniittipuskurin asennuslaite (BIM – buffer installation machine) ja bentoniittipuskurilohkojen siirtolaite (BTD – bentonite transfer device) (kuva 7) on suunniteltu ja valmistettu erityisesti tilapäistä tutkimuskäyttöä varten (Posivan sisäinen asiakirja 2015). Kuvan 8 keskellä on bentoniittipuskurin asennuslaitteen prototyyppi ja oikealla näkyy lähes kokonaan bentoniittipuskurilohkojen siirtolaitteen prototyyppi.

Bentoniittipuskurilohkot asennetaan loppusijoitusreikään bentoniittipuskurin asennuslaitteella suojaamaan loppusijoituskapselia. Puskurilohkot painavat 2-3 tonnia ja niitä liikutetaan ja ne asetetaan alipaineella toimivan mekaanisen tarttujan avulla. Asennuslaitteen etuosassa on kuormanvaihtoalue, jossa puskurilohko voidaan kytkeä tarttujaan tai irrottaa siitä. Laite toimii täysin sähköllä ja sitä liikutetaan kytkettynä terminaalityrjän vetopöytään. Laite asettuu loppusijoitusreiän päälle lasermittausvälineiden avulla. (Posivan sisäinen asiakirja 2015.) Asennuslaitetta ohjataan etäohjauspaikasta, josta voidaan hallita kaikkia laitteen toimintoja käyttäen apuna laitteen anturitietoja ja kamerajärjestelmän tuottamaa videokuvaa (Posivan sisäinen asiakirja 2015).

Bentoniittipuskurilohkojen siirtolaitteen prototyyppi liikkuu terminaalityrjän avulla ja siirtää säiliöissään olevia bentoniittilohkoja ja -pellettejä asennuslaitteelle sekä kuljettaa tyhjät bentoniittisäiliön kansiosat pois asennuslaitteelta. Kuljettaja ohjaa siirtolaitetta terminaalityrjän hytistä, josta näköyhteyden lisäksi apuna on videokuvaa laitteelta. Siirtolaitteen liikkeet on toteutettu hydraulilla. (Posivan sisäinen asiakirja 2015.)



Kuva 8. Bentoniittipuskurilohkojen asennuslaitteen ja bentoniittipuskurilohkojen siirtolaitteen prototyypit (Posivan www-sivut 2019 H).

5.2 Kapselin siirto- ja asennuslaitteen prototyyppi

Kapselin siirto- ja asennuslaitteen prototyypillä (CIM – Canister Installation Machine) (kuva 9) siirretään kapselit yksi kerrallaan lastausasemasta loppusijoitustunneliin ja asennetaan loppusijoitusreikään. Siirto- ja asennuslaite on puoliautonominen itsenavigoiva järjestelmä. Sen keskeisin osa on säteilysuoja, jonka sisällä loppusijoituskapseli on siirron aikana (Posivan sisäinen asiakirja 2018 A). Laitteella asennetaan kapseli 10 millimetrin tarkkuudella bentoniittipuskurilohkoilla vuorattuun loppusijoitusreikään (Posivan www-sivut 2019 H).

Kapselin siirto- ja asennuslaitteen päätoimintoja ovat vaaitus, säteilysuojan kääntö, paikoituksen hienosäätö, kapselin nosto ja lasku, ajo- ja ohjaustoiminto, navigointi sekä kaikkien toimintojen mittaus ja seuranta (Posivan sisäinen asiakirja 2018 A).



Kuva 9. Kapselin siirto- ja asennusajoneuvon prototyyppi (Posivan sisäinen asiakirja 2018 A).

Jokaiselle kapselityypille on rakennettava erillinen asennuslaite, koska kapselien pituudet ja painot eroavat toisistaan. Tämä johtuu siitä, että erilaisten voimalaitosten polttoainesauvat ovat eripituisia ja -painoisia.

Loviisa 1 ja 2 ovat VVER-tyyppisiä painevesilaitoksia (Fortumin www-sivut 2019). Olkiluoto 1 ja 2 ovat identtisiä kiehumisvesilaitoksia (BWR, boiling water reactor) ja Olkiluoto 3 on EPR-tyyppinen painevesilaitos (TVO:n www-sivut 2019 B/C). VVER-tyyppinen (Vodo-vodjanoi energetičeski reaktor) painevesilaitos on venäläisen Rosatommin tytäryhtiön OKB Hidropressin kehittämä (Fennovoiman www-sivut 2019). EPR (European Pressurised water Reactor) on ranskalais-saksalainen Framatomen ja Siemensin kehittämä kolmannen sukupolven painevesireaktorikonsepti (G212/9, 1).

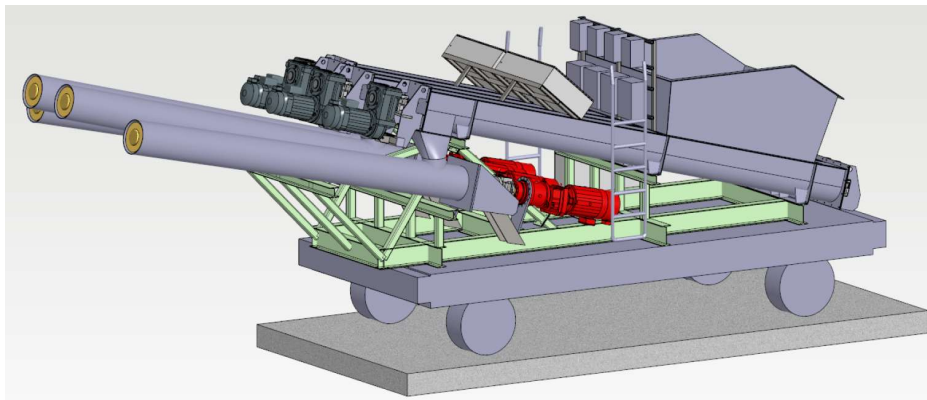
Kuvassa 10 on esitettyä eri kapselikoot. Vasemmalla on Loviisa 1-2:n kapseli, keskellä on Olkiluoto 1-2:n kapseli ja oikealla on Olkiluoto 3:n kapseli. Kaikki kapselit ovat leveydeltään 1,05 metriä, mutta pituudet vaihtelevat, mikä vaikuttaa myös painoihin. Loviisa 1-2:n kapselit ovat 3,6 m pitkiä, Olkiluoto 1-2:n kapselit ovat 4,8 metriä pitkiä ja Olkiluoto 3:n kapselit ovat 5,25 metriä pitkiä (VLJ-Onkalo näyttely 2019). Loviisa 1-2:n täydet kapselit painavat 18 800 kiloa, Olkiluoto 1-2:n täydet kapselit painavat 24 500 kiloa ja Olkiluoto 3:n täydet kapselit painavat 29 000 kiloa (Vira, Väisänen, Saanio & Rui-Wamba 2018, 182)



Kuva 10. Eri kapselikokoja (Stenfors 2019).

5.3 Bulkkimateriaalin asennuslaite

Bulkkimateriaalin asennuslaitteen (BMA) (kuva 11) tarkoitus on täyttää tunnelit bentoniittisavella loppusijoitusreikien täytön jälkeen. Asennuslaitteen toiminta perustuu neljän noin 7 metrisen syöttöruuvun ja neljän noin 5 metrisen tunkijaruuvun yhteistyöhön. Syöttöruuvit siirtävät materiaalin syöttösuppilosta tunkijaruuveihin noudattaen tunkijaruuvien todellista nopeutta. Syöttösuppilon sisällä olevaa materiaalia mitataan kahdella pinnanmittauslaitteella. Tunkijaruuvit siirtävät materiaalin syöttöruuveista kuoppiin. Asennuslaitteella kuljetetaan bentoniittia kapasiteetilla 10-30t/h. Laitteisto on varusteltu kahdeksalla optisella etäisyysanturilla sekä keskusvoitelujärjestelmällä. (Posivan sisäinen asiakirja 2018 B.)



Kuva 11. Bulkkimateriaalin asennuslaitteen prototyyppi (Posivan sisäinen asiakirja 2019 B).

6 YMPÄRISTÖOLOSUHTEET

6.1 Ympäristöolosuhteet Olkiluodossa

Olkiluodon saari sijaitsee Länsi-Suomessa Eurajoella. Se on 5,5 kilometriä pitkä ja leveimmistä kohdastaan 2,5 kilometriä leveä. Saaren länsipuolella on Selkämeri ja eteläpuolelta alkaa Rauman saaristo. (Eurajoen kunta 2007, 1.) Ydinvoimalaitosalueen lähikuntia suuruusjärjestyksessä ovat Rauma, Eura, Eurajoki, Kiukainen ja Lappi. Raumalle on noin 25 km maanteitse, minkä lisäksi Pori sijaitsee noin 50 km etäisyydellä. Valtatie 8:lta on matkaa ydinvoimalaitosalueelle 14 km. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 20.) Posivan työmaa-alue sijaitsee hieman lähempänä valtatietä.

6.1.1 Luonnon ympäristö

Olkiluoto kuuluu kasvimaantieteellisessä aluejaossa eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen ja siinä vuokkovyöhykkeeseen. Saaren edustalla on voimakasta maankohoamista ja alueen rannikkokasvillisuudelle on ominaista vyöhykkeisyys. Olkiluodossa ei esiinny normaalia enempää kasvi- tai eläinharvinaisuuksia ja muutamaa uhanalaista lintulajia lukuun ottamatta nisäkäs- ja lintulajisto voidaan luokitella tavalliseksi. Alueella voi havaita kahta erittäin uhanalaiseksi luokiteltua putkilokasvilajia, nelilehtivesikuusta ja pikkupunkaa. Lisäksi saaren itäosasta on löydetty soveliaita elinympäristöjä uhanalaiselle pikkupollolle (perhoslaji). (Eurajoen kunta 2007, 7.) Saaren erilaisia luontotyyppjä on mahdollista nähdä Olkiluodon Vierailukeskukselta lähtevällä havaintopolulla (TVO:n www-sivut 2014).

Alue on ekologisesti tyypillinen lounaissuomalainen rannikkoalue, jossa eläin- ja kasvilajisto sekä maaperä ovat hyvin samanlaista kuin ympäröivillä alueilla. Kallioperä on seismisesti vakaata, 1800–1900 miljoonaa vuotta vanhaa migmatiittia eli kiillegneissistä ja graniitista koostuvaa seoskivilajia. Maaperä on kivistä moreenia ja alavilla paikoilla esiintyy savikoita ja ohuita turvekankaita. Alueella ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. (Eurajoen kunta 2007, 7.)

Olkiluodon metsät ovat laajassa talouskäytössä olevia lehtomaisia, tuoreita ja kuivahkoja kankaita. Luonnontilassa ovat pelkästään saaren vajaatuottoiset kitu- ja joutomaamänniköt. Alueella olevat suot ovat ojitettuja ja purot perattuja, eikä alueella ole luonnonsuojelulain 29. pykälässä tai metsälain 10. pykälässä eriteltyjä luontotyyppisiä eikä erityisen arvokkaita elinympäristöjä. Paikallisesti arvokkaiksi luontokohteiksi voidaan luokitella Liiklankarin Natura-alue, saaren luoteiskulmassa sijaitseva Tyrniemen metsä sekä maisemallisesti ja linnustollisesti arvokkaat mökittömät saaret ja puuttomat luodot. (Eurajoen kunta 2007, 7.)

Luonnonsuojelulain 29. pykälässä eritellään suojellut luontotyypit, joiden luonnontilaisia tai luonnontilaiseen verrattavia alueita ei saa muuttaa niin, että luontotyypin ominaispiirteiden säilyminen kyseisellä alueella vaarantuu (Luonnonsuojelulaki 1096/1996, 4 luku 29 § 1 mom.). Metsälain 10. pykälässä eritellään monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeitä luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia kohteita, jotka erottuvat metsäluonnosta selvästi (Metsälaki 1093/1996, 3 luku 10 § 2 mom.).

6.1.2 Rakennettu ympäristö

Loppusijoituslaitos sijaitsee Olkiluodon ydinvoimalaitosten yhteydessä, joten ympäröivällä alueella pätee Säteilyturvakeskuksen laatimassa ohjeessa, YVL A.2, säädetyt ydinlaitoksen sijaintipaikkaa koskevat ihmisten ja ympäristön turvallisuuteen liittyvät perusvaatimukset. Myöskin loppusijoituslaitos ja kapselointilaitos lasketaan ydinlaitoksiksi.

Säteilyturvakeskuksen ohjeen mukaan laitokset on rakennettu harvaan asutulle alueelle, jossa ei ole kohteita tai asutuskeskuksia, joissa olisi vaikea toimeenpanna tarpeellisia suojaustoimenpiteitä. Läheisyydessä ei ole sallittua harjoittaa toimintaa, joka saattaa aiheuttaa ulkoisesti vaaratilanteen laitosalueella. Maantieyhteyksiä on tarpeeksi pelastustoiminnan ja turvallisuuden ylläpidon varmistamiseksi myös poikkeavissa olosuhteissa. (YVL A.2, 8.)

Liikkuminen ja oleskelu on rajoitettua voimalaitosalueella, joka ulottuu noin 0,5-1 km säteelle laitoksista. Alueella saa olla pääasiassa pelkästään ydinvoimalaitokseen liittyviä toimintoja. Laitosaluetta ympäröi 5 km säteellä suojavyöhyke, jolla ei sijaitse kohteita, joissa käy tai on huomattavia ihmismääriä (esimerkiksi koulut, sairaalat ja kaupat). Tämän lisäksi pysyvien asukkaiden määrä, loma-asutus ja vapaa-ajan toiminta on rajoitettu niin, että alueelle on saatu laadittua ja pystytään toimeenpanemaan tehokkaan evakuoinnin mahdollistava väestön pelastussuunnitelma. (YVL A.2, 9.) Voimalaitosaluetta lähin koulu, Lapijoen koulu, sijaitsee yli 10 km päässä.

Sijaintipaikkaa valitessa on huomioitu Säteilyturvakeskuksen ohjeen mukaisesti myös ulkoiset turvallisuusuhat. Huomioon on otettu paikalliset ja laajemmat luonnonilmiöt sekä ihmisen normaalin toiminnan aiheuttamat uhat. Ilmastonmuutoksen ennakoitua vaikutukset luonnonilmiöihin on ollut osana tarkastelua. (YVL A.2, 10.)

Olkiluodon voimalaitosalueella sijaitsee kolme ydinvoimalaitosyksikköä, joista kaksi on käytössä. Tämän hetkisten suunnitelmien mukaan Olkiluoto 3 on tarkoitus ottaa käyttöön 2020 -luvun alussa. Näiden lisäksi alueelta löytyy erilaisia toimisto-, huolto- ja varastorakennuksia sekä voimalaitosjäteluola (VLJ-luola) ja käytetyn polttoaineen välivarasto (KPA-varasto). Voimalaitosalueelta lähtee leveä voimajohtoalue, jonka välissä on sähköasema. (Eurajoen kunta 2007, 7.)

Loppusijoituslaitoksen lisäksi Posivan työmaa-alueella sijaitsee toimistorakennus, muutamia huoltorakennuksia sekä tällä hetkellä rakennusvaiheessa oleva kapselointilaitos. Saarella sijaitsee myös muiden yritysten rakennuksia sekä rakennus- ja huoltohenkilökunnalle asuinalue. (Eurajoen kunta 2007, 7.)

Alle viiden kilometrin säteellä voimalaitosalueesta asuu vain noin 70 ihmistä ympärivuotisesti. Läheisellä rannikko- ja saaristoseudulla on viiden kilometrin säteellä vähän alle 600 loma-asuntoa, joista lähimmät ovat TVO:n omistuksessa työntekijöiden virkistyskäyttöön. Lähimmät viljelysmaat sijaitsevat 20 - 40 km säteellä voimalaitosalueesta ja lähimmät elintarvikkeita tuottavat tilat ovat kolme maitotilaa, jotka sijaitsevat 10 km säteellä. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 135.)

6.2 Ympäristöolosuhteet loppusijoituslaitoksessa

Säteilyturvakeskuksen mukaan loppusijoituslaitoksen kalliotilojen rakentamisen ja käytön suunnittelussa tavoitteena pitää olla pitkäaikaisturvallisuuden kannalta edullisten kallioperän ominaisuuksien säilyttäminen. Toteutuksessa on käytettävä kalliorakentamismenetelmiä ja materiaaleja, joilla rajoitetaan rakentamisesta aiheutuvia häiriöitä tai muutoksia laitosta ympäröivässä kalliiossa. (YVL D.7, 19.)

Säteilyturvakeskus vaatii, että kallioperä on lujitettava ja tiivistettävä siten, että loppusijoitustiloihin kulkeutuvien, vapautumisesteiden toimintakyvyn kannalta haitallisten, aineiden määrät ovat mahdollisimman pienet (YVL D.7, 19). Maanalaisten huonetilojen katot ja seinät pinnoitetaan ja lujitetaan tarvittaessa niin, että irtokivien putoaminen on epätodennäköistä. Loppusijoitustunneleiden lattia on tasoitettua kalliopintaa, johon loppusijoitusreiät on porattu. (Posivan sisäinen asiakirja 2018 A.) Vuotojen läpäisyä ja leviämistä vähentävät lujitetut seinämät ja tasoitetut lattiat, joissa on vain pieniä kalliokoloja.

Loppusijoituskapseleita käsitellään ilmastoiduissa maanalaisissa tiloissa, kuten loppusijoitustunnelit, keskustunnelit ja ajotunneli (Posivan sisäinen asiakirja 2018 A). Järjestelmiä käytetään samoissa tiloissa. Loppusijoitustunnelien tarkkoja olosuhteita ei ole vielä tiedossa, koska niitä ei ole louhittu. Taulukoissa 1, 2 ja 3 käydään läpi yhteistoimintakokeiden loppusijoitustunnelin, keskustunnelin ja ajotunnelin ympäristöolosuhteet. Tulevien loppusijoitustunnelien ympäristöolosuhteet pitäisi olla samat kuin yhteistoimintakokeiden loppusijoitustunnelissa. Sähkö- ja automaatiolaitteiden kannalta kaikki edellä mainitut tunnelit ovat kosteita, maksimissaan 40 °C normaaleita prosessitiloja, joissa ei ole erillistä sähkötilaa (Posivan sisäinen asiakirja 2019 A).

Sähkölaitteiden kotelointiluokkavaatimus tiloissa on IP65. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 A). Kotelointi suojaa laitetta ulkoisilta vaikutuksilta ja vaarallisten osien koskettamiselta kaikista suunnista. Kotelointiluokalla tarkoitetaan koteloinnilla aikaansaattua suojausastetta vaarallisten osien koskettamiselta ja vieraiden esineiden ja pölyn tai veden sisään tunkeutumiselta. Luokka määritetään standardisoiduilla testausmenetel-

millä. IP-koodilla tarkoitetaan kotelointiluokitusjärjestelmässä käytettyä koodausjärjestelmää, jota käytetään enintään 72,5 kV sähkölaitteissa. (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019, 11-13.)

IP-koodin kirjaimet tulevat sanoista International Protection. Ensimmäinen tunnusnumero kertoo suojauksen tasosta vaarallisten osien koskettamiselta ja vieraiden esineiden sisään tunkeutumiselta. Toinen tunnusnumero kertoo vedeltä suojautumisen tasosta. (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019, 14-18.)

Maanalaisten tilojen kotelointiluokassa numero 6 tarkoittaa, että sähkölaitteen koteloinnin pitää suojata ihmisiä vaarallisten osien koskettamiselta, kun käsitellään työkaluja, joiden halkaisija on 1,00 mm tai suurempi ja koteloinnin pitää olla pölytiivis. Numero 5 tarkoittaa, että koteloinnin pitää suojata laitetta kaikista suunnista tulevalta voimakkaalta vesisuihkulta. (SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019, 17-19.)

Taulukossa 1 on lueteltuna ympäristöolosuhteet yhteistoimintakokeiden loppusijoitustunnelissa, taulukossa 2 on lueteltuna ympäristöolosuhteet keskustunneleissa ja taulukossa 3 on lueteltuna ympäristöolosuhteet ajotunnelissa.

Taulukko 1. Yhteistoimintakokeiden loppusijoitustunnelin ympäristöolosuhteet (Posivan sisäinen asiakirja 2019 A).

Lämpötila, vaihteluväli talvella/kesällä	5...30 °C
Suhteellinen kosteus, vaihteluväli talvella/kesällä	10...100 %
Säteilytaso	< 0.003 mSv/h, valvomatonta aluetta
Pintakäsittely	Tilaa ei *dekontaminoida, mutta se siivotaan normaalisti.
Lämpökuorma	Tilassa ei ole mainittavia lämpökuormia.
Palokuorma	< 600 MJ/ m ²
Sallittu melutaso	Tilassa ei ole vaatimuksia melutasolle. Kuulosuojaimia on käytettävä tilanteen mukaan.
Paine-ero	Tilassa ei ole numeerista paine-erovaatimusta. Ilman virtaussuunta on tiettyyn suuntaan.
Valaistusvoimakkuus	150 lx

*Dekontaminoimisella tarkoitetaan kontaminaation poistamista. Tässä yhteydessä kontaminoitumisella tarkoitetaan esineen likaantumista radioaktiivisten aineiden tarttuessa pinnalle tai aineen (esim. veden) likaantumista radioaktiivisilla epäpuhtauksilla (Hyvä tietää ydinvoimasta, 35).

Taulukko 2. Keskustunnelien ympäristöolosuhteet (Posivan sisäinen asiakirja 2019 A).

Lämpötila, vaihteluväli talvella/kesällä	5...30 °C
Suhteellinen kosteus, vaihteluväli talvella/kesällä	10... 80 %
Säteilytaso	< 0.003 mSv/h, valvomatton alue < 0.025 mSv/h, valvonta-alue (ei rajoituksia, 40 h/viikko) 0.025-1.0 mSv/h, valvonta-alue (suunniteltu työskentely, tila lukittu tai valvottu)
Pintakäsittely	Tiloja ei dekontaminoida, mutta ne siivotaan normaalisti.
Lämpökuorma	Tiloissa ei ole mainittavia lämpökuormia, paitsi joissain osissa lämpökuorma voi olla > 5kW.
Palokuorma	< 600 MJ/ m ²
Sallittu melutaso	Tiloissa ei ole vaatimuksia melutasolle. Kuulosuojaimia on käytettävä tilanteen mukaan.
Paine-ero	Tiloissa ei ole numeerista paine-erovaatimusta. Ilman virtaussuunta on tiettyyn suuntaan.
Valaistusvoimakkuus	100 lx

Taulukko 3. Ajotunnelin ympäristöolosuhteet (Posivan sisäinen asiakirja 2019 A).

Lämpötila, vaihteluväli talvella/kesällä	5...30 °C
Suhteellinen kosteus, vaihteluväli talvella/kesällä	10...100 % -420 - -455 metrissä lisäksi 10... 80 %
Säteilytaso	< 0.003 mSv/h, valvoton alue -420 - -455 metrissä lisäksi < 0.025 mSv/h, valvonta-alue (ei rajoituksia, 40 h/viikko) 0.025-1.0 mSv/h, valvonta-alue (suunniteltu työskentely, tila lukittu tai valvottu)
Pintakäsittely	Tilaa ei dekontaminoida, mutta se siivotaan normaalisti.
Lämpökuorma	Tilassa ei ole mainittavia lämpökuormia. -420 - -455 metrissä lämpökuorma voi olla > 5kW.
Palokuorma	< 600 MJ/m ²
Sallittu melutaso	Tilassa ei ole vaatimuksia melutasolle. Kuulosuojaimia on käytettävä tilanteen mukaan.
Paine-ero	Tilassa ei ole numeerista paine-erovaatimusta. Ilman virtaussuunta on tiettyyn suuntaan.
Valaistusvoimakkuus	50 lx

7 JÄRJESTELMIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

7.1 Vaikutukset luontoon

Tässä yhteydessä vaikutuksilla luontoon tarkoitetaan järjestelmien valmistamisesta ja käytöstä aiheutuvia vaikutuksia maanalaiseen loppusijoituslaitokseen ja sen kautta muualle ympäristöön. Tarkastelussa ovat vaikutukset ilmaan ja ilmastoon, vesiin ja vesistöihin, elolliseen luontoon sekä maaperään.

7.1.1 Vaikutukset ilmaan ja ilmastoon

Järjestelmien käyttö ei aiheuta pölyn leviämistä loppusijoituslaitoksen ulkopuolella. Pöly saattaa kulkeutua maan pinnalle, muttei kovinkaan pitkälle Posivan työmaa-alueelta. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa on mainittu, että pintaräjähdyksestä ilmaan joutuvan pölyn voi havaita tuulen suunnassa muutaman sadan metrin päähän (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 1999, 70). Järjestelmien käytöstä maan alla ei aiheudu läheskään yhtä suurta pölyn leviämistä kuin pintaräjähdyksistä.

Loppusijoituslaitokseen ei saa viedä muita kuin sähkö- tai dieselkäyttöisiä ajoneuvoja ja laitteita. Kaikille loppusijoituslaitoksessa käytettäville ajoneuvoille, työkoneille ja laitteille on suoritettava päästömittaus, joka on uusittava vuosittain. Valon läpäisyä mittaava k-arvo ei saa ylittää arvoa 0,25. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 B.)

Hybridi -ajoneuvoilla on pienemmät päästöt kuin dieselkäyttöisillä ja se saattaa olla luotettavampi vaihtoehto kuin täysin sähköllä kulkevat päästöttömät ajoneuvot ja laitteet. Hybriditeknologia yhdistää polttomoottorin ja sähkömoottorin. Tässä työssä ei oteta kantaa sähköautojen luotettavuuteen, mutta mietitään sähköllä toimivien kokoluokaltaan suurempien laitteiden käyttöä loppusijoituksessa. Päästöt jäävät pääasiassa maan alle loppusijoituslaitokseen, josta ne eivät pääse huonontamaan lähiseudun ilmanlaatua.

7.1.2 Vaikutukset lähialueen vesiin ja vesistöihin sekä veden kulutus

Loppusijoituslaitoksen lähellä ei ole pohjavesivaikuttavia luontotyyppisiä (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 1999, 73). Laitoksessa tapahtuvat vuodot, esimerkiksi öljyvuoto, ei pääse leviämään lähialueen vesiin ja vesistöihin. Säteilyturvakeskuksen vaatimuksen mukaan kallioperä on lujitettu ja tiivistetty siten, että loppusijoitustiloihin kulkeutuvien aineiden määrät ovat mahdollisimman pienet (YVL D.7, 19). Tämä ehkäisee aineiden pääsyn myös toiseen suuntaan loppusijoituslaitoksen kallioperää pidemmälle.

Loppusijoituslaitokseen on rakennettu Onkalon yhteydessä käyttö-, poraus- ja sammu- tusvesijärjestelmä. Loppusijoituslaitoksen käyttövaiheessa veden kulutus on noin 55 m³/vrk ja se on tavallista vesijohtovettä Olkiluodon vesijohtoverkosta. Poraus- ja sammutusvesi otetaan Korvensuon altaasta humussuodatuksen jälkeen. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 101.) Järjestelmien käyttö ei nosta veden käytön määrää merkittävästi.

Pesuedet ja kalliosta vuotavat vedet johdetaan viemäröintijärjestelmän kautta selkeytysaltaaseen, josta se pumpataan henkilökuilun viemäriä pitkin ylös maanpinnalle. Jätevesi johdetaan saarella olevalle jätevedenpuhdistamolle. Talousjätevettä syntyy noin 30 m³/vrk, eikä järjestelmät lisää tätä määrää eikä talousjätevedestä aiheudu merkittäviä ympäristövaikutuksia. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 101.)

Tällä hetkellä loppusijoituslaitoksessa käyvät ajoneuvot pestään työmaa-alueella maan päällä. Kuitenkin loppusijoitukseen käytettävät laitteet ovat sen verran suuria ja hankalasti liikuteltavia, että niitä säilytetään loppusijoituslaitoksessa. Laitteita ei puhdisteta muuta kuin silloin, jos likaa kertyy paikkoihin, joissa se häiritsee laitteen tai järjestelmän toimintaa. Tässä tilanteessa puhdistus suoritetaan maan alla tavallisella käyttövedellä.

7.1.3 Jätehuolto

Jätehuolto ja jätteiden hävittäminen toteutetaan jätelain (646/2011) ja valtioneuvoston jäteasetuksen (179/2012) sekä mahdollisten tulevaisuudessa päivitettyjen versioiden mukaan. Mahdollisista vuodoista tuleva öljy hävitetään ja öljyn saastuttama maa-aines puhdistetaan tai poistetaan. Loppusijoitustunneleita ei käytetä öljyvuodon sattuessa, koska tunneleissa on nollatoleranssi vuodoille pitkäaikaisturvallisuuden varmistamiseksi. Öljyä ei kuitenkaan hylkytilanteessakaan jätetä vuotopaikalle.

7.1.4 Öljyvuotojen raja-arvot

Laitteista aiheutuneille vuodoille on asetettu raja-arvot, jotka eivät saa ylittyä. Loppusijoitustunneleissa on nollatoleranssi kaikille vuodoille ja tunneli hylätään sellaisen sattuessa. Muihin tunneleihin ja väyliin raja-arvojen määrittäminen on työn alla.

Tunnelien louhiminen on kallista, joten ympäristövaikutusten lisäksi hylkääminen aiheuttaa suuren rahallisen menetyksen. Jos tunneli päätyy käyttökelvottomaksi, on se louhittu turhaan. Tässä tilanteessa myös ympäristöä ja kallioperää olisi rasitettu turhaan.

Loppusijoitettavan käytetyn ydinpolttoaineen määrä ei kuitenkaan vähene, mistä seuraa tunnelitarpeen kasvaminen yhdellä lisätunnelilla, kun yksi loppusijoitustunneli hylätään. Yhden korvaavan tunnelin louhimiskustannukset sekä ympäristövaikutukset ovat kaksi kertaa suuremmat kuin alkuperäisen tunnelin, koska on jouduttu louhimaan kaksi tunnelia yhden sijasta.

7.1.5 Säteilyn vaikutukset loppusijoituslaitokseen

Loppusijoituksesta aiheutuvien säteilyvaikutusten raja-arvot määrittävät, että säteilyannokset voivat olla enimmillään vastaavansuuruisia kuin maankamarassa olevista luonnon radioaktiivisista aineista aiheutuvat. Tämän lisäksi laaja-alaiset säteilyvaikutukset on jäätävä merkityksettömän pieniksi. (Ydinenergia-asetus 161/1988 3 luku 22 d § 4 mom. 1-2 k..)

Loppusijoituslaitoksessa varastoitavat kapselit säteilevät, mutta vaikutusalue on rajattu eikä säteily aiheuta ympäristövaikutuksia. Merkittävämpi ympäristövaikutus syntyy, kun kapselit lämmittävät loppusijoituslaitosta ja kallioperää. Kapselien lämmöntuotto nostaa lähialueen lämpötilaa. Kapseleita ympäröivän bentoniitin lämpötila ei loppusijoituksen aikana saa ylittää +100 °C:n lämpötilaa, koska bentoniittipuskurissa saattaisi ilmetä muutoksia, jotka heikentävät pitkäaikaisturvallisuutta. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 98.) Lämpötilan muutos on otettu huomioon loppusijoituslaitoksen suunnittelussa eikä siihen paneuduta tässä työssä tarkemmin.

Laitteista itsestään ei aiheudu säteilyä ympäristöön. Laitteiden käytön seurauksesta eliöstöjen voidaan olettaa säilyvän nykyisen kaltaisina, koska normaalikäytöstä ei aiheudu ulkoista haittaa. Loppusijoitusprosessiin käytettävät laitteet lämpenevät käytössä ja liiallinen kuumuus lämmittää myös maaperää ja kalliota. Lämpeneminen on huomioitava laitteiden käyttöajoissa ja tyhjäkäynti on minimoitava.

7.2 Vaikutukset maankäyttöön, kulttuuriperintöön, maisemaan ja rakennuksiin

Tässä yhteydessä vaikutuksilla maankäyttöön tarkoitetaan järjestelmien valmistamisesta ja käytöstä aiheutuvia ympäristövaikutuksia aluetta ympäröivän maan käyttömahdollisuuksiin. Maata tulee käyttää siten, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle ja tuetaan ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999, 1 luku 1 § 1 mom.).

Järjestelmien käyttö ei vaikuta alueen maankäyttöön, mihin loppusijoituslaitoksen rakentaminen on vaikuttanut. Myöskään luonnonvarojen paikallinen hyödyntäminen ei muutu järjestelmien valmistamisen tai käytön seurauksesta.

Kulttuuriperinnöllä tarkoitetaan ihmisen toiminnan vaikutuksesta syntyneitä aine-tonta tai aineellista perintöä. Kulttuuriperinnön aineellinen osa on kulttuuriympäristö, joka syntyy, kun ihminen muuttaa ympäristöä rakentamalla, käyttämällä tai viljelemällä. Kulttuuriympäristöön kuuluvat esimerkiksi muinaisjäännökset, rakennukset ja kulttuurimaisema. Sen arvo perustuu ajalliseen ja alueelliseen kerrostuneisuuteen, joka

ilmentää kulttuurin vaihteita sekä ihmisen ja luonnon vuorovaikutuksen muutoksia. (Hämeen liiton www-sivut 2019.)

Järjestelmillä on positiivista vaikutusta kulttuuriperintöön. Posiva, ja näin myös Suomi, ovat maailman edelläkävijöitä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoittamisessa. Järjestelmät ovat prototyyppisiä, joiden suunnittelu ja kehittäminen on erinomainen näyte suomalaisesta osaamisesta. Loppusijoituslaitos ja koko Olkiluodon alue muodostavat tulevaisuudessa kulttuuriperinnön kannalta oleellisen kulttuuriympäristön.

Olkiluodon alueelta ei ole löydetty muinaismuistoja eikä valtakunnallisesti tai maakunnallisesti arvokkaita kulttuurihistoriallisia rakennuksia tai muita kohteita, joten järjestelmien valmistamisella tai käytöllä ei ole negatiivista vaikutusta kulttuuriperintöön (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 96).

Laitteet eivät vaikuta Olkiluodossa nykyisesti vallitsevaan maisemaan mitenkään, koska Posivan laitosaluettakaan ei näy ollenkaan mereltä päin katsoessa. Lämpökeskuksen 30 m piippu on ainoa rakenne, joka näkyy täysikasvuisten puiden yli (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 1999, 93). Loppusijoituslaitoksen sulkemisen jälkeen laitosalue maisemoidaan, jolloin alue palautuu vähitellen entiselleen. Kaikki käyttötärpeettömät rakennukset ja järjestelmät puretaan ja hävitetään sulkemisen yhteydessä. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 1999, 81.)

Tässä kappaleessa tarkastellaan myös järjestelmistä aiheutuvia vaikutuksia rakennusten määrään alueella. Laitteet vaikuttavat Posivan laitosalueen rakennusmäärään kokonsa puolesta, koska niillä on oltava säilytystilaa silloin, kun ne eivät ole käytössä, ellei niitä säilytetä loppusijoituslaitoksessa. Varaosille pitää olla varastotilaa, koska joitain osia on vaikea saada nopealla aikataululla osan rikkoutuessa. Tällaisiin tilanteisiin on varauduttava etukäteen, ettei loppusijoittamista jouduta seisottamaan turhia aikoja. Varastotilojen määrä vaikuttaa omalta osaltaan loppusijoitettavan rakennusmateriaalin määrään. Kun laitos suljetaan lopullisesti, myös kapselointilaitos ja kaikki tukirakennukset puretaan ja kapselointilaitoksen säteilevät rakenteet ja komponentit sijoitetaan loppusijoituslaitokseen.

7.3 Vaikutukset ihmisten terveyteen

Tässä kappaleessa käsitellään järjestelmien käytöstä aiheutuvia suoria ja epäsuoria vaikutuksia ihmisten terveyteen. Terveyshaitalla tarkoitetaan ihmisessä todettavaa sairautta tai muuta terveydenhäiriötä sekä sellaista tekijää/olosuhdetta, joka voi vähentää väestön/yksilön elinympäristön terveellisyyttä (Ympäristövaikutusten arviointiselostus, 1999). Tarkastelussa ovat epäpuhtauksista, melusta, tärinästä ja onnettomuuksista aiheutuvat terveysvaikutukset.

Järjestelmien käytöstä ei aiheudu säteilyn aiheuttamia vaikutuksia ihmisten terveyteen, koska järjestelmät eivät säteile. Työntekijöiden täytyy huomioida kapselista peräisin olevat mahdolliset pienet säteilymäärät järjestelmiä käyttäessä kapselien läheisyydessä. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen laajentamisesta tehdyssä ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa mainitaan, että kapselilaitoksen työntekijöille aiheutuvat säteilyannokset ovat arvioiden mukaan pienempiä kuin ydinvoimalaitosten henkilökunnan saamat annokset (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 109). Tästä voidaan päätellä myös loppusijoitusprosessin aikana työntekijöihin kohdistuvien säteilymäärien olevan merkityksettömiä. Mahdollisimman pitkälle viedyllä automatisoinnilla päästään eroon työntekijöiden olemisesta kapselien läheisyydessä järjestelmien käyttöaikana.

Vikatilanteissa säteilymäärä ja siltä suojautuminen sekä muut terveydelliset vaikutukset täytyy arvioida tapauskohtaisesti. Turvallisuusvaatimusten täytyminen osoitetaan turvallisuusanalyseillä, joissa tarkastellaan todennäköisinä pidettäviä kehityskulkuja ja pitkäaikaisturvallisuutta heikentäviä epätodennäköisiä tapahtumia (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 109).

Järjestelmien käyttö ei aiheuta niin suuria ympäristövaikutuksia, että niistä olisi suoraa tai epäsuoraa vaikutusta ihmisten terveyteen. Yleinen ihmisten terveys ei ole vaarassa, koska onnettomuudetkin vaikuttavat vain paikallisesti loppusijoituslaitoksessa.

7.4 Sosiaaliset vaikutukset

Sosiaalisilla vaikutuksilla tarkoitetaan ihmisten elinoloihin ja muuhun kuin terveydeliseen hyvinvointiin kohdistuvia vaikutuksia, joissa osana voivat olla myös ympäristövaikutukset (Mäkäräinen 2000, 2). Tarkastelussa on vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen sekä yhdyskuntarakenteeseen, johon voidaan sisällyttää yritystoiminta, maatalous, matkailu, väestömäärä- ja rakenne, infrastruktuuri, kiinteistöjen arvot sekä kuntatalous.

Järjestelmiä käytetään maan alla, joten niistä ei ole näkyvää haittaa. Järjestelmien käytöstä ei aiheudu meluhaittaa työmaa-alueen ulkopuolelle, koska loppusijoituslaitosta ympäröivä kallio eristää äänet. Syvällä kalliossa loppusijoituslaitoksen louhimisessa tapahtuvaa räjäytystä ei voi tunkea tai kuulla laitosalueen ulkopuolella, joten se ei aiheuta ympäristövaikutusta (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 1999, 82). Koska räjäytyksestä aiheutuva melu ja värinä ovat huomattavasti suurempia kuin järjestelmien käytöstä aiheutuvat, voidaan päätellä, etteivät järjestelmäkään aiheuta melu- tai värinähaittaa ulkopuolelle.

Onkalon rakennustyömaan vaikutuksia kallioperään on mitattu Olkiluodon seismisen järjestelmän avulla, eikä mitään merkittävää muutosta ole havaittu. Tilaa seurataan reaaliajassa jatkuvilla mittauksilla. (Ympäristövaikutusten arviointiselostus 2008, 106.) Järjestelmät eivät lisää ainakaan merkittävästi värinää kallioperässä.

Järjestelmien täytyy olla luotettavasti toteutettu, jotta voidaan paikallisesti ja valtakunnallisesti olla varmoja niiden toimivuudesta ja turvallisuudesta.

8 TURVALLISUUSLUOKITELLUT TARVEAINEET (TLTA)

8.1 TLTA-järjestelmä

Käytännön kalliorakentamisessa joudutaan käyttämään tarveaineita, joiden kemialliset yhdisteet vaikuttavat mahdollisesti loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuteen esim. vapautuvien radionuklidien liikkuvuuteen, tai vaikuttavat vahingollisesti vapautumisesteiden toimintakykyyn. Tämän vuoksi TLT-aineiden hyväksyttäminen, valvonta ja vaikutusten arviointi on tärkeää. (Kontula sähköposti 1.8.2019.) Myös laitteet ja järjestelmät sisältävät tarveaineita, joiden vaikutukset voivat olla edellä mainitun kaltaisia.

Orgaanisia, hapettavia ja muita mahdollisesti haitallisia aineita on käytettävä rakentamisessa niin vähän kuin mahdollista. Haitallinen aine tai materiaali on pyrittävä vaihtamaan vapautumisesteiden toimintakyvyn kannalta vähemmän haitalliseen vaihtoehtoon aina, kun se on käytännössä mahdollista. (YVL D.7, 19.)

Haitalliset aineet ja materiaalit on pyrittävä poistamaan ennen loppusijoitustilojen sulkemista. Poistaminen on hoidettava työturvallisuuden rajoissa. Aineen tai materiaalin käytöstä aiheutuvat vaikutukset vapautumisesteiden toimintakykyyn on arvioitava ennen käyttämistä, jos poistaminen on käytön jälkeen mahdotonta suorittaa riittävän kattavasti. (YVL D.7, 19.)

Kaikkia materiaaleja, kuten laboratoriokemikaalit ja laitevaraosat, ei luokitella tarveaineiksi. Tällaisilla aineilla ja nimikkeillä ei ole TLTA-vaatimuksia. (Posivan sisäinen koulutusmateriaali 2017.) Nimike kuvaa lyhyessä muodossa materiaalin sovelluskohteen ja keskeiset ominaisuudet, kuten mekaaniset, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet. Nimikkeet muodostetaan standardien mukaisesti. (Materiaali- ja aineenkoetusstandardit 2018, 15.)

Tarveaineet tulee hyväksyttää ennen käyttöä ja niiden määriä seurataan, koska Säteilyturvakeskus vaatii, että luvanhaltijalla on menettelyt kalliotilojen rakentamisessa ja

käyttötoiminnassa käytettävien aineiden ja materiaalien sekä näiden määrien hyväksymiseksi ja hallitsemiseksi (YVL D.7, 19).

Posivalla turvallisuusluokitelluilla tarveaineilla tarkoitetaan kaikkia maanalaisessa rakentamisessa ja muussa toiminnassa käytettäviä materiaaleja, jotka eivät kuulu KBS 3 -moniesteperiaatteen teknisiin vapautumisesteisiin. TLTA-menettelyä hyödynnetään myös maanpäällisessä rakentamisessa ja muussa toiminnassa käytettävissä aineissa silloin, kun on mahdollista, että ne kulkeutuvat maanalaisiin tiloihin. (Posivan sisäinen asiakirja 2019). Posivalla ei ole kemikaalilupia, koska kemikaalien käsittely ja varastointi on vähäistä. Kemikaaliasioissa valvovana viranomaisena toimii pelastuslaitos. (Posivan sisäinen koulutusmateriaali 2017.)

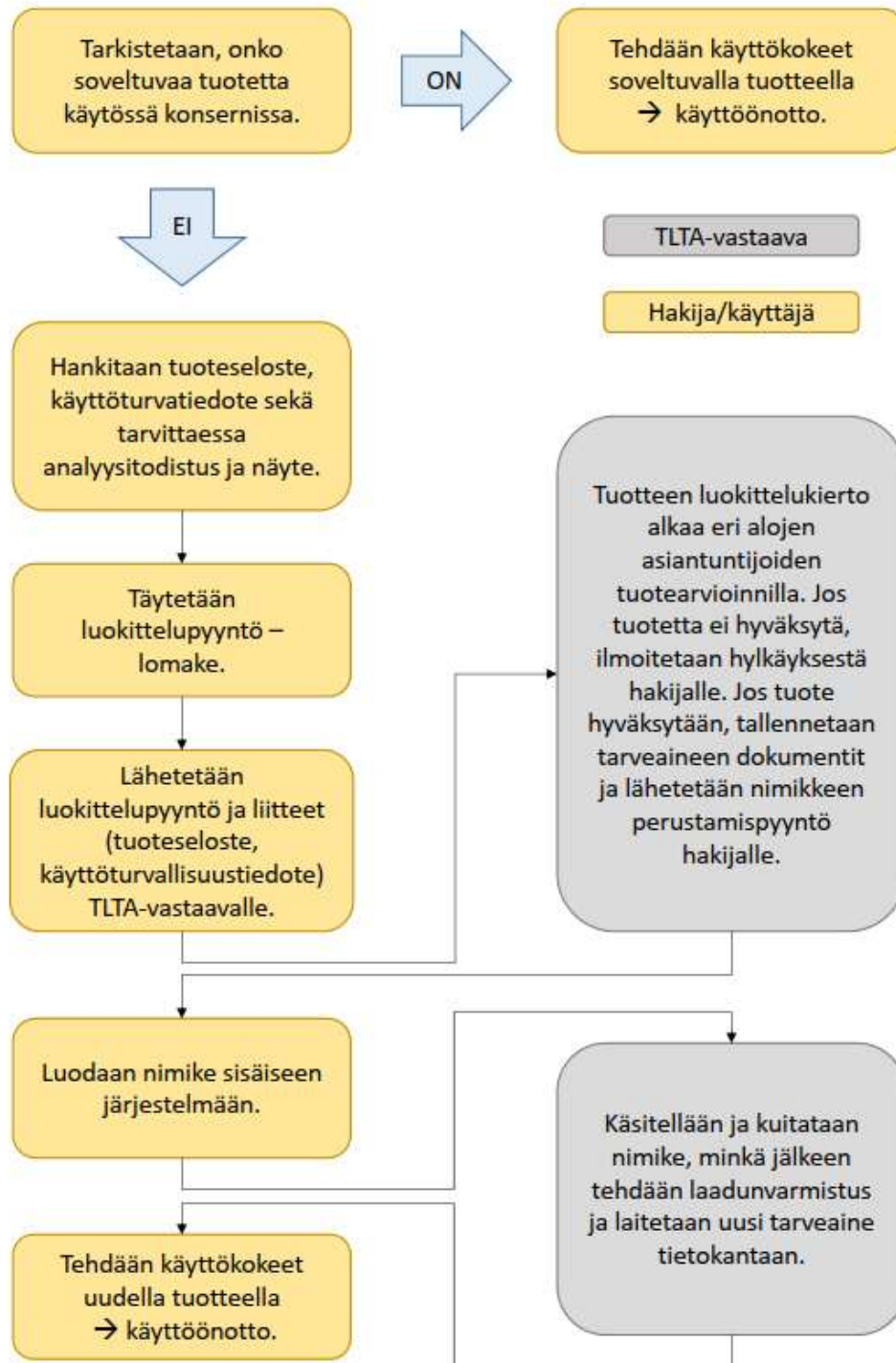
Kemikaalien ja muiden tarveaineiden käytön lähtökohtana on loppusijoituksen pitkäaikaisturvallisuuden varmistaminen sekä terveys- ja ympäristöhaittojen torjuminen. Tarveaineet tulee hyväksyttäväksi käyttökohteen ja -tarkoituksen mukaan eikä muita kuin Posivan käyttöön hyväksytyjä tarveaineita saa käyttää. TLTA -järjestelmän tarkoituksena on varmistaa, että tarveaineiden käyttö on turvallista, taloudellista ja hallittua. (TVO konsernin sisäinen koulutusmateriaali 2017.)

TLT-aineiden hyväksyttämällä ja rajoittamisella varmistetaan, etteivät aineet vaikuta kuparikapselin eheyteen, bentoniittipuskurin toimintakykyyn, radionuklidien kulkeutumiseen kallio pohjavedessä esimerkiksi muodostamalla kolloideja ja etteivät aineet aiheuta käytetyn polttoaineen liukenemistä. (Posivan sisäinen materiaali 2017.)

8.2 Tarveaineiden luokittelu ja hyväksyminen

Kaikki käyttöön tulevat tarveaineet käyvät läpi luokittelu- ja hyväksymismenettelyn, jolla varmistetaan tunnetun ja soveltuvan tuotteen käyttö oikeassa käyttökohteessa. Kaaviossa 1 on karkeasti esitetty tarveaineiden hyväksymismenettelyprosessi. Kaavio on tehty Posivan TLTA-koulutusmateriaalissa olevan laajemman ja yksityiskohtaisemman kaavion perusteella.

Aineet täytyy hyväksyttää joka kerta eri käyttökohteen mukaan. Uuden tarveaineen luokittelupyynnö tehdään samalla tavalla kuin tarveaineen, jota haetaan uuteen käyttötarpeeseen. Taustatutkimusten teko on laajempaa, kun kyseessä on uusi tuote.



Kaavio 1. Uuden tarveaineen hyväksymismenettely (Posivan sisäinen koulutusmateriaali 2017).

Hyväksytyt turvallisuusluokitellut tarveaineet luokitellaan taulukon 4 mukaisesti, minkä perusteella niiden sallittu käyttö määräytyy. Posivalla TLTA-luokat lähtevät luokasta 4, koska Posivan TLTA-järjestelmä on osa TVO konsernin järjestelmää, jossa luokkia on 6. Luokat 1-3 on käytössä vain TVO:lla, minkä takia niitä ei käydä läpi tässä työssä. Luokat 4 ja 5 ovat käytössä koko konsernissa, mutta Posivan luokan 4 määritelmä eroaa konsernin määritelmästä. Luokka 6 on ainoastaan Posivan käytössä.

Taulukko 4. TLTA-luokat Posivalla (Kontula sähköposti 1.8.2019).

Luokka 4, sininen	Maanpäällisessä rakentamisessa (mm. kapselointilaitoksen pohjatöissä, syvien kairareikien tutkimuksissa) käytettävät tarveaineet, joita saattaa päästä maan alle.
Luokka 5, valkoinen	Yleisessä käytössä olevat kemikaalit tai haitalliset aineet, esim. puhtaanapitotuotteet.
Luokka 6, musta	Maanalaisessa rakentamisessa käytettävät tarveaineet, jotka jakautuvat luokan sisällä kahteen turvallisuustasoon, A ja B. Aineiden käyttöä tarkastellaan ja ohjeistetaan tapauskohtaisesti. Ainoastaan tämän luokan tarveaineita saa viedä maan alle.

8.3 Pitkäaikaisturvallisuustasot

Tarveaineet jakautuvat pitkäaikaisturvallisuustasoihin pitkäaikaisturvallisuusmerkityksensä mukaisesti.

Tasoon A kuuluvat maanalaisessa rakentamisessa käytettävät aineet, joilla on tunnetusti pitkäaikaisturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Näitä ovat sementti, betoni ja li-säaineet, orgaaniset yhdisteet, epäorgaaniset typpiyhdisteet sekä muut epäorgaaniset yhdisteet kuten rikkiyhdisteet ja fosfaatit. Tähän tasoon kuuluvien aineiden käyttöä sallitaan vain sen verran, kuin loppusijoituksen toteutuksen ja työturvallisuuden kannalta on välttämätöntä. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 C.)

Taulukossa 5 on esitettyä esimerkkinä ajoneuvoista lähtöisin olevia tarveaineita, jotka kuuluvat turvallisuustasoon A. Taulukossa on määriteltynä materiaalin merkittäv in mahdollinen haittavaikutus pitkäaikaisturvallisuuteen. Kaikki taulukon materiaalit kuuluvat orgaanisiin yhdisteisiin.

Taulukko 5. Ajoneuvoista lähtöisin olevia turvallisuustason A tarveaineita (Posivan sisäinen asiakirja 2019 C).

materiaali	mistä peräisin	haittavaikutus
öljyt, dieselöljyt	ajoneuvot	mm. radionuklidien kulkeutuminen
liuottimet, voiteluaineet, pesuaineet	ajoneuvot	mm. radionuklidien kulkeutuminen
noki	ajoneuvot	mm. radionuklidien kulkeutuminen
ilman partikkelit	ajoneuvot	mm. radionuklidien kulkeutuminen
muovit, kumit	ajoneuvojen renkaat	mm. radionuklidien kulkeutuminen

Tasoon B kuuluvat kaikki tasoon A kuulumattomat epäorgaaniset aineet kuten hiekka, kiviaines ja metallit. Tähän tasoon kuuluvat tarveaineet eivät tämänhetkisen tietämyksen mukaan haittaa pitkäaikaisturvallisuutta. Tason B tarveaine voidaan myöhemmin siirtää tasolle A, jos sille todetaan lisätutkimuksissa tarvetta. Tästä syystä myös tason B aineiden käyttöä valvotaan. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 C.)

8.4 Materiaalitekniinen lupanumero

Jokaiselle turvallisuusluokitellulle tarveaineelle on olemassa oma materiaalitekniinen lupanumero, joka määräytyy pääluokkajaottelun mukaisesti. Pääluokkajaottelu tapahtuu TLTA-luokkien (taulukko 4) sisällä. Posivan tarveaineiden pääluokkia ovat POSIVA-TLTA-18, johon kuuluvat pitkäaikaisturvallisuustasoon A kuuluvat tarveaineet ja POSIVA-TLTA-19, johon kuuluvat pitkäaikaisturvallisuustasoon B kuuluvat tarveaineet. (TVO konsernin sisäinen koulutusmateriaali 2017.)

Kullekin materiaalityhmälle on tarveainekäsikirjan materiaaliyhjeissa määritetyt vaatimukset, jotka kertovat mm. tarveaineiden korkeimmat sallitut pitoisuudet tuotteissa

(TVO konsernin sisäinen koulutusmateriaali 2017). Taulukossa 6 on esitettyä tarveaineiden materiaalitekhninen lupanumerointi Posivalla.

Taulukko 6. Posivalla käytettyjen tarveaineiden materiaalitekhninen lupanumerointi (Posivan sisäinen materiaali 2016 A/B).

Materiaalitekhnisen lupanumeron alkuosa	Pitkäaikaisturvallisuustaso	Alle kuuluvat aineet
POSIVA-TLTA-18-1	A	Sementit, betonit ja lisäaineet
POSIVA-TLTA-18-2	A	Orgaaniset yhdisteet
POSIVA-TLTA-18-3	A	Typpi yhdisteet
POSIVA-TLTA-18-4	A	Muut aineet ja materiaalit
POSIVA-TLTA-19-1	B	Metallit
POSIVA-TLTA-19-2	B	Muut epäorgaaniset aineet
POSIVA-TLTA-19-3	B	Muut aineet ja materiaalit

Lisäksi lupanumeron alkuosan jälkeen tulee aina aineen ja materiaalin yksilöivä numero. Esimerkiksi pitkäaikaisturvallisuustasoon A kuuluvan kalsiumkloridin yksilöity materiaalitekhninen lupanumero on POSIVA-TLTA-18-1-41 ja pitkäaikaisturvallisuustasoon B kuuluvien öljynimeytysmattojen yksilöity materiaalitekhninen lupanumero on POSIVA-TLTA-19-2-1. (Posivan sisäinen materiaali 2016 A/B.)

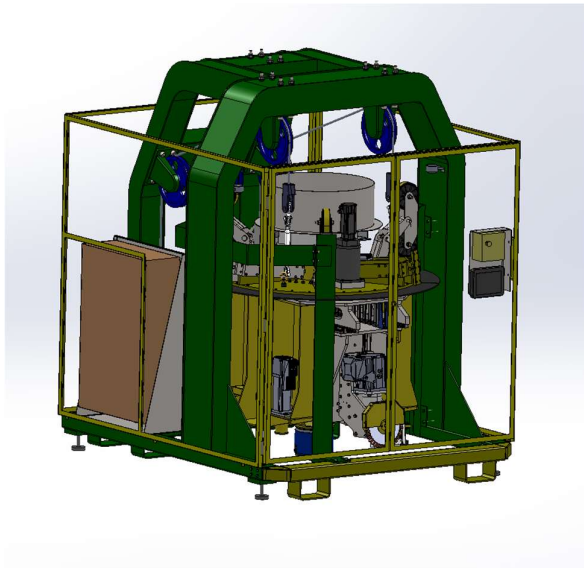
9 JÄRJESTELMIEN HYVÄKSYTTÄMINEN LOPPUSIJOITUSTILOIHIN

Kaikki Posivan laitosalueen työmaalle tuotavat koneet ja laitteet tarkistetaan ennen käyttöönottoa Posivan ohjeessa kuvattujen menettelyjen mukaisesti ja niiden on täytettävä voimassaolevat määräykset. Tarkastus on tehtävä myös koneen tai laitteen suurempien huolto- ja korjaustöiden sekä yli neljän kuukauden seisonta-ajan jälkeen. Koneet ja laitteet on todettava käyttötarkoitukseensa sopiviksi ja niitä koskevien vaatimusten mukaisiksi sekä CE-merkityiksi. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 B.) CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa tuotteen ominaisuuksien olevan eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaiset (Ympäristöministeriön www-sivut 2013).

Lyhytaikaisesti (0-3 vrk) maan alla vierailevien ajoneuvojen ja työkoneiden omia kemikaaleja (esim. öljyt, polttoaineet, jäähdytinnesteet) ei tarvitse vierailua varten hyväksyttää erikseen. Nämä kemikaalit on kuitenkin listattava ja lista on annettava turvahenkilölle Posivan portilla. Ilman kemikaalilistaa turvahenkilö ei saa päästää autoa työmaa-alueelle. Loppusijoituslaitoksella käytettävien polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen ja työkoneiden on oltava dieselkäyttöisiä. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 B.)

9.1 Case: loppusijoitusreiän pohjan tasauslaitteen hiomapää

Loppusijoitusreiän porauslaitteella valmistetaan reikä, johon kapseli sijoitetaan. Porauksen jälkeen reiän pohjalla on yli 1 cm korkeuseroja, minkä takia sitä pitäisi tasoittaa puskuribentoniitin asennukselle sopivaksi. Tästä syystä Posivalle on valmistettu loppusijoitusreiän pohjan tasauslaite (kuva 12). Pohjan tasaisuusvaatimus perustuu puskurin ja kapselin asennustoleransseihin. Toleranssit on määritelty siten, että pystytään asentamaan komponentit ja osoittamaan koko loppusijoitusjärjestelmän toimintakyky. Pohjan tasauslaite on valmistettu Posivan tarpeisiin, eikä vastaavaa laitetta ole saatavilla markkinoilla. (Posivan sisäinen asiakirja 2016.) Osana opinnäytetyötä maan alle hyväksytettiin pohjan tasauslaitteen hiomapäässä olevat turvallisuusluokitellut tarveaineet.



Kuva 12. Loppusijoitusreiän pohjan tasauslaite (Posivan sisäinen materiaali 2015).

Hiomapään tarveaineiden käyttöturvallisuustiedotteet ja tuoteselosteet oli hankittu etukäteen, minkä takia työ alkoi selvityksellä, löytyykö tuotteita valmiiksi TVO:n tai Posivan hyväksytyistä tarveaineista. Kolme ainetta ei löytynyt ollenkaan, kolme ainetta löytyi TVO:lle hyväksytyistä ja kolme ainetta oli Posivalla hyväksytyinä maan alle eri tarkoituksiin. Seuraava tehtävä oli selvittää, löytyisikö tarveaineille jotain vastaavaa tuotetta hyväksytyjen listalta.

Taulukossa 7 on esitettyinä pohjan tasauslaitteen hiomapäässä olevat tarveaineet, niiden kuvaukset ja TLTA-luokka. Taulukon aineista nestemäisessä muodossa ovat Alphasyn HTX 68, voiteluvaseeliini ja Mobilith SHC 220. Loput ovat kiinteitä tai kovettuvia aineita.

Taulukko 7. Pohjan tasauslaitteen hiomapäässä olevat turvallisuusluokitellut tarveaineet.

tuotenimi	tuotteen kuvaus	TLTA -luokka
Teknodur 0090-20	maali	määrittämättä
Voiteluvaseeliini 1	vaseeliini	määrittämättä
Alphasyn HTX 68	voiteluaine	määrittämättä
Teknozinc 90 SE	maali	TVO-TLTA-4
Loctite 243	ruuvilukite	TVO-TLTA-4
Loctite 330	liima	TVO-TLTA-4
Inerta 51 MIOX	maali	POSIVA-TLTA-6
Inerta MIOX hardener	maalikovete	POSIVA-TLTA-6
Mobilith SHC 220	vaihdeöljy	POSIVA-TLTA-6

Maaleja ja maalikovetteita ei tarvitse hyväksyttää maan alle erikseen, koska ne voidaan luokitella kiinteäksi osaksi laitetta. Jos laitetta maalattaisiin laitoksen alueella, maalitkin pitäisi hyväksyttää omina tuotteitaan. Kuitenkaan kuivuneesta maalipinnasta ei katsota aiheutuvan riskiä pitkäaikaisturvallisuudelle. Maalit täytyy joka tapauksessa luetteloida, jotta tiedetään kaikki tunneliin jäävät tarveaineet, jos laite esimerkiksi syttyy palamaan. Kaikki laitteet ja järjestelmät maalataan Posivalla määrättyjen standardien mukaisesti, jolloin maalipaksuudet ja kerrosmäärät ovat oikeanlaiset. Eri maali-kerrosten värisävyjen on erotuttava toisistaan sekä täytettävä RAL -värisävytaulukon vaatimukset. RAL -värikarttojen määrittely perustuu kansainvälisiin standardeihin (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n [www-sivut](http://www.sfs.fi) 2019).

Taulukossa 8 on esitetty kerroksittain pohjan tasauslaitteen hiomapäässä käytetyt maalit ja niiden paksuudet. Jokaisen maali-kerroksen jälkeen on laitettu maalikovetetta.

Taulukko 8. Pohjan tasauslaitteen hiomapään pintakäsittely (Nummelin sähköpositiivisesti 1.7.2019).

kerros	maali	väri	kerrospaksuus
1.	Teknozinc 90SE	harmaa	40 µm
2.	Inerta 51 MIOX	harmaa	100 µm
3.	Inerta 51 MIOX	harmaa	100 µm
4.	Teknodur 0090-20	RAL-1018 (keltainen)	40 µm
			yhteensä: 280 µm

Aineille ei löytynyt korvaavia tuotteita, joten kaikki listan tarveaineet, maalit pois lukiin, täytyi hyväksyttää Posivan TLTA-menettelyiden (Kaavio 1, s. 39) mukaisesti.

9.2 Case: Polaris Ranger EV T2a

Onkaloon tilattiin testikäyttöön Polaris Ranger EV T2a -sähkömönkijä (kuva 13) myöhemmin tehtävää projektia varten. Projektin tarkoituksena on laserkeilata osa loppusijoituslaitoksesta, koska halutaan selvittää mahdollisuudet navigointiteknologian ja automaation hyödyntämiselle loppusijoitukseen osallistuvien laitteiden valmistuksessa ja näin loppusijoitusprosessissa.

Ennen ostopäätöstä mönkijän toimivuutta piti testata tunneliolosuhteissa. Sähkömönkijää ajettiin rinnan diesel-mönkijän kanssa vertaillen, kumpi on parempi valinta projektin kannalta. Ajotestejä suoritettiin kolmena päivänä, minkä takia mönkijän kemikaaleja ei tarvinnut testausvaiheessa hyväksyttää maan alle erikseen. Mönkijällä ajettiin tasaisella työmaa-alueella sekä tunnelissa ylä- ja alamäkeen.



Kuva 13. Polaris Ranger EV T2a (Polaris mönkijät 2019 -esite).

9.2.1 Mönkijän testiajot ja litiumioniakkujen toimintakyky

Kahden istuttava Ranger EV T2a on nelivetoinen traktorimallinen mönkijä. Mönkijällä ajaminen on tasaista ja helppoa. Mönkijä heilahtelee tasoittamattomalla, koska se mukailee maastoa. Kuitenkin sillä on ketterä kulkea ja kääntyillä tunneleissa. Diesel-mönkijä tärisee jatkuvasti ja sen kanssa tulee helposti äkkinäisiä nytkäyksiä. Tästä syystä diesel-mönkijän kanssa on mahdoton suorittaa tarkkuutta vaativa tunnelien skannaus. Sähkömönkijä on tasaisuutensa ansiosta ideaali kyseiseen työhön.

Pitkässä (5 km) ylämäessä akkujen kuluminen on runsasta ja vaihtelevaa. Ensimmäisellä ajokerralla akkua kului n. 50 %, toisella ajokerralla 25 % ja kolmannella 32 %. Polariksen maahantuojan mukaan akun prosenttinäyttö ei toimi lineaarisesti. Kulutus muuttuu ainakin tilanteessa, jossa lähdetään liikkeelle suoraan latauksesta, jolloin prosentit tippuvat aluksi hitaammin verrattuna siihen, jos akut on ladattu esimerkiksi vuorokautta aiemmin. (Ylä-Outinen sähköpostiviesti 16.7.2019.) Testin aikana mönkijä ladattiin kertaalleen ja 1,5 tunnissa oli tullut 10 % akkua. Mönkijän akkujen varausta ei saa päästää alle 20 %, josta ladattuna täyteen latausaika on noin 8 tuntia. Palovaaran takia litiumioniakkuja ei saisi ladata ilman valvontaa, koska oikosulut johtuvat usein liiasta lataamisesta (Meurman ja Niemi 2018). 8 tunnin latausaika on pitkä valvottavaksi.

Litiumioniakuissa suurin palovaaraa aiheuttava ominaisuus on lämpökarkaaminen (thermal runaway). Lämpökarkaaminen tarkoittaa akun sisältämien kemikaalien hajoamiseen, syttymiseen ja voimakkaaseen paloon lämpötilan noustessa. (Pitkämäki, Kontiokari, Päällysaho, Bröckl ja Raivio 2017, 9.) Suojausmekanismit auttavat, mutta jossain vaiheessa vaurio voi päästä niin suureksi, että ne pettävät. Lämpökarkaamisen aikana akussa syntyy myrkyllisiä palavia kaasuja, jotka voivat aiheuttaa purkautuessaan soihtupaloja. Litiumioniakku sisältää palamisen kolme edellytystä (palava aine, lämpö ja happi), minkä takia palo on vaikea sammuttaa. (Meurman ja Niemi 2018.)

Palavana aineena toimii litiumioniakuissa käytetyt elektrolyytit, mitkä eroavat ominaisuuksiltaan lyijyakuissa käytetyistä, joita ei luokitella palavaksi aineeksi. Sammuttuun palo syttyy helposti uudestaan, koska kuumasta akusta tulevat höyrystyneet elektrolyytikaasut voivat syttyä koskettaessaan happea. (Pitkämäki, Kontiokari, Päällysaho, Bröckl ja Raivio 2017, 9.)

Sähkömönkijä on päästötön vaihtoehto. Kuitenkin renkaat kuluvat samoin kuin muidenkin mönkijöiden jättäen mikromuovia maastoon. Akkujen syttyminen on paloturvallisuuden lisäksi osa ympäristöturvallisuutta. Jos mönkijä syttyy palamaan tunneleissa, siitä jää tarveaineiden jäämiä ympäristöön. Maan alla tämä voi vaikuttaa pitkäaikaisturvallisuuteen. Yleensä akun palamisesta tai muusta vaurioitumisesta ei ole suoraa vaaraa vakavalle kemikaalivuodolle, koska litiumioniakuissa ei yleensä ole merkittäviä määriä nestemäisessä muodossa olevia elektrolyyttejä (Pitkämäki, Kontiokari, Päällysaho, Bröckl ja Raivio 2017, 11).

Tasaisen ajo-ominaisuuden takia sähkömönkijä päätettiin ostaa projektia varten. Mönkijän tekniset tiedot, testiajot ja niiden tulokset sekä riskienarviointi ovat tarkemmin avattuna liitteessä 1.

9.2.2 Sähkömönkijän hyväksyttäminen loppusijoitustiloihin

Sähkömönkijä tilattiin lisävarusteilla, minkä ansiosta osasta ajotesteissä havaituista ongelmista päästiin eroon. Mönkijän hyväksyttämisessä loppusijoitustiloihin oli huomioitava turvallisuusluokitellut tarveaineet. Päästörajoitteita ei tarvinnut sen koommin huomioida, koska sähkömönkijä on päästötön. Mönkijä oli valmiiksi CE-merkitty.

Turvallisuuskulmasta huomioitaviin asioihin kuuluu muuan muassa komuvaara. Komu tarkoittaa louhitun tilan katosta tai seinästä irtoavaa kiveä. Komuvaaralla tarkoitetaan kiven putoamisen aiheuttamaa kaatumista, sinkoutumista tai väliin puristumista. (Reinboth 2008.) Komuvaaran minimoimiseksi mönkijässä on oltava suojaava katto.

Lisänä mönkijään asennettiin lasinen tuulilasi ja siihen pyyhinsarja tuulilasin pesulaitteella, minkä kanssa päästiin eroon tuulilasin likaantumisesta aiheutuvasta näköhaitasta. Akkutilaan ja sähkömoottorin lähelle asennettiin Salgrom technologiesin automaattiset sammutusjärjestelmät (Salgromatic). Automaattinen sammutusjärjestelmä lisää paloturvallisuutta litiumioniakkujen kanssa.

Mönkijä piti hyväksyttää maan alle vakituiseksi laitteeksi. Tässä kohtaa maahan-tuojalta pyydettiin mönkijässä olevien tarveaineiden tuoteselosteet ja käyttöturvallisuustiedotteet. Hyväksyttäminen tapahtui sivulla 39 olevan kaavion 1 mukaisesti. Tarveaineet hyväksytettiin luokkaan 6. Taulukossa 9 on esitettyinä Polaris Ranger EV T2a:n turvallisuusluokitellut tarveaineet.

Taulukko 9. Polaris Ranger EV T2a:n tarveaineet.

tuotenimi	tuotteen kuvaus
Polaris Demand Drive Fluid	moottoriöljy
Polaris Brake Fluid	jarruneste
Polaris AGL Plus	vaihteistoöljy

Akuista ei tarvinnut olla käyttöturvallisuustiedotteita, koska ne eivät kuulu asioihin, joista sellainen on lakisääteisesti laadittava. Käyttöturvallisuustiedotteita koskevat

vaatimukset ovat esitetty REACH -asetuksessa. (Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu 2019).

"REACH on Euroopan unionin asetus, jonka avulla pyritään suojelemaan ihmisten terveyttä ja ympäristöä paremmin kemikaalien aiheuttamilta riskeiltä sekä parantamaan EU:n kemikaaliteollisuuden kilpailukykyä." REACH-asetusta sovelletaan kaikkiin kemiallisiin aineisiin, myös esineissä oleviin. Asetus vaikuttaa useimpiin yrityksiin koko Euroopan unionin alueella. Siinä määritetään menettelyt aineiden ominaisuuksia ja vaaroja koskevan tiedon keräämiseen ja arviointiin. (ECHA:n www-sivut. 2019).

Akkujen toimittajalta saatiin kuitenkin REACH -asetuksen mukainen lausunto akkujen käyttöturvatieotteista. Lausunto on tämän työn liitteenä 2. Lausunnon mukaan akuille ei ole nykyisen direktiivin alla tarvetta tuottaa ja ylläpitää käyttöturvatieotteita. Kuitenkin heti, jos riskinhallinnan arviointiin vaikuttavaa uutta tietoa ilmaantuu tai uutta tietoa haitoista tulee saataville, olemassa oleva käyttöturvatieote täytyy tarkastaa tai tämän puuttuessa tuottaa uusi käyttöturvatieote. (Exide technologies 2015.)

Konsernissa ei ole tarkasteltu ajoneuvojen akkuja TLTA-näkökulmasta. Posivalla on maan alla muun muassa vierailukäytössä sähköauto, jonka akuille ei ole tehty erityisiä tarkasteluja. Tästä syystä ennakkotapauksen nojalla myöskään sähkömönkijän akkuja ei tarvinnut TLTA -luvittaa. Tulevaisuudessa luvitusta saatetaan vaatia, jos loppusijoitustiloihin aiotaan viedä enemmänkin sähkökäyttöisiä laitteita ja ajoneuvoja. Akkujen kemikaalit olisi hyvä tuntea ja analysoida pitkäaikaisturvallisuuden vuoksi.

Kun mönkijän tarveaineet ovat hyväksytyt, mönkijälle tehdään vielä käyttöönottotarkastus Posivan ohjeissa kuvattujen menettelyjen mukaisesti. Tämän jälkeen, jos mönkijä läpäisee kaikki vaadittavat asiat, sen saa viedä maan alle.

10 SUOSITUKSET YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLISISTÄ VALINNOISTA

10.1 Säädökset ja määräykset

Ympäristöolosuhteet ja mahdolliset rasitukset on määriteltävä kaikissa käyttöolosuhteissa ja kaikessa tekemisessä sekä tulokset on dokumentoitava, jotta välttyään turhilta vioilta ja riskeiltä. On varmistettava, että toimintakyky ääriolosuhteissa on asetettujen vaatimusten mukainen koko suunnitellun käyttöiän ajan. Kelpuutus on suoritettava standardien mukaisten testien ja analyysien avulla. Myös epäedullisimpien käyttö- ja ympäristöolosuhteiden yhteisvaikutus on huomioitava laitteiden suunnittelussa. (YVL E.7, 22-23.)

Laitteissa tapahtuvien vikojen ehkäisemiseksi STUK määrää, että niiden suunnittelussa ja valmistuksessa on otettava huomioon sisäiset ja ulkoiset tapahtumat. Sisäisinä tapahtumina on huomioitava tulipalot, tulvat, räjähdykset, sähkömagneettinen säteily, raskaiden esineiden putoamiset, erilaiset kalliosortumat ja muut mahdolliset sisäiset tapahtumat. Ulkoisina tapahtumina on huomioitava harvinaisetkin sääolosuhteet, seisमित ilmiöt, laitoksen ympäristössä tapahtuvien onnettomuuksien vaikutukset ja muut ympäristöstä tai ihmisen toiminnasta johtuvat tekijät. (YVL D.5, 20.)

10.2 Laitteiden yhdenmukaisuus

Laitteet tulisi valmistaa mahdollisimman yhdenmukaisiksi siten, että niissä on samantaisia ominaisuuksia ja käytössä muun muassa samat tarveaineet. Näin minimoidaan turvallisuusluokiteltujen tarveaineiden lukumäärä loppusijoituslaitoksessa, eikä niin montaa tarveainetta tarvitse erikseen hyväksyttää ja hallita.

10.3 Hydrauliikkaöljyt

Yleisimpiä syitä öljyvahinkoihin ovat rakenteellinen vika (hajonnut tiiviste, letku ym.) ja asennusvirhe, jolloin ei ole huomioitu liikeratoja, letkun kiertymää tai minimi taipuvussädettä eikä ole käytetty lukitetta (Posivan sisäinen materiaali 2013).

Hydrauliikkaöljyt luokitellaan raskaisiin öljyihin. Ominaisuuksiltaan käyttökohteesseen oikeanlainen hydrauliikkaöljy pidentää käyttöikää sekä vähentää energiahäviötä, -kulutusta ja kustannuksia. Viskositeetiltaan alhaisempi öljy kiertää helpommin hydraulijärjestelmässä vähentäen energiahäviötä ja säästäen kustannuksissa. Hydrauliijärjestelmässä on oltava oikeanlaiset suodattimet puhtauden edistämiseksi, koska järjestelmän läpi kulkeutuva lika voi aiheuttaa häiriöitä ja vaurioita. Käyttölämpötila on pidettävä hallinnassa, koska lämpötilan noustessa öljyn käyttöikä laskee. Lämpötila olisi hyvä pitää mahdollisimman alhaisena. (Luhtala 2019). Tyhjäkäynnin rajoittamisella käyttölämpötilaa saadaan pidettyä matalampana.

Ympäristöä vähemmän kuormittavia biohajoavia hydrauliikkaöljyjä ei voi käyttää loppusijoituslaitoksessa. Loppusijoituslaitokseen ei voi viedä mitään ylimääräistä elope- räistä hallitsemattoman mikrobikasvun takia, koska se saattaa olla suuri riski pitkäai- kaisturvallisuudelle. Loppusijoitustunneleissa on nollatoleranssi kaiken tyyppisille öljyvuodoille, myös biohajoaville, joten tunnelin hylkäämisestä vuodon takia ei päästäisi kuitenkaan eroon. Raskaiden hydrauliikkaöljyjen vuotojen vaikutuksia on helpompi hallita kuin biohajoavien.

Hydrauliikkaöljyt eivät saa aiheuttaa ei toivottuja kemiallisia reaktioita öljyn kanssa kosketuksissa olevien järjestelmän materiaalien kanssa, esim. tiivisteet ja letkut (Exner, Freitag, Ing Geis ja Lang 1991, 18-19). Tämä pitää huomioida tiivisteiden, putkien ja letkujen materiaalivalinnoissa.

Öljyvuotoja voidaan ehkäistä teknisillä valintaperusteilla minimoimalla hydrauliikan määrää ja suosimalla putkia letkujen sijasta (Posivan sisäinen materiaali 2013). Putket ja säiliö voidaan valmistaa kaksinkertaisiksi, jolloin ulomman kuoren vaurioitessa, sisempi saattaa edelleen olla ehjä ja toisinpäin. Suojaus tulee toteuttaa kuitenkin niin, että putket ovat helposti tarkastettavissa.

Vuodon havaitseminen ajoissa on tärkeää, koska silloin mittavia vahinkoja ei välttämättä ehdi syntyä. Laitteisiin voi asentaa hydrauliikkaöljyjen läheisyyteen vuoto-

kaukaloita toimimaan varoaltaana, johon öljyvudon sattuessa öljy tippuu. Näin vuodot voidaan havaita kaukalosta ennen, kun ne koskettavat maaperää. Myöskin automaattiset pinnanmittausjärjestelmät auttavat havaitsemaan ongelmia ajoissa.

Vuodon sattuessa tärkeintä on ehkäistä sen leviäminen. Loppusijoituslaitoksessa on öljynimeytysmattoja, joita käytetään vuototilanteessa. Vuodon leviäminen ja saastuneen maaperän poistaminen on erittäin tärkeää, vaikka tunnelia ei käytettäisikään enää vuodon jälkeen.

10.4 Laitteiden automatisointi ja sähköistäminen

Opinnäytetyön aikana hyväksytetty mönkijä tilattiin projektiin, jonka tarkoituksena on laserkeilata osa loppusijoituslaitoksesta testimielessä. Projektissa halutaan selvittää mahdollisuudet navigointiteknologian ja automaation hyödyntämiselle loppusijoitukseen osallistuvien laitteiden valmistuksessa ja näin loppusijoitusprosessissa.

Loppusijoitusprosessiin osallistuvien järjestelmien tulisi olla mahdollisimman pitkälle automatisoituja laitteita eikä ajoneuvoja. Ajoneuvojen ohjaamiseen tarvitaan fyysisesti henkilöä ja automatisoitujen laitteiden ei. Järjestelmien automatisoinnilla toiminnoista saadaan yhtenäisiä, ennustettavia ja luotettavia, ja siten on mahdollista päästä lähes kokonaan eroon inhimillisistä virheistä ja riskitekijöistä (Kalmarin [www-sivut 2019](#)).

Kun ollaan tunnelissa maan alla, noin 450 metrin syvyydessä, ongelmaksi saattaa muodostua esimerkiksi kommunikointiyhteys valvomon ja liikkuvien laitteiden välillä, mikä on huomioitava suunnittelussa. Loppusijoituslaitokseen on suunnitteilla oma mobiiliverkko, joka valmistuessaan parantaa yhteyksiä ja mahdollisuutta mahdollisimman pitkälle viedylle automatisoinnille.

Ympäristövaikutusten kannalta ihanteellisin vaihtoehto on päästöttömät pelkästään sähköllä toimivat laitteet. Kuitenkaan akut eivät välttämättä ole täysin luotettavia yksinään, jos akku loppuu tai hajoaa yhtäkkiä. Myöskin akkujen kesto voi vaihdella ja latausajat voivat olla pitkiä. Ennen, kun loppusijoitusprosessin laitteiden suunnittelussa ja valmistuksessa siirrytään täysin akkukäyttöisiin laitteisiin, pitäisi selvittää

onko akkujen käyttö käytännössä mahdollista ja turvallista näin suurissa laitteissa. Akkujen käytössä on aina paloturvallisuusriski, josta seuraa ympäristöriskejä ja muita turvallisuusriskejä.

Esimerkkinä Volvo Construction Equipment ja Skanska suunnittelivat ja toteuttivat Electric site -konseptin testauksen. Tutkimusprojektissa sähköistettiin ja automatisoitiin jokainen louhoksen kuljetusvaihe. (Satuli 2018.) Tarkoituksena oli tehdä ensimmäinen päästötön kaivostyömaa koko maailmassa. Projektia testattiin Skanskan Vikan Cross kaivoksella Ruotsissa 10 viikkoa, vuoden 2018 elokuun lopulta alkaen. Testillä saatiin 98 % vähennys hiilidioksidipäästöihin, 70 % vähennys energiakustannuksiin ja 40 % vähennys käyttökustannuksiin, mitkä ylittivät etukäteen lasketut odotukset. Näiden lisäksi polttoaineen hyötysuhde parani 50 %. Yhteensä nämä vähennykset saivat aikaan 25 % parannuksen kokonaiskustannuksiin, mikä on kuitenkin vain ennuste, koska järjestelmä ja laitteet eivät ole vielä kaupallisesti saatavilla. (Volvo CE:n www-sivut 2019.)

Vaihtoehtona sähkölaitteisiin ovat hybridilaitteet. Hybriditeknologia yhdistää polttomoottorin ja sähkömoottorin, joten akkujen hajotessa tai loppuessa laite kuitenkin vielä toimii, jolloin se saadaan helpommin pois loppusijoituslaitoksesta korjattavaksi tai latauspisteeseen. Järjestelmien ja loppusijoitusprosessin sosiaalisia vaikutuksia voidaan nostaa käyttämällä hybridilaitteissa uusiutuvaa dieseliä. Tällä valinnalla pystytään huomioimaan kiertotalous ja kestävä kehitys myös käyttöaikana.

10.5 Ympäristövaikutusten minimointi käyttöaikana

Posivan laitosalueen turvallisuussuunnitelman mukaan loppusijoituslaitoksen työmaalla käytettävät ajoneuvot ja työkonet on tarkastettava viikoittain ja tästä on pidettävä kirjaa. Huomiota on kiinnitettävä erityisesti öljyvahinkojen ehkäisemiseen. Loppusijoituslaitoksessa ei saa korjata ajoneuvoja ja työkoneita muuta kuin erityisluvalla, jos siirrosta maan pinnalle aiheutuu suurempi riski kuin korjauksesta maan alla. (Posivan sisäinen asiakirja 2019 B.) Laitteet, varsinkin öljyvuotoriskin aiheuttavat osat, tulee tarkastaa silmämääräisesti aina ennen käyttöä.

Laitteita käyttävän työntekijän kanssa tulee käydä läpi omien tekojen ja valintojen vaikutukset ympäristöön sekä laitteiden käytöstä aiheutuvat merkittävimmät ympäristövaikutukset ja niiden minimointi. Laitteiden automatisoinnilla ja esimerkiksi tyhjäkäynnin estolla ja muilla teknisillä ratkaisuilla päästään pitkälti eroon inhimillisistä virheistä.

Kuitenkin laitteiden automatisoinnin ohjauksessa ja huollossa vastuussa on aina henkilö, jonka tulisi toimia mahdollisimman järkevästi ympäristö huomioon ottaen. Esimerkiksi jätteistä huolehtiminen ja pesuveden tehokas käyttö ovat täysin henkilön vastuulla. Työntekijälle on oltava selvää, miten toimia tilanteessa, kun havaitsee laitteessa jonkun vian, ettei omilla toimillaan mahdollisesti pahenna sitä.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

11.1 Järjestelmien ympäristövaikutusten laajuus

Kappaleen 7 johtopäätöksenä voidaan todeta, että laitteiden normaalikäytöstä ei aiheudu merkittäviä ympäristövaikutuksia loppusijoituslaitokseen eikä loppusijoituslaitoksen kautta muualle ympäristöön. Suurimpana ympäristövaikutuksena voidaan pitää mahdollisen hydraulikkaöljyvuodon seurauksia.

Jos laitteista vuotaa öljyä loppusijoitustunneliin, tunneli hylätään. Tästä seuraa se, että tunneli on louhittu turhaan, koska sitä ei voida käyttää. Louhiminen rasittaa aina kalliota ja tämän kautta myös ympäristöä ja hylkytilanteessa kyseinen rasituskin on ollut turhaa. Loppusijoitettavan käytetyn ydinpolttoaineen määrä ei kuitenkaan vähene, joten hylätyn loppusijoitustunnelin tilalle tarvitaan uusi tunneli, jotta sama määrä polttoainetta saadaan loppusijoitettua.

Loppusijoitustunnelin louhiminen on kallista. Tunnelin hylkääminen on ympäristövaikutusten lisäksi suuri rahallinen menetys. Yhden tunnelin hylkääminen tuplaa tunnelin hinnan, koska tässä kohtaa joudutaan laskemaan yhteen menetetyn tunnelin kustannukset korvaavan tunnelin kustannusten kanssa. Tähän voidaan lisätä myös öljyvuo- don laajuudesta riippuen saastuneen maa-aineksen puhdistus- tai poistokustannukset.

11.2 Sähkökäyttöisten laitteiden ja ajoneuvojen akut

REACH -asetus vapauttaa akkujen valmistajat käyttöturvallisuustiedotteen laatimisesta akuille. Kuitenkaan akkujen kemikaaleja ei voida pitää ympäristövaikutuksetto- mana sellaisten päästessä kosketuksiin esimerkiksi maaperän kanssa. Loppusijoitus- laitokseen on hyväksytty sähköauto ja opinnäytetyön aikana hyväksytetty sähkömön- kijä, joiden akkuja ei ole tutkittu tarkemmin. Loppusijoituslaitteet ovat kokoluokaltaan huomattavasti suurempia kuin edellä mainitut, joten akutkin ovat suuria ja sisältävät enemmän kemikaaleja.

Akkujen kemikaalit ja niiden ympäristövaikutukset tulisi tutkia ja erikseen hyväksyä tai hylätä. Tällä hetkellä ei olla varmoja akkujen kemikaalien vaikutuksista pitkäaikaisturvallisuuteen. Esimerkiksi tässäkin työssä aiemmin käsitelty litiumioniakkujen palamiskahva on suuri ja tällaisessa tilanteessa olisi hyvä tietää, mitä loppusijoituslaitokseen jäisi ja millaisia vaikutuksia palamisesta syntyvillä myrkyllisillä kaasuilla voi olla.

Akkujen ympäristövaikutukset on selvitettävä senkin takia, että tiedetään hylätäänkö loppusijoitustunneli, jos akku hajoaa siellä jättäen jäämiä. Jos todetaan, että akuista on haittaa pitkäaikaisturvallisuudelle ja loppusijoitustunnelit jouduttaisiin hylkäämään, ovat akut öljyjen kanssa laitteiden suurimpien ympäristövaikutusten aiheuttajia loppusijoituslaitoksessa.

11.3 Parannusehdotukset TLTA-järjestelmään

Posivan TLTA-järjestelmä on monimutkainen, koska se on osa TVO:n järjestelmää. Posivan järjestelmä pitäisi saada irrotettua TVO:n järjestelmästä, koska aineita käytetään eri alueilla ja käyttötarpeet ovat erilaiset. Posivan työmaa-alueella käytetyt tarveaineet eivät siirry ydinvoimalaitoksille eikä ydinvoimalaitoksilta siirry aineita Posivan työmaa-alueelle missään tapauksessa, joten järjestelmien irrottaminen toisistaan olisi loogista. Erilliset järjestelmät tekisivät tarveaineiden käytöstä ja luokittelusta selkeämpää niitä käyttävälle henkilölle. Järjestelmästä epäloogisen ja sekavan tekee esimerkiksi se, että saman järjestelmän luokan 4 tarveaineita esiintyy Posivalla ja TVO:lla, vaikka merkitys on kuitenkin eri.

Tässä työssä ei oteta kantaa TVO:n järjestelmän toimivuuteen kokonaisuutena. Taulukoissa 10, 11 ja 12 on esitettyä esimerkkinä Posivan TLTA-järjestelmästä erillisenä osana TVO:n järjestelmää.

Taulukko 10. Esimerkki TLTA-luokista Posivalla.

Luokka 1, valkoinen	Yleisessä käytössä olevat kemikaalit tai haitalliset aineet, esim. puhtaanapitotuotteet.
Luokka 2, sininen	Maan päällisessä rakentamisessa (mm. kapselointilaitoksen pohjatöissä, syvien kairareikien tutkimuksissa) käytettävät tarveaineet, joita saattaa päästä maan alle.
Luokka 3, musta	Maanalaisessa rakentamisessa käytettävät tarveaineet, joiden käyttöä tarkastellaan ja ohjeistetaan tapauskohtaisesti. Ainoastaan tämän luokan tarveaineita saa viedä maan alle.

Taulukko 11. Pitkäaikaisturvallisuustasot Posivalla (Posivan sisäinen asiakirja 2019).

Pitkäaikaisturvallisuustaso	Merkitys
A	Maanalaisessa rakentamisessa käytettävät aineet, joilla on tunnetusti pitkäaikaisturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä.
B	Kaikki tasoon A kuulumattomat epäorgaaniset aineet, kuten hiekka, kiviaines ja metallit, mitkä eivät tämänhetkisen tietämyksen mukaan haittaa pitkäaikaisturvallisuutta.

Taulukko 12. Esimerkki materiaaliteknisestä lupanumeroinnista.

Materiaaliteknisen lupanumeron alkuosa	Alle kuuluvat aineet
POSIVA-TLTA-A-1	Sementit, betonit ja lisäaineet
POSIVA-TLTA-A-2	Orgaaniset yhdisteet
POSIVA-TLTA-A-3	Typpi yhdisteet
POSIVA-TLTA-A-4	Muut aineet ja materiaalit
POSIVA-TLTA-B-1	Metallit
POSIVA-TLTA-B-2	Muut epäorgaaniset aineet
POSIVA-TLTA-B-3	Muut aineet ja materiaalit

Järjestelmien yhteneväisyys ja samojen sääntöjen mukailu mahdollistaa yhteisen tietokannan, josta voi tarkistaa epäselvyyksiä sekä käyttää ennakkotapauksia ja aikaisempia analyyssejä, jos esimerkiksi TVO:lle on aiemmin hyväksytty sama aine johonkin muuhun käyttökohteeseen. Posivalla olisi käytössä 3 luokkaa ja TVO:lla 5, jotka tälläkin hetkellä on. Tällaisella järjestelmällä myös pitkäaikaisturvallisuustasot ja niiden

merkitykset olisivat enemmän käyttäjällä esillä, koska pitkäaikaisturvallisuustasot näkyvät suoraan materiaaliteknisessä lupanumeroinnissa.

LÄHTEET

1/H2212/2013. Säteilyturvakeskuksen lausunto Olkiluodon käytetyn ydinpolttoaineen kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamisesta.

Asetus jätteistä 19.4.2012/179.

Asetus ydinjätteiden loppusijoituksen turvallisuudesta 27.11.2008/736.

Atlastican www-sivut. 2019. Viitattu 8.11.2019. <https://atlastica.fi/laserkeilaus/>

ECHA:n www-sivut. 2019. Viitattu 21.10.2019. <https://echa.europa.eu/fi/regulations/reach/understanding-reach>

Eurajoen kunta. Olkiluodon osayleiskaava. 2007. Kaarina: Airix.

Exide technologies. 2015. EHS Information - EU Safety Data Sheet not required.

Exner, H., Freitag, R., Ing Geis, H. & Lang, R. 1991. The Hydraulics Trainer volume 1.

Fennovoiman www-sivut. 2019. Viitattu 12.7.2019. <https://www.fennovoima.fi/hanhikivi-1/tietoa-hanhikivi-1-hankkeesta/laitosmalli-vver-1200>

Fortumin www-sivut. 2019. Viitattu 3.7.2019. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/loviisan-voimalaitos>

G212/9. 2005. Säteilyturvakeskuksen lausunto Olkiluoto 3 -ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta.

Hyvä tietää ydinvoimasta. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Hämeen liiton www-sivut. 2019. Viitattu 12.8.2019. <https://www.hameenliitto.fi/fi/kulttuuriympariston-kasitteita>

Jätelaki 17.6.2011/646.

Kalmarin www-sivut. 2019. Viitattu 12.6.2019. <https://www.kalmar.fi/automatio/kalmar-smartport-process-automation/>

Kauppalehden www-sivut. 2019. Viitattu 17.5.2019. <https://www.kauppalehti.fi/yrietykset/yritys/posiva+oy/10292588>

Kivirockin www-sivut. 2012. Viitattu 5.12.2019. <https://www.kivirock.fi/uutiset.html?634>

Kontula, A. TLTA osio. Vastaanottaja: Nummelin, A. Lähetetty 1.8.2019 klo 9.44. Viitattu 1.8.2019.

Luonnonsuojelulaki 20.12.1996/1096.

Luhtala, K. 2019. Tiesitkö, että... Tietoa hydraulineisteistä.
<https://www.fuchs.com/fi/fi/tuotteet/inspiraatio-ja-tietaemys/blogi/tiesitkoe-ettae-tietoa-hydraulineisteista/>

Materiaali- ja aineenkoetusstandardit. 2018. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry (METSTA).

Metsälaki 12.12.1996/1093.

Meurman, K ja Niemi, S. Litiumioniakkujen paloturvallisuus. 2018. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Mittalinjan www-sivut. 2019. Viitattu 8.11.2019. <http://www.mittalinja.fi/index.php/palvelut/laserkeilaus>

Mäkäräinen, J. 2000. Sosiaalisten vaikutusten arviointi (SVA) osana kaavaprosessia.

Nummelin, J. LSRT pintakäsittely. Vastaanottaja: Nummelin, A. Lähetetty 1.7.2019 klo 12.19. Viitattu 1.8.2019.

Olkiluodon kapselointi- ja loppusijoituslaitoksen rakentamislupahakemus. 2012. Eurajoki: Posiva Oy.

Pitkämäki, A., Kontiokari, V., Päällysaho, M., Bröckl, M. ja Raivio, T. 2017. Selvitys Li-akkujen turvallisuustekijöistä.

Polaris mönkijät 2019 -esite

Posivan sisäinen asiakirja. 2013. Loppusijoituskapseli (OL3), järjestelmäkuvaus.

Posivan sisäinen asiakirja. 2015. Bentoniittipuskurin asennuslaite, bentoniittipuskurin lohkojen siirtolaite ja bentoniitin kuljetussäiliö, käyttöohje.

Posivan sisäinen asiakirja. 2016. Loppusijoitusreiän pohjan taseuslaitteen valmistus.

Posivan sisäinen asiakirja. 2017 A. Loppusijoituskapseli (LO1-2), järjestelmäkuvaus.

Posivan sisäinen asiakirja. 2017 B. Loppusijoituskapseli (OL1-2), järjestelmäkuvaus.

Posivan sisäinen asiakirja. 2017 C. Safety functions, performance targets and technical design requirements for a KBS-3V repository.

Posivan sisäinen asiakirja. 2018 A. Kapselin siirto- ja asennusajoneuvo, järjestelmäkuvaus.

Posivan sisäinen asiakirja. 2018 B. BMA laitteen käyttö- ja huolto-ohjeet.

Posivan sisäinen asiakirja. 2019 A. LIITE 1. Loppusijoituslaitos, huonekohtainen ympäristöluokituslista.

Posivan sisäinen asiakirja. 2019 B. Posivan laitosalueen turvallisuussuunnitelma.

Posivan sisäinen asiakirja. 2019 C. Posivan turvallisuuskriittiset toiminnot, tutkimus- ja loppusijoitusalueella käytettävien TLT-aineiden hallinta.

Posivan sisäinen koulutusmateriaali. 2017. Posivan TLTA koulutus.

Posivan sisäinen materiaali. 2013. Öljyvuootojen ehkäiseminen henkilönostimissa ja ajoneuvonostureissa.

Posivan sisäinen materiaali. 2015. Pohjan tasauslaite png.

Posivan sisäinen materiaali. 2017. TLTA-hallinta ja tavoitteet.

Posivan sisäinen materiaali. 2016 A. POSIVA-TLTA-18 Posivan turvallisuustasoon A kuuluvat.

Posivan sisäinen materiaali. 2016 B. POSIVA-TLTA-19 Posivan turvallisuustasoon B kuuluvat.

Posivan www-sivut. 2019 A. Viitattu 17.5.2019. http://www.posiva.fi/loppusijoitus/paikanvalinta_olkiluoto

Posivan www-sivut. 2019 B. Viitattu 17.5.2019. <http://www.posiva.fi/posiva>

Posivan www-sivut. 2019 C. Viitattu 17.5.2019. http://www.posiva.fi/en/posiva_solutions

Posivan www-sivut. 2019 D. Viitattu 29.5.2019. http://www.posiva.fi/loppusijoitus/loppusijoituksen_perusteet

Posivan www-sivut. 2019 E. Viitattu 20.5.2019. <http://www.posiva.fi/loppusijoitus/loppusijoituslaitos/kapselointilaitos>

Posivan www-sivut. 2019 F. Viitattu 20.5.2019. <http://www.posiva.fi/loppusijoitus/loppusijoituslaitos/loppusijoitustilat>

Posivan www-sivut. 2019 G. Viitattu 29.5.2019. http://www.posiva.fi/loppusijoitus/loppusijoituksen_aikataulu

Posivan www-sivut. 2019 H. Viitattu 29.5.2019. http://www.posiva.fi/loppusijoitus/loppusijoituksen_perusteet/koneet_ja_laitteet

Posivan www-sivut. 2019 I. Viitattu 20.5.2019. <http://www.posiva.fi/loppusijoitus/onkalo>

Reinboth, C. 2008. Oikeilla toimilla voidaan kaivostyön turvallisuutta kasvattaa. Viitattu 21.10.2019. <https://www.tsr.fi/meneillaan-olevat-hankeet/hanke?h=106445#tiedote>

Satuli, H. 2018. Testaukset maailman ensimmäisellä lähes päästöttömällä kaivoksella alkoivat. Viitattu 12.6.2019. <http://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/teknologia/testaukset-maailman-ensimmaisella-lahes-paastottomalla-kaivoksella-alkoivat>

SFS-EN 60529:1992 + A1:2000 + A2:2013 + AC:2019. Sähkölaitteiden kotelointi-luokat (IP-koodi). 1992. SESKO Standardization in Finland. Helsinki: SESKO ry. Viitattu 12.8.2019. <https://online.sfs.fi/>

Stena recycling www-sivut. 2019. Viitattu 31.10.2019. <https://www.stenarecycling.fi/kestava-kierratys/tulevaisuuden-kierratysta-koskevia-tutkimuksia/litiumioniakkuja-koskeva-tutkimus/>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut. 2019. Viitattu 15.8.2019. https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/julkaisut/ral-varikartat

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. 2019 A. Viitattu 17.5.2019. <https://www.tvo.fi/tvokonserni>

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. 2019 B. Viitattu 3.7.2019. <https://www.tvo.fi/ol1ol2>

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. 2019 C. Viitattu 3.7.2019. <https://www.tvo.fi/ol3>

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. 2019 D. Viitattu 20.5.2019. <https://www.tvo.fi/loppusijoitusvaihe>

TVO konsernin sisäinen koulutusmateriaali. 2017. Turvallisuusluokitellut tarveaineet, yleisesitys.

Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. 2019. Viitattu 31.10.2019. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/kemialliset-tekijat/kayttoturvallisuustiedote>

Työturvallisuuskeskuksen www-sivut. 2019. Viitattu 28.8.2019. https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu/tyoturvallisuuden_perusteet/tyoyhteiso/psykososiaalinen_kuormitus

Vira, J., Väisänen, E., Saanio, T. & Rui-Wamba, J. 2018. Construr para la eternidad; Finlandia, bajo la superficie. Kestävä rakentaminen; maanalainen Suomi. 1. painos. Espanja: Fundacion Esteyco.

Volvo CE:n www-sivut 2019. Viitattu 12.6.2019. <https://www.volvoce.com/global/en/this-is-volvo-ce/what-we-believe-in/innovation/electric-site/>

Ydinenergia-asetus 12.2.1988/161.

Ydinenergialaki 11.12.1987/990.

Ylä-Outinen, V. Polaris EV. Lähetetty: 16.7.2019 klo 11.21. Vastaanottaja: Radical Motors Oy. Viitattu 5.8.2019.

Ympäristöministeriön www-sivut. 2013. Viitattu 28.6.2019. https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta

Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 1999. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitos. Helsinki: Posiva Oy.

Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 2008. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen laajentaminen. Eurajoki: Posiva Oy.

Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 2008. Olkiluodon ydinvoimalaitoksen laajentaminen neljännellä laitosyksiköllä. Eurajoki: Teollisuuden Voima Oyj.

YVL A.2. Ydinlaitoksen sijaintipaikka. 2019. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

YVL D.5. Ydinjätteiden loppusijoitus. 2013. Helsinki: Säteilyturvakeskus.

YVL D.7. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitoksen vapautumisesteet. 2018. Helsinki: Säteilyturvakeskus

YVL E.7. Ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet. 2019. Helsinki: Säteilyturvakeskus.



Raportti

Sisäinen

Laatija: Nummelin Aino

Organisaatio: Laitostekniikka

Laadittu: 16.07.2019

Julkaistu:

LIITE 1 (1/10)

Tunnus:

Versio: 0 (9)

Kohde: Loppusijoituslaitos

Tarkenne:

Asiakirjan tiedot

Otsikko: Polaris Ranger EV T2a
Kohde: Loppusijoituslaitos
Kohteen tarkenne:
Laatija/pvm: Nummelin Aino / 16.07.2019
Tarkastaja/pvm:
Hyväksyjä/pvm:
Viimeinen voimassaolo:
Julkaisupaikka:
Yhteistyötaho:
Vanhentunut tunnus:
Arkisto:
Litteet:
Jakelu:

Polaris Ranger EV T2a

Sisällysluettelo

1	Taustaa.....	2
2	Mönkijän tekniset tiedot.....	2
3	Testiajot.....	3
3.1	Tiistai 9.7.2019.....	3
3.2	Keskiviikko 10.7.2019.....	3
3.3	Torstai 11.7.2019.....	4
4	Tulokset.....	4
4.1	Akkujen kuluminen ja lataaminen.....	4
4.2	Mönkijän nopeus.....	5
4.3	Jarrujen toiminta.....	5
4.4	Yleinen ajettavuus.....	5
4.5	Mönkijän peseminen.....	5
4.6	Diesel-mönkijä.....	6
5	Riskien arviointi.....	6
5.1	Inhimilliset tekijät.....	6
5.2	Häiriötila.....	6
5.3	Akkujen huotettavuus.....	7
6	Turvallisuus.....	7
6.1	Ajoturvallisuus.....	7
6.2	Paloturvallisuus.....	8
6.3	Ympäristöturvallisuus.....	8
7	Turvatoimet maan alla ajoon.....	8
8	Vuitteet.....	9

Polaris Ranger EV T2a

1 Taustaa

Navitec Oy:n kanssa tehtävää demo-projektia varten tilattiin Onkaloon testikäyttöön Polaris Ranger EV T2a -sähkömönkijä Radical Motors Oy:ltä. Mönkijä saapui tiistaina 9.7.2019.

Tarkoituksena oli testata mönkijän soveltuvuutta tunnelien skannausta varten.

2 Mönkijän tekniset tiedot

Kahden istuttava Ranger EV T2a (Kuva 1) on nelivetoinen traktorimallinen mönkijä. AWD-nelivetojärjestelmä on nopeasti kytkeytyvä automaattinen neliveto. Etuveto kytkeytyy käyttäjän halutessa automaattisesti ilman viivettä, kun pitoa tarvitaan ja palautuu automaattisesti, kun sitä ei enää tarvita. Kimmijäämisen mahdollisuus on minimaalinen, ohjaus pysyy kevyenä eikä jatkuvan nelivedon aiheuttamaa puskemista synny.

Lisäksi mönkijässä on sähkötoiminen TURF 1x4 -vetoalue, jolla takatasauspyörästön lukitus kytkeytyy pois käytöstä. Tämän toiminnon ansiosta kääntösäde pienenee, ohjaus kevenee, renkaiden kuluminen vähenee ja mönkijän jättämät jäljet pienenevät.



Kuva 1. Polaris Ranger EV T2a.

Mönkijässä on 30 hv:n sähkömoottori ja akut ladataan 220 V:n verkkovirralla. Moottorin käyttövirta on 48 V/AC ja maksimiteho on 11,7 kW.

Järjestelmässä on kolme käyttöaluetta: high (vaihteiden yläasento), low (vaihteiden ala-asento) ja max range. Max range -käyttöalueella on mahdollista päästä noin 80 km matka yhdellä latauksella. Vaihteet ovat eteen, vapaa ja peruutus.

Kippilava on komposiittimuovia. Siinä on kaasuvaimennin ja sen lastauskapasiteetti on 227 kg.

Mönkijässä on Polaris IRS -erillisjousitus, mikä tarkoittaa sitä, että kaikki pyörät pysyvät maastokontaktissa ja vedolla pahassakin maastossa eikä epämiellyttävää keinuntaa synny. Mönkijässä on hydrauliset levyjarrut.

Testimönkijä oli otettu demokäyttöön 5/2019 ja sillä oli ajettu pari sataa kilometriä ennen testiajoja Onkalossa ja työmaa-alueella.

3 Testiajot

Mönkijää testattiin ajossa kolmena päivänä: tiistaina, keskiviikkona ja torstaina.

3.1 Tiistai 9.7.2019

Mönkijällä ajettiin työmaa-alueella testaten nopeutta ja yleistä ajettavuutta. Lisäksi mönkijän soveltuvuus maan alle tarkastettiin ja katsottiin, miten se täytyy varustaa.

3.2 Keskiviikko 10.7.2019

Mönkijä varustettiin yhdellä 12 kg sammuttimella ja merkkivalolla. Lisäksi siihen laitettiin painoksi 5 kappaletta 12 kg sammutinta, jotka oli tarkoitus viedä maan alle eri kohteisiin.

Keskiviikon aikana käytiin yhden kerran maan alla diesel-mönkijän kanssa rinnan ajaen. Sammuttimista yksi jätettiin sinne, joten ylös tullessa kyydissä oli painona yhteensä 5 sammutinta, eli 60 kg.

Ajon jälkeen mönkijä laitettiin yöksi lataukseen.

3.3 Torstai 11.7.2019

Torstaina ajettiin kaksi kertaa Onkaloon pohjalle asti, joiden lisäksi 900 metriä ajotunnelia alas ja ylös. Lisäksi jälkimmäisellä kerralla, kun mentiin pohjalle asti, kierreltiin maan alla ja testattiin mönkijän maasto-ominaisuuksia tasoittamattomalla pinnalla sekä soralla.

Näiden lisäksi mönkijällä ajettiin työmaa-alueella testaten akun kulumista tasaisella ajaessa.

Ajojen jälkeen mönkijä pestiin.

4 Tulokset

4.1 Akkujen kuluminen ja lataaminen

Akut eivät kulu alamäessä ainakaan siten, että sen huomaisi.

Akkua kuluu vähän tasaisella ajettaessa.

Pitkässä (5 km) ylämäessä akkujen kuluminen on runsasta ja vaihtelevaa. Ensimmäisellä ajokerralla akkua kului n. 50 %, toisella ajokerralla 25 % ja kolmannella 32 %.

Polariksen maahantuojan mukaan akun prosenttinäyttö ei toimi lineaarisesti. Kulutus muuttuu ainakin tilanteessa, jossa lähdetään suoraan laturista, jolloin prosentit tippuvat alkuun hitaammin, kun jos akut on ladattu esimerkiksi vuorokautta aiemmin.

Testiajot suoritettiin vaihteet pelkästään ala-asennossa. Kuitenkin Polariksen maahantuojan mukaan vaihteet ala- ja yläasennossa kuluttavat samalla vauhdilla yhtä paljon. Yläasento kuluttaa enemmän suhteessa kuljetun matkaan, kun ajetaan yli 20km/h vauhtia. Max range (25km/h) valinta, joka tasamaalla kuluttaa vähiten, leikkaa myös vääntöä ja ylämäkeen vie todennäköisesti saman kuin muutkin asennot, kunnes ei jaksakaan enää kulkea.

Testin aikana mönkijä ladattiin kertaalleen ja 1,5 tunnissa oli tullut 10 % akkua. Mönkijän akkujen varausta ei saa päästää alle 20 %, josta ladattuna täyteen latausaika on noin 8 tuntia.

4.2 Mönkijän nopeus

Vaihteet ala-asennossa mönkijä kulkee 19 - 21 km/h riippuen ajetaanko ylämäkeen, alamäkeen vai tasaisella. (Tasaisella 20 km/h.)

Vaihteet yläasennossa mönkijä kulkee 40km/h tasaisella.

Max-rangella mönkijä kulkee tasaisella 25 km/h.

4.3 Jarrujen toiminta

Jarrut toimivat alamäkeen heikosti. Jarrupoljinta pitää painaa todella lujaa, että se toimii kunnolla. Maahantuojan mukaan jarrut voivat olla kovilla alamäessä, koska sähkölaitteessa ei ole moottorijarrutusta ollenkaan ja pitkä aika jarrua vasten aiheuttaa lämpöä.

Mönkijän rengaspaineet olivat testikäytön aikana kovat (noin 2 bar). Maahantuojan mukaan alempi rengaspaine (0,8 bar) auttaisi pysähtyvyyteen huomattavasti.

4.4 Yleinen ajettavuus

Mönkijällä ajamisen aloittaminen oli helppoa ja oppiminen nopeaa. Käytännössä painetaan napista, minkä jälkeen kaasulla liikkeelle.

Kaasun annostelu oli helppoa ja tasaista. Sora ei lennä erityisemmin ja liikkeelle pystyy lähtemään rauhallisesti. Nopeuden kontrollointi eri tilanteissa oli helppoa eikä äkkinäisiä nytkäyksiä tule lähdoissa. Liikkeelle lähdon ja pysähtymisen saa hoidettua tasaisesti normaalitilanteessa.

Mönkijä heilahtelee tasoittamattomalla, koska se mukailee maastoa. Kuitenkin sillä oli ketterä kulkea ja kääntyillä tunneleissa.

Mönkijässä on sopiva jousitus ja penkki on tukeva. Pitkän henkilön saat-
taa olla ahdas ajaa.

4.5 Mönkijän peseminen

Mönkijä ei likaannu odotettavaa enempää ja se on suhteellisen helppo pestä. Vähän mietitytti, ovatko akut tarpeeksi suojattuina pesurin käyttöön.

Tuulilasiin kertyy likaa ja kolmannella tunnelikierröksellä oli näkyvyys jo hieman heikentynyt. Pieni pesu olisi hyvä suorittaa joka kerta pinnalle tul-
taessa.

4.6 Diesel-mönkijä

Diesel-mönkijä tärisee huomattavasti enemmän kuin sähkömönkijä. Ajaminen ei ole tasaista sekä liikkeelle lähdöt ja pysähtymiset ovat äkkinäisiä. Diesel-mönkijän kanssa tulee pieni viive kaasun painamisesta liikkumiseen, mikä saa aikaan nytkäytyksiä.

Diesel-mönkijä ei ole soveltuva vaihtoehto demo-projektin suorittamista varten, koska skannaus tarvitsee tarkkuutta, jota kyseisen mönkijän kanssa ei pysty saavuttamaan.

5 Riskien arviointi

5.1 Inhimilliset tekijät

Pitkään kestäneessä ajossa jalka väsyä, jolloin ei jaksa kontrolloida kaa-suttamista niin tarkasti. Saattaa tulla nytkähdyksiä, jotka haittaavat demo-projektin skannauksen tarkkuutta.

Jarruja täytyy painaa todella lujaa saadakseen mönkijän pysähtymään nopeasti. Heikommalle henkilölle jarruttaminen on vaikeaa ja raskasta, jolloin onnettomuuksien riski kasvaa.

5.2 Häiriötila

Mönkijä sammui toisella testikerralla alaspäin mentäessä aina, kun liikkeelle lähdön jälkeen vauhti kiihtyi yli 20 km/h. Vauhtia ei saanut pidettyä alle 20 km/h siten, että mönkijä olisi pysynyt päällä, eikä se käynnistynyt uudestaan muuten kuin pysähtymällä. Se toimi normaalisti ylämäessä ja tasaisella sekä pienessä alamäessä.

Maahantuoja epäilee, ettei mönkijän pitäisi herjata nopeudesta, jos vaihteet olisivat olleet yläasennossa. Kuitenkaan tällaista tilaa ei olisi pitänyt tulla missään tapauksessa varsinkaan, kun mönkijä kahdella muulla kerralla toimi normaalisti myös vaihteet ala-asennossa.

Ei ole turvallista, jos valot sammuvat ja vauhdin hallinta on pelkätään jarrun varassa. Mönkijän ollessa käynnissä vauhti hidastuu valmiiksi hieman, kun nostaa jalan kaasulta, mikä auttaa osaltaan jarruttamista. Kun mönkijä on sammunut, hidastumista ei tapahdu ja jarruttaminen on heikompaa, minkä takia äkkijarrutuksen teko on lähes mahdotonta.

5.3 Akkujen luotettavuus

Akkujen kuluminen ylämäissä oli vaihtelevaa. Ensimmäisellä ajokerralla n. 50 %, toisella ajokerralla 25 % ja kolmannella 32 %. Mikä on todellinen ja luotettava tulos? Jos alhaalta ylös lähtiessä akkua on jäljellä 50 %, niin sillä voi päästä ylös, muttei välttämättä. Otettava huomioon tässä kohtaa myös se, että akut pitäisi ladata aina, kun varausta jäljellä 20 %. Akkuja ei saa ajaa tyhjäksi asti.

Maahantuojaja mainitsi, ettei akku kulu lineaarisesti (4.1), mikä tarkoittaa suoraan sitä, että alas ei voi lähteä, ellei mönkijää oteta käyttöön ainakin lähes suoraan latauksesta. Vuorokaudenkin seisonta-aika voi vaikuttaa merkittävästi akkujen kestävyteen.

Paloturvallisuuden takia litiumioniakkuja ei saisi ladata ilman valvontaa, koska oikosulut johtuvat usein liiasta lataamisesta. 8 tunnin latausaika on pitkä valvottavaksi.

Toimivatko akut turvallisesti tunneleiden olosuhteissa, kun suhteellinen kosteus on yli 60 %?

6 Turvallisuus

6.1 Ajoturvallisuus

Mönkijä liikkuu tukevasti, joten normaalitilanteessa ei ole riskiä kaatumiselle.

Jarrujen heikko toimintakyky (varsinkin alamäessä) lisää riskiä kolareille.

Mönkijässä ei ole ovia, joten ajajan on pakko käyttää turvavyötä estääkseen tippumisen. Normaalitilanteessa riskiä tippumiselle ei pitäisi olla.

Ovien puuttumattomuuden takia ilman mukana pääsee pölyä myös ajotiilaan. Tämä voi vaikeuttaa hengittämistä.

Likaantuva tuulilasi haittaa näkyvyyttä, jos sitä ei pestä tarpeeksi usein.

6.2 Paloturvallisuus

Litiumioniakkuissa suurin palovaaraa aiheuttava ominaisuus on lämpökarkaaminen (thermal runaway). Oikosulku kennossa aiheuttaa kennon lämpötilan nousua, mikä nostaa akuston lämpötilaa aiheuttaen noidankehän. Suojausmekanismit auttavat, mutta jossain vaiheessa vaurio voi päästä liian suureksi, jolloin mekanismit pettävät. Lämpökarkaamisen aikana akussa syntyy myrkyllisiä palavia kaasuja, jotka voivat aiheuttaa purkauksessaan soihdupaloja.

Litiumioniakku sisältää palamisen kolme edellytystä: palava aine, lämpö ja happi, minkä takia palo on vaikea sammuttaa. Tehokkain keino on jäähdytys. Akut sijaitsevat hankalasti penkkien alla, joten niiden sammuttaminen ei ole muutenkaan helppoa.

Käsisammutin ei välttämättä toimi optimaalisesti, koska se ei jäähdytä riittävästi eikä estä lämmön johtumista kennosta toiseen. Riittävä määrä vettä jäähdyttäisi tehokkaasti. Palossa syntyviltä haitallisilta yhdisteiltä on suojauduttava.

6.3 Ympäristöturvallisuus

Sähkömönkijä on päästötön vaihtoehto. Renkaat kuitenkin kuluvat samoin kuin muidenkin mönkijöiden jättäen mikromuovia maastoon.

Akkujen syttyminen on paloturvallisuuden lisäksi osa ympäristöturvallisuutta. Jos mönkijä syttyy palamaan tunneleissa, siitä jää jäämiä (TLTA) ympäristöön. Maan alla tämä voi vaikuttaa pitkäaikaisturvallisuuteen. Kuitenkaan akun palamisesta ei yleensä ole suoraa vaaraa kemikaalivuodolle.

7 Turvatoimet maan alla ajoon

Kypärän, suojalasien, turvakenkien ja suojavaatetuksen käyttö on välttämätöntä.

Mönkijä tulee varustaa huomiovalolla ja ainakin yhdellä 12 kg sammuttimella.

Mukana täytyy aina olla auto tai muu vastaava, jolla varmistetaan henkilöiden pääsy maan pinnalle häiriötilanteessa tai jos mönkijästä loppuu akku.



Raportti

Sisäinen

Laatija: Nummelin Aimo

Organisaatio: Laitostekniikka

Laadittu: 16.07.2019

Julkaisu:

LIITE 1 (10/10)

Tittus:

Versio: 9 (9)

Kohde: Loppusijoituslaitos

Tarkenne:

8 Viitteet

Niemi, S. ja Meurman, K. Litiumioniakkujen paloturvallisuus. 2018. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Polaris mönkijät 2019 -esite, 44.

Polariksen www-sivut. 2019. <https://www.polaris.fi/ranger/ranger-2019/ranger/2019-ranger-ev-4x4>

Ylä-Outinen, V. Polaris EV -sähköposti. 16.7.2019.

REACH

The European Regulation concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) repealed EU Directive 91/155/EEC

The European Directive 91/155/EEC which described the requirements for Material Safety Data Sheets had been repealed by the Regulation concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals on June 1st, 2007 (REACH-Regulation 1907/2006/EC).

The requirements for Safety Data Sheets are now described in the Articles 31ff of the REACH Regulation. Comparing this to the former Directive we see mainly editorial adjustments. Structure and content of the Safety Data Sheet remain unaltered.

A revision of an existing Safety Data Sheet is required if:

- as soon as new information which may affect the risk management measures, or new information on hazards becomes available;
- once an authorization has been granted or refused;
- once a restriction has been imposed.

The requirement to publish a Safety Data Sheet applies to all suppliers of substances and preparations.

As already defined under the former Directive there is no requirement to develop and maintain a Safety Data Sheet for products such as Batteries.

If you need further information, please forward your request to your competent customer service.