

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

# Kiertotalouslaitosten turvallisuusriskit

Loppuraportti

1.11.2018

Projektin toteutus, Neste Engineering Solutions Oy:

Outi Ervasti, Heidi Bergman, Irmeli Vauhkonen ja Pertti Karinen

Projektin suunnittelu ja johto, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes):

Kirsi Levä, Leena Ahonen, Tapani Valanto, Maarit Talvitie, Kati Hietämäki,  
Arto Jaskari, Suvi Perälä, Päivi Rantakoski ja Kimmo Peltonen

tukes

# Sisältö (1/2)

	Sivu
1 Yhteenveto hankkeesta ja ehdotukset työn tulosten jalkauttamiseksi	4
1.1 Johdanto ja hankkeen eteneminen	5
1.2 Keskeiset kiertotalouden riskit ja niihin varautuminen	12
1.3 Havaintoja liittyen lainsäädäntöön	19
1.4 Ehdotukset työn tulosten jalkauttamiseksi	23
2 Katsaus vaarojen ja riskien luokitteluun	26
3 Turvallisen laitoksen suunnittelu, käyttö ja kunnossapito	31
3.1 Turvallisen laitoksen suunnittelu	33
3.2 Laitoksen turvallinen käyttö ja kunnossapito	41
3.3 Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle	44
4 Kiertotalouden laitostyyppit	56
4.1 Biokaasu	60
4.2 Mäntyöljyn tislauk	66
4.3 Nestemäiset biopolttoaineet	71
4.3.1 Bioetanoli	74
4.3.2 Pyrolyysiöljy	77
4.3.3 Uusiutuva diesel	80

# Sisältö (2/2)

	<b>Sivu</b>
4.3.4 Materiaalinkiertäys	83
4.3.5 Jätteenpoltto	76
4.3.6 Teollisuuspuistot	90
5 Laitostyyppikohtaiset yhteenvedot haastatteluista (luottamuksellinen tutkimusaineisto)	92
6 Skenaariot	93
6.1 Biokaasu	96
6.2 Bioetanoli	100
6.3 Pyrolyysiöljy	103
6.4 Mäntyöljyn tislauk	105
6.5 Uusiutuva diesel	107
6.6 Materiaalinkiertäys	110
6.7 Jätteenpoltto	114
6.8 Kuoren kaasutus	119
6.9 Teollisuuspuistot	121

Liite 1: Haastatellut tahot

Liite 2: Yrityskohtaiset haastattelumuistiot

# 1 Yhteenveto hankkeesta ja ehdotukset työn tulosten jalkauttamiseksi

# 1.1 Johdanto ja hankkeen eteneminen

# Johdanto (1/4)

## *Hankkeen tausta ja tavoitteet*

Tukes käynnisti keväällä 2017 ”Kiertotalouslaitosten turvallisuusriskit” -hankkeen valmistelun. Hankkeen keskeisiksi tavoitteiksi määriteltiin:

- ✓ bio- ja kierrätystalouden teknologioihin ja laitoksiin liittyvien vaarojen selvittäminen, erityisesti kierrätyksen näkökulmasta
- ✓ riskianalyysimenetelmien selvittäminen sekä
- ✓ turvallisuussäädösten kehittämistarpeiden kartoittaminen turvallisen kierrätystalouden vauhdittamiseksi.

Työn tulokset ovat hyödynnettävissä bio- ja kierrätystaloudenlaitosten rakentamisessa, lupien käsittelyssä ja viranomaisvalvonnassa. Lisäksi tulokset ovat käytettävissä Tukesin viestinnässä, bio- ja kierrätystalouden omassa riskienhallintatyössä, bio- ja kierrätystalouteen liittyvässä koulutuksessa sekä säädösten kehittämiseen liittyvässä valmistelussa.

# Johdanto (2/4)

## Työn rajaus

- ✓ Laitostyyppit on valittu työhön asiantuntija-arviona Tukesin kemikaaliturvallisuusvalvonnan alueelta. Yhteistä laitostyypeille on, että kohteessa käsitellään tai varastoidaan lupaa edellyttäviä määriä vaarallisia kemikaaleja. Tukes rajasi hankkeen koskemaan prosessiturvallisuusvalvonnan kannalta keskeisiä laitostyyppisiä seuraavasti: biokaasu, nestemäiset biopolttoaineet, jätteenpoltto, materiaalinkierrätys (muovi, teräs, metalli ja elektroniikka), sellutehdasarvoketjut (mäntyöljynjalostus, ligniinin erotus, kuoren kaasutus) ja muut laitostyyppit (esim. teollisuuspuistot). Osa työhön valituista laitostyypeistä edustaa vakiintunutta teknologiaa kun taas osalle prosesseista on tyyppillistä, että markkinoilla on ainoastaan muutamia referenssilaitoksia.
- ✓ Varsinaisten kiertotalouslaitosten turvallisuusriskien lisäksi, työssä on kirjattu esiin tulleita turvallisuusriskejä arvoketjun eri vaiheissa. Materiaalin keräys, kuljetus ja varastointi ovat kiinteä osa arvoketjua ja ne kukin sisältävät omat turvallisuusriskinsä.
- ✓ Teollisuuspuistot on valittu työhön mukaan painottaen kiertotaloudelle tyyppillistä ekosysteeminäkökulmaa; saman teollisuusalueen laitokset muodostavan yhden toimivan kokonaisuuden.
- ✓ Kiertotaloudelle tyyppillisten riskien lisäksi hankkeessa on tarkasteltu myös prosessiteollisuuden yleisiä riskejä, jotta laitostyyppikohtaisista riskeistä ja niiden hallintakeinoista muodostuu selkeä kokonaiskuva.
- ✓ Työn ulkopuolelle on rajattu kiertomateriaalista valmistettujen tuotteiden turvallisuuteen liittyvät kysymykset.

# Johdanto (3/4)

## *Keskeisiä määritelmiä ja tulokulmia kiertotalouteen:*

Materiaalien hyödyntäminen, resurssitehokkuus ja toimivat ekosysteemit ovat vakiintunut osa prosessiteollisuuden kehittämistä. Kiertotalouden myötä on syntynyt myös tarve uusille kierrätysprosesseille ja -teknologioille.

Kiertotalous on laaja käsite, termi määritellään monin eri tavoin ja käsitteen käyttö on vielä vakiintumatonta:

- ✓ SITRA korostaa, että kiertotalous on uusi talousmalli. Maapallon kantokyky ei kestä nykyisestä talousmallistamme johtuvaa kulutustahtia. Tarvitsisimme neljä maapalloa, jos kaikki kuluttaisivat kuten suomalaiset. Uutta, kestävämpää talousmallia, kiertotaloutta, on esitetty vaihtoehdoksi tuhlailutaloudelle. Suomen hallituksen ja SITRAn tavoitteena on, että Suomi on kiertotalouden kärkimaa. Kansallinen tiekartta ja toimenpideohjelma antavat suunnan kiertotalouden vauhdittamiseksi. Tämän hankkeen tavoitteena on täydentää ohjelmaa turvallisuusnäkökulmasta.
- ✓ Euroopan komissio painottaa, että kiertotalous pohjautuu *kestäviin materiaalikiertoihin*, jossa raaka-aineita ei hukata ja materiaali ja energia hyödynnetään maksimaalisesti, huomioiden myös hyödynnettävissä olevat sivu- ja jätevirrat. Kiertotalouden edistäminen on yksi Euroopan prioriteeteistä, jota komissio vauhdittaa mittavalla ohjelmalla, ja lukuisilla säädös- ja t&k –hankkeilla.
- ✓ Ympäristöministeriön mukaan kiertotaloudessa resurssit säilytetään taloudessa silloinkin, kun tuote on saavuttanut käyttöikänsä lopun. Tavoitteena on lähtökohtaisesti suunnitella ja valmistaa tuotteet siten, että ne pysyvät käytössä ja kierrossa mahdollisimman pitkään. Kierrätys on osa kiertotaloutta, missä keskitytään löytämään käyttötarkoituksia jo syntyneelle jätteelle. Jättesäätelyn ja –politiikkatoimien avulla pyritään vähentämään syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta ja antamaan suuntaviivat syntyvän jätteen tehokkaalle hyödyntämiselle. Jätelain mukaan jäte on ensisijaisesti valmisteltava uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.
- ✓ *Haitallisten aineiden tunnistaminen* mahdollisimman varhaisessa vaiheessa on edellytys hyvin toimivalle kiertotaloudelle. Tavoitteena tulee olla, että kierroissa ei ole haitallisia aineita.
- ✓ Ekosysteemit ja erilaiset kumppanuudet ovat keskeinen osa kiertotaloutta. Yritykset pyrkivät löytämään uusia tapoja luoda korkeamman jalostusarvon liiketoimintaa hyödyntämättömistä materiaalivirroista.
- ✓ Kiertotalousteemaan kuuluu olennaisesti myös, että ihmisillä ja ympäristöllä on oikeus hyvään turvallisuustasoon.



# Johdanto (4/4)

## *Hanke on toteutettu vahvalla prosessiturvallisuuden asiantuntemuksella ja laaja-alaisena yhteistyönä*

- ✓ Hankkeessa on painotettu vuorovaikutteista työskentelytapaa ja työ on toteutettu tiiviissä yhteistyössä Tukesin ja Neste Engineering Solution Oy:n kanssa.
- ✓ Asiantuntijatyöhön pohjautuen hankkeessa on kartoitettu laitostyyppikohtaisesti prosessit, merkittävimmät vaarat, niiden seurausluokat ja vakavuus sekä varautumiskeinot (ks. kappale 4). Työn aikana on keskusteltu noin 50 eri tahon kanssa, ml. edunvalvontajärjestöt, viranomaiset, teollisuus- ja teknologiayritykset sekä muut tahot (esim. Sitra ja Greenpeace).
- ✓ Laitostyyppikohtaiset yhteenvedot haastatteluista esitetään raportin kappaleessa 5.
- ✓ Tässä työssä on hyödynnetty myös skenaariotyöskentelyä merkittävien ja tyypillisten laitostyyppikohtaisten turvallisuusriskien tunnistamiseksi. Skenaariotyöskentelyn tulokset esitetään kappaleessa 6.

Hankkeen ohjausryhmän muodostivat seuraavat tahot:

- ✓ Tukes, Kaupan liitto, Kemianteollisuus ry, Metsäteollisuus ry, SITRA, Sosiaali- ja terveysministeriö, Työ- ja elinkeinoministeriö, Ympäristöministeriö, VTT ja Ympäristöteollisuus ja -palvelut YTP ry.

Hankkeen toteutus ja aikataulu kuvataan seuraavalla sivulla.

# Hankkeen vaiheet ja toteutus

Hankkeen valmistelu ja kilpailutus  
Alkuvuosi 2017 (Tukes)

Tulosten viestintä,  
hyödyntäminen, jatkotoimet  
Alkuvuosi 2019 – (Tukes)



\* Yllä olevien työpajojen ja kokousten lisäksi Tukes ja Neste Engineering Solutions ovat pitäneet yhteensä 5 muuta kokousta liittyen työn etenemiseen.

# Hankkeen työpaketit

## 1. Yrityksiin ja laitoksiin perehtyminen

- Seuraavat laitostyytit ja niihin liittyvät vaarat on kuvattu. Myös tulevaisuuden näkymät on kartoitettu.
  - Biokaasu
  - Mäntyöljy
  - Pyrolyysiöljy
  - 2G -etanoli
  - Uusiutuva diesel
  - Materiaalinkiertäminen (muovi)
  - Jätteenpolto
  - Muut laitokset (esim. teollisuuspuistot)

## 2. Arviointikriteerien valinta, priorisointi ja seurausten luokittelu

- Riskien luokittelu
  - Tyyppi / seuraus
  - Todennäköisyys
  - Vakavuusaste
  - Varautuminen
- Avainsanatyypinen tarkastuslista

## 3. Haastattelut

- Haastateltu yhteensä 45+ tahoa
- Yhteenvedot haastatteluista

## 4. Skenaariot

- Skenaarioiden laadinta, yhteensä 19 kpl
  - Syy-seurausketju
  - Seurausten vakavuus ja todennäköisyys
  - Varautumiset

## 5. Lainsäädäntö

- Lainsäädännön kehittämistarpeet haastateltavien näkökulmasta
  - Kuvaus tilanteesta
  - Ratkaisuvaihtoehtoja

## 6. Loppuraportointi

- Johtopäätökset
- Yhteenvedot
- Suositukset
- Kiertotalouden turvallisuusriskit -seminaari

## 1.2 Keskeiset kiertotalouslaitosten riskit ja niihin varautuminen

# Keskeiset kiertotalouslaitosten riskit (1/3)

- Tässä hankkeessa kiertotalouden laitostyytit edustavat monilta osin perinteistä prosessiteollisuutta. Siten myös kiertotalouslaitosten riskit vastaavat valtaosin prosessiteollisuuden perinteisiä riskejä (esim. vuodot, syttymät, altistumiset).
- Hankkeessa tunnistettiin myös selkeästi kiertotalouden laitostyyppihin liittyviä erityisiä riskejä:
  1. ***Ei-toivotut ja tuntemattomat aineet materiaalivirrassa***
    - Esimerkiksi muovijätteen mukana materiaalikierrätykseen saattaa päätyä haitallisia ja allergisoivia jakeita, jolloin materiaalivirrat kontaminoituvat. Myös erittäin haitallisia aineita voi päätyä materiaalikiertoon. Haitalliset aineet voivat päätyä kotitalouksien materiaaleihin ja aiheuttaa pahimmassa tapauksessa altistumista.
    - Myös jätteenpolttoon voi päätyä vaarallisia materiaaleja (esim. kaasupullot, kranaatit, ammuksiset, ilotulitteet, säteilylähteet, tautivaaralliset aineet, vaaralliset kemikaalit esim. elohopea). Henkilövahingon vaaran lisäksi taloudelliset ja ympäristövaikutukset ovat mahdollisia, mutta vakavat onnettomuudet ovat harvinaisia.
    - Suomeen saattaa päätyä uusia mikrobeja ulkomailta tuotavan jätteen mukana.
    - Kiertomateriaalien koostumuksen muuttuminen tai pilaantuminen varastoinnin aikana on mahdollista.
    - Etäkauppa kolmansista maista tuo lisähaasteen kierrätettävälle materiaalille, koska EU-säätely (esim. haitallisten aineiden kielto tuotteissa ja pakkauksissa) ei koske kuluttajien omia ostoja EU:n ulkopuolelta, mutta ne päätyvät samoihin keräys- ja kierrätysjärjestelmiin.

# Keskeiset kiertotalouslaitosten riskit (2/3)

## 2. *Altistuminen haitallisille aineille*

- Biojätteen varastoinnin ja käsittelyn yhteydessä on mahdollista altistua myrkyllisille aineille kuten rikkivedylle ja hiilimonoksidille. Altistuminen aiheuttaa erittäin vakavan henkilövahingon vaaran.
- Metallinkierrätyksessä on mahdollista altistua radioaktiivisille aineille osana kierrätysterästä.

## 3. *Tulipalo- ja räjähdysvaara*

- Useille kiertotalouden laitostyypeille on tyypillistä, että syötteenä käytettävää jätettä ja sivuvirtoja varastoidaan merkittäviä määriä. Jätteiden itsesytyminen varastoinnissa ja tuotannossa aiheuttaa tulipaloja. Pienempiä syttymiä tapahtuu kohtalaisen usein ja niihin on varauduttava, mutta vakavat tulipalot ovat harvinaisia.
- Räjähdykset liittyen palavien nesteiden ja kaasujen käsittelyyn sekä pölyräjähdykset ovat mahdollisia tietyillä toimialoilla, esimerkiksi kuoren kaasutus.
- Materiaalinkierrätykseen liittyy turvallisuusriskejä useissa eri kohdin arvoketjua. Kierrätettävän materiaalin keräyksen (esim. keräys myymälöissä ja kunnallisissa jättepisteissä, jätteiden kuljetus ja välivarastointi terminaaleissa jne.) ja varastointiin (esim. sähkö- ja elektroniikkaromu, akut ja paristot) pitävät sisällään tulipaloriskin.

# Keskeiset kiertotalouslaitosten riskit (3/3)

## 4. *Kohonnut tapaturmavaara*

- Erityisesti materiaalinkierrätyksessä ja jätteenkäsittelyssä manuaalisen työn osuus ja sen aiheuttama tapaturmavaara on suuri.

## 5. *Uudet ja kehitteillä olevat teknologiat*

- Osa kiertotalouden teknologioista on vielä uutta ja vaatii kehitystyötä. Tämä tuo omat haasteensa ja poikkeamatilanteet prosesseissa ovat tyypillisiä.
- Uutta teknologiaa kehitettäessä ja ko. laitoksia suunniteltaessa on varmistettava, että koko laitoksen ja prosessin suunnittelutyö tehdään perusteellisesti ja toimintaan liittyvät riskit on huomioitu suunnittelussa.
- Prosessipoikkeaman seuraukset voivat aiheuttaa mm. jätteitä tai sivuvirtoja, jotka ovat suunniteltua suurempia tai haitallisempia.

## 6. *PK-sektorin toimijat*

- PK-sektorilla toimivilla yrityksillä ei välttämättä ole tarvittavia turvallisuuskäytäntöjä ja riittävän kehittyntä teknologiaa. Esim. teollisuuspuistojen alueille sijoittuvat PK-yritykset voivat aiheuttaa merkittäviä riskejä myös muille toimijoille alueella.
- PK-sektorilla ei välttämättä ole riittävää prosessin ja riskienhallinnan asiantuntijaa yrityksessä.

## 7. *Teollisuuspuistojen erityispiirteet*

- Haasteena teollisuuspuistoissa on yhtenäisen turvallisuuskulttuurin luominen, ml. käytännöt, vastuuhenkilöt, koulutus, viestintä ja liikennöinti sekä varautuminen onnettomuuksien varalta.

# Yhteenveto kiertotalouslaitosten tyypillisistä turvallisuusriskeistä

	Tulipalo/ itsestytymä, räjähdys	Tuntematon jae syötössä (räjähtävä, tuontijäte jne.)	Tuotteen kontaminoi- tuminen	Myrkylliset ja tukahduttavat kaasut (rikkivety jne.)	Vuodot ja päästöt maaperään, vesistöön tai ilmaan	Altistuminen (homeet jne.)	Manuaalisen työn aiheuttamat vaarat	Kuljetuksen ja henkilö- liikenteen aiheuttamat vaarat	Ilkivalta, terrorismi
Biokaasu (mädätys)	X			X	X	X	X	X	
Mäntyöljyn tislauk	X			X	X			X	
Nestemäiset biopolttoaineet	X			X	X			X	
Materiaalinkierrätys	X	X	X		X	X	X	X	
Jätteenpoltt	X	X		X	X	X	X	X	X
Jätteen kaasutus	X	X		X	X	X	X	X	
Kuoren kaasutus	X			X				X	
Ligniinin erotus	X			X	X			X	
Teolliset symbioosit/ teollisuuspuistot	X	X		X	X			X	X



# Kiertotalouslaitosten turvallisuus alkaa suunnittelusta (1/2)

- Perustana laitoksen turvallisessa suunnittelussa ovat lainsäädännön ja asetusten vaatimukset, standardit ja hyvät suunnittelukäytännöt sekä vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi.
- Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) edellyttää, että toiminnanharjoittaja ryhtyy kaikkiin tarpeellisiin toimiin onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja niistä terveydelle ja ympäristölle sekä omaisuudelle aiheutuvien seurausten rajoittamiseksi. Vastaavasti asetus (856/2012) edellyttää, että toiminnanharjoittajan on varauduttava tuotantolaitoksilla mahdollisiin onnettomuuksiin, kuten toiminnasta aiheutuviin räjähdyksiin, tulipaloihin, vuotoihin, käyttöhäiriöihin ja laitevaurioihin.
- Merkittävimmät vaarat tulee tunnistaa jo suunnittelun alkuvaiheessa, *konseptitason selvitysvaiheessa*
  - Prosessivaarojen lisäksi tulee tunnistaa koko arvoketjun vaarat (esim. materiaalinkierrätyksessä keräys, kuljetus ja varastointi)
  - Lisäksi huomioidaan myös mm.
    - Sijoituspaikka
    - Ympäristössä olevat toiminnot
    - Logistiikka
    - Käytettävyys ja mahdolliset rajoitteet laitoksen rakentamisessa.
  - Merkittävimmät riskit ja muu ympärillä oleva toiminta on huomioitava sijoituspaikkaa valittaessa (esim. kohonnut tulipaloriski jätteiden käsittelyssä).
  - Merkittävimmistä onnettomuusskenaarioista tehdään seurausanalyysi.
- *Perussuunnitteluvaiheessa* vaarat tunnistetaan ja riskit arvioidaan hyödyntäen soveltuvia menetelmiä, esim.
  - HAZOP
  - Strukturoidut aivoriihimenetelmät, joissa huomioidaan myös kiertotalousspesifiset asiat
    - HAZID
    - What If
    - POA (Potentiaalisten Ongelmien Analyysi)
  - Erilaiset tarkastuslistat, joissa huomioidaan myös kiertotalousspesifiset asiat

# Kiertotalouslaitosten turvallisuus alkaa suunnittelusta (2/2)

- **Toteutusvaiheessa** laaditaan
  - Täydentävät riskianalyysit esim. toimintovirheanalyysi, prosessimuutoksia koskevat analyysit
  - Rakennustyömaan turvallisuuteen ja rakennustyövaiheisiin liittyvät analyysit.
  - Huomioitava myös, että rakennustyömaa voi aiheuttaa vaaroja käyvälle laitokselle ja päinvastoin.
- Tyypilliset prosessiteollisuudessa käytetyt menetelmät vaarojen tunnistamiseen ja riskien arviointiin soveltuvat käytettäväksi myös kiertotalouden toimialalla. Lisäksi voidaan laitostyyppikohtaisesti soveltaa esim. tarkastuslistoja, joista tässä hankkeessa on laadittu esimerkkejä. Isoilla yrityksillä on tyypillisesti hyvät menetelmät riskien arviointiin, hyvät johtamisjärjestelmät ja hyvä turvallisuuskulttuuri. Kiertotalous toimialana on kuitenkin tuonut lukuisia pieniä yrityksiä alalle, joilla ei ole vastaavia järjestelmiä, resursseja tai osaamista.
- Kiertotaloudessa käytetään myös uutta teknologiaa, joka vaatii vielä kehitystyötä. Vastaavasti osa kiertotalouslaitoksista on tunnettua teknologiaa, mm. mäntyöljyn tislauk. Vaarojen tunnistamisessa on syytä kiinnittää erityistä huomiota mm. toimivaan prosessikonseptiin, automaatioon, sijoituspaikkaan, laitossuunnitteluun, tuoteturvallisuuteen ja ympäristövaikutuksiin.
- Laitoksen turvallinen käyttö ja kunnossapito noudattavat hyvän turvallisuusjohtamisjärjestelmän periaatteita huomioiden myös laitosalueella työskentelevät urakoitsijat. Myös näiltä osin keskeisiä teemoja on nostettu esille tarkastuslistassa.

## 1.3 Havainnot ja liittyen lainsäädäntöön

# Kiertotalous ja lainsäädännön kehittäminen (1/3)

***Kiertotalouden täysimääräisen toteutumisen kannalta on tärkeää, että lainsäädäntöä pystytään uudistamaan kiertotaloutta tukevasta lähtökohdasta. Alla olevassa taulukossa esitetään keskeisiä näkökohtia koskien lainsäädännön kehitystarpeita turvallisten kiertotalouslaitosten rakentamiseksi ja kehityksen vauhdittamiseksi.***

Aihe	Kuvaus tilanteesta	Huomioitavaa
Valvonnan riskiperusteinen kohdentaminen	Biokaasulaitoksiin liittyy uutta teknologiaa ja uusia riskejä, mikä vaatii osaamista. Kyseessä on vaativa ja kasvava tehtäväalue, joka nykyisten säädösten perusteella jää pääosin pelastuslaitoksille.	<ul style="list-style-type: none"><li>Tukesin ja pelastuslaitosten välistä työnjakoa tulisi harkita uudelleen siten, että uuden teknologian merkittäviä riskejä sisältävät kohteet keskitetään Tukesille.</li><li>Tukesin pelastuslaitosten ohjaustehtävässä biokaasulaitosten erityiset riskit ja alan kasvu vaativat lisähuomiota</li></ul>
Kiertomateriaalien erityiset riskit	Materiaalien keräys, varastointi ja tuotantokäyttö sisältää uusia riskejä (paloriski, mikrobit jne.).	<ul style="list-style-type: none"><li>Nykyinen sääntely on riittävää, mutta erityiset riskit pitää huomioida kaavoituksessa, materiaalinkäsittelyssä ja varautumisessa.</li></ul>
Taloudelliset ohjauskeinot kiertotalouden edistämiseksi	Bio- ja kiertotaloutta edistetään yritystuilla. Lisäksi on olemassa esim. jätevero (koskee kaatopaikalle sijoittamista), harkinnassa jätteenpolton (energiahyötökäyttö) siirtäminen päästökaupan piiriin ja juomapakkausvero.	<ul style="list-style-type: none"><li>Uuteen teknologiaan voi liittyä merkittäviä turvallisuusriskejä, jotka on huomioitava yritystukipäätöstä tehtäessä. Laitoskonseptien turvallisuusriskeistä ja varautumisesta tulisi pyytää asiantuntijalausuntoja osana päätöksentekoa.</li><li>Kiertomateriaalien käyttöön ja kierrätykseen kannustava verotus</li></ul>

# Kiertotalous ja lainsäädännön kehittäminen (2/3)

Aihe	Kuvaus tilanteesta	Huomioitavaa
Materiaalit pysyvät kierrossa mahdollisimman pitkään eikä niitä hukata	Materiaalien kiertoa ei järjestelmällisesti huomioida suunnitteluvaiheessa, ottaen huomioon tuotteen koko elinkaari	<ul style="list-style-type: none"><li>• REACH on vanhempaa sääntelyä kuin nykyinen kiertotalousajattelu; mikä haastaa merkittävästi olemassa olevia ajatusmalleja.</li><li>• Materiaalien turvallinen kierto pitäisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Materiaali kierrätettävyyttä tulisi huomioida suunnitteluperusteissa.</li></ul>
Uusien jakeiden käyttöönotto	Kiertotalouteen kuuluu keskeisesti, että uusia jakeita halutaan ottaa käyttöön mahdollisimman tehokkaasti. Teollisuus kokee nykyisen ympäristölupaprosessin liian yksityiskohtaiseksi ja pitkäkestoiseksi ja alueellisten viranomaisten tulkintakäytännöissä on eroja.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Esimerkiksi EoW -asetusten (Jätteenkierron luokittelun päätyminen) tai ympäristöluvan korvaavien ilmoitus- ja rekisteröintimenettelyjen avulla YM on vähentämässä byrokratiaa turvallisuudesta tinkimättä.</li><li>• Pohdittava turvallisuus- ja ympäristönäkökohdat huomioiden, miten teollisuuslaitos voisi saada uusia jakeita nykyistä sujuvammin hyödynnettäväksi.</li></ul>

# Kiertotalous ja lainsäädännön kehittäminen (3/3)

Aihe	Kuvaus tilanteesta	Huomioitavaa
<p>Jätteen palauttaminen materiaalikiertoon ja uusien jakeiden käyttöönotto</p>	<p>Jätesäätelyn rajoitukset tai veloitteet asettavat jäteperäiset materiaalit eri asemaan kuin neitseelliset materiaalit.</p> <p>Joillekin jätelaaduille, joita nyt ei pystytä hyödyntämään, voi olla turvallisia ja tarkoituksenmukaisia käyttötarkoituksia. Jäte-, kemikaali- ja tuotelainsäädännön rajapinnat eivät ole selkeitä, mikä aiheuttaa haasteita jäteperäisten materiaalien käytölle.</p> <p>On tärkeää huomioida, että jätesäätely asettaa veloitteita, joista osa on turvallisuusnäkökulmista välttämättömiä (esim. jätteiden siirrot maan rajojen ulkopuolelle).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• YM on laatimassa eräille jätteille kansallisia jätteeksi luokittelun päättymistä koskevia asetuksia (ns. EoW-asetukset) eri materiaaleille, jotta ne pystytään palauttamaan hyödyntämistoimen jälkeen kiertoon nykyistä sujuvammin.</li> <li>• Lisäksi YM kehittää päätöksentekomenettelyä ja ohjeistusta tapauskohtaisten ei enää jätettä - päätösten nopeuttamiseksi.</li> <li>• REACH on vanhempaa sääntelyä kuin nykyinen kiertotalousajattelu.</li> <li>• Komission tiedonanto kemikaali-, tuote- ja jätelainsäädännön rajapinnoista* julkaistiin 16.1.2018. Tiedonannossa tunnistetut neljä ongelmakohtaa** esitetään sivun alaosassa.</li> </ul>

\* KOMISSIION TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE, NEUVOSTOLLE, EUROOPAN TALOUS- JA SOSIAALIKOMITEALLE JA ALUEIDEN KOMITEALLE kiertotalouspaketin täytäntöönpanosta: vaihtoehtoja kemikaali-, tuote- ja jätelainsäädännön rajapinnalla yksilöityjen ongelmien ratkaisemiseksi.

\*\* *Komission tiedonannon listaamat ongelmakohtat*

1. Tietoa huolta aiheuttavien aineiden esiintymisestä ei ole niiden yritysten saatavilla, jotka käsittelevät jätettä ja valmistelevat sitä hyödyntämistä varten
2. Jäte voi sisältää ainetta, jotka eivät uusissa tuotteissa ole enää sallittuja
3. Jätevaiheen päättymistä koskevia EU :n sääntöjä ei ole täysin yhdenmukaistettu, mikä aiheuttaa epävarmuutta siitä, milloin jätteestä tulee uutta materiaalia tai uusi tuote
4. Sääntöjä, joiden pohjalta päätetään mikä jäte ja mitkä kemikaalit ovat vaarallisia, ei ole yhdenmukaistettu asianmukaisesti, mikä vaikuttaa uusioraaka-aineiden käyttöönottoon

## 1.4 Ehdotukset työn tulosten jalkauttamiseksi

# Ehdotukset työn tulosten jalkauttamiseksi (1/2)

***Projektin tulokset ovat kansallisesti ja kansainvälisesti merkittäviä. Tuloksia voidaan hyödyntää kiertotalouden laitosturvallisuutta koskevan osaamisen kasvattamisessa ja turvallisuuden ennakoinnissa.***

- ”Kiertotalouslaitosten turvallisuus” –verkkomateriaalin laatiminen
  - Digitaalinen koulutuskokonaisuus hyödyntäen mm. videoita
  - Koulutusmateriaali toteutetaan suomen ja englannin kielellä
  - Koulutusmateriaalin saattaminen yliopistojen, korkeakoulujen ja muiden kouluttajaorganisaatioiden käyttöön
- Koulutukset/viestintä viranomaisille ja alan toimijoille
  - Tukes
  - Pelastusviranomaiset, ympäristö- ja työturvallisuus-viranomaiset
  - Teollisuus ja teknologia-alan yritykset (erityisesti pienet yritykset)
  
  - Suunnittelutoimistot
  - Hankkeiden tukirahoitus (turvallisuusriskit huomioon ottava päätöksenteko)
  - Ministeriöt



# Ehdotukset työn tulosten jalkauttamiseksi (2/2)

- Viestintä- ja kehittämistoimenpiteiden suunnittelu ja toteuttaminen yhdessä viranomaisten ja alan toimijoiden kanssa (järjestöt ja yritykset)
  - Tukesin viestintäprojektin tulosten jalkauttamiseksi (2019 → )
  - Pienten biokaasulaitosten turvallisuuskysymysten tarkastelu ja ohjeistus yhteistyössä eri viranomaisten kanssa
  - Tietopaketti prosessisuunnittelua tekeville toimistoille tai yrityksille
  - Yksinkertaistettu ohjeistus sekä tarkistuslistat pk-yrityksille
  - Lajittelua- ja kierrätystä koskevalla ohjeistuksella ja viestinnällä voidaan vaikuttaa materiaalivirtojen laatuun

## 2 Katsaus vaarojen ja riskien luokitteluun

# Määritelmät

- **Vaara** on tilanne, jossa on henkilö-, omaisuus- tai ympäristövahingon tai näiden yhdistelmien mahdollisuus
- **Riski** tarkoittaa määritellyn vaarallisen tapahtuman todennäköisyyden ja seurausten vakavuuden tuloa
- **Riskien arviointi** on kokonaisvaltainen prosessi, jossa päätetään riskin suuruudesta ja hyväksyttävyydestä
- **Riskien hallinta** on hallinnollisten ja käytännön toimenpiteiden päättämistä ja soveltamista riskien tunnistamiseksi, arvioimiseksi ja vähentämiseksi.

# Seurausten vakavuuden arviointi, seurausluokat (HSEA)

## **Henkilövahingot ja altistuminen (HS):**

Tapaturmat ja henkilöön kohdistuva altistuminen kemiallisille, biologisille ja fysikaalisille vaaratekijöille.

## **Ympäristövahingot (E):**

Ei-toivotusta tapahtumasta seuraavat vaikutukset vesistöihin, maaperään ja ilmaan sekä kasvi- ja eläinlajeihin.

## **Taloudelliset vahingot (A):**

Onnettomuustilanteet voivat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia vahinkoja, mm. laitevauriot ja ympäristöpäästöt. Lisäksi onnettomuustilannetta seuraava tuotantokatkos voi aiheuttaa merkittäviä taloudellisia vahinkoja.

Taloudellisia vahinkoja voi aiheutua lisäksi mm. raaka-aineen ja lopputuotteen laatupoikkeamista sekä muutoksista markkinoissa ja hinnoissa.

**Suuronnettomuus:** Suuronnettomuudella tarkoitetaan onnettomuutta, jota on kuolleiden tai loukkaantuneiden taikka ympäristöön tai omaisuuteen kohdistuneiden vahinkojen määrän taikka onnettomuuden laadun perusteella pidettävä erityisen vakavana.

# Seurausten vakavuuden arviointi

	Henkilövahingot (HS)	Ympäristövahingot (E)	Taloudelliset vahingot (A)
Katastrofaalinen	Useampaan kuolemaan johtava tapaturma	Vakava ja pysyvä ympäristövaikutus, haitta pitkäaikainen ja laaja-alainen, tehdasalueen ulkopuolelle ulottuvat vaikutukset	Taloudelliset vaikutukset, jotka heikentävät koko markkina-alueen liiketoimintamahdollisuuksia ja –edellytyksiä. Laaja vaikutusalue esimerkiksi maarajojen yli.
Erittäin vakava	Erittäin vakava tapaturma / kuolemaan johtava tapaturma	Vakava ympäristövaikutus, haitta laaja-alainen, tehdasalueen ulkopuolelle ulottuvat vaikutukset	
Vakava	Vakava tapaturma	Kohtalainen ympäristövaikutus, laaja vaikutusalue, haitat korjattavissa	Palautettavissa olevat taloudelliset vaikutukset, jotka heikentävät liiketoimintamahdollisuuksia hetkellisesti. Rajattu vaikutusalue.
Vähäinen	Tapaturma / pientä ensiapua vaativa tapaturma	Vähäinen ja palautuva ympäristövaikutus, rajattu vaikutusalue	

# Tapahtuman todennäköisyys – skenaariotyöskentelyn pohjaksi

Todennäköisyys	Kuvaus
Erittäin todennäköinen	Tapahtuma, jota on tapahtunut erittäin usein vastaavissa kiertotalouden laitoksissa niiden käyttöiän aikana
Mahdollinen	Tapahtuma, jota on tapahtunut useasti vastaavissa kiertotalouden laitoksissa niiden käyttöiän aikana
Harvinainen	Tapahtuma, jota on tapahtunut muutamia kertoja vastaavissa kiertotalouden laitoksissa niiden käyttöiän aikana
Epätodennäköinen	Tapahtuma joka on tapahtunut kerran tai ei ollenkaan vastaavissa laitoksissa niiden käyttöiän aikana

# 3 Turvallisen laitoksen suunnittelu, käyttö ja kunnossapito

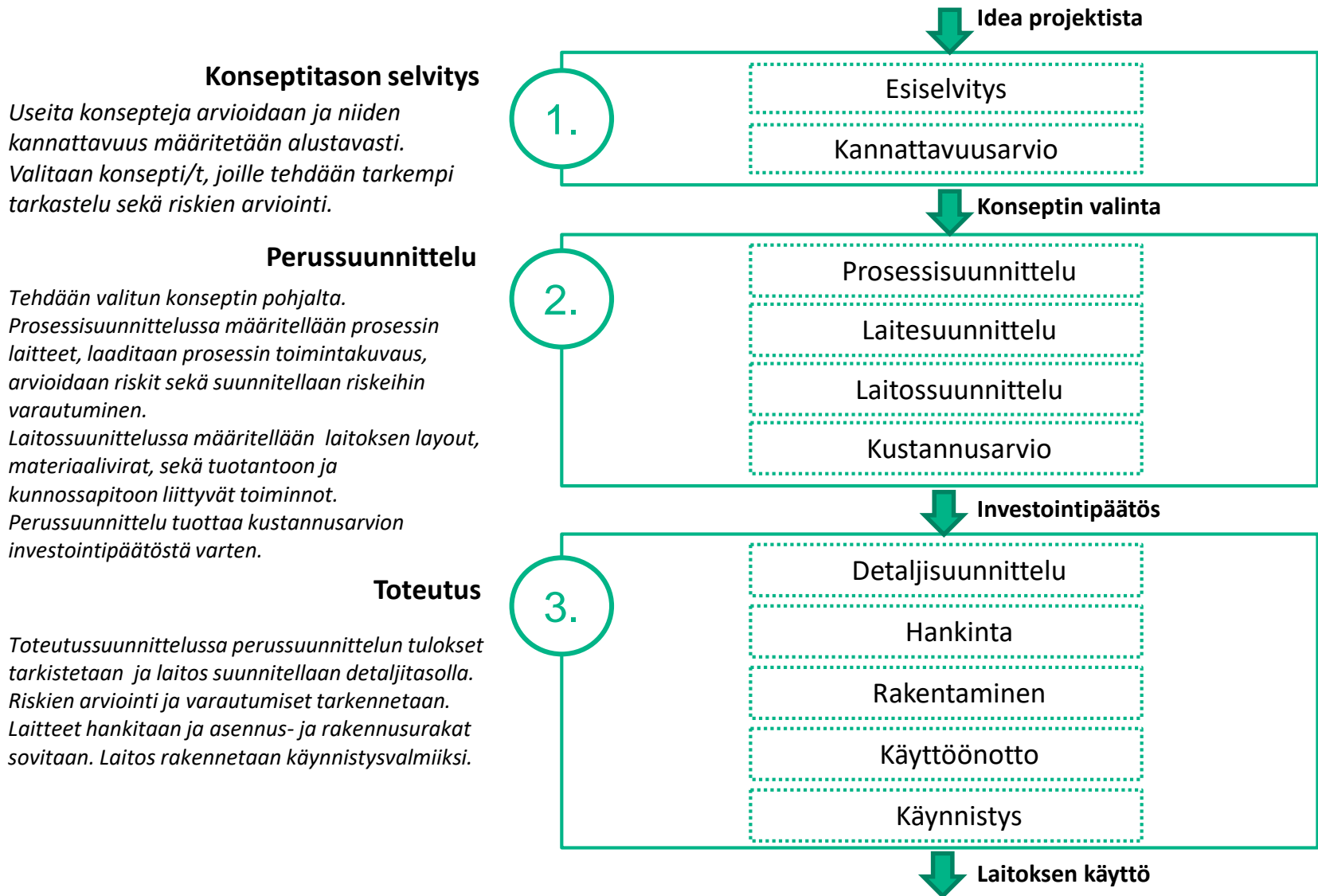
# Johdanto

- Laitoksen suunnittelu sisältää tyypillisesti seuraavat vaiheet:
  - Konseptitason selvitys
  - Perussuunnittelu
  - Toteutus suunnittelu
- Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi ovat keskeinen osa laitosten turvallista suunnittelua. Vaaroja tunnistetaan ja analysoidaan läpi investointiprojektin kulun. Merkittävimmät vaarat tulee tunnistaa jo suunnittelun alkuvaiheessa, konseptitason selvitysvaiheessa. Perussuunnitteluvaiheessa riskit arvioidaan soveltuvilla menetelmillä, esim. HAZOP, What If, POA. Toteutusvaiheessa laaditaan täydentävät riskianalyysit.
- Prosessiteollisuudessa käytetyt vaarojen tunnistamisen ja riskien arvioinnin menetelmät soveltuvat käytettäväksi myös kiertotaloudessa. Laitoksen suunnittelussa, käytössä ja kunnossapidossa voidaan riskejä kartoittaa myös avainsanatyyppisillä tarkastuslistoilla, jotka laaditaan kullekin laitostyypille sopiviksi.
- Viranomainen (TUKES, Pelastuslaitokset) myöntää laitoksen rakentamiselle ja käytölle luvat toiminnan harjoittajan toimittaman hakemuksen pohjalta. Viranomainen voi tarvittaessa pyytää hakijalta lisäselvityksiä, tai konsultoida muita viranomaisia ja asiantuntijoita. Luvan käsittely sisältää neuvotteluja toiminnanharjoittajan kanssa, joissa käydään läpi laitoksen prosessi ja siihen liittyvät riskit. Näihin tulee varmistaa paikalle riittävä asiantuntemus.



## 3.1 Turvallisen laitoksen suunnittelu

# Kuvaus investointiprojektin kulusta



# Turvallisen laitoksen suunnittelu

## Määritelmät, standardit ja ohjeet

- Huolellinen suunnittelu edellyttää menetelmiä, jotka pohjautuvat laissa määriteltyihin periaatteisiin, direktiiveihin ja standardeihin (esim. API, DIN). Standardit määrittävät ja yhtenäistävät suunnittelumenetelmiä. Standardin puuttuessa tulee suunnittelun perustua parhaaseen saatavilla olevaan tietoon tai suositeltuun toimintatapaan ("recommended practice", esim. GAP). Useilla yrityksillä on lisäksi omat suunnitteluohjeet, joilla tarkennetaan ja yhtenäistetään suunnittelua.

## Vastuut

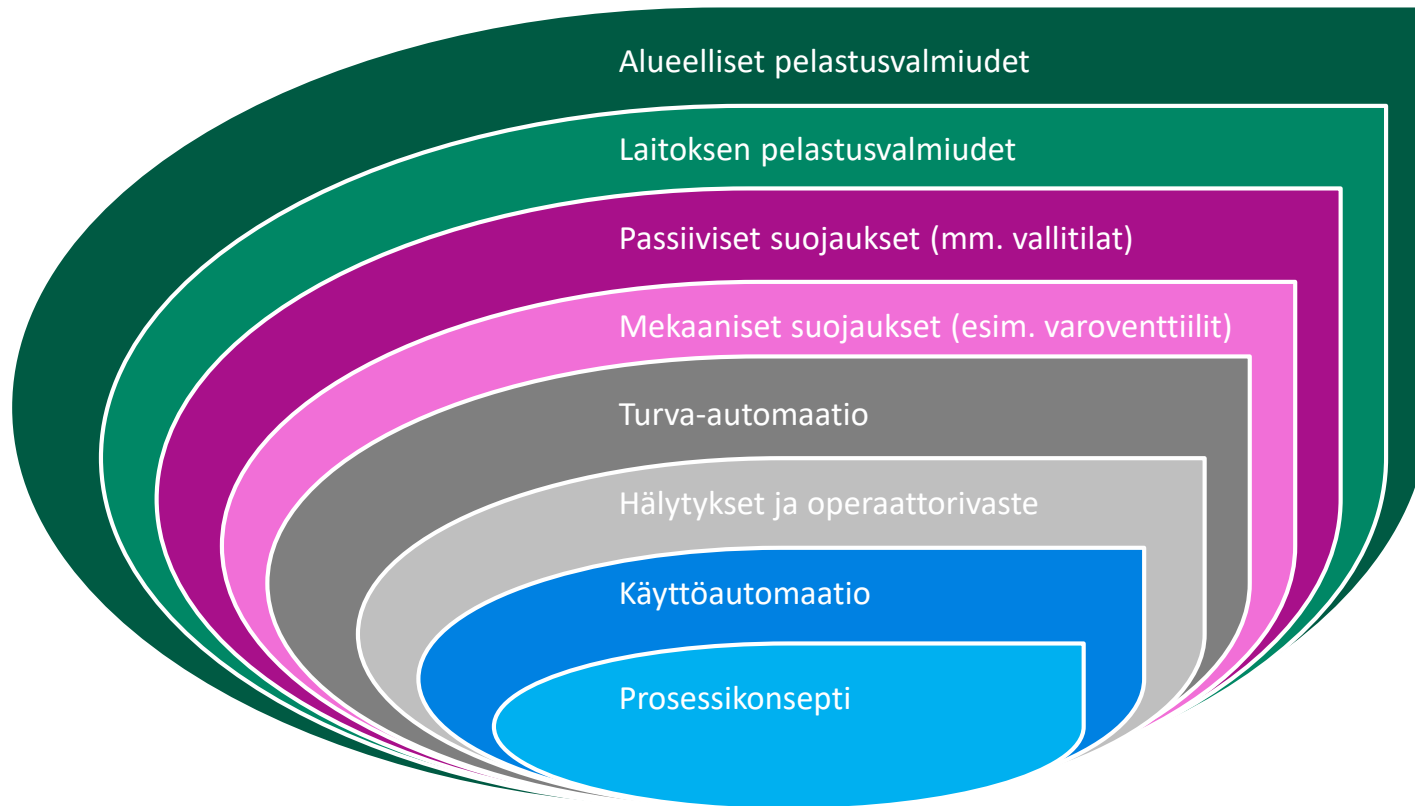
- Toiminnan harjoittaja vastaa toimilupien hakemisesta, sekä laitoksen turvallisesta käytöstä.
- Suunnittelija vastaa oikeista työmenetelmistä ja niiden ohjeiden mukaisesta käytöstä. Suunnittelijoilla tulee olla tehtävän mukainen osaaminen ja pätevyys.
- Luvan myöntävä viranomainen edellyttää, että lupahakemus ja sen liitteet on laadittu oikein ja oikeita menetelmiä käyttäen. Hakemuksessa on suositeltavaa esittää aine- ja energiatase, joka perustuu luotettaviin lähtötietoihin. Viranomainen voi harkintansa mukaan pyytää lisäselvityksiä, kuten laskelmia, tutkimustuloksia tai ulkopuolisen asiantuntijan tietojen varmentamiseksi.

## Sisältö ja vaatimukset

- **Konseptitason selvitys**
  - **Prosessi ja teknologia:** Alustava teknis-taloudellinen arvio ja prosessikonseptien vertailu, turvallisen konseptin valinta, aine- ja energiataseet, raaka-aineen saatavuus, sijainti
  - **HSE:** Sijoituspaikan arviointi ja kaavoitus, luontainen turvallisuus ja prosessin merkittävämmät vaarat, tärkeimmät ympäristövaikutukset (päästöt, jätteet, melu), logistiikka ja pelastusvalmiudet
- **Perussuunnittelu valitun konseptin pohjalta**
  - **Prosessisuunnittelu:** Paine, lämpötila, ainemäärät, prosessiaineet (palavat/räjähäväät, haitalliset/myrkyt, reaktiot), ATEX, käyttö- ja turva-automaatiovaatimukset
    - Yllä olevista valitaan määrääväksi luokitusperusteeksi se, joka on mahdollisilta seurauksiltaan vakavin. Se asettaa vähimmäisvaatimukset suunnittelulle, esim. palavat tai myrkylliset aineet.
    - Riskit arvioidaan soveltuvilla menetelmillä (HAZOP, What If, POA tms.)
  - **Laitossuunnittelu:** Prosessin asettamat vaatimukset, rakenteet (mm. tuuli- ja sääolot), sähkö, instrumentointi ja automaatio, laitteiden ja materiaalien optimointi (esim. vuotoriskien minimointi), palosuojaus, vallitilat, kunnossapito.
  - **Layoutsuunnittelu:** Estetiheyden minimointi, minimietäisyydet, hyvä operoitavuus ja huollettavuus, putki- ja kulkureitit, pelastusvalmiudet ja hätäpoistumistiet.
- **Toteutus**
  - Detaljisuunnittelu ja täydentävät riskianalyysit, rakennussuunnitelma, työmaavalvonta, työmaa-HSE (mm. työvaiheiden riskiarvioinnit), pelastusvalmiudet

# Onnettomuuksiin varautuminen, suojauskerrosmalli

*Suojauskerrokset onnettomuuksien ehkäisemiseksi ja seurausten minimoimiseksi*



# Laitoksen sijoituspaikan arviointi

## *Vaarallisten kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi*

- Vaarallisia kemikaaleja laajamittaisesti käsittelevää ja varastoivaa laitosta koskevat seuraavat kemikaaliturvallisuusvaatimukset:
  - Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005 (kemikaaliturvallisuuslaki)
  - Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin turvallisuusvaatimuksista 856/2012 (kemikaaliturvallisuusasetus)
  - Valtioneuvoston asetus nestekaasulaitosten turvallisuusvaatimuksista 858/2012
  - Tukes-opas *Tuotantolaitosten sijoittaminen*, seurausanalyysit
  - Valtioneuvoston asetus maakaasun käsittelyn turvallisuudesta 551/2009
  - Kaavoituksen tulee mahdollistaa sijoitus teollisuusympäristöön (T tai T/Kem)
- Näitä periaatteita suositellaan sovellettavan myös pienempiin kohteisiin erityisesti, jos niiden toiminnasta on mahdollista aiheutua vaaraa ympäristölle.
- Laitoksen sijoituksessa tulee ottaa huomioon niiden aiheuttama vaara ympäröivälle luonnolle, asutukselle ja julkisille kohteille (koulut, sairaalat jne.).
- Etäisyyden tulee olla riittävä muuhun teollisuuteen ja vaaroja tulee arvioida myös ympäröivän toiminnan osalta (mm. teollisuuspuistot).
- Sijoituspaikan / -paikkojen arviointi suositellaan tehtävän riskianalyysillä, jossa huomioidaan mm. laitoksen ja viereisten toimintojen aiheuttamat onnettomuusvaarat, minimietäisyydet, logistiikka, melu, maaperä ja pelastusvalmiudet.

# Onnettomuuksiin varautuminen

Onnettomuuksiin varaudutaan sekä ehkäisevin että seurausten vakavuutta vähentävin keinoin.

- **Ehkäisevät varautumiskeinot (prevention)**
  - turvallisen laitoksen suunnittelu ja luontaisen turvallisuuden periaatteiden soveltaminen
  - käyttöautomaatio
  - operaattorivaste
  - turva-automaatio
  - mekaaniset laitteet (esim. varoventtiili, murtolevy)
- **Seurausten vakavuutta vähentävät varautumiskeinot (mitigation, recovery)**
  - passiiviset keinot (esim. vallitila, passiivinen palosuojaus)
  - aktiiviset keinot, varautuminen hätätilanteisiin laitoksella (esim. aktiivinen palosuojaus, tehdaspalokunta, hälytyskuulutusjärjestelmä)
  - yhteiskunnan varautumiskeinot (esim. palokunta, pelastussuunnitelmat)

# Passiivinen ja aktiivinen palosuojaus (1/2)

Tulipaloihin varaudutaan **passiivisilla ja aktiivisilla keinoilla** sekä **prosessiteknisillä keinoilla**.

**Passiivisten** varautumiskeinojen päätarkoituksena on antaa aikaa aktiivisten sammutus- ja pelastustoimien käynnistykseen. Passiivisella palosuojauksella saadaan merkittävästi kasvatettua rakenteiden palonkestävyyssaikaa silloinkin, kun turvallisuuskriittisten toimilaitteiden rikkoutuminen estää rajoittamistoimenpiteiden toteuttamisen. Passiivisten varautumiskeinojen etuina on, että niitä ei tarvitse käynnistää, ne eivät tarvitse energiaa eikä niitä tarvitse testata. Lisäksi niiden kunnostustarve on alhainen.

## **Passiivisia varautumiskeinoja ovat**

- laitoksen ja laitteiden sijoitus
- viemäröinti
- paloeristys (palosuojausmateriaalit)
- vallitilat, paloseinät
- räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävien laitteiden suojaus

# Passiivinen ja aktiivinen palosuojaus (2/2)

**Aktiivisilla** varautumiskeinoilla tulipalo pyritään havaitsemaan nopeasti, jotta voidaan käynnistää palontorjuntakeinot. Aktiiviset varautumiskeinot vaativat kunnossapitoa ja testausta.

## **Aktiivisia varautumiskeinoja ovat**

- paloilmaisin ja -hälytysjärjestelmä
- palovesijärjestelmä ja kohdesuojaukset (sprinklaus)
- kaasusammutusjärjestelmät



## 3.2 Laitoksen turvallinen käyttö ja kunnossapito

# Laitoksen turvallinen käyttö

## Ohjeet

- Prosessilla on soveltuvat ja ajan tasalla olevat käyttöohjeet
- Laitoksella tulee olla pelastussuunnitelma
- Laitoksella tulee olla laatujärjestelmä ja turvallinen toimintakulttuuri

## Koulutus

- Työntekijät koulutetaan kohteen yleisiin vaaroihin ja niihin varautumiseen, käyttämään laitosta turvallisesti ja ohjeiden mukaisesti huomioiden laitoksen ylös- ja alasajot sekä poikkeavat tilanteet, sekä tarvittaessa toimimaan pelastussuunnitelman mukaisesti.

## Valvonta

- Laitoksen johto valvoo, että ohjeet päivitetään ja niitä noudatetaan.
- Laitoksen työntekijät ovat velvollisia ilmoittamaan havaitut puutteet tai poikkeamat prosessin ja käyttöohjeiden välillä.
- Operaattori kirjaa kaikki prosessiin tekemänsä muutokset sekä keskeiset ja poikkeavat havainnot.
- Laitokselle on määritelty riskiarviointirutiinit, varautumiskeinona mm. kriittisten laitteiden määräaikaisten testaukset (esim. letkutestaukset)
  - Prosessin turvajärjestelmät testataan säännöllisesti ja testaukset dokumentoidaan

# Laitoksen turvallinen kunnossapito

## Ohjeet

- Laitoksella pitää olla kunnossapito-ohjeet, joissa ohjeistetaan laitoksen ajaminen turvalliseen tilaan, liikkuminen alueella, kunnossapitohenkilöstön koulutus, tarvittavat turvatoimet prosessialueella (esim. henkilökohtaiset suojaimet prosessin vaatimusten mukaisesti, yhteydenpito käyttöhenkilökuntaan ja laitoksen johtoon).

## Koulutus

- Kunnossapitohenkilöstön liikkuminen ja työskentely laitoksen alueella edellyttää merkittäviä kulkureittejä ja perehdytystä laitoksen työtapoihin ja kohteen vaaroihin

## Valvonta

- Operaattori ajaa prosessin turvalliseen tilaan.
- Laitoksen johto antaa luvan kunnossapitotyön aloittamiselle, vastaanottaa ja hyväksyy tehdyn työn. Laitoksen johto ja operaattorit valvovat kunnossapitotöitä.
- Lupakäytäntö: työluvat, tulityöluvat, telineluvat, kulkuluvat ja niiden valvonta
- Keskeisenä haasteena on alueella tilapäisesti työskentelevä henkilöstö, joka ei tunne prosessia ja tehdasaluetta. Näiden henkilöiden työskentelyä ja liikkumista alueella tulee ohjata ja valvoa erityisen hyvin.
- Päällekkäiset operoinnit tulee huomioida osana turvallista operointia ja kunnossapitotyötä.

## 3.3 Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

# Avainsanatyypiset tarkastuslistat

Seuraavilla sivuilla esitetään esimerkki listasta, johon on kerätty tärkeimpiä tarkastettavia kohteita laitoksen suunnittelussa, käytössä ja kunnossapidossa.

Tarkastuslistaa tulee muokata ja soveltaa niin, että se mahdollisimman hyvin soveltuu tarkasteltavaan prosessiin ja laitokseen.

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

1

Sijoituspaikka

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Onko useita sijoituspaikkavaihtoehtoja olemassa ja miten niitä on vertailtu, huomioiden esim. kuljetusten kannattavuus, tieverkosto?

**Mitä ympäristössä sijaitsee välittömässä läheisyydessä?** Onko lähellä haavoittuvia kohteita, esim. koulut, sairaalat, asuinalueet?

Onko rakennettavuusasioita selvitetty? **Onko alueen lähellä muita teollisuuslaitoksia ja voivatko ne aiheuttaa vaaraa?**

Onko merkittäviä **seurausvaikutuksia laitosalueen ulkopuolelle**, esim. lämpösäteily, ylipainevaikutukset, myrkyllisyysvaikutukset tai melu?

Onko alue teollisuuskäyttöön soveltuva?

Miten ääriolosuhteet, esim. tulvat, on huomioitu sijoituspaikkaa valittaessa?  
Onko tarpeelliset käyttöhyödykkeet saatavilla?

**Varastointikasojen sijoittelu alueella?**

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

2

## Prosessikonsepti

Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

Onko tunnistettu **vaihtoehtoisia prosessikonsepteja sekä vertailtu niiden etuja ja haittoja**, esim. operoitavuus, luontainen turvallisuus, päästöt, jätteet ja jätevedet, kannattavuus?

**Onko kyseessä vakiintunut tai uusi prosessikonsepti?**

Mitkä ovat prosessikonseptin merkittävimmät **onnettomuusskenaariot** ja niiden seurausvaikutukset?

Miten parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) -suositukset on huomioitu konseptissa?

3

## Raaka-aineet ja tuotteet

**Miten estetään/tunnistetaan erittäin haitallisten aineiden päätyminen kiertoon (esim. lääkeaineet ja radioaktiiviset aineet, POP- yhdisteet ja huolta aiheuttavat aineet)?**

Miten on varauduttu entistä alhaisemman arvon tai kokonaan uusien raaka-aineiden käyttöön?

Miten on varauduttu vaihteluun raaka-aineen saatavuudessa; onko raaka-ainetta saatavilla riittävästi?

Miten estetään **ei-toivottujen fraktioiden päätyminen syötteen/jätteiden joukkoon** (esim. räjähtävät ja radioaktiiviset aineet)?

Miten on varauduttu syötteen/jätteiden liialliseen kertymiseen alueelle häiriötilanteissa?

**Miten on varauduttu kiertomateriaalien syttymiseen (organiset jätteet, akut jne.)?**

Miten on varauduttu myyntikelvottoman tuotteen jatkokäsittelyyn/varastointiin?

**Tuodaanko jätettä ulkomailta ja liittyykö tähän erityisiä vaaroja (esim. uudet bakterikannat)?**

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

4

Suunnittelu

Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Miten varmistetaan oikea prosessin mitoitus ja oikeat materiaalit suunnittelussa?

**Onko laskettu aine-/energiatase?**

Miten tunnistetut **onnettomuusskenaariot** on otettu huomioon laitoksen suunnittelussa ja miten onnettomuuksien seurausvaikutukset voidaan minimoida? Miten turvajärjestelmät ja automaatio on huomioitu?

Miten on estetty mahdollisten onnettomuuksien **seurausvaikutusten leviäminen** tehdasalueen ulkopuolelle?

**Miten operoitavuus ja kunnossapito on huomioitu suunnittelussa?**

Miten laitosten ja **yksiköiden väliset materiaali- ja energiavirrat** on otettu huomioon suunnittelussa?

Miten **logistiset rajapinnat** on huomioitu suunnittelussa?

Suunnitteluun on ohjeet, riskit arvioidaan ja dokumentoidaan



# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

5

Operointi

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Miten tiedonhallinta ja -kulku on varmistettu?

Miten inhimillisen virheen mahdollisuus on huomioitu operoinnissa?

Henkilökohtaiset suojarusteet

Käyttöturvallisuustiedotteiden saatavuus työpisteissä

Operointiohjeet ovat ajan tasalla ja saatavilla

Käyttöhenkilöstön koulutus (sekä uusien että kokeneiden työntekijöiden)

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

6

Kunnossapito

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Miten on ennalta tunnistettu kunnossapitotyön vaarat ja miten niihin on varauduttu?

Liittyykö työkohteeseen tai prosessiin erityisiä vaaroja?

Kunnossapidon ja operoinnin yhteensovittaminen

Kunnossapitotöiden suunnittelu, muutosten- ja aikataulunhallinta

Kunnossapito-organisaation valmiuksien varmistaminen ja auditointi

Kuka suorittaa kunnossapitotyöt ja miten vastuut on määritelty?

Miten inhimillisen virheen mahdollisuus on huomioitu kunnossapitotyössä?

Työlupa ja työlupakäytännöt

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

7

Logistiikka

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Miten on varmistettu, että raaka-aineet tai lopputuotteet päätyvät oikeaan paikkaan?

Miten on varmistettu, ettei törmäyksiä tapahdu kuljetuksissa tehdasalueella?

Logistiikkayritysten kuljettajien ohjeistaminen ja perehdytys

**Miten on materiaalikuljetukset ja niiden turvallisuus hoidettu (huomioiden esim. ulkomailta tuotavan jätteen mukana Suomeen siirtyvät uudet bakteerikannat)?**

Tuoko logistiikka uusia vaaroja alueelle kasvaneen liikennöinnin myötä?

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

8

Pelastusvalmiudet

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Mitkä ovat alueen sammutus- ja pelastusvalmiudet, esim. sammutusveden riittävyys?

Miten sattumusjätevesien kerääminen ja käsittely on huomioitu?

Onko kohteeseen laadittu pelastussuunnitelma?

Harjoitellaanko hätätilanteita säännöllisesti?

Onko harjoitusten perusteella tehty korjaavia toimia?

Onko säännöllistä yhteistyötä pelastuslaitosten kanssa?

Harjoitellaanko hätätilanteita yhdessä mikäli alueella on useita toimijoita?

Tekninen varautuminen (esim. sprinklaus, kaasu- ja paloilmalaitteet)

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

9

## Ympäristöasiat

### Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

Mikä on muodostuvien päästöjen ja jätteiden laatu ja määrä? Mitkä ovat lupaehdot ja miten niiden toteutumista seurataan?

Mikä on investoinnin vaikutus melutasoon?

Miten jätteen vastaanotossa on huomioitu ympäristön turvallisuus?

Miten estetään haitallisten aineiden pääsy ympäristöön osana kiertotalouskonseptia?

Päästöjenhallintajärjestelmät (esim. sähkösuotimet, hajukaasujärjestelmät) ja niiden kunnossapito toiminnan luotettavuuden varmistamiseksi ja paloriskien minimoimiseksi

10

## Henkilöturvallisuus ja altistuminen

Miten estetään altistuminen haitallisille raaka-aineille ja yhdisteille, esim. raaka-aineen vastaanotossa, operoinissa ja kunnossapitotöissä (esim. rikkivety, homeet, pölyt, kemikaaliroiskeet)?

Miten on huomioitu seuraavat asiat: energian kohdistuminen henkilöön, terävät esineet, putoamiset, liukastumiset?

Henkilösuojainten asianmukainen käyttö

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

11

Johtaminen

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

### Päämäärät, tavoitteet ja toimintaperiaatteet

- Onko yritys määritellyt HSE-tavoitteet? Sisältyykö prosessiturvallisuus tavoitteisiin?
- Onko laadittu onnettomuuksien ehkäisemiseen tähtäävät päämäärät ja toimintaperiaatteet (turvallisuuspolitiikka)?
- Onko yrityksellä kirjallista turvallisuusjohtamisjärjestelmää tai ympäristöjärjestelmää?

### Organisointi ja vastuiden määrittely eri osa-alueille (esim. turvallisuus, logistiikka, operointi, kunnossapito)

- Mikä on yrityksen johdon rooli ja tehtävät turvallisuusasioissa?
- Onko vastuuhenkilöiden tehtävistä olemassa kirjallinen kuvaus?
- Onko käytönvalvoja nimetty?
- Kannustetaanko henkilöstöä tekemään turvallisuuteen liittyviä havaintoja ja miten havainnot käsitellään? Tekevätkö havaintoja sekä esimiehet, työntekijät että urakoitsijat?

### Vaarojen tunnistaminen ja arviointi

- Onko yritys kuvannut menettelyt toimintaan liittyvien vaarojen tunnistamiseksi ja riskien arvioimiseksi?
- Onko merkittävimmät onnettomuusskenaariot kuvattu ja niiden seuraukset arvioitu sekä määritelty keinot niiden ehkäisemiseksi sekä seurausten rajoittamiseksi?
- Kattavatko tehdyt riskianalyysit koko toiminnan ja miten analyysijä päivitetään?
- Miten analyysitulokset huomioidaan suunnittelussa, operoinnissa, muutostöissä, koulutuksissa ja ohjeistuksessa?
- Onko vastaavilla laitoksilla sattuneet onnettomuudet ja vaaratilanteet huomioitu? Miten teollisuudenalan vaaratilanteita seurataan?

### Laitoksen käyttö, henkilöstön perehdytys ja koulutus

- Onko henkilöstön koulutustarpeet määritelty ja miten koulutuksia järjestetään käytännössä?
- Koulutetaanko myös ulkopuolisia henkilöitä, jotka työskentelevät laitoksella (esim. kuljettajat, kunnossapitohenkilöstö)?
- Koulutetaanko henkilöstölle toimintatapa hätätilanteissa?
- Onko operointi- ja kunnossapito-ohjeet laadittu ja jatkuvasti henkilökunnan saatavilla ja kuka päivittää ohjeet?

# Raamit avainsanatyypiselle tarkastuslistalle

11

Johtaminen (jatk.)

## Esimerkkejä keskeisistä kysymyksistä

---

### Muutosten hallinta

- Onko yrityksellä muutosten hallintaa koskevat toimintaohjeet ja miten muutokset dokumentoidaan?
- Myös pienten muutosten kirjaaminen ja vieminen käyttöohjeisiin
- Muutostöihin liittyvät vastuut ja tiedonkulun varmistaminen
- Muutostöihin liittyvän koulutuksen varmistaminen

### Suunnittelu hätätilanteiden varalta

- Onko yrityksellä ajan tasalla oleva pelastussuunnitelma?
- Onko hätätilanteita harjoiteltu säännöllisesti yhdessä henkilöstön ja pelastuslaitoksen kanssa?
- Kattaako suunnitelma ja harjoittelu tunnistetut vaarat?

### Turvallisuustilanteen toteutumisen seuranta

- Onko yrityksellä menettelytavat laitoksen turvallisuustason arvioimiseksi ja seuraamiseksi (turvallisuusmittarit)?
- Hyödynnetäänkö prosessista saatavaa tietoa turvallisuuden arvioinnissa?

### Tarkastukset, auditoinnit ja katselmukset

- Onko lakisäätöiset määräaikaistarkastukset tehty?
- Käsitelläänkö turvallisuusasioita johdon kokouksissa ja katselmuksissa?
- Minkä tyyppisiä auditointeja laitoksella järjestetään ja kuinka usein?
- Miten korjaavat toimenpiteet käsitellään?

# 4 Kiertotalouden laitostyypit



# Tarkastellut bio- ja kiertotalouslaitokset

Tässä työssä on tarkasteltu seuraavia bio- ja kiertotalouden laitostyyppisiä. Osalla laitoksista (esim. mäntyöljyn tislaukset) toiminta on vakiintunutta kun taas osalla teknologia on verrattain uutta (esim. 2G-etanoli).

- Biokaasu
- Mäntyöljy
- Pyrolyysiöljy
- 2G -etanoli
- Uusiutuva diesel
- Materiaalinkiertäminen
- Jätteenpolto
- Muut laitokset (esim. teollisuuspuistot)

# Laitostyyppien arviointi ja ryhmittely

- Laitostyyppikohtaiset esitykset ja dokumenttianalyysit perustuvat:
  - Keskusteluihin Neste Engineering Solutionsin johtavien asiantuntijoiden kanssa
  - Neste Engineering Solutionsin tietokantoihin
  - Ympäristölupahakemuksiin ja päätöksiin
  - Ympäristövaikutusten arviointiin
  - Kemikaalilupapäätöksiin
  - Yritysten omiin julkaisuihin
  - Julkisiin raportteihin
- Vaarojen alustava ryhmittely laitostyypeittäin on laadittu yhteistyössä Neste Engineering Solutionsin johtavien HSE-, prosessi- ja teknologia-asiantuntijoiden kanssa.
- Laitostyyppikohtaisissa taulukoissa esitetyillä skenaarioilla voi olla sekä henkilöturvallisuuteen vaikuttavia seurauksia (HS), ympäristövaikutuksia (E) että taloudellisia vaikutuksia (A). Seurausten vakavuuden arviointi perustuu näistä vakavimpaan ja seurausten vakavuus on huomioitu ilman varautumisia.
- Keskeisiä varautumiskeinoja lähes kaikkien laitostyyppien ja riskien kohdalla ovat käyttöhenkilökunnan koulutus, ohjeistus, sekä henkilökohtaiset suojarusteet ja -välineet.

# Taphtuneita onnettomuuksia

## Sellutehdasarvoketjut

2011 Arizona Chemicalin Ruotsin tehtaalla mäntyöljyn vuoto mereen (800 m<sup>3</sup>)

★ 2010 Arizona Chemicalin säiliöräjähdyks, 1 kuollut, 1 vakavasti loukkaantunut  
2011 toistuvasti itsesyntyviä mäntyöljyroiskeita

★ 1990 Mäntyöljyn keittämössä Imatralla altistuminen rikkivedylle, 1 kuollut

Saksassa 2015 biokaasulaitoksissa aiheutuneita henkilövahinkoja 310, joista 4 kuolemaan johtaneita (Saksassa yht. 8856 biokaasulaitosta 2015)

## Biokaasulaitokset

2017 Biokaasuvoimala paloi Ämmäsuolla

### Muita liittyviä tapauksia

2016 Mustankorkea Oy:n kompostointilaitos paloi, viivästytti biokaasulaitoksen rakentamista

★ 2017, Suomen Käyttömuovi, varastoidun jätemuovin tulipalo

★ 2013 Autonosturin kaatuminen Kilpilahden jalostamoalueella

★ 1996 UPM Kymmene Tervasaari, massasäiliön kaatuminen, 1 kuollut

★ 1988, Polttohakkeen kuljetusruuvitapaturma, 1 kuollut

## Pyrolyysilaitokset

★ 2014 Fortum Joensuun pyrolyysilaitoksen räjähdys, 3 loukkaantunutta

2017 Topinojan kaatopaikalla tulipalo Gasumin biokaasulaitoksen vieressä

★ 2014 Hakesiilotapaturma, 1 kuollut

★ 2010, Polttohakekuorman käsittelytapaturma, 1 kuollut

★ 1989 Nesteen jalostamon varastosäiliön tulipalo

## Teollisuusjätteiden regenerointi

2014 Ekokemin laitoksessa pölyräjähdys

★ Lähde: Tukes

★ Lähde: Onnettomuustutkintakeskus

★ Lähde: Tapaturmavakuutuskeskus

\* Bioetanolilaitoksista ei löytynyt merkittäviä onnettomuustapauksia

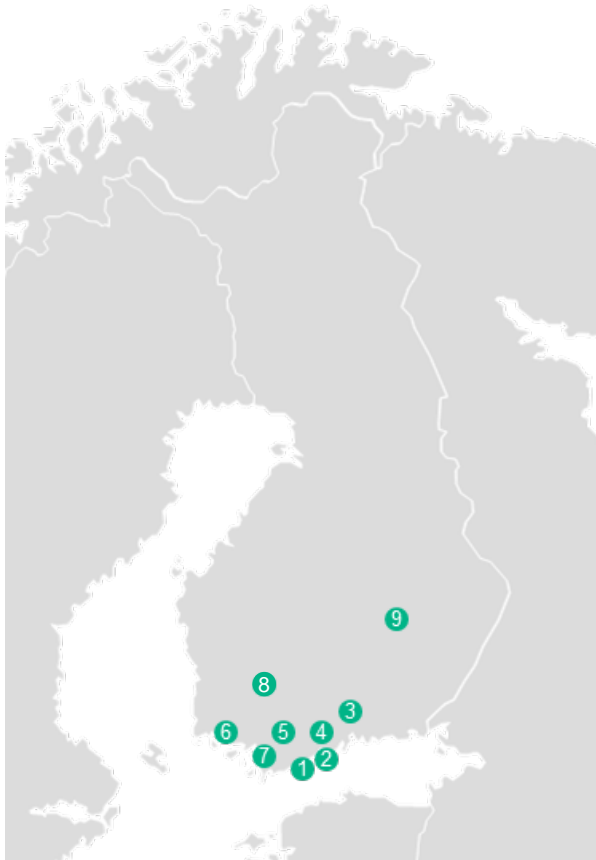
# 4.1 Biokaasu

# Biokaasu Suomessa

- Vuonna 2015 Suomessa **tuotettiin biokaasua yhteensä 153 milj. m<sup>3</sup>**, josta 132 milj. m<sup>3</sup> hyödynnettiin
  - Hyödyntämätön biokaasu on kaatopaikoilta vapautuvaa, mutta ei talteen otettua kaasua
- Pääosa biokaasusta käytettiin lämmön (483 GWh) ja sähkön (137 GWh) tuotantoon
  - Puhdistettu biokaasu syötetään kaasuverkkoon tai käytetään liikenteen polttoaineena
  - Vuonna 2015 tuotetun puhdistetun biokaasun energia oli 98 GWh, josta 23 GWh käytettiin liikenteessä
- 54% Suomessa tuotetusta biokaasusta oli peräisin kaatopaikoilta
  - Biokaasua kerätään 40 eri kaatopaikalta
- Loput (46%) biokaasusta tuotettiin reaktorilaitoksissa pääsiallisesti jäte- ja sivuvirroista
  - Reaktorilaitoksia on Suomessa noin 40
- Biokaasun tuotanto on keskittynyttä: kolme suurinta tuottajaa hallitsee yli 60% kapasiteetista.
- Biokaasun tuotannon uskotaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Mm. Gasum on parhaillaan laajentamassa Turun biokaasulaitosta (laajennushanke valmistuu vuoden 2019 aikana) sekä on arvioimassa biokaasulaitosinvestointia Lohjalle (investointipäätöstä ei ole vielä tehty). Raaka-ainepohja asettaa kuitenkin rajat biokaasutuotannon kasvulle.
- Tulevaisuuden mahdollisia biokaasuteknologioita ovat Bio-SNG ja Power-to-Gas

# Biokaasu Suomessa

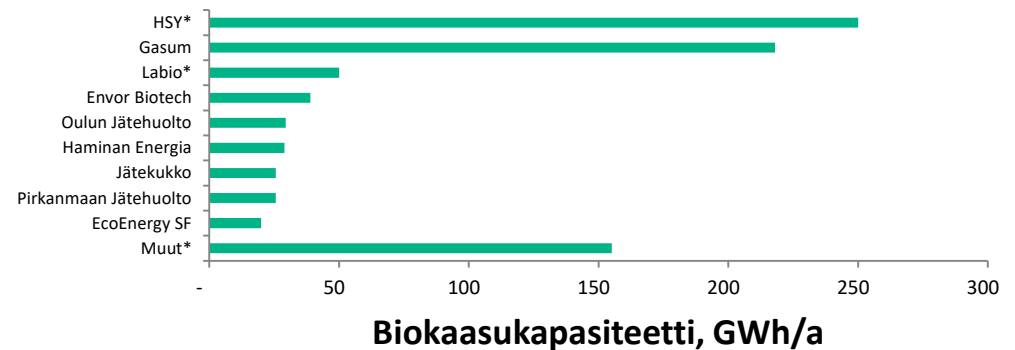
## Suomen suurimmat biokaasulaitokset



1. **HSY**: Espoo – Kaatopaikkakaasu (150 GWh)
2. **HSY**: Helsinki – Jätevedenpuhdistus (65 GWh)
3. **LABIO**: Lahti – Yhteismädätyslaitos (50 GWh)
4. **GASUM**: Riihimäki – Yhteismädätyslaitos (50 GWh)
5. **ENVOR**: Forssa – Yhteismädätyslaitos (39 GWh)
6. **GASUM**: Vehmaa – Yhteismädätyslaitos (32 GWh)
7. **GASUM**: Turku – Yhteismädätyslaitos (31 GWh)
8. **GASUM**: Huittinen – Yhteismädätyslaitos (30 GWh)
9. **GASUM**: Kuopio – Yhteismädätyslaitos (30 GWh)



## Suomen suurimmat biokaasun tuottajat



\*Gasum ostaa osan biokaasusta, puhdistaa sen biometaaniksi ja syöttää maakaasuverkkoon

# Biokaasun valmistus märkämädätyksellä

Märkämädätyslaitoksessa pystytään hyödyntämään monen tyyppistä jätettä syötteenä

- Kiintoainepitoisuuden tulee olla max. 15%, mikä mahdollistaa syötteen pumppaamisen reaktoriin sekä sen tehokkaan sekoittamisen
- Kuivat raaka-aineet sekoitetaan kosteaan raaka-aineeseen ennen reaktoriin syöttöä
- Raaka-aineeksi soveltuvat monet kosteat orgaaniset aineet (esim. puhdistamoliete, lanta, vihermassat, biojäte)

Sekoitus mädätysreaktorissa tapahtuu mekaanisesti

Raaka-aineen syöttö voi olla jatkuvatoiminen ja syklinen

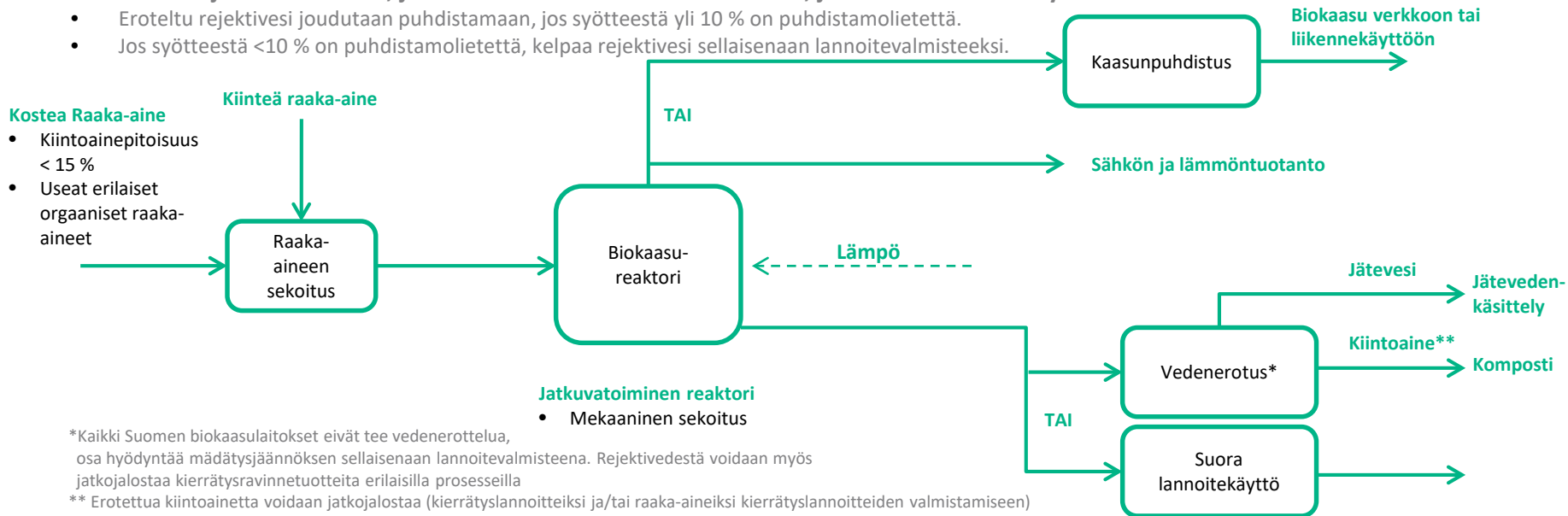
Viipymääjat ovat 20-30 päivää

Pienemmästä kiintoainepitoisuudesta johtuen märkämädätysreaktorit ovat kuivamädätysreaktoreita suurempia

Biokaasu pitää puhdistaa liikennekäyttöä tai verkkoon syöttämistä varten

Reaktorin rejekti on lietettä, jonka vesi erotellaan kiintoaineesta, jos suora lannoitekäyttö ei ole mahdollista

- Eroteltu rejektivesi joudutaan puhdistamaan, jos syöttestä yli 10 % on puhdistamolietettä.
- Jos syöttestä <10 % on puhdistamolietettä, kelpaa rejektivesi sellaisenaan lannoitevalmistukseen.



\*Kaikki Suomen biokaasulaitokset eivät tee vedenerotusta, osa hyödyntää mädätysjäännöksen sellaisenaan lannoitevalmisteenä. Rejektivestä voidaan myös jatkojalostaa kierrätysravinnetuotteita erilaisilla prosesseilla

\*\* Erotettua kiintoainetta voidaan jatkojalostaa (kierrätyslannoitteiksi ja/tai raaka-aineiksi kierrätyslannoitteiden valmistamiseen) myös muulla tavoin kuin kompostina

# Biokaasun valmistus kuivamädätyksellä

Kuivamädätyslaitokset ovat yleensä jatkuvatoimisia

- Pienemmät laitokset voivat olla myös panostyyppisiä

Raaka-aine on yleensä eroteltua biojätettä

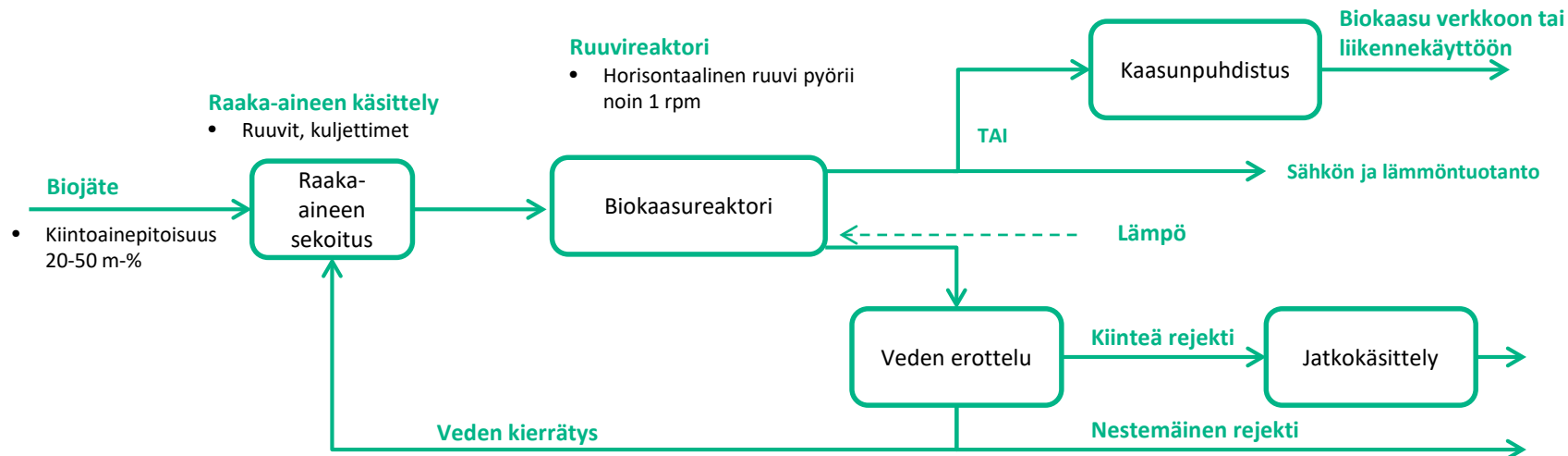
- Eroteltu biojäte esim. kotitalouksilta, teollisuudelta tai kaupanalalta

Keskeinen ero märkämädätyslaitokseen verrattuna on raaka-aineen korkeampi kiintoainepitoisuus ja sisäinen vedenkierrätys

- Vedenkierrätys mahdollistaa raaka-aineen helpomman käsittelyn ja minimoi nestemäisen rejektin muodostumisen

Kiinteän rejektin käsittely on keskeinen haaste

- Rejekti on lietemäistä ja tahmeaa. Sekoitusvaikeuksien vuoksi rejekti ei myöskään ole laadultaan homogeenista
- Lisäksi se voi olla vaihtelevasti hajonnutta (sisältää hajoamatonta biomassaa) ja hankalasti varastoitavaa
- Täten se voi olla soveltumatonta lannoitekäyttöön





# Biojätteen mädätyslaitos\*

## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Vuodot ja niistä aiheutuvat <b>tulipalot, räjähdykset tai tukehtuminen</b> (esim. vuoto kompressorikontissa, vuoto kaasukellosa, vuoto lastauksessa, jossa paine voi olla tasolla 250 bar).	HSEA	Erittäin vakava	Liikavirtausventtiilit/lastaus, tiiveyden varmistaminen, kaasuilmaisimet
Biojätteen varastoinnin ja käsittelyn yhteydessä tapahtuva altistuminen myrkyllisille aineille kuten rikkivety ja hiilimonoksidi. Vakava altistuminen mahdollinen.	HSA	Erittäin vakava	Riittävä ilmanvaihto, henkilökohtaiset suojaimet/suodatettu hengitysilma, kaasunilmaisimet, ilmanlaadun analysointi
Biojätteen käsittelyn yhteydessä tapahtuva <b>altistuminen homeille ja hometoksiineille</b> (mm. hengitystieinfektiot ja allergiat). Hometoksiineista mm. amyloosiini aiheuttaa hermostollisia oireita.	HSA	Erittäin vakava	Riittävä ilmanvaihto, henkilökohtaiset suojaimet/suodatettu hengitysilma, kaasunilmaisimet, ilmanlaadun analysointi
<b>Rejektien hallinta:</b> Jätevesien ja muiden rejektien päästöt ympäristöön. Seurauksena lupaehtojen ylitys ja haitalliset vaikutukset vesielioille.	EA	Vähäinen	
<b>Rejektien ympäristökelpoisuus:</b> Jätevesien ja lietteen laatu estää suunnitellun loppusijoituksen (sisältää esim. raskasmetalleja) ja tästä aiheutuu taloudellisia tappioita.	A	Vähäinen	Vaaditut mädätys- ja jälkikompostointiajat, hygienisointi vaaditussa lämpötilatasossa.
<b>Hajut</b>	EA	Vähäinen	Prosessihäiriöiden minimointi

\* Erilliskerätyn biojätteen mädätyslaitokseen.

Henkilövahingot (HS), ympäristövahingot (E), taloudelliset vahingot (A)

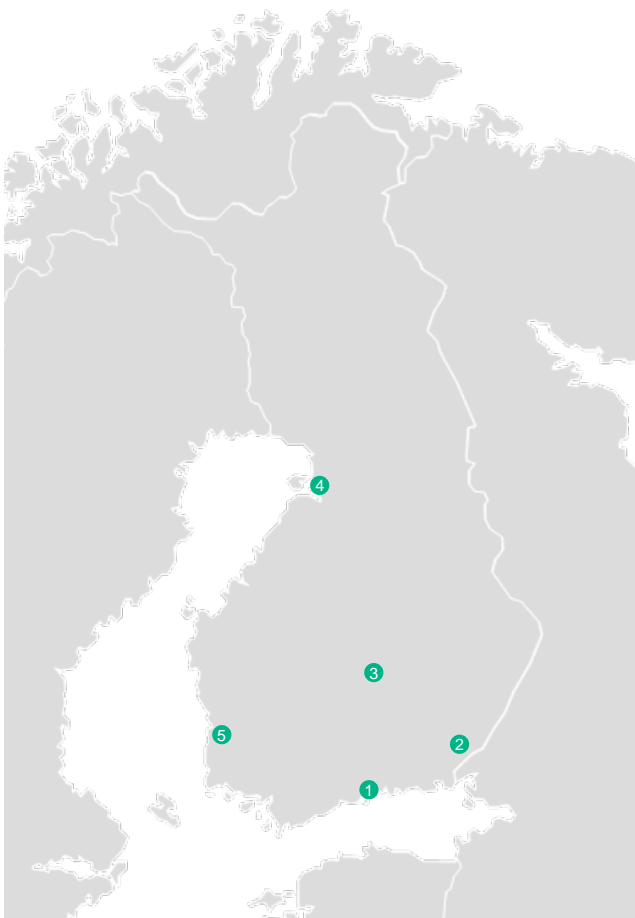
## 4.2 Mäntyöljyn tislus

# Sellutehdasarvoketjut Suomessa

- Tässä työssä keskitytään kolmeen kokonaisuuteen koskien sellutehdasarvoketjuja: **mäntyöljyn tislaus, ligniinin erotus ja kuoren kaasutus**.
  - Tämän lisäksi on myös lukuisia muita uusia teknologioita kehitteillä sellutehdasarvoketjuihin liittyen, esim. ligniiniöljyn tuotanto hyödynnettäväksi öljynjalostuksessa ja hemiselluloosan jatkojalostus.
- Suomi on maailman johtavia **mäntyöljyn valmistajia ja jalostajia**.
  - Mäntyöljyntislausprosessi on vakiintunut. Mäntyöljyn tislauskapasiteetti Suomessa on 350 000 t/v (Kraton, Oulu ja Forchem, Rauma). Tämän lisäksi mäntyöljyä hyödynnetään Suomessa UPM:n Lappeenrannan biojalostamossa uusiutuvan dieselin tuotannossa.
  - Mäntyöljyntislauskapasiteettia on mahdollista nostaa Suomessa. Mm. Forchem on arvioinut, että heidän tuotantokapasiteettia olisi mahdollista nostaa 100 000 t/v\* (*Lähde: Forchem Information Memorandum 2015*).
- **Ligniinin erotuksessa** ollaan huomattavasti pidemmällä kuin applikaatioiden kehityksessä, esimerkkejä kehityksestä on listattu alle:
  - Stora Enso aloitti ligniinierotuksen Sunilan tehtaalla vuonna 2015 (50 000 t/v). Sunilan tehdas on maailman ensimmäinen integroitu ligniiniä erotteleva tehdas, joka valmistaa kraftligniiniä poltettavaksi meesauunissa. Stora Enso on myös aktiivinen ligniinin applikaatiokehityksessä.
  - Myös UPM on edistynyt ligniinin kaupallistamisessa. Yritys ilmoitti 2.10.2017, että se ottaa käyttöön ligniiniin perustuvan liimausteknologian vanerivalmistuksessa.
  - Metsä Fibre kehittää koelaitostasolla ligniinijalosteita.
  - Tulevaisuudessa ligniinin erotuskapasiteetti Suomessa saattaa nousta, mutta tällä hetkellä applikaatiokehitys on pullonkaulana uusia investointeja ajatellen.
- **Kuoren kaasutus**
  - Metsä Fibre valmistaa puun kuoresta tuotekaasua omaksi sisäiseksi biopolttoaineeksi Joutsenossa (Andritzin teknologia) ja Äänekoskella (Valmetin teknologia).
  - Mahdolliset investoinnit kuoren kaasutukseen edellyttävät sopivia olosuhteita; esim. sähkötase ei vaadi kuorta poltettavaksi ja kuorta on riittävästi kaasutukseen. Kuorenkaasutuslaitoksia voi tulla joitakin lisää tulevaisuudessa; mm. Kiinassa on tällä hetkellä joitakin laitoksia kehitysvaiheessa.

# Sellutehdasarvoketjut Suomessa

## Keskeiset laitokset\*



1. **STORA ENSO:** Sunila – Ligniininerotus (50 000 t/v)
2. **METSÄ FIBRE:** Joutseno – Kuoren kaasutus (50 GWh)
3. **METSÄ FIBRE:** Äänekoski – Kuoren kaasutus (50 GWh)
4. **KRATON:** Oulu – Mäntyöljyn tislus (156 000 t/v)
5. **FORCHEM:** Rauma – Mäntyöljyn tislus (200 000 t/v)



\*Mäntyöljyn tislus, ligniinin erotus, kuoren kaasutus

# Mäntyöljyn tislus

Mäntyöljytislaamossa on neljä eri prosessivaihetta:

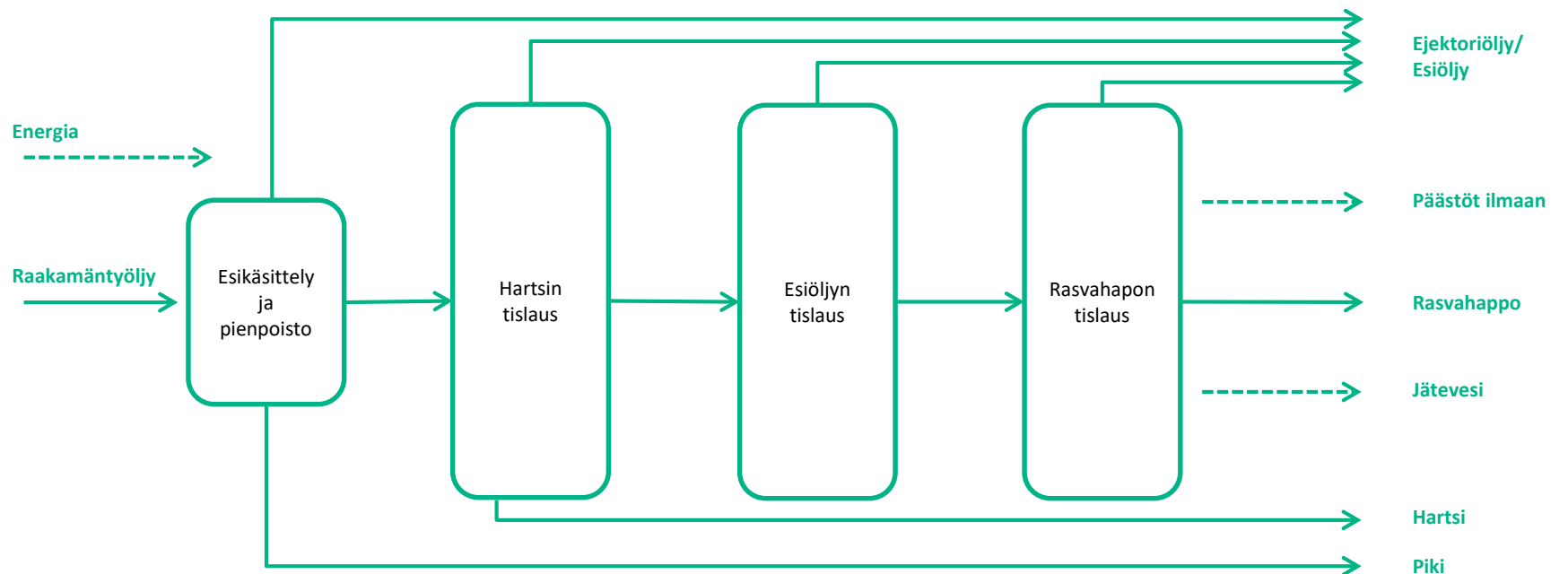
- Esikäsitteily ja pienpoisto, hartsintislus, esiöljyn tislus ja rasvahapon tislus
- Lisäksi laitoksella voi olla muita yksiköitä esim. jatkojalosteiden valmistamista varten

Mäntyöljytislaamot ovat tyypillisesti jatkuvatoimisia laitoksia

Tislaamo tarvitsee energiaa tislauksessa tarvittavien lämpötilojen saavuttamiseksi. Tislausprosessin lämmittämiseen käytetään kuumaöljyjärjestelmää.

- Energiaa voidaan tuoda joko ulkoisesta lähteestä (raskas polttoöljy, maakaasu) tai vaihtoehtoisesti on mahdollista hyödyntää laitoksen sisäisiä energiavirtoja

Jäteveden ja savukaasupäästöjen lisäksi laitokselta syntyy melko pieni määrä muita jätteitä



# Mäntyöljyn tislaus – riskien luokittelu

## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Ilmavuoto alipaineiseen laitteistoon; seurauksena tulipalo/räjähdyksivaara laitteistossa. Syytekijöitä voivat olla esim. → Käynnistystilanteessa tapahtuva lämpölaajeneminen johtaen laippavuotoon → Raaka-ainetoimisuksessa tapahtuva virhe (esim. suopaa pääsee prosessiin raaka-aineena mäntyöljyn sijaan.) Suovan sisältämä vesi aiheuttaa prosessissa paineen nousun. Tästä seurauksena tuotantokatkos.	HSEA	Katastrofaalinen	Laitteiston tiiveyden varmistaminen, hätätyöturvallisuusjärjestelmä (inertointi) ja laitoksen turvalliseen tilaan ajaminen, materiaalivalinnat
Rasvahappojen vuoto ja siitä seuraava tulipalo (esim. laitoksen käynnistystilanteessa)	HSEA	Erittäin vakava	Palonkestävät rakenteet, tiiveyden varmistaminen, materiaalivalinnat
Kuumaöljyn vuoto (lämpötila jopa 350°C) (esim. laitoksen käynnistystilanteessa), esim. bifenyyli erittäin myrkyllistä vesiliuosta ja ihmiselle haitallista hengitettynä	HSEA	Erittäin vakava	Palonkestävät rakenteet, tiiveyden varmistaminen, erillisviemäröinti
Henkilövahingonvaara kuumille roiskeille sekä työhygieniä; ihon altistuminen syövyttävälle aineelle (esim. rasvahappo)	HSA	Vakava	Tiiveyden varmistaminen
Orgaanisten yhdisteiden pääsy ilmaan ja siitä johtuvat hajuhaitat	EA	Vähäinen	
Säiliövuodot ja ympäristölle haitallisten aineiden pääsy maaperään ja vesistöön (esim. säiliön ylitäyttö)	EA	Vakava	Huolellinen suunnittelu (säiliöiden vallitilat kunnossa, jätevesilaitoksen kapasiteetti riittävä).

Henkilövahingot (HS), ympäristövahingot (E), taloudelliset vahingot (A)

## 4.3 Nestemäiset biopolttoaineet

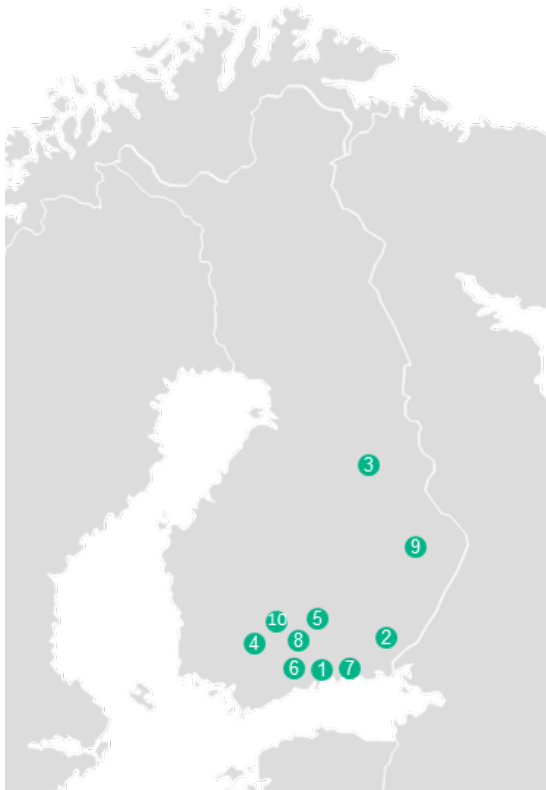
# Nestemäiset biopolttoaineet Suomessa

- Suomi on **edelläkävijä korkealaatuisten kehittyneiden biopolttoaineiden valmistuksessa**
  - Suomen vahvuuksia ovat teknologinen osaaminen ja monipuolinen raaka-ainepohja. Lisäksi Suomessa on onnistuttu hyödyntämään erilaiset teollisuuden jätteet biopolttoaineiden raaka-aineiksi.
- EU on asettanut tieliikenteen polttoaineille 10% :n uusiutuvan energian tavoitteen vuodelle 2020. Suomi on asettanut EU:ta tiukemman kansallisen tavoitteen uusiutuvan energian osuudelle tieliikenteessä: 20% vuonna 2020.
  - Suomen tieliikenteessä käytettyjen biopolttoaineiden määrä oli 22% vuonna 2015 (huomioiden tuplalaskenta)
  - Valtioneuvoston asettaman strategian mukaisesti liikenteen biopolttoaineiden sekoitusvelvoite nostetaan tasolle 30% vuoteen 2030 mennessä
  - EU komissio valmistelee **uusiutuvan energia direktiiviä (RED II)** vuosille 2021-2030, jolla pyritään kiihdyttämään uusiutuvan energian käyttöä jäsenmaissa. Direktiivin odotetaan olevan valmis aikaisintaan vuonna 2018.
- Suomen **liikenteen biopolttoaineiden tuotantokapasiteetti on 700 000 t/v uusiutuvaa dieseliä ja 17 000 t/v bioetanolia.**
  - Nykyisen kapasiteetin lisäksi lukuisia uusia biopolttoainehankkeita on suunnitteilla
    - Mm. St1 on julkistanut suunnittelewansa bioetanoli-investointia Pietarsaareen (laitos toiminnassa aikaisintaan 2020). Globaalisti katsoen 2G bioetanolilaitokset kuitenkin toimivat alhaisilla käyttöasteilla. Biopolttoaineregulaatio on Euroopassa epäselvä ja RED II päätökset tulevat vaikuttamaan markkinoiden muotoutumiseen.
    - Uusiutuvan dieselin kohdalla varaudutaan yhä huonompilaatuisten jäteraaka-aineiden käyttöön.
- **Fortum tuottaa bioöljyä** Joensuussa metsätähteestä, hakkeesta ja sahanpurusta hyödyntämällä pyrolyysiprosessia (kapasiteetti 50 000 t/v)
  - Bioöljyä ei sellaisenaan sovellu liikenteen polttoaineeksi ja sen pääkäyttökohde on raskaan tai kevyen polttoöljyn korvaaminen energian tuotannossa.
- **Suomen Kiertoketju Oy** investoi **uuteen bioöljylaitokseen Nokialla**, joka tulee käyttämään raaka-aineenaan käytettyjä autonrenkaita ja muovia. Prosessi perustuu laitetoimittajan Ecomation Oy:n patentoimaan jatkuvatoimiseen ja päästöttömään kuivatusmenetelmään. Laitoksen kapasiteetti on 7 500 tonnia vuodessa. Laitoksen on uutisoitu käynnistyvän loppuvuodesta 2017. Rengaspyrolyysiöljyn tuotantoon liittyvissä tulevaisuuden investoinneissa lainsäädäntö on keskeinen riski, mutta raaka-aineen saatavuusmielessä Suomeen voidaan rakentaa vielä 1 – 3 rengaspyrolyysilaitosta lisää.



# Nestemäiset biopolttoaineet Suomessa

## Keskeiset laitokset



1. **NESTE:** Porvoo – Uusiutuva diesel (n. 600 000 t/v\*)
2. **UPM:** Lappeenranta – Uusiutuva diesel (100 000 t/v)
3. **ST1:** Kajaani – Bioetanoli (8 000 t/v)
4. **ST1:** Jokioinen– Bioetanoli (1 000 t/v)
5. **ST1:** Lahti– Bioetanoli (7 000 t/v)
6. **ST1:** Vantaa– Bioetanoli (1 000 t/v)
7. **ST1:** Hamina– Bioetanoli (1 000 t/v)\*\*
8. **ST1:** Hämeenlinna – Bioetanoli (1 000 t/v)
9. **Fortum:** Joensuu – Bioöljy (50 000 t/v)
10. **Ecomation:** Nokia– Bioöljy (5 000 t/v) rakenteilla



\*Neste valmistaa uusiutuvaa dieseliä Porvoon, Rotterdamin ja Singaporen jalostamoilla, laitosten kapasiteetti on 2,6 miljoonaa tonnia. Rotterdamin ja Singaporen tuotantokapasiteetti on á 1 Mt/v.

\*\* ST1:llä on Haminassa etanolin absoluointilaitos, jossa ST1:n tuotantoyksiköissä valmistettu bioetanoli väkevöidään polttoainelaatuun ; täten bioetanoli on sellaisenaan valmista sekoitettavaksi bensiiniin.

## 4.3.1 Bioetanoli

# Bioetanoli – Cellunolix (ST1 Kajaani)

Cellunolix-prosessin raaka-aineena käytetään sahateollisuuden ja metsätalouden prosessitähteitä (sahanpuru ja saharake) sekä esimerkiksi rakennusteollisuuden murskattua puujätettä

- Raaka-aine murskataan ja seulotaan prosessille sopivaan kokoon
- Uusiutuvan etanolin valmistuksessa voidaan hyödyntää myös muita lignoselluloosaraaka-aineita, kuten olkea ja bagassea

Raaka-aine on käsitelty esikäsittelyreaktorissa termokemiallisesti happokatalyytin avulla

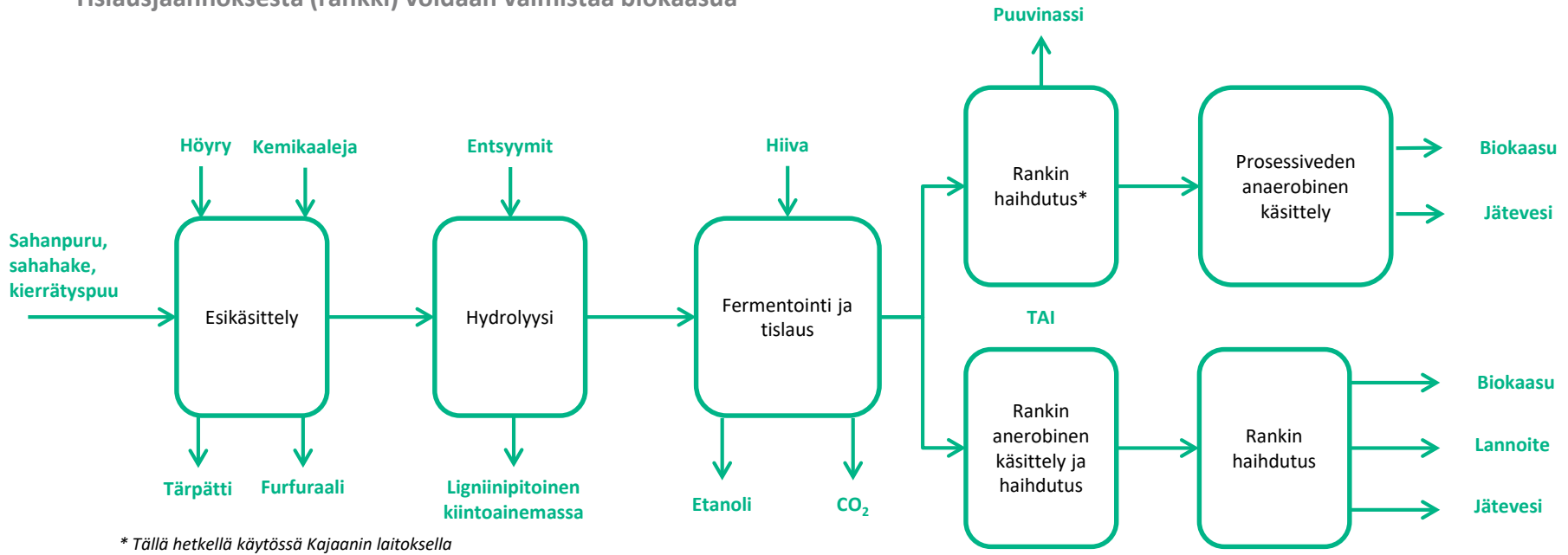
Esikäsitelty raaka-aine hydrolysoidaan entsyymaattisesti yksittäisiksi sokereiksi fermentointia varten

- Ligniiniipitoinen kiintoainemassa erotetaan ennen seuraavan vaiheen fermentointia ja tislausta

Fermentoinnissa sokereista muodostuu etanolia ja hiilidioksidia. Etanoli tislataan vastaamaan kaupallista laatua.

- Syntynyt hiilidioksidi on uusiutuvaa ja se on mahdollista ottaa talteen jatkokäyttöä varten

Tislausjännöksestä (rankki) voidaan valmistaa biokaasua



Lähde: Neste Engineering Solutions, ST1

# Bioetanol – riskien luokittelu

## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Prosessissa tai lastauksessa tapahtuva vuoto aiheuttaa tulipalovaaran ja rajoitetuissa tiloissa räjähdysvaaran (etanoli, tärpähti, furfuraali) sekä henkilövahingon vaaran	HSEA	Vakava	
Altistuminen myrkyllisille yhdisteille, esim. furfuraali tai rikkivety	HSA	Erittäin vakava	
Altistuminen prosessiin kuulumattomien mikrobin tuottamille aineille (toksiinit, itiöt)	HSA	Vakava	
Pölyräjähdys puusta tai ligniinistä johtuen	HSEA	Erittäin vakava	
Furfuraalin tai etanolin joutuminen vesistöön tai jätevesiin. Aiheuttaa vesistössä kalakuolemia ja jätevesilaitoksella toimintahäiriön.	EA	Vakava	Jätevesianalyysit, joilla pystytään rajaamaan vuodon vakavuus, suoja-altaat.

Henkilövahingot (HS), ympäristövahingot (E), taloudelliset vahingot (A)

## 4.3.2 Pyrolyysiöljy

# Pyrolyysiöljy (Rengaspyrolyysi)

Pyrolyysissä orgaaninen aine hajoaa pienemmiksi molekyyleiksi korkeassa lämpötilassa ja hapettomassa tilassa.

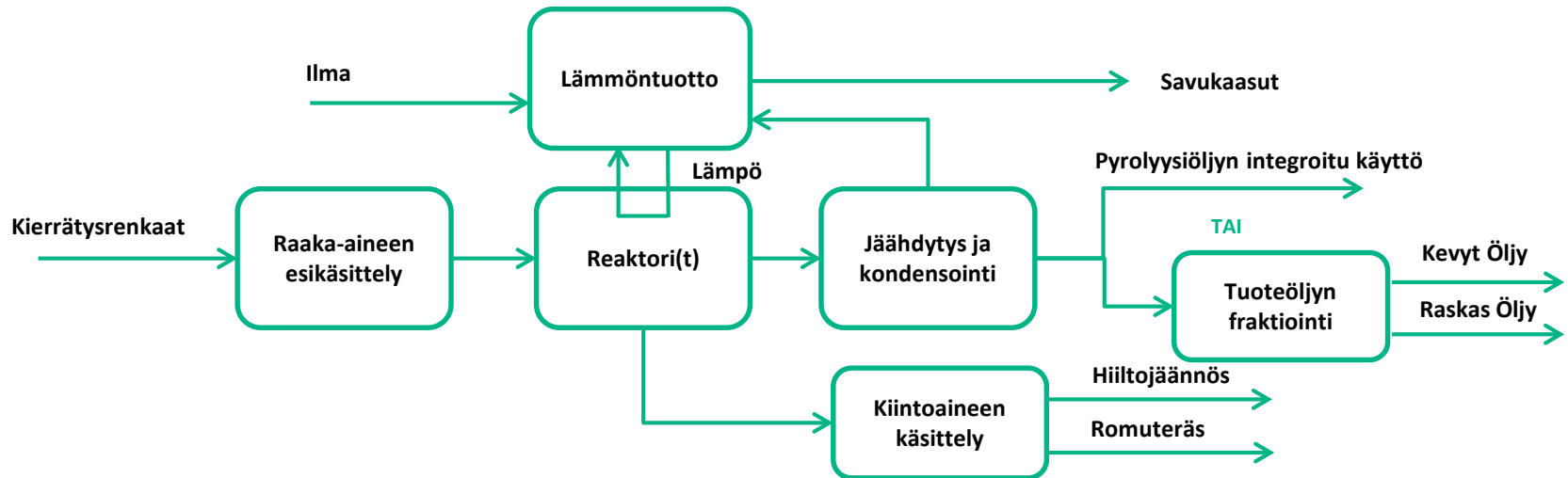
- Rengaspyrolyysiprosessit toimivat useimmiten 450-500 °C lämpötilassa
- Alla olevassa prosessissa hyödynnetään käytöstä poistettuja renkaita
- Pääasiallisia tuotteita ovat erilaiset hiilivedyt, hiilidioksidi/-monoksidi, vesi, ja erilaiset rikin ja typen yhdisteet raaka-aineen koostumuksesta riippuen
- Pyrolyysiprosessissa syntyy aina vettä, vaikka raaka-aine ei sisältäisikään vettä

**Reaktorissa renkaan hiilivedyt höyrystyvät pyrolyysikaasuksi**

- Prosessissa jää jäljelle kiinteä reagoimaton hiilipitoinen jäännös (sekä renkaiden tapauksessa jäljelle jää mm. romuterästä)

**Pyrolyysikaasu jäähdytetään ja lauhdutetaan, jolloin syntyy nestemäinen tuote – pyrolyysiöljy**

- Osa kaasusta jää lauhtumatta ja se ohjataan lämmöntuotantoon; syntynyt lämpö hyödynnetään pyrolyysiprosessissa. Tapauksesta riippuen voidaan tarvita myös ulkopuolista polttoainetta.
- Pyrolyysiöljy voidaan käyttää integroidusti valmistuspaikalla (esim. voimalaitoksilla polttamalla kattilassa tai syöttämällä öljynjalostamoon). Rengaspyrolyysistä tulevan öljyn hyödyntäminen muuhun käyttöön vaatisi lisäfraktiointia.



# Pyrolyysilaitos – riskien luokittelu

## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Henkilövahingon vaara: Prosessissa tapahtuva kaasuvuoto, sisältäen mm. hiilimonoksidia ja rikkivetyä	HSA	Erittäin vakava	Kaasunilmaisimet, inertointi (höyry tai typpi).
Työhygieniä; altistuminen hiilipölylle	HSA	Erittäin vakava	
Kuumat pinnat (jopa 500°C)	HSA	Vakava	Suojaeristys, jotta pintalämpötilat saadaan turvalliseen lämpötilatasoon.
Jätevesipäästöt (mm. hiilivedyt)	EA	Vähäinen	
Pyrolyysiöljyn vuoto prosessista, varastosäiliöstä tai lastauksessa. Altistuminen karsinogeeniselle yhdisteelle ja ympäristövahingon vaara (voi pilata paikallisesti pohjaveden).	HSEA	Vakava	
Rengaspalo ja siitä muodostuvat myrkylliset savukaasut	HSEA	Vakava	
Pyrolyysikaasun vuoto rajoitettuun tilaan aiheuttaa tulipalo- ja räjähdysvaaran	HSEA	Katastrofaalinen	
Räjähdykelpoisen seoksen muodostuminen prosessin sisälle, johtuen siitä, että laitteisiin pääsee happea, esim. kunnossapitotöiden yhteydessä	HSA	Katastrofaalinen	
Hiilipölyn aiheuttama pölyräjähdys	HSEA	Katastrofaalinen	

## 4.2.3 Uusiutuva diesel



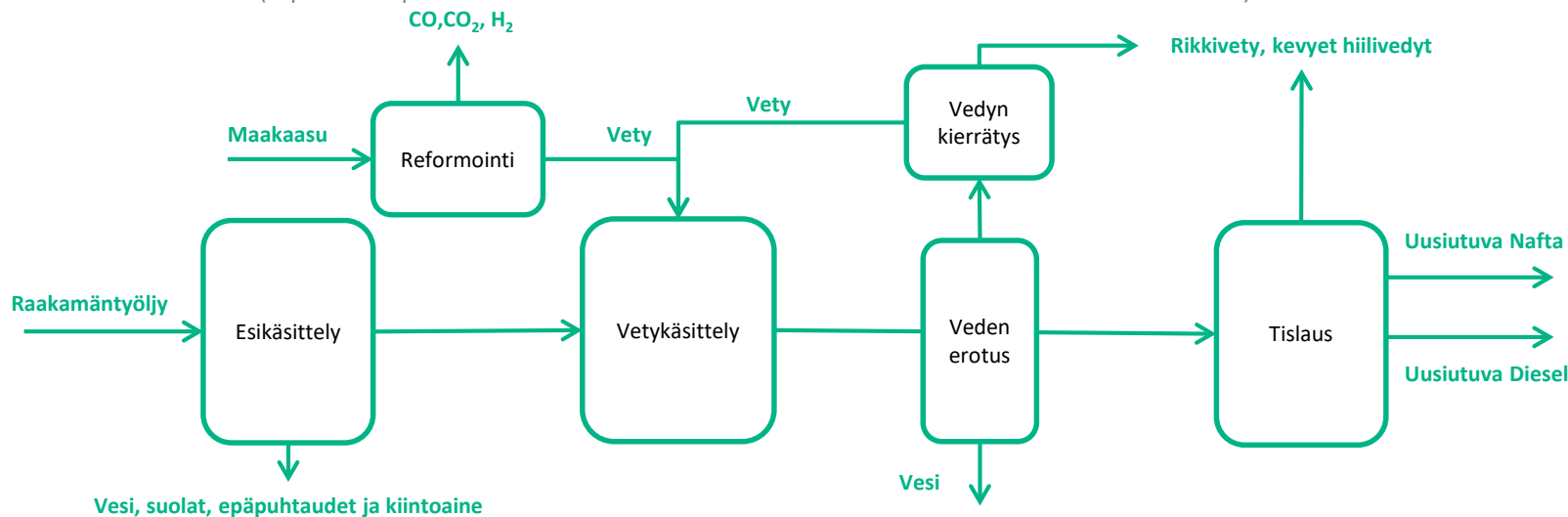
# Uusiutuva diesel

Suomessa Neste ja UPM tekevät uusiutuvaa dieseliä (HVO - Hydrogenated Vegetable Oil)

Nesteen uusiutuva diesel prosessissa hyödynnetään lukuisia raaka-aineita (rasvahapot, kuten rypsiöljy, palmuöljy, jäterasvat, kalanperkuujäte jne.)

## UPM:n uusiutuva diesel

- UPM:n prosessissa (ks. kuva alla) käytetään raakamäntyöljyä syötteenä
- Prosessissa raakamäntyöljy esikäsitellään ja puhdistetaan. Esikäsitely raakamäntyöljystä poistuu vesi, suolat ja muut epäpuhtaudet.
- Vetykäsittelyssä puhdistettu raakamäntyöljy ja vety syötetään reaktoriin, jossa raakamäntyöljyn kemiallista rakennetta muutetaan vedyn ja katalyytin avulla.
- Ennen tislauksia rikkivety ja kondensoitumattomat kaasut poistetaan, jonka jälkeen tislauksessa erotellaan
  - uusiutuva diesel (käytetään tavallisen dieselin tapaan) ja
  - nafta (sopii biokomponentiksi bensiiniin tai korvaamaan fossiilisia raaka-aineita esim. biomuoveissa)



Vesi, suolat, epäpuhtaudet ja kiintoaine

# Uusiutuva diesel – riskien luokittelu

## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Samat riskit kuin perinteisessä jalostuksessa; esim. altistuminen vaaralliselle kemikaalille, putoamiset, laitteen sisälle meneminen huoltotöissä, energian kohdistuminen henkilöön jne. Merkittävin henkilöriski on H <sub>2</sub> S ja muita mm. CO, CO <sub>2</sub> .	HSA	Katastrofaalinen	
Korkeat lämpötilat / höyryille altistuminen operoinnin tai kunnossapidon yhteydessä	HSA	Vakava	
Liukastuminen rasvojen käsittelyalueella	HSA	Vakava	Rakenteellinen varautuminen (ritilät)
Hiilivety- tai vetyvuoto prosessista; aiheuttaa tulipalon ja räjähdysvaaran. Lisäksi merkittävät taloudelliset tappiot mahdollisia.	HSEA	Katastrofaalinen	
Itsesyttyvät kasviöljyt, joita käytetään raaka-aineena	HSEA	Vakava	
Päästöt ympäristöön; rasvat ovat korkean BHK-arvon* vuoksi ympäristön kannalta haitallisia	EA	Vähäinen	
Soihutupäästöt; esim. palamattomat / huonosti palaneet soihutukaasut, nokipäästöt, NO <sub>x</sub>	EA	Vähäinen	
HVO :n** joutuminen ympäristöön esim. varastosäiliön tai siirtoputken vuodon johdosta tai lastauksessa tai kuljetuksessa	EA	Vakava	

Henkilövahingot (HS), ympäristövahingot (E), taloudelliset vahingot (A)

## 4.3 Materiaalinkierrätys

# Materiaalinkierrätys (Fortum)

Tarkastelun kohteeksi on tässä vaiheessa valittu esimerkkinä Fortumin materiaalinkierrätys konsepti. Muita keskeisiä toimijoita Suomessa ovat L&T ja Kuusakoski ja Stena Recycling.

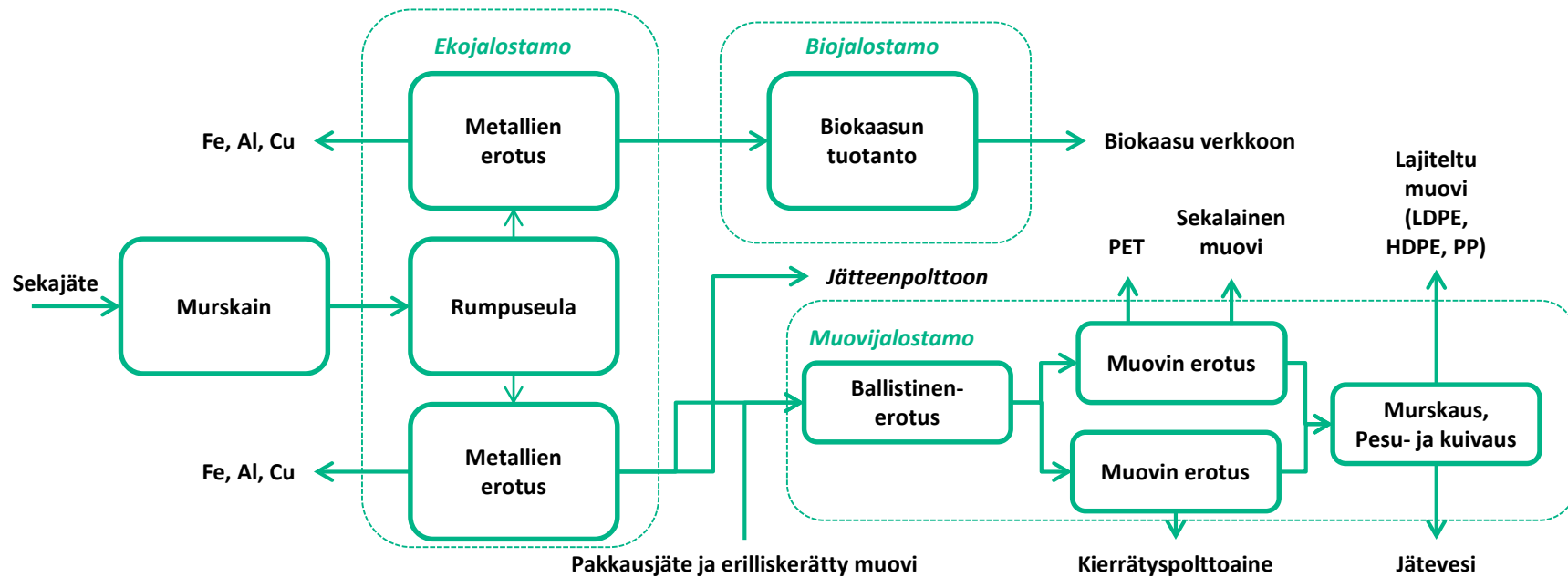
- Muovinkierrätys tulee näyttämään suurempaa roolia tulevaisuudessa, kun erilliskeräys tulee yleistymään. Tämänhetkisenä haasteena on hyvin laaja kirjo erilaisia muoveja.
- Sähköautojen mahdollinen lisääntyminen tulee myös näkymään kierrätysliiketoiminnassa, mutta merkittävästi vasta pitkällä aikavälillä (20+ vuotta).

Fortum Waste Solutions:lla on Riihimäellä Kiertotalouskylä, jossa yhdyskuntajätteen sisältämät materiaalit erotellaan, käsitellään ja kierrätetään ekojalostamon, muovijalostamon ja biokaasulaitoksen kautta.

- Ekojalostamossa yhdyskuntajätteestä erotellaan noin 37 % biojätettä, 10 % muovia ja 3 % metalleja (kapasiteetti 100 000 t/v kiinteää yhdyskuntajätettä)
- Biokaasulaitos tuottaa biojätteestä biokaasua liikennekäyttöön. Laitosta operoi Gasum (kapasiteetti 50 GWh/a)
- Muovijalostamoon ohjataan yhdyskuntajätteestä erotellut muovit ja erilliskerätyt kotitalousmuovipakkaukset (kapasiteetti 14 000 t/v). Jalostamossa muovit erotellaan, murskataan, pestään ja granuloidaan ennen niiden siirtymistä takaisin muoviteollisuuteen raaka-aineeksi.

Kiertotalouskylän lisäksi Riihimäellä on 1 vaarallisten jätteiden käsittelylinja ja 2 jätteiden polttolinjaa

- Kiinteitä, nestemäisiä ja kaasumaisia vaarallisia jätteitä sekä syntypaikkalajitellun yhdyskuntajätteen hyödyntäminen energiana



# Materiaalinkierrätys – riskien luokittelu

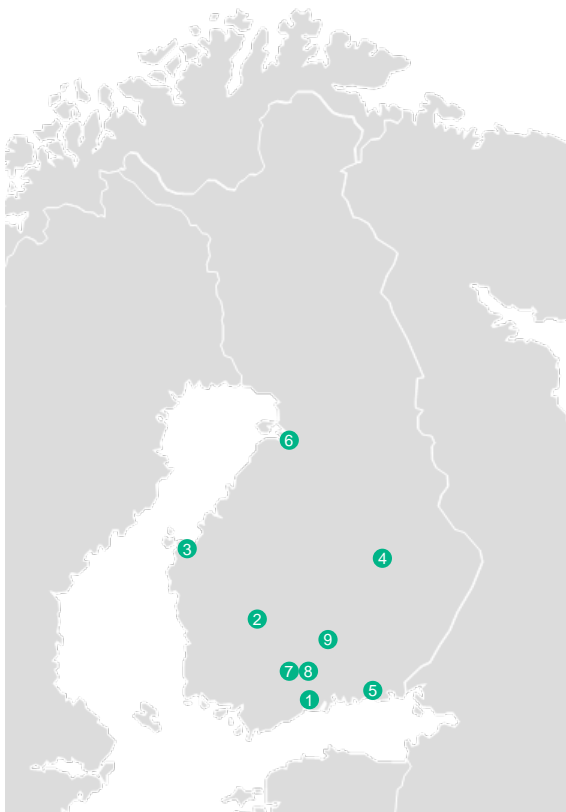
## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Tulipalot varastoalueella, jätteenkäsittelyssä ja kuljettimella, savukaasujen leviäminen ja lämpösäteily ympäristöön.	HSEA	Vakava	
Altistuminen kemikaaleille (esim. liuotinjäännökset pakkauksissa) ja mikrobeille syötteiden laatuvaihteluiden vuoksi.	HSA	Vakava	Eristetty tila, maskien käyttö, suodatettu hengitysilmä, kaasunilmaisimet, ilmanlaadun analysointi, lajitteluohjeistus
Henkilövahingon vaara (esim. mekaaniset kuljettimet ja lajittimet, putoamiset, kompastumiset)	HSA	Erittäin vakava	
Jätteen keruu, kuljettaminen ja lajittelu; prosessien päästöt (hajut, kaasut, jätevedet, sadevesivalumat)	HSEA	Vähäinen	

Henkilövahingot (HS), ympäristövahingot (E), taloudelliset vahingot (A)

## 4.4 Jätteenpoltto

# Jätteenpolitto Suomessa



1. **VANTAAN ENERGIA:** Vantaa (sähkö 580 GWh, kaukolämpö 870 GWh)
2. **TAMMERVOIMA:** Tampere (70 GWh sähkö, 350 GWh kaukolämpö)
3. **WEST ENERGY:** Mustasaari (sähkö 80 GWh, kaukolämpö 280 GWh)
4. **RIIKINVOIMA:** Leppävirta (sähkö 90 GWh, 180 GWh kaukolämpö)
5. **KOTKAN ENERGIA:** Korkeakoski (52 GWh sähkö, 78 GWh kaukolämpö, 130 GWh prosessihöyry)
6. **OULUN ENERGIA:** Laanila (kaukolämpö 40 GWh, prosessihöyry 367 GWh)
7. **EKOKEM:** Riihimäki, Voimala 1 (sähkö 71 GWh, kaukolämpö 272 GWh)
8. **EKOKEM:** Riihimäki, Voimala 2 (sähkö 106, kaukolämpö 272)
9. **LAHTI ENERGIA:** Kymijärvi (sähkö 170 GWh, kaukolämpö 560 GWh)\*

Riikinvoiman ja Tammervoiman jätteenpolttolaitokset ovat uusimmat jätteenpolttolaitokset Suomessa (käynnistyivät vuonna 2016). Yllä olevien jätteenpolttolaitosten lisäksi Suomessa on lukuisia rinnakkaispolttolaitoksia, joissa poltetaan jätettä varsinaisen polttoaineen tai tuotantoprosessin yhteydessä. Suomessa toimivien yhdeksän jätteenpolttolaitoksen yhteenlaskettu polttokapasiteetti on noin 1 595 000 tonnia jätettä vuodessa. Kuntien vastuulla olevan yhdyskuntajätteen energiahyödyntämisen hanke on edelleen käynnissä Salossa. (Lähde: *Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2023*).

Tiettyjen erityisalojen jätteiden kuten terveydenhuollon jätteiden, PVC-jätteiden ja autopalottamoiden seula-jätteen energiahyödyntämiseen tarvitaan lisäkapasiteettia. Jätevoimaloiden luvat eivät tällä hetkellä mahdollista riittävästi näiden jakeiden polttoa. Suomen jätteenpolttolaitokset ovat melko uusia ja kapasiteettia on yhdyskuntajätteen polttoon riittävästi. Orgaanisen jätteen kaatopaikalle sijoittamisen rajoittaminen on kuitenkin muuttanut käsittelytarvetta siten, että yritys-jätteelle ja aiemmin mainituille erityisille jätejakeille olisi yhden voimalaitoksen rakentamistarve Suomessa, jolloin vientiä ulkomaille voitaisiin vähentää. (Lähde: *Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2023*)

\*Lahti Energian Kymijärvi II kaasutusvoimalaitos käyttää pääpolttoaineenaan esikäsiteltyä kierrätyspolttainetta ja kierrätyspuuta

# Jätteenpolttu (Vantaan Energia)

Vantaan Energian jätevoimalassa käytetään raaka-aineena kotitalouksien sekajätettä (90%) ja teollisuusjätettä (10%), yhteensä 340 000 t vuodessa

- Jäte kerätään pääkaupunkiseudun ja Uudenmaan alueelta

Laitoksessa on kaksi jätteenpolttolinjaa ja yksi kaasuturbiini, kokonaispolttoteho 193 MW

- Arinakattilan lämpötila on 850°C

Polton jälkeen kerättyä käsiteltyä kuonaa, kattilatuhkaa ja lentotuhkaa voidaan käyttää esim. maanrakennusaineena

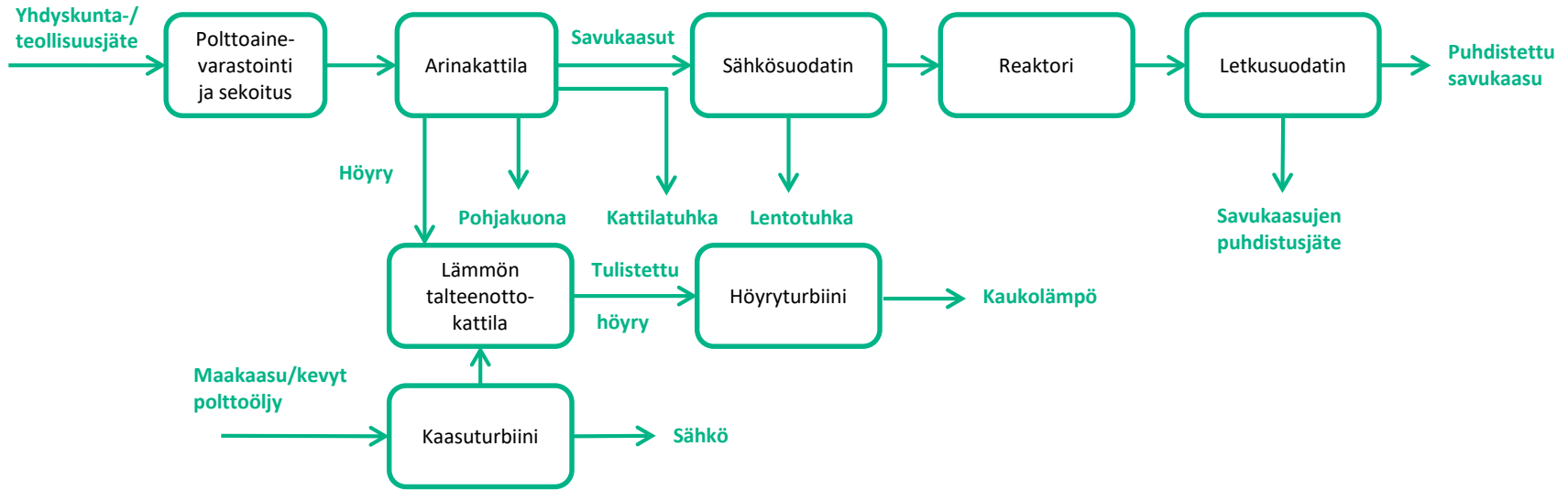
- Pohjakuona varastoidaan kuonabunkkerissa, tuhkat pneumaattisissa varastosiloissa

Savukaasujen hiukkaset puhdistetaan vastaamaan ympäristövaatimuksia

- Tulipesään lisätty ammoniakkivesi vähentää typen oksideja, sähkösuodatus poistaa lentotuhkaa, reaktorissa esim. kalsiumoksidi sitoo happamia yhdisteitä, lisätty aktiivihili sitoo raskasmetalleja, puhdistuskemikaalit erotetaan letkusuodattimella
- Savukaasujen puhdistusjäte toimitetaan ongelmajätelaitokselle

Apulauhdutin jäädyttää ylimääräisen lämmön ilmaan

- Riippuvainen kaukolämmön kulutuksesta, tarve lauhduttimelle korkeampi esim. kesällä, tarve pienenee kaukolämmön kulutuksen kasvaessa





# Jätteenpolttolaitos – riskien luokittelu

## Vaarojen tunnistaminen ja seurausten luokittelu

Skenaario	Seuraus-luokka	Vakavuus	Varautuminen
Poltettavan jätteen sisältämät ei-toivotut fraktiot	HSEA	Erittäin vakava	Polttoaineen laadun seuranta useassa vaiheessa.
Suuri tulipalo jätebunkkereissa, jätteenkäsittelyssä tai kuljettimilla, savukaasujen leviäminen ja lämpösäteily ympäristöön. Lisäksi tuotannon keskeytyminen ja jätteiden kertyminen jätteenpolttolaitoksella.	HSEA	Erittäin vakava	Yhteistyö muiden laitosten kanssa ylikuormitustilanteessa.
Pienemmät syttymät	HSEA	Vähäinen	
Häiriö savukaasunpuhdistuksessa, joka aiheuttaa paikallisen laskeuman/hiukkaspäästön (esim. venttiilihäiriön tai suodatinrikon takia)	EA	Vakava	Puhdistusjärjestelmien kahdentaminen
Tulipalo- ja räjähdysvaara maakaasun käytössä	HSEA	Erittäin vakava	Turva-automaatio, turvasulkuventtiilit, kaasunilmaisimet
Räjähdys kattilassa / kattilajärjestelmässä	HSEA	Erittäin vakava	Turva-automaatio
Kuuman höyryn (> 400°C) aiheuttamat palovammat	HSA	Erittäin vakava	
Ölly- ja kemikaalivuodot vastaanoton, varastoinnin tai tulipalon yhteydessä	HSEA	Vakava	
Tuhkan käsittely	HSEA	Vakava	

Henkilövahingot (HS), ympäristövahingot (E), taloudelliset vahingot (A)

## 4.5 Teollisuuspuistot

# Teollisuuspuistot (Kokkola Industrial Park)

Tarkastelun kohteeksi on valittu esimerkkinä Kokkola Industrial Park. Muita merkittäviä teollisuuspuistoja ovat esim. Harjavallan Suurteollisuuspuisto ja Karhulan Teollisuuspuisto

Teollisuuspuistossa useat eri yritykset toimivat saman rajatun alueen sisäpuolella ilman yhden yrityksen hallitsevaa asemaa (vrt. teollisuusalue)

- Teollisuuspuistossa yritykset vastaavat kukin omasta toiminnastaan ja turvallisuudesta
- Teollisuuspuistoissa on usein yhteisiä sopimuksia ja myös turvallisuus selvityksiä yhteisen turvallisuuden takaamiseksi
- Teollisuuspuistojen riskien arvioinnissa tulisi keskittyä kokonaisuuksien hallintaan. Nykyinen lainsäädäntö ei ota kantaa tilanteeseen, jossa prosesseja suunnitellaan uudelleen laitosten välillä ja aineita kierrätetään teollisuuspuiston sisällä.

## KIP:lle on tehty yhteinen turvallisuusopas

- Ohjeistetaan mm. alueella liikkumisesta, työskentelystä (ml. suojaus, velvollisuudet ja vastuut), ympäristönsuojelusta, vaarallisista aineista ja toiminnasta vaara-/tapaturmatilanteissa

### KIP:n turvallisuus selvitysvelvolliset yritykset

Boliden Kokkola  
CABB  
Kokkolan satama  
Neste  
Freeport Cobalt  
VR Transpoint Rautatielogistiikka  
Woikoski  
Yara Suomi

### Mahdolliset vaarat

- Alueella valmistetaan, käytetään ja varastoidaan aineita, joilla voi olla useita vaaraominaisuuksia onnettomuustilanteissa
- Vaarallisten aineiden kuljetusta myös maanteillä, rautateillä ja merellä
- Lähinnä kaasuvuoto-onnettomuudet voivat aiheuttaa vaaraa alueen ulkopuolelle
- Mahdollisista tulipaloista voi levitä haitallista savua ja nokea myös ympäristöön

### Yleisesti KIP:lla käytettyjä aineita:

Kloori  
Ammoniikki  
Rikkidioksidi  
Kloorivety  
Propaani  
Palavat nesteet (polttonesteet, hiilivedyt)  
Bromi  
Tionyylikloridi  
Vety  
Happi  
Krotonaldehydi  
Dimetyylisulfaatti

# 5 Laitostyyppikohtaiset yhteenvedot haastatteluista

*- Luottamuksellinen  
tutkimusaineisto -*

# 6 Skenaariot

# Skenaariotyöskentely

- Skenaariotyöskentelyyn on valittu seuraavat laitostyyppit:
  - Biokaasulaitos
  - Sellutehdasarvoketjut: mäntyöljyntislaamo, kuoren kaasutus
  - Nestemäiset biopolttoaineet: uusiutuva diesel, bioetanoli, pyrolyysiöljy
  - Materiaalinkierrätys: muovi
  - Materiaalinkierrätys: teräs
  - Materiaalinkierrätys: metallit ja elektroniikka
  - Jätteenpoltto
  - Teollisuuspuistot

Skenaariotyöskentelyn avulla muodostetaan selkeä pohja ja yhteinen näkemys tyypillisistä ja merkittävimmistä bio- ja kiertotalouden turvallisuusriskeistä.

Skenaariotyöskentelyssä on hyödynnetty sekä tuloksia *Lähtötietojen kartoitus* työvaiheesta että haastatteluista ja keskusteluista, joita on käyty eri yritysten kanssa.

# Johdanto skenaariotyöhön

- Laaditut laitoskohtaiset skenaariot ovat esimerkkejä monista laitosta koskevista skenaarioista
- Merkittävällä skenaariolla viitataan laitoksen pahimpiin mahdollisiin onnettomuuksiin. Nämä skenaariot ovat epätodennäköisiä.
- Tyypillisellä skenaariolla viitataan onnettomuuksiin, jotka ovat seurauksiltaan lievempiä, mutta todennäköisempiä.
- Lisäksi on tunnistettu muutama suuronnettomuusskenaario. Näitä ei ole jokaisella laitoksella.

# 6.1 Biokaasu



# Biokaasu

## Case 1: Syttymät ja räjähdykset

### Kategoria

Merkittävä / tyypillinen skenaario

### Syy-seurausketju

**Vaurio lastauslaitteistoissa**, jossa paine voi olla 250 bar, aiheuttaa vuodon ja mahdollisen tulipalon. Jos vuoto tapahtuu kompressorikontissa niin seurauksena voi olla **sisätiläräjähdys**.

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

Tulipalo aiheuttaa **merkittävän henkilövahingon vaaran** sekä **merkittäviä taloudellisia vaikutuksia ja mahdollisesti lieviä ympäristövaikutuksia**. Seuraukset voivat olla **erittäin vakavat**, mutta todennäköisyys näille on pieni. Pienempiä tulipaloja on sattunut biokaasulaitoksilla Suomessa.

### Varautumiset

Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla sekä laitteiston ja letkujen tiiveyden ja kunnan varmistamisella. Operaattoreiden koulutus ja ohjeistus sekä kaasunilmaisimien käyttö on tärkeää.

# Biokaasu

## Case 2: Altistuminen rikkivedylle ja tukahduttaville kaasuille

### Kategoria

Merkittävä / tyypillinen skenaario

### Syy-seurausketju

Jätteestä voi **vapautua haitallisia / tukahduttavia kaasuja** kun ne kuljetetaan sisätilaan ja käsitellään yhdessä tilassa. Altistuminen rikkivedylle, metaanille ja hiilidioksidille voi tapahtua myös laitevaurioiden seurauksena.

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

Altistuminen metaanille, hiilidioksidille ja rikkivedylle voi aiheuttaa **erittäin vakavan henkilövahingon vaaran**. Lisäksi **taloudelliset vaikutukset** ovat mahdollisia. Altistumisiin kaasuyhtiöt kiinnittävät erittäin paljon huomiota.

### Varautumiset

Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla. Suunnittelussa huomioidaan mm. hajukaasujen poistojärjestelmät ja kaasuilmaisimet esim. jätteiden vastaanottohallissa ja lastausalueella. Erityistä huomiota kiinnitetään myös kuljettajien koulutukseen jätteenpurun osalta. Operaattoreiden koulutus ja ohjeistus sekä henkilökohtaisten suojarusteiden käyttö on tärkeää.

# Biokaasu

## Case 3: Epäpuhtaudet biokaasussa

Kategoria	Harvinainen skenaario
Syy-seurausketju	Prosessihäiriön (esim. aktiivihiilisuodattimen tukkeutuminen) seurauksena biokaasun puhdistus ei toimi ja siihen voi jäädä epäpuhtauksia kuten rikkivetyä ja hiilidioksidia.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Epäpuhtaudet voivat aiheuttaa korroosiota. Hiilidioksidi vähentää energiamäärää biokaasussa. Molemmat skenaariot ovat harvinaisia.
Varautumiset	Suomessa on todettu tapauksia, joissa puhdistus ei ole toiminut riittävän hyvin. Epäpuhtauksien poisto otetaan huomioon laitosta suunniteltaessa.

## 6.2 Bioetanoli

# Bioetanoli

## Case 4: Pölyräjähdys\*

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Puu- tai ligniinipölyn aiheuttama pölyräjähdys, jonka voi aiheuttaa esim. laitevika tai puutteellisesta maadoituksesta johtuva kipinä.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Pölyräjähdys johtaa <b>laitevaurioihin</b> sekä <b>tuotannon keskeytymiseen</b> . Lisäksi tulipalotilanteet aiheuttavat <b>henkilövahingon vaaran</b> . Pölyräjähdys aiheuttaa henkilövahingon vaaran ja merkittävät <b>taloudelliset vahingot</b> . Pölyräjähdysten seurausten vakavuus vaihtelee ja ääritilanteessa seuraukset voivat olla erittäin vakavat. Suomessa on sattunut seurauksiltaan lievempiä pölyräjähdyksiä (esim. kuoren ja jätteen kaasutuksessa).
Varautumiset	Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla ja tilaluokkiin sopivilla laitteilla. Maadoituksen varmistaminen on keskeisessä roolissa. Lisäksi erilaisilla mekaanisilla varolaitteilla, kuten räjähdysluukuilla, varaudutaan pölyräjähdykseen. Siivouskäytännöt.

\* Bioetanolin lisäksi, merkittävä / tyypillinen skenaario myös seuraavissa laitostyypeissä: ligniinin erotus, kuoren kaasutus, jätteen kaasutus (jätteen aiheuttama pölyräjähdys), pyrolyysilaitos (hiilipölyn aiheuttama pölyräjähdys).

# Bioetanoli

## Case 5: Altistuminen myrkyllisille yhdisteille

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Pumppu tai putkirikko mädätyksessä voi aiheuttaa <b>altistumisen rikkivedylle</b> . Pahimmassa tapauksessa seuraukset ovat erittäin vakavat. Vastaavasti laite- tai putkirikko esikäsittelyssä voi aiheuttaa altistumisen <b>furfuraalille</b> . Lisäksi bioetanolin tuotannossa muodostuu merkittävät määrät <b>hiilidioksidia</b> , joka syrjäyttää happea.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	<b>Altistuminen</b> myrkyllisille yhdisteille tai tukahduttavalle hiilidioksidille aiheuttaa <b>henkilövahingon vaaran</b> ja merkittävät <b>taloudelliset vahingot</b> . Seuraukset voivat olla pahimmassa tapauksessa erittäin vakavat. Vakavien skenaarioiden todennäköisyys on alhainen.
Varautumiset	Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla. Vuotojen todennäköisyyttä voidaan pienentää asennusvalvonnalla, käynninaikaisilla tarkastuksilla, analysointoreilla sekä määräaikaisilla huolloilla.

## 6.3 Pyrolyysiöljy

# Pyrolyysiöljy

## Case 6: Pyrolyysiöljyn / -kaasun vuoto

### Kategoria

Tyypillinen skenaario

### Syy-seurausketju

**Altistuminen** karsinogeeniselle **pyrolyysiöljylle** vuototilanteessa, esim. lastauksen yhteydessä. Lisäksi **pyrolyysikaasun vuoto** rajoitettuun tilaan aiheuttaa tulipalo- ja räjähdysvaaran

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

Pyrolyysiöljyn / -kaasun vuoto aiheuttaa **henkilövahingon vaaran** sekä **taloudellisia ja ympäristövaikutuksia**. Seuraukset voivat olla vakavat. Lastaus ja purku ovat operointeja, joissa tyypillisesti sattuu vahinkoja teollisuudessa. Kuitenkin vakavien tapahtumien todennäköisyys on alhainen.

### Varautumiset

Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla. Vuotojen todennäköisyyttä voidaan pienentää tarkastuksilla ja huolloilla. Operaattoreiden koulutus ja ohjeistus sekä suojainten käyttö on tärkeää.



## 6.4 Mäntyöljyn tislus

# Mäntyöljyn tislauk

## Case 7: Ilmavuoto alipaineiseen laitteistoon

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	<b>Väärän materiaalin</b> aiheuttama laite- tai putkivaurio tai lämpölaajenemisesta johtuva laippavuoto aiheuttavat ilmavuodon alipaineiseen laitteistoon. Tästä aiheutuu tulipalo- / räjähdysvaara.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Tulipalo tai räjähdys aiheuttaa <b>henkilövahingon vaaran</b> sekä <b>taloudellisia ja ympäristövaikutuksia</b> . Seuraukset voivat olla <b>katastrofaaliset</b> , mutta todennäköisyys näille on pieni. Pienemmät ja seurauksiltaan lievemmat vuodot ovat mahdollisia.
Varautumiset	Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla ml. oikeat materiaalivalinnat ja laitteiden tiiveyden varmistamisella. Lisäksi prosessilaitteisto on varustettu hätätyötysjärjestelmällä.

## 6.5 Uusiutuva diesel

# Uusiutuva diesel

## Case 8: Rikkivetyvuoto

### Kategoria

Merkittävin henkilövaaraskenaario ja samalla myös suuronnettomuusskenaario.

### Syy-seurausketju

**Laitevaurio prosessissa** (esim. korroosiosta johtuva putkivaurio) voi johtaa rikkivetyvuotoon, joka on pahin henkilöriski uusiutuvien polttoaineiden valmistusprosessissa.

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

Seuraukset voivat olla pahimmassa tapauksessa **henkilöstön kannalta katastrofaaliset**. Myös **taloudelliset ja ympäristövaikutukset** voivat olla merkittäviä. Todennäköisyys suuronnettomuusskenaariolle on kuitenkin epätodennäköinen.

### Varautumiset

Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla. Prosessin olosuhteisiin soveltuvat materiaalivalinnat ovat erittäin tärkeitä. Lisäksi varautumiskeinoja ovat mm. turva-automaatiojärjestelmä ja varoventtiilit. Vuotojen todennäköisyyttä on minimoitu lisäksi asennusvalvonnalla, säännöllisillä käynninaikaisilla tarkastuksilla sekä määräaikaisilla huolloilla. Vuotojen havaitsemiseksi on yksiköiden alueella hiilivety- ja rikkivetyanalysaattoreita. Operaattorit tekevät alueella säännöllisiä kenttäkierroksia vuorojen aikana. Hälytyskuulutusjärjestelmä.

# Uusiutuva diesel

## Case 9: Tulipalo

Kategoria	Tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Yli itsesyttymislämpötilassa prosessoitavat kemikaalit ja palavat kaasut aiheuttavat esim. laippavuototilanteessa tulipalovaaran.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Tulipalo voi johtaa <b>laitevaurioihin sekä tuotannon keskeytymiseen</b> . Lisäksi tulipalotilanteet aiheuttavat <b>henkilövahingon vaaran</b> . Pienemmät vuodot ovat mahdollisia ja seuraukset voivat olla vakavia.
Varautumiset	Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla. Prosessin olosuhteisiin soveltuvat materiaalivalinnat ovat erittäin tärkeitä. Lisäksi varautumiskeinoja ovat mm. turva-automaatiojärjestelmä, varoventtiilit, turvasulkuventtiilit ja soihtujärjestelmä. Vuotojen todennäköisyyttä on minimoitu lisäksi asennusvalvonnalla, säännöllisillä käynninaikaisilla tarkastuksilla sekä määräaikaishuolloilla. Vuotojen havaitsemiseksi on yksiköiden alueella on hiilivety- ja rikkivetyanalyysointoreita. Operaattorit tekevät alueella säännöllisiä kenttäkierroksia vuorojen aikana. Passiivinen ja aktiivinen palosuojaus (mm. palovesi ja sammutusvaahto). Hälytyskuulutusjärjestelmä.

## 6.6 Materiaalinkierrätys

# Materiaalinkierrätys (muovi)

## Case 10: Virtojen kontaminoituminen

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Muovijätteen mukana materiaalikierrätykseen päätyy muita jakeita (haitalliset ja allergisoivat aineet), jolloin <b>materiaalivirrat kontaminoituvat</b> . Myös erittäin haitallisia aineita päätyy materiaalikiertoon.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Vaikka pitoisuudet eivät ole isoja, haitalliset aineet voivat päätyä kotitalouksien materiaaleihin ja aiheuttaa pahimmassa tapauksessa <b>altistumista</b> . Myös <b>taloudelliset vaikutukset</b> ovat mahdollisia. Haitalliset aineet ovat epätodennäköinen riski henkilöturvallisuuden kannalta materiaalikierrätyslaitoksella, koska henkilökunta ei ole kosketuksissa raaka-aineen kanssa.
Varautumiset	Varautumisessa haasteena on muovien laaja kirjo. Tavoitteena on, että kierrätyksessä keskitytään enemmän laatuun kuin määrään, jolloin on mahdollista saada raaka-ainetta korkean lisäarvon lopputuotteille. Kuluttajatuotteiden kierrättämisessä lajitteluohjeet tulee olla selkeät ja suoraviivaiset. Laitoksilla henkilökunnalla on käytössä henkilökohtaiset suojavarusteet.

# Materiaalinkierrätys (teräs)

## Case 11: Radioaktiiviset aineet kierrätysteräksen joukossa

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Kierrätysteräksen mukana tulee aika-ajoin <b>radioaktiivisia lähteitä tai komponentteja</b> . Jos radioaktiivista ainetta ei huomata, radioaktiivisuus menee aineesta riippuen teräkseen, kuonaan tai ilmaan meneviin pölyihin. Lisäksi kierrätysteräksen mukana voi tulla elohopeaa.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Radioaktiiviset aineet aiheuttavat <b>merkittävän altistumisen vaaran</b> . Lähes vuosittain Suomen ja Ruotsin sulatoilla tapahtuu yksi sulatus, johon on päässyt mukaan radioaktiivista ainetta. Tällöin sulatus keskeytetään ja tästä aiheutuu taloudellisia tappioita tuotannon keskeytyksen takia.
Varautumiset	Radioaktiivisiin aineisiin kierrätysteräksessä varaudutaan mittauksilla useassa kohdassa; satamassa, porteilla, ennen sulatusta ja sulatuksen jälkeen. Lisäksi henkilökunnalla on tarvittaessa hengityssuojaimet.



# Materiaalinkierrätys (metallit ja elektroniikka)

## Case 12: Tulipalot sekä manuaalisen työn aiheuttamat riskit

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Metalliriromun mukana kierrätykseen päätyy <b>esim. Li-akkuja</b> , jotka voivat aiheuttaa oikosulun ja tulipalon tuotantolaitoksella tai jo aiemmin (keräys-, varastointi- tai kuljetusvaiheessa).
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Tulipalot ovat metallin kierrätyksessä <b>hyvin yleisiä</b> ja niihin on varauduttu. Seuraukset voivat silti olla <b>vakavia niin henkilöiden, ympäristön kuin taloudellisten vaikutusten</b> kannalta. Metalliriromun manuaalinen käsittely aiheuttaa merkittävän henkilövahingon vaaran.
Varautumiset	Varautumiskeinoja ovat koulutus, ohjeistus ja valvonta sekä henkilökohtaiset suojavarusteet. Raaka-aineen ja sen käsittelyn turvallisuuteen pystytään parhaiten vaikuttamaan ennen kuin jäte otetaan vastaan.

## 6.7 Jätteenpoltto

# Jätteenpoltto

## Case 13: Jätteiden itsesyttyminen syöttövarastossa (bunkkerissa)

Kategoria	Merkittävä / tyypillinen skenaario
Syy-seurausketju	Jätteiden <b>itsesyttyminen</b> erityisesti varastoinnissa aiheuttaa tulipaloja.
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	<b>Henkilövahingon vaaran</b> lisäksi <b>taloudelliset ja ympäristövaikutukset</b> ovat mahdollisia. Laaja syöttövarastossa (jätebunkkerissa) tapahtuva tulipalo voi johtaa haitallisten savukaasujen leviämisen lähiympäristöön. Pienempiä syttymiä tapahtuu kohtalaisen usein ja niihin on varauduttu. Vakavat tulipalot ovat harvinaisia.
Varautumiset	Suunnittelussa huomioidaan materiaalien itsesyttymisvaara ja rakenteelliset / passiiviset palosuojaukset.

# Jätteenpolttu

## Case 14: Tuntemattomat jakeet jätteessä

### Kategoria

Merkittävä / tyypillinen skenaario

### Syy-seurausketju

Jätteiden mukana **polttoon** päätyy **vaarallisia jakeita** (esim. kaasupullot, kranaatit, ammukset, ilotulitteet, säteilylähteet, tautivaaralliset aineet, vaaralliset kemikaalit esim. elohopea). Syitä voivat olla ilkivalta, terrorismi, piittaamattomuus ja tietämättömyys. Seurauksena on pahimmassa tapauksessa räjähdys / tulipalo prosessissa ja toiminnan keskeytyminen.

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

**Henkilövahingon vaaran** lisäksi **taloudelliset ja ympäristövaikutukset** ovat mahdollisia. Pienempiä tulipaloja esiintyy usein (esim. ilotulitteista johtuen), mutta vakavat onnettomuudet ovat harvinaisia.

### Varautumiset

Suunnittelussa on huomioitu tulipalo- ja räjähdysvaara laitteistossa. Satunnaisesti tehdään jätekuormien manuaalista tarkastusta, mutta tulevaisuudessa kotitalouksista ei kuitenkaan tuoda enää suoraan jätettä vaan se tulee polttoon esikäsittelyn / -fraktioinnin jälkeen.

# Jätteenpolttu

## Case 15: Maakaasuvuoto / -syttyminen

Kategoria	Merkittävä skenaario
Syy-seurausketju	<p><b>Vuoto maakaasulinjassa</b> jätteenpolttolaitoksessa, esim. korroosion, tiivistevaurion tai mekaanisen vaurion seurauksena. Johtaa maakaasuvuotoon, joka voi syttyä.</p> <p><b>Liekkien sammuminen</b> maakaasukattilassa häiriön seurauksena. Voi johtaa tulipesä- / kattilaräjähdykseen ja merkittävään laitevaurioon.</p>
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	Tulipalo/räjähdykset aiheuttaa <b>merkittävän henkilövahingon vaaran</b> sekä <b>merkittäviä taloudellisia vaikutuksia ja mahdollisesti lieviä ympäristövaikutuksia</b> . Seuraukset voivat olla <b>erittäin vakavat</b> , mutta todennäköisyys näille on pieni. Kattilaräjähdyksen tapauksessa seurauksena on vakavat taloudelliset vaikutukset laitevaurioiden seurauksena.
Varautumiset	Kattilan kevennetty kulma sekä turvallisuuden varmistaminen automaattioratkaisuilla. Maakaasulinjan vuodon suhteen asennusvalvonta, tarkastukset, kunnossapito ja törmäysten estäminen. Lisäksi kaasunilmaisimien käyttö on tärkeää.

# Jätteenpoltto

## Case 16: Korkeapaineisen höyryn vuoto

Kategoria

Merkittävä skenaario

Syy-  
seuraukset

**Vuoto korkeapaineisessa** höyrylinjassa, esim. korroosion, mekaanisen vaurion tai paineiskun seurauksena. Johtaa höyryvuotoon, joka aiheuttaa sisätiloissa erittäin vakavan henkilövahingon vaaran.

Seurausten  
vakavuus ja  
todennäköisyys

Seuraukset voivat olla pahimmassa tapauksessa **henkilöstön kannalta katastrofaaliset**. Myös **taloudelliset vaikutukset** voivat olla merkittäviä. Todennäköisyys suuronnettomuusskenaariolle on kuitenkin epätodennäköinen.

Varautumiset

Putkistojen määräaikaistarkastukset ja kunnossapito. Liikennöinnin suunnittelu ja törmäyssuojat. Hyvin suunniteltu lauhteenpoistojärjestelmä.

## 6.8 Kuoren kaasutus

# Kuoren kaasutus

## Case 17: Tulipalo polttoaineen syöttölaitteistossa

### Kategoria

Merkittävä / tyypillinen skenaario

### Syy-seurausketju

Polttoaineensyöttöjärjestelmän vikaantuminen aiheuttaa sen, että **tuli kattilasta** pääsee **polttoaineen syöttökanaviin**. Ääritilanteessa tuli pääsee leviämään polttoaineen syöttösäiliöön. Tulipalo voi syttyä myös kuoren kuivauksen aikana.

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

Tulipalo aiheuttaa **henkilövahingon vaaran** sekä **merkittäviä taloudellisia vaikutuksia ja lieviä ympäristövaikutuksia**. Seuraukset voivat olla erittäin vakavat, mutta todennäköisyys näille on pieni. Pienemmät ja seurauksiltaan lievemmät syttymät ovat mahdollisia.

### Varautumiset

Turvallinen prosessi pyritään varmistamaan hyvällä suunnittelulla. ml. räjähdysluukut sekä sprinklausjärjestelmät ja oikeat laitevalinnat.



## 6.9 Teollisuuspuistot

# Teollisuuspuistot

## Case 18: Ammoniakki- tai propaanivuoto

Kategoria	Merkittävä / suuronnettomuusskenaario
Syy-seurausketju	Vuoto voi syntyä esim. <b>törmäyksen tai muun mekaanisen putkivaurion seurauksena tai laivan purkutilanteessa</b> (esim. purkuletku pettää).
Seurausten vakavuus ja todennäköisyys	<b>Tulipalo ja räjähdysvaara</b> sekä <b>vakavan henkilövahingon vaara</b> . Seurausten vakavuutta voi lisätä se, että laitokset sijaitsevat lähellä toisiaan ja <b>dominovaikutukset ovat mahdollisia</b> . Seurausten todennäköisyyttä voi lisätä se, että eri toimijoiden putkilinjoja on runsaasti lähekkäin. Pienempiä vuotoja on esiintynyt, mutta vakavat onnettomuudet ovat harvinaisia.
Varautumiset	Turvallisen sijoittelun huomioiminen suunnittelussa (ml. sijoituspaikkatarkastelu/layout-suunnittelu). Lisäksi huomioitava liikennöintijärjestelyt, törmäysetteet, kunnossapitotarkastukset, asennusvalvonta, merkinnät, kaasunilmaisimet, tilaluokkaan sopivat laitteet, ohjeistus ja koulutus sekä yritysten välinen tiedonkulku. Lisäksi kunnossapitotöiden huolellinen suunnittelu ja koordinointi eri tahojen välillä on tärkeää. Hälytyskuulutusjärjestelmä.

# Teollisuuspuistot

## Case 19: Logistiset vaarat, väärää ainetta väärään paikkaan

### Kategoria

Merkittävä / tyypillinen skenaario

### Syy-seurausketju

Epähuomiossa **väärää kemikaalia** on pystytty purkamaan **väärään säiliöön väärällä tehtaalla**.

### Seurausten vakavuus ja todennäköisyys

Mahdollisuus vakavaan prosessihäiriöön. Lisäksi **henkilö-, taloudellisen ja ympäristövahingon vaara**. Tämän tyyppisiä onnettomuuksia on sattunut Suomessa.

### Varautumiset

Suunnittelulla, merkinnöillä, koulutuksella, ohjeistuksella ja valvonnalla pyritään ehkäisemään tämän tyyppiset onnettomuudet.

Ukrainian

# Liite 1

# Haastatellut tahot (1/2)

Yritys	Yhteyshenkilö/t
Akkuser	Tommi Karjalainen, Operations Manager
Berner	Maria Svinhufvud, Head of Dep, Materials management
Biolaitosyhdistys ry	Juhani Suvilampi
CP Kelco Oy	Jani Rosala, Ympäristöpäällikkö
Dupont	Tuulia Kärkkäinen, Tehtaanjohtaja
ECHA	Matti Vainio, Head of Risk Management Implementation Unit
Forchem	Timo Saarenko
Fortum Waste Solutions	Kalle Saarimaa, VP Recycling and Waste Solutions
Gasum	Aki Huomo, HSE Manager
Greenpeace	Jehki Härkonen
HSY	Christoph Gareis, Ämmässuo
Jeppo Biogas Ab	Anne Paadar (Ympäristö ja laatu)
Suomen Kiertovoima ry	Timo Hämäläinen, Kehityspäällikkö
Kaupan liitto	Terhi Kuljukka-Rabb
Kemianteollisuus ry	Pia Vilenius
Kemira	Auli Salakka, Director, Product Stewardship & Regulatory Affairs
Kierto Ympäristöpalvelut Oy	Jari Koivula, Laatupäällikkö
Kokkola Industrial Park	Jussi Lång
Kraton Chemical Oy	Elisa Tuhkanen, Erkki Kaihlaniemi
Krogerus	Sami Laine, Head of Environment

# Haastatellut tahot (2/2)

Yritys	Yhteyshenkilö/t
Kuusakoski	Risto Pohjanpalo, Director
Luke	Jyri Maunuksela
Metsä Fibre	Pertti Lehmonen, Technical Director
Metsäteollisuus ry	Fredrik Blomfelt
Neste	Kai Larnimaa (Manager, Environmental Risks and Compliance), Harri Järvelin (HSE)
Outokumpu	Juha Ylimaunu, VP
Outotec	Jarmo Koskimaa
Pyroll	Reino Uusitalo, Tj, Reijo Kauppi, Technical Manager
Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy (PHJ)	Pekka Kilpeläinen, Liiketoimintapäällikkö
Sitra	Kari Herlevi, Nani Pajunen
SSAB	Arto Kangas, Investment Services Director
STM (Sosiaali- ja terveysministeriö) --> Etelä-Suomen AVI	Arja-Liisa Sikiö (Etelä-Suomen AVI)
Suomen kaasuyhdistys	Hannu Kauppinen
Suomen ympäristökeskus	Kimmo Silvo, Jussi Kauppila, Timo Jouttijärvi
Taaleri Kiertoketju Ky	Tero Luoma
Työ- ja elinkeinoministeriö	Tomi Lounema, Kuluttajapolitiikka ja tekninen lainsäädäntö
Työterveyslaitos	Sirpa Laitinen
Tukes	Sara Lax, Tiina Putkonen, Tuiri Kerttula
Valmet	Ari Saario (R&D), Juhani Isaksson, Jussi Mäntyniemi
Vantaan Energia	Lassi Kortelainen, lämpöpalvelupäällikkö
Ympäristöministeriö	Anna-Maija Pajukallio, Mari-Linda Harju-Oksanen
Ympäristöteollisuus ja -palvelut YTP ry	Riikka Kinnunen

## Liite 2