



SAVONIA
AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka

Palopäällystön koulutusohjelma

OPINNÄYTETYÖ

AEGL-RAJA-ARVOJEN VAIKUTUS TOKEVA VAARA-ALUEISIIN

Mikko Matilainen

11.4.2018

SAVONIA–AMMATTIKORKEAKOULU - TEKNIikka, KUOPIO

Koulutusohjelma

Palopäälylystön koulutusohjelma

Tekijä

Mikko Matilainen

Työn nimi

AEGL-raja-arvojen vaikutus TOKEVA vaara-alueisiin

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

22.03.2018

Sivumäärä

33 + 0

Työn valvoja

vanhempi opettaja Jouni Salminen

Yrityksen yhdyshenkilö

vanhempi opettaja Jouni Salminen

Yritys

Pelastusopisto

Tiivistelmä

Tämä työ oli osa Tokeva 2020 -hanketta. Opinnäytetyön tarkoituksena on päivittää vaara-alueet uudistuneen OVA-ohjeiden mukaisiksi. Vuosien 1992–2003 OVA-ohjeiden vaara-alueet ovat laskettu huomattavasti PAC-arvoista poikkeavilla arvoilla, minkä vuoksi vaara-alueet ovat olleet pääsääntöisesti liian suuria. OVA-ohjeet laatinut Työterveyslaitos on vaara-alueiden suhteen Suomessa johtava auktoriteetti, minkä takia TOKEVA-ohjeiden vaara-alueet on yhtenäistettävä OVA-ohjeiden mukaisiksi.

Opinnäytetyön keskeinen tuotos on liiteosio, jossa vertaillaan vuoden 2012 Tokewan vaara-alueita uusimpiin OVA-ohjeisiin. Liite toteutettiin Excel-ohjelmistolla. Liitteessä käsiteltiin TOKEVA-ohjeissa annettujen T-ohjeiden esimerkkiaineet ja OVA-ohjeiden kemikaalit, joita TOKEVA-ohjeissa ei ole. Teoriaosuudessa kerrottiin TOKEVA 2020 -hankkeesta, vanhojen TOKEVA-ohjeiden vaara-alueiden määrittelystä, uusien OVA-ohjeiden perusteista ja vaikutuksista vaara-alueisiin. Lisäksi kerrottiin tarkemmin PAC-järjestelmästä, johon OVA-ohjeiden muutokset perustuvat. Opinnäytetyössä käsiteltiin myös sitä, miksi juuri PAC-järjestelmä on valittu käyttöön.

Pääsääntöisesti voidaan todeta vaara-alueiden pienentyvän aikaisempaan verrattuna muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Joidenkin aineiden kohdalla ero entiseen on merkittävä. Tästä syystä työtä voi pitää merkityksellisenä, sillä sen avulla pelastuslaitosten toiminta voi helpottua, kun vaarallisten aineiden onnettomuuksissa eristettävän ja varoitettavan alueen pienenee. Tällöin resursseja voidaan kohdentaa muihin tehtäviin.

Avainsanat

Tokeva 2020, PAC, OVA-ohje, vaara-alueet, kemikaalit

Luottamuksellisuus

julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Fire officer (engineer)

Author

Mikko Matilainen

Title of Project

The Consequences of Acute Exposure Guideline Level Values to TOKEVA Danger Zones

Type of Project

Final Project

Date

23rd March 2018

Pages

33+ 0

Academic Supervisor

Mr Jouni Salminen, Senior Instructor

Company Supervisor

Mr Jouni Salminen, Senior Instructor

Company

The Emergency Services College

Abstract

The aim of this final project was to update the range of danger zones in the guide TOKEVA to be in accordance with the safety instructions of Substances Causing Accident Risks (OVA). OVA instructions were made to guide anyone who work with chemicals and they are developed and maintained by the leading authority in calculating danger zones. This final project is a part of the project TOKEVA 2020. TOKEVA is a guide which helps fire departments by giving instructions for hazardous chemical accidents. The guide TOKEVA is developed and updated by the Emergency Services College of Finland.

Danger zones in the OVA instructions have changed recently because of changes in calculation methods. Now the calculation is based on Protective Action Criteria (PAC) dataset which is a hierarchy-based system of the three common public exposure guideline systems: Acute Exposure Guideline Levels, Emergency Response Planning Guidelines and Temporary Emergency Exposure Limits. Since the danger zones in the OVA instructions have changed also the danger zones TOKEVA must be updated.

The theoretical part of this final project discusses danger zones in the TOKEVA guide, the basis of new OVA instructions and the effects on the danger zones in TOKEVA. Also, the dataset of PAC is presented and the reasons why PACs is chosen as the basis of calculations. The most important outcome of this final project is the appendix in which the danger zones of TOKEVA (from year 2012) are compared with the most recent OVA instructions.

It is recommended that the results of this final project will be used in the TOKEVA guide. This would lead to more effective fire department operations in cases of hazardous chemical accidents due to smaller danger zones, and therefore, it would be easier to seal off those areas.

Keywords

Tokeva 2020, PAC, OVA, danger zones, chemicals

Confidentiality

public

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	TOKEVA	8
3	OVA-OHJE	11
3.1	OVA-ohjeen uudet toimenpideohjeet	13
3.2	Vaara-alueiden muutokset	14
4	PAC-JÄRJESTELMÄ	16
4.1	AEGL	17
4.2	ERPG	20
4.3	TEEL	21
4.4	Miksi PAC?	25
5	POHDINTA	31
	LÄHTEET	32

LYHENTEET

AAQO	Ambient air quality objective
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AEGL	Acute Exposure Guideline Level
AIHA	American Industrial Hygiene Association
ALOHA	Areal Locations of Hazardous Atmospheres
DOE	Department of Energy, USA:n energiainministeriö
EPA	Environmental Protection Agency, USA:n ympäristönsuojeluvirasto
ERPG	Emergency Response Planning Guideline
HTP	Haitalliseksi tunnettu pitoisuus
IDLH	Immediately dangerous to life or health
NAC/AEGL	National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances
NAS	National Academy of Science
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment (California)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OVA	Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet
PAC	Protective Action Criteria
PAL	Provisional advisory level
ppm	Parts per million
RfC	Reference concentration
RTECS	Registry of toxic effects of chemical substances

SCAPA	Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Action
TEEL	Temporary Emergency Exposure Limit
TLV	Threshold limit value
TOKEVA	Torjuntaohjeet kemikaalien aiheuttamille vaaratilanteille
TWA	Time-Weighted Average= Aikapainotettu keskiarvo
WEEL	Workplace environmental exposure level

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa TOKEVA 2020 -hanketta. TOKEVA on Pelastusopiston kehittämä pelastuslaitosten käyttöön suunniteltu vaarallisten aineiden onnettomuuksien apuväline, josta käy ilmi esimerkiksi tässä opinnäytetyössä käsiteltävät vaara-alueet. OVA-ohjeet on tarkoitettu kaikille kemikaalien kanssa tekemisissä oleville. Ohjeissa käsitellään esimerkiksi kemikaalien oikeaa käsittelyä, varastointia, kuljetusta, toimintaa tulipalon ja vuodon aikana, loukkaantuneiden ensiapua sekä hoitoa ja jätteiden käsitte-lyä. OVA-ohjeista vastaa Työterveyslaitos, joka on Suomessa johtava asiantuntijaor-ganisaatio vaara-alueiden laskennassa. Työn tarve kävi ilmeiseksi OVA-ohjeen päivit-tämisen myötä, sillä vaara-alueiden laskentaperusteiden muuttuessa vaara-alueisiin tuli merkittäviä muutoksia, minkä myötä myös TOKEVA-ohjeiden vaara-alueiden on muu-tuttava.

OVA-ohjeiden vaara-alueiden muutostarve perustui siihen, että aiemmin laskennassa käytetyt eristys- ja varoitusrajat poikkeavat joillain kemikaaleilla merkittävästi PAC-järjestelmän arvoista. Näin ollen useiden kemikaalien kohdalla eristys- ja varoitusrajat ovat olleet tarpeettoman suuria. PAC-arvot ovat Yhdysvalloissa kehitettyjä akuutin al-tistumisen raja-arvoja, jotka koostuvat AEGL-, ERPG- ja TEEL-arvoista.

Tämän opinnäytetyön keskeinen tuotos on liiteosio, jossa vertaillaan TOKEVA 2012:n vaara-alueita päivitettyyn OVA-ohjeeseen. Liite tehdään Excel-ohjelmistolla. Liitteessä käsitellään TOKEVA 2012:n T-ohjeiden esimerkkiaineet, ja ne OVA-ohjeen kemikaalit, joita ei esimerkkiaineissa ole. Liitteeseen kootut vaara-alueet päivittyvät tulevaan TO-KEVA-ohjeeseen. Teoriaosuudessa keskitytään OVA-ohjeen päivityksen syihin, vaara-alueiden muutoksiin, TOKEVA:n vaara-alueisiin, PAC-järjestelmään ja siihen, miksi juuri PAC-järjestelmä on valittu laskentaperusteeksi vaara-alueille.

2 TOKEVA

TOKEVA-ohjeet (Torjuntaohjeet kemikaalien aiheuttamille vaaratilanteille) on kehitetty palokuntien käyttöön kemikaalionnettomuuksiin varautumista, harjoittelua ja torjumista varten. TOKEVA-ohjeet kehitettiin yhteispohjoismaisena hankkeena 1990-luvulla. Vuonna 2012 päivitetty ohjeet muutettiin sähköiseen muotoon Palosuojelurahaston ja Pelastusopiston rahoituksella. TOKEVA-ohjeet ovat ladattavissa Pelastusopiston nettisivuilta PDF-muodossa. (Salminen 2017.) TOKEVA-ohjeet rakentuvat kymmenestä osasta. Osat 1–4 käsittelevät onnettomuustilanteita ja loput osiot onnettomuuksiin varautumista. Tämä opinnäytetyö käsittelee TOKEVA-ohjeiden kolmatta osiota eli T-ohjetta, jossa määritellään myös vaara-alueet. (Lautkaski ja Teräsmaa 2006, 91.)

Tämä työ on osa TOKEVA 2020 -hanketta, jossa päivitetään TOKEVA-ohjeiden vanhentuneet tiedot, lainsäädännöllinen perusta ja kemikaaliluettelo voimassa olevan vaarallisten aineiden kuljetuslainsäädännön mukaiseksi. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävät vaara-alueiden määrittämisperusteet tarkastetaan ja muutetaan OVA-ohjeen mukaisiksi. Uuteen TOKEVA-ohjeeseen tulee myös rautatieonnettomuuksia varten oma osionsa. Myös vaarallisten aineiden onnettomuuksien kalustusosuudet uusitaan. TOKEVA-ohjeiden käyttöalusta on tarkoitus uudistaa vastaamaan paremmin digitalisaation haasteisiin ja mahdollisuuksiin. TOKEVA 2020:n on tarkoitus olla selainpohjainen pilvipalvelu, jota voidaan käyttää tarvittaessa offline-tilassa ja josta voidaan tuottaa paperitulosteita. Käyttöliittymä kehitetään sellaiseksi, että kemikaalien tiedot päivittyvät automaattisesti eri rekistereistä. Tarkoituksena on integroida myös Ilmatieteen laitoksen Escapeleviämisenennusteohjelma TOKEVA-ohjelmaan. (Salminen 2017.)

TOKEVA 2020 -hankkeen tarkoituksena on luoda sellaiset torjuntaohjeet, joita voidaan käyttää riskien hallinnan tukena ja joiden avulla voidaan mallintaa torjuntatoimia mahdollisissa kemikaalionnettomuuksissa. Ohjeiden tarkoituksena on tukea pelastuslaitoksen omaa tiedollisen ja taidollisen koulutuksen järjestämistä sekä antaa määrälliset ja laadulliset perusteet torjuntakaluston hankintaan ja suunnitteluun. Pelastustoiminnan johtamisen kannalta uudistetun ajantasaisen ohjeistuksen myötä toimintaa johtava viranomaisen pystyy määrittelemään kemikaalionnettomuustilanteessa vaaran luonteen, tarvittavan suojaustason, vaara-alueen, ensiaputoimenpiteet, torjuntakaluston sekä muut kiireelliset ensitorjuntatoimenpiteet. (Salminen 2017.)

Vaara-alueen määrittämisen ja alueen eristämisen tarkoituksena on estää sivullisten altistuminen vuotaneelle aineelle. Tokeva 2012:n vaara-alueet perustuvat aineen tai vaaraominaisuuksien mukaiseen ohjeeseen. Vaara-alueet on jaettu seitsemään vaara-alueeseen. Vaara-alueet on ilmaistu Tokevassa ympyrämalleina, joista ilmenevät vaaraetäisyydet. (TOKEVA 2012.) Seuraavana on esitelty tarkemmin, millaisia vuoden 2012 TOKEVA-ohjeiden vaara-alueet ovat. Tulevassa TOKEVA-ohjeessa vaara-alueet ovat OVA-ohjeen mukaiset ja ne on esitelty tarkemmin OVA-ohjetta käsittelevässä kappaleessa.

Vaara-alue 1 on tarkoitettu vaikeasti haihtuville ja haihtumattomille kemikaaleille. Vaara-alueena on 10–25 metrin säteinen ympyrä. (TOKEVA 2012.)

Vaara-alue 2 on myös ympyrän muotoinen, ja se voi olla joko 25–50 metriä, 50–300 metriä tai 300 metriä kemikaalin ominaisuuksien mukaan. Annetulla etäisyydellä tarkoitetaan alueen välitöntä eristämistä kaikkiin ilmansuuntiin. Kun suojaetäisyys on 25–50 metriä, ohje koskee kemikaaleja, joiden lammikosta haihtuu haitallista höyryä. 300 metrin etäisyyttä käytetään tilanteessa, jossa kaasupullo altistuu tulipalolle ja on olemassa vaara pullon repeämiseksi ja näin ollen myös heitteille. (TOKEVA 2012.)

Vaara-alue 3 on tarkoitettu kemikaaleille, joiden lammikoista haihtuu haitallista höyryä ja lisäksi varoitusraja ylittyy korkeintaan 50–200 metrin päässä tuulen alapuolelle. Vaara-alue 3:n välitön eristys on 25–50 metriä kaikkiin ilmansuuntiin ja tämän lisäksi 40 asteen sektorissa tuulen alapuolella. (TOKEVA 2012.)

Vaara-alue 4 tarkoittaa välitöntä eristystä 25–50 metriä kaikkiin ilmansuuntiin. Lisäksi tuulen alapuolella 40 asteen sektorilla ihmisiä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet. Tätä ohjetta käytetään kemikaaleille, joiden lammikosta haihtuu haitallista höyryä sekä eristysraja ylittyy korkeintaan 50 metrin etäisyydellä ja varoitusraja vielä yli 200 metrin etäisyydellä. (TOKEVA 2012.)

Vaara-alue 5 tarkoittaa välitöntä eristämistä 25–50 metrin etäisyydellä kaikkiin suuntiin ja 40 asteen sektoria tuulen alapuolella ainekohtaiselta matkalta. Lisäksi samaiselta 40 asteen sektorilta ainekohtaiselta matkalta tuulen alapuolelta väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihdon. Vaara-

alue 5 on käytössä kemikaaleille, joiden lammikosta haihtuu haitallisia höyryjä ja eristysraja on yli 50 metriä. (TOKEVA 2012.)

Vaara-alue 6 tarkoittaa välitöntä eristystä 300 metriä kaikkiin suuntiin. Tuulen alapuolelta 40 asteen sektorilla kemikaalikohtaiselta etäisyydeltä ihmisiä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet. Lisäksi kemikaali saattaa aiheuttaa altistuneille ärsytysoireita kemikaalikohtaisella etäisyydelle tuulen alapuolella. (TOKEVA 2012.)

Vaara-alue 7 käytetään maakaasuvuotojen vaara-alueen määrittämiseen. Vaara-alue määritellään vuodon suuruuden mukaan siten, että kaasuputken läpimitta, joka on millimetreinä (mm) muutetaan metreiksi. Esimerkiksi kun putken läpimitta on 100 millimetriä, vaara-alue on 100 metriä tuulen suuntaan. Jos kyseessä on maakaasuvuoto, pitää myös huomioida se, että vaara-alue ulottuu ilmaan myös sylinterin muotoisena, joten vaarasta on myös ilmoitettava lennonvarmistuskeskukselle. (TOKEVA 2012.)

3 OVA-ohje

OVA-ohjeet on laadittu avuksi kaikille kemikaalien kanssa tekemisiin joutuville kuten esimerkiksi teollisuuden työntekijöille, työsuojelu- ja ensiapuhenkilöstölle sekä pelastustoimen, ympäristönsuojelun ja terveydenhuollon viranomaisille. OVA-ohjeisiin sisältyy tietoja kemikaalien luokituksesta, kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista, ympäristö- ja terveysvaikutuksista ja käyttäytymisestä vuodon ja tulipalon yhteydessä. Lisäksi OVA-ohjeissa annetaan ohjeita kemikaalien oikeasta käsittelystä, varastoinnista, kuljetuksista, toiminnasta tulipalon ja vuodon aikana, loukkaantuneiden ensiavusta sekä hoidosta ja jätteiden käsittelystä. OVA-ohjeet tuovat lisätietoa TOKEVA-ohjeisiin erityisesti kemikaalien ominaisuuksien ja terveys- ja ympäristövaikutusten osalta. (Lautkaski ja Teräsmaa 2006, 93-95.)

Risto Lautkasken kirjoittamassa ”OVA-ohjeiden vaaraetäisyyksien päivittäminen” – raportissa (2017) kerrotaan, että tarve OVA-ohjeiden päivittämiselle tuli siitä syystä, että vuosien 1992, 1994, 1999 ja 2003 OVA-ohjeiden vaaraetäisyydet laskettiin eristys- ja varoitusrajoilla, jotka poikkeavat merkittävästi PAC-arvoista. Nyt kun ohje päivitetään, pystytään välttämään tilanteet, joissa laitoksen turvallisuusselvitystä ja pelastussuunnitelmaa varten lasketut vaaraetäisyydet ovat joillain kemikaaleilla ristiriidassa OVA- ja TOKEVA-ohjeiden vaara-alueiden kanssa. Ennen päivitystä ongelmaksi saattoi muodostua esimerkiksi se, että laitoksen turvallisuusselvitystä ja suojelusuunnitelmaan varten laskettu vuodon vaara-alue ei ulotu laitoksen alueen ulkopuolella, mutta OVA- ja TOKEVA-ohjeen mukainen vaara-alue ulottuu.

Uusimmassa OVA-ohjeessa onnettomuuden sattuessa ulkona vaara-alue on arvioitu sekä pienille että suurille vuodoille. Nesteytetyillä kaasuilla vuodon koko määritellään vuodon massavirran avulla, kun taas haihtuvilla nesteillä käytetään apuna vuotaneen nesteen määrää. Syynä tälle on vuotaneen aineen erilainen käyttäytyminen. Paineenalaisena nesteytetyn kaasun säiliöstä voi vuotaa nestettä tai kaasua vuotokohdan sijainnin mukaan. Vuodon massavirta on pienempi kaasuvuodolla kuin nestevuodolla samankokoisesta aukosta, minkä vuoksi vaara-alueen koko on laskettu vain nestevuodolla. Purkauksessaan säiliöstä neste höyrystyy ja pisaroituu paineen laskiessa. Pisaroiden kokoon vaikuttaa nesteen yllämpö eli säiliön lämpötilan ja kemikaalin kiehumispisteen erotus ja kyseessä oleva aine. Yllämmön ollessa pienempi kuin 10–15°C pisarat ovat suuria ja putoava maahan. Mikäli yllämpö on suurempi kuin 15–30°C, pisarat ovat pieniä ja

haihtuvat. Ylilämmön ollessa näiden rajojen välissä osa pisaroista haihtuu ja osa putoaa maahan. Pisaroituvan suihkun osuessa maanpintaan tai johonkin esteeseen nestettä kertyy maanpinnalle lammikoksi, jolloin päästö on pienempi ja vaaraetäisyys lyhyempi. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Onnettomuustilanteessa vuotoaukon koon ja vuodon massavirran arviointi on haastavaa. Pisaroituva nestevuoto saa aikaa kemikaali- ja sumupisaroista koostuvan sumupilven. Sumupilven kokoon vaikuttaa vuodon koon ohella kyseessä oleva aine, ilman lämpötila ja kosteus sekä tuulen nopeus. Useimmat OVA-ohjeiden aineista ovat haihtuvia myrkyllisiä tai syövyttäviä nesteitä. Näissä neste höyrystyy maan tai veden pinnalle muodostuneesta lammikosta vuodon sattuessa siksi, että tuuli kuljettaa pois lammikosta vapautuvan höyryn. Höyrystymisessä sitoutuu lämpöä, minkä johdosta lammikko jäähtyy. Lammikon saavuttaessa aineen ominaisuuksista ja ympäristöolosuhteista riippuvan tasapainolämpötilan jäähtyminen pysähtyy. Vaaraetäisyydet on laskettu 20°C ilman lämpötilalle ja 15 °C kemikaalin lämpötilalle säiliössä. Lämpötilan ollessa 10°C ja kemikaalin 5°C vaaraetäisyydet ovat 30 % lyhyemmät. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Haihtuvien nesteiden osalta vaaraetäisyys riippuu pääosin lammikon koosta ja pitoisuudesta, jolla lammikosta haihtuva höyry on terveydelle haitallista. OVA-ohjeissa on ilmoitettu vuotaneen aineen määrä lammikon koon sijaan. Pienellä vuodolla tarkoitetaan noin 100 litran vuotoa ja suurella noin 10 m³:n vuotamista. OVA-ohjeessa lammikon syvyudeksi on oletettu noin 3 cm, mikä tarkoittaa sitä, että pieni vuoto on halkaisijaltaan noin kaksi metriä ja suuri noin 20 metriä. Koska vaaraetäisyys on verrannollinen lammikon halkaisijaan, voidaan ohjeissa annetut vaaraetäisyydet muuntaa vastaamaan minkä tahansa kokoista lammikkoa. Mikäli lammikko on neliön tai ympyrän muotoinen, arvioidaan sen halkaisija tai neliön sivu. Kun kyseessä on kapea suorakaiteen muotoinen lammikko, käytetään pinta-alan neliöjuurta ja sen tuloksella suuren vuodon ollessa kyseessä vaaraetäisyys kerrotaan tekijällä tulos/20. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

OVA-ohjeessa on käytössä kaksi eri rajaa. Eristysrajalla tarkoitetaan välittömästi eristetävän alueen pituutta, jossa ulkona olevat ihmiset siirretään pois alueelta tai sisätiloihin. Eristysraja on valittu siten, että 30 minuutin oleskelu alueella ulkona ilman hengityksensuojainta voi aiheuttaa pysyviä tai vakavia terveysvaikutuksia tai oireita, jotka vaikeuttavat poistumista alueelta. Toinen rajoista on varoitusraja, sillä tarkoitetaan pitoisuutta, jossa väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin. Tämä pitoisuus on määritelty

siten, että 30 minuutin oleskelu alueella ulkona ilman hengityksensuojainta voi aiheuttaa tilapäistä terveyshaittaa. Tällä rajalla kaasun mahdollisesti aiheuttamat oireet eivät vaikeuta poistumista alueelta. Eristysrajaksi on valittu aineen AEGL-3- (30 min), ERPG-3- tai TEEL-3-arvo. Varoitusrajana toimii aineen AEGL-2- (30 min), ERPG-2- tai TEEL-2-arvo. Kunkin aineen kohdalla kerrotaan mittojen laskussa käytetyt eristys- ja varoitusrajan arvot. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Paineenalaisina nesteytettyjen myrkyllisten kaasujen vaaraetäisyydet on arvioitu keskimääräisissä leviämisolosuhteissa eli pilvisenä päivänä tai yönä tuulen nopeuden ollessa 5 m/s sekä pienelle että suurelle vuodolle. Arviossa oletetaan, ettei pisaroituva suihku törmää esteisiin. Kaasuvanan ja ilman tiheyseron sekä kuivadeposition eli kaasun molekyylien pintoihin tarttumisen vaikutukset on huomioitu arvioissa. Haihtuvien nesteiden vaaraetäisyydet on arvioitu suuren vuodon aikana keskimääräiselle leviämisolosuhteelle eli pilviselle säälle tuulen nopeudella 5 m/s. Kun vuoto on pieni, eristettävä alue on säteeltään kymmenesosa suuren vuodon eristettävän alueen säteestä. Varoitettavan alueen pituus on kymmenesosa suuren vuodon varoitettavan alueen mitasta. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

3.1 OVA-ohjeen uudet toimenpideohjeet

Uuteen OVA-ohjeeseen laadittiin kuusi erilaista toimenpideohjetta, joita perustellaan kuvailemalla ilmaan päässeen kaasun tai höyryn aiheuttamaa terveyshaittaa. Ensimmäinen toimenpideohje on seuraavanlainen: ”Eristä lammikon ympäristö”. Tämä ohje on tarkoitettu kemikaaleille, jotka ovat vaikeasti haihtuvia tai haihtumattomia, eli lammikosta ei pääse ilmaan haitallisia höyryjä. Tällä ohjeella on tarkoitus estää sivullisia joutumasta kosketuksiin aineen kanssa. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Toinen toimenpideohje on ”Välitön eristys _ metriä kaikkiin suuntiin.” Tämä ohje on tarkoitettu kemikaaleille, joiden lammikosta haihtuu haitallista höyryä. Mikäli varoitusraja saavutetaan korkeintaan 25 metrin etäisyydellä, eristys-etäisyys on 25 metriä, ja kun varoitusraja saavutetaan 30–65 metrin etäisyydellä, eristysmatka on 50 metriä. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Kolmas toimenpideohje on ”Välitön eristys _ metriä kaikkiin suuntiin sekä _ metriä tuulen alapuolella”. Tämä ohje annetaan kemikaaleille, joiden varoitusrajaa vastaava

matka on 70–200 metrin välillä. Ympäristö eristetään 25 tai 50 metrin etäisyydeltä ja tuulen alapuolelta 100, 150 tai 200 metrin etäisyydeltä. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Neljäs toimenpideohje on ”Välitön eristys _ metriä kaikkiin suuntiin. Kemikaali saattaa aiheuttaa altistuneille ärsytysoireita jopa _ metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.” Tämä ohje on kemikaaleille, joiden varoitusraja ylittyy etäisyydellä, joka on suurempi kuin 200 metriä. Ympäristö eristetään 25 tai 50 metrin matkalta. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Viides toimenpideohje on ”Välitön eristys (25-) 50 metriä kaikkiin suuntiin sekä _ metriä tuulen alapuolella. Kemikaali saattaa aiheuttaa altistuneille ärsytysoireita jopa _ metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.” Tämä ohje on tarkoitettu kemikaaleille, joiden eristysraja ylittyy etäisyydellä, joka on suurempi kuin 50 metriä. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

Kuudes toimenpideohje on ”Välitön eristys 300 metriä kaikkiin suuntiin. Kemikaali saattaa aiheuttaa altistuneille ärsytysoireita jopa _ metrin etäisyydellä tuulen alapuolella. Tuulen alapuolella alueella, joka ulottuu _ metrin etäisyydelle, väestöä kehoitetaan suojautumaan sisätiloihin, sulkemaan ikkunat ja ovet sekä pysäyttämään ilmanvaihtolaitteet.” Tämä ohje on tarkoitettu nesteytettyille myrkyllisille kaasuille. Vuotopaikka eristetään 300 metrin säteellä. Suurissa vuodoissa alue, jolla kaasun pitoisuus on eristysrajaa korkeampi, ulottuisi jopa 1000 metrin etäisyydelle. Tällaisissa tapauksissa alue eristetään voimavarojen mukaan ja ulkona olevat ihmiset siirretään sisätiloihin tai pois vaaralliselta alueelta, jossa kaasu saattaa aiheuttaa ärsytysoireita. (OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017.)

3.2 Vaara-alueiden muutokset

Paineenalaisena nesteytettyjen myrkyllisten kaasujen vaaraetäisyyksien arvioinnissa apuna käytettiin ALOHA-ohjelmaa, jonka avulla leviäminen laskettiin. Myös kloorin

kuljetus pienissä säiliökonteissa huomioitiin. Kyseisistä kemikaaleista butadieenin ja etyleenioksidin varoitusetäisyydet pienenivät merkittävästi. Haihtuvien nesteiden osalta uusi laskentatapa kasvatti viidellä kemikaalilla eristys­etäisyyttä 10–50 metriä, kahdeksalla kemikaalilla eristys­etäisyys lyheni 120–700 metriä ja kuudella kemikaalilla eristys­etäisyys lyheni 10–75 metriä. Koska altistusaika kasvoi 10 minuutista 30 minuuttiin, kasvoi akryylinitriilillä, fluorivedyllä, fluorivetyhapolla ja tionyylikloridilla eristys­etäisyys 85–350 metriä. AEGL2-arvon korvatessa aiemmat perusteet pienenivät varoi­tu­setäisyydet kahdellakymmenellä kemikaalilla 140–2150 metriä. Altistusajan pidenty­essä 10 minuutista 30 minuuttiin kasvoi varoitusetäisyys akryylinitriilillä, fluorivedyllä, fluorivetyhapolla, klooritrimetyylisilaanilla, krotonaldehydillä ja tionyylikloridilla 120–490 metriä. Myös varoitusteksteihin tuli joitakin muutoksia. Uuden laskentatavan ansi­oista 11 kemikaalilla varoitettava alue jäi pois, koska VA3- tai VA4-teksti muuttui VA2-tekstiin. (Lautkaski 2017.)

4 PAC-järjestelmä

PAC (Protective Action Criteria) on Yhdysvalloissa kehitetty järjestelmä, jolla tarkoitetaan akuutin altistumisen raja-arvoja (ova-ohje). PAC-arvot koostuvat AEGL-, ERPG- ja TEEL-arvoista. Suomessa OVA-ohjeiden eristys- ja varoitusrajat on valittu PAC-järjestelmän mukaisesti vuodesta 2007. (Lautkaski 2016.) PAC-järjestelmässä käytetään kolmea eri tasoa terveysvaikutuksien arvioinnissa. PAC-1 tarkoittaa kynnyсарvoa lieviin, ohimeneviin terveysvaikutuksiin. PAC-2 tarkoittaa kynnyсарvoa peruuttamattomille tai muille vakaville terveyshaitoille, jotka saattavat heikentää kykyä pelastautua kemikaalin vaikutuksilta. PAC-3 on hengenvaarallisten terveysvaikutusten kynnyстарso. PAC-järjestelmässä käytetään ensisijaisesti AEGL-arvoja. Aina tätä ei kuitenkaan ole saatavilla, ja silloin käytetään ERPG-arvoa. Mikäli tätäkään vaihtoehtoa ei ole olemassa, käytetään TEEL-arvoa. AEGL-, ERPG- ja TEEL-arvojen suurin ero tulee niiden kehittämistavasta. AEGL- ja ERPG-arvot on kehitetty perusteellisen ja tarkan prosessin aikana, jossa tarkastellaan kaikkia ensisijaisia tietolähteitä. Kyseiset prosessit ovat varsin aikaa vieviä, minkä vuoksi AEGL- ja ERPG-arvot kattavat vain pienen osan kemikaaleista. Tästä syystä tarvitaan myös TEEL-arvoja, jotka ovat nopeita määrittellä. TEEL-arvo on annettu yli 3000 kemikaalille mutta kehitysprosessissa käytettyjen toissijaisten lähteiden takia niitä ei voi pitää yhtä luotettavina kuin tarkasti tutkittuja AEGL- ja ERPG-arvoja. (Alberta Health 2017.)

Tärkein syy AEGL-arvojen valitsemiseksi ensisijaiseksi tietolähteeksi on se, että se kattaa myös herkät yksilöt, kun ERPG-arvot kattavat vain terveet yksilöt. (Lautkaski 2016.) Tämän lisäksi AEGL-arvoille on olemassa useita altistumisaikoja, joille arvot on laskettu, kun taas ERPG-arvot on laskettu vain yhden tunnin altistumisajalle. Perusteluksi on myös esitetty sitä, että AEGL-arvot on määritelty sen tason yläpuolelle, jolla on odotettavissa tiettyjä terveysvaikutuksia, kun taas ERPG- ja TEEL-arvot määritellään sen tason alle, jolla ei ole odotettavissa tiettyjä terveysvaikutuksia. (DOE Handbook.) Taulukko 1 havainnollistaa AEGL-, ERPG- ja TEEL-järjestelmien eroja.

Taulukko 1. AEGL-, ERPG- ja TEEL-järjestelmien eroavaisuudet (Alberta Health 2017)

	AEGL	ERPG	TEEL
Kehittäjä	USEPA/NAS	AIHA	DOE
Julkaistut kemikaalit	131 lopullista 130 väliaikaista 12 ehdotettua	145	yli 3000
Altistusajat	10 min, 30 min, 60 min 4 tuntia ja 8 tuntia	60 min	15 min 60 min
Kohdeyleisö	Yleinen väestö mukaan lukien herkäät yksilöt	Lähes kaikki yksilöt	Yleinen väestö mukaan lukien herkäät yksilöt
Kehitystapa	Tutkimukset ensisijaisista lähteistä	Primäärilähteistä saatujen näyttöjen painottaminen	Toissijaisten lähteiden avulla
Vertaisarvioitu	Kyllä	Kyllä	Ei

4.1 AEGL

AEGL on lyhenne sanoista Acute Exposure Guideline Level eli suomeksi akuutin altistuksen ohjeelliset tasot. AEGL-arvot ovat EPA:n eli Yhdysvaltojen ympäristösuojeluviraston asettaman työryhmän määrittelemiä. Vuonna 1984 Intian Bhopalissa sattui vaarallisen aineen onnettomuus, jossa kuoli yli 2000 ihmistä. Erityisesti tämä ja monet muut kemikaalionnettomuudet herättivät tarpeen kehittää työkalun tämäntyyppisiä onnettomuuksia varten. AEGL-ohjelma perustettiin antamaan ohjeita kemikaalionnettomuksiin varautumista varten. Vuonna 1995 perustettiin akuuttien altistumissuuntaviihojen kansallinen neuvoa-antava komitea NAC/AEGL (National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances), joka koostui yhdysvaltalaisista ja kansainvälisistä tutkijoista. Se perustettiin tunnistamaan, tutkimaan ja tulkitsemaan toksikologiaa ja muuta tieteellistä dataa, jonka avulla voitiin kehittää AEGL-arvot. (EPA)

AEGL-arvo on annettu viidelle altistumisajalle. Ajat ovat 10 minuuttia, 30 minuuttia, yksi tunti, neljä tuntia ja kahdeksan tuntia. AEGL-arvot on jaettu kolmeen luokkaan pitoisuuksien vaikutusten mukaan. AEGL 1 -tasolla pitoisuus saattaa aiheuttaa huomattavaa haittaa, epämukavuutta, ärsytystä tai haittavaikutuksia, jotka eivät aiheuta oireita ja joita ei voi aistein todeta. Vaikutukset lakkaavat altistumisen päättyessä, eikä altistu-

misesta aiheutu palautumattomia vaikutuksia tai vammoja. AEGL 2 -tasolla saattaa aiheutua pysyviä tai muuten vakavia ja pitkäaikaisia terveystaittoja tai oireita, jotka vähentävät altistumiselta suojautumiskykyä. AEGL 3 -tasolla altistuminen saattaa aiheuttaa hengenvaarallisen terveystaitan tai pahimmassa tapauksessa kuoleman. Alle AEGL 1 -tason pitoisuuksilla voidaan aistia lievää ja asteittain kasvavaa ohimenevää ja ei-vammauttavaa hajua, makua ja aistien ärsytystä tai tiettyjä oireettomia ei-sensorisia vaikutuksia. Arvot on kohdennettu normaaliväestölle siten, että ne ottavat huomioon myös herkät yksilöt kuten imeväiset, lapset ja astmaatikot. On kuitenkin huomioitava, että on myös olemassa yksilöitä, jotka reagoivat jo huomattavasti alemmissa pitoisuuksissa. (EPA; TUKES.)

Prosessi, jossa AEGL-arvot kehitettiin, on kaikkien aikojen kattavin selvitys myrkyllisten aineiden lyhytaikaisen altistuksen vaikutuksista. Vuonna 1997 AEGL-ohjelma julkaisi 85 kemikaalin listan, jossa oli arviolta vaarallisimmat kemikaalit. Toinen lista julkaistiin vuonna 2002, ja se sisälsi kaikkiaan 371 kemikaalia, joista 134 määriteltiin kii-reellisemmiksi kuin jäljelle jääneet kemikaalit. AEGL-arvot kehitti kansallinen neuvoo-antava komitea (NAC/AEGL Committee), joka on liittovaltion neuvoo-antava komitea. AEGL-arvojen kehittäminen aloitettiin 1996, ja se säilyi seuraavanlaisena aina vuoden 2011 lokakuuhun asti. (EPA.)

Alkuperäinen kehitysprosessi koostui neljästä vaiheesta. Ensin AEGL-arvo luonnosteltiin, minkä jälkeen annettiin ehdotus arvosta. Tämän jälkeen annettiin väliaikainen arvo ja lopulta lopullinen arvo. Ensimmäisessä vaiheessa kerättiin kattavasti aiheeseen liittyvä tieteellinen kirjallisuus. Tietolähteinä toimivat ensisijaisesti elektroniset tietokannat, joista eritoten vertaisarvioidut lehdet ja valtion tietokannat, aiheesta julkaistu kirjallisuus niin Yhdysvalloista kuin ulkomailta ja yksityisten yritysten ja organisaatioiden keräämä data. Tarkoituksena oli saada kaikki relevantti julkaisematon tieto alan ammattijärjestöiltä sekä yksityisen sektorin toimijoilta. Tämän jälkeen saatua dataa arvioitiin ja valittiin kehitykseen parhaiten sopiva data, josta kehitettiin niin sanottu teknisen tuen dokumentti eli TSD (technical support document). TSD:n tärkeimmät osatekijät ovat yhteenveto-osio, joka sisältää tiivistelmän kemikaalin myrkyllisyydestä, ajankäytön skaalauksesta ja epävarmuustekijöiden valinnasta sekä taulukosta AEGL-arvoista kolmelle eri tasolle. Lisäksi dokumentissa on tallennettuna yksityiskohtainen keskustelun-kulku edellä mainituista asioista ja yhteenvetotaulukko. Se sisältää luettelon ja keskustelun keskeisistä tietoelementeistä ja perusteluista, joita käytetään AEGL-arvojen saa-

miseksi. (NAP.) Kun komitea oli saavuttanut yhteisymmärryksen vähintään kahden kolmasosan enemmistöllä, annettiin ehdotus AEGL-arvosta. Mikäli sopuun ei päästy, komitea välitti ongelmat ja huolenaiheet kehitysryhmälle jatkokäsittelyä varten. Mikäli päätöstä ei saatu aikaan puutteellisten tietojen vuoksi, AEGL-arvon kehitys lopetettiin siihen asti, kunnes riittävät tiedot tulivat saataville. Ehdotus julkaistiin liittovaltion rekisterissä, ja sitä oli mahdollista kommentoida 30 päivän ajan. Julkaisun jälkeen valiokunta tarkasteli yleisön kommentteja ja käsitteli ja ratkaisi asiaa koskevia kysymyksiä. Tarkoituksena oli 30 päivän kuluessa saavuttaa yhteisymmärrys tai kahden kolmasosan enemmistö alkuperäisestä tai muunnellusta ehdotuksesta. Edellä mainittujen ehtojen täytyttyä AEGL-arvosta tuli niin sanottu väliaikainen arvo. Väliaikaiset arvot annettiin jo julkiseen käyttöön. Väliaikainen arvo ja siihen johtaneet perustelut esiteltiin NAS:n alakomitealle. Mikäli alakomitean kanssa ei päästy yhteisymmärrykseen tulevasta lopullisesta arvosta, esitti alakomitea kysymyksensä ja huolenaiheensa AEGL-komitealle jatkotyöskentelyä ja asian ratkaisemista varten. Mikäli NAS:n alakomitea hyväksyi annetun arvon, tuli siitä lopullinen AEGL-arvo kyseiselle aineelle. Mikäli jotain sellaista tietoa tuli saataville, joka haastoi AEGL-arvon tieteellisen uskottavuuden, asetettiin luonnollisesti myös AEGL-arvo uudelleen tarkasteltavaksi. (EPA.)

Vuoteen 2011 mennessä AEGL-ohjelma oli menestyksekkäästi käsitelty 324 kemikaalia 329:stä aiemmin tärkeimmäksi priorisoiduista. Taloudellisten ongelmien takia jatko-työn rahoitus ohjattiin NAS:lle kesken olevien AEGL-arvojen viimeistelyyn, minkä vuoksi NAC/AEGL-komitea lopetettiin. Kehittämisprosessissa tehtiin myös joitakin muutoksia tämän myötä. AEGL-ohjelma ei muuttanut lähestymistapaa sellaisiin kommentteihin, jotka eivät vaikuta AEGL-arvoon. Nykyinen AEGL-ohjelma saa teknisen tuen urakoitsijoilta, jotka ovat vastuussa teknisen tuen asiakirjojen tarkastamisesta. Kuten aikaisemmassa prosessissa urakoitsija muuttaa asiakirjat NAS-valiokunnan suositusten mukaisiksi ja laatii vastaukset annettuihin kommentteihin. AEGL-ohjelman johtaja arvioi ja hyväksyy urakoitsijan tekemät muutokset ja vastaukset annettuihin kommentteihin. Lopulta tarkastettu teknisen tuen asiakirja toimitetaan NAS:lle julkaisemista varten. Mikäli NAS-kommentti johtaa muutoksiin AEGL:n väliaikaisessa arvossa, on prosessi seuraavanlainen. Vanhassa prosessissa NAC/AEGL-komitea keskusteli ja hyväksyi NAS-suositukset, jotka johtivat AEGL-arvojen muutoksiin. Urakoitsija vastasi tämän jälkeen tiettyä AEGL-kemikaalia koskeviin NAS-kommentteihin ja vastaus toimitettiin NAC / AEGL-komitealle tarkastettavaksi ja mahdollisesti hyväksyttäväksi. Enää

NAC/AEGL-komiteaa ei ole kuitenkaan olemassa, vaan urakoitsija käsittelee NAS-kommentit ja tarkistaa asiakirjan sekä valmistelee vastauksen kommentteihin. Tämän jälkeen vastaus ja tarkistettu teknisen tuen asiakirja toimitetaan liittovaltion sidosryhmille kahden viikon ajaksi tarkasteluun. Kun konsensus on saavutettu, vastaus ja tarkastettu teknisen tuen asiakirja lähetetään NAS:lle. Mikäli konsensusta ei saavuteta, mielipide erot kirjataan ylös ja esitetään NAS:lle ratkaisua varten. Muutoksia ei julkisteta, ennen kuin ne ovat NAS:n hyväksymät. (EPA.)

4.2 ERPG

ERPG on lyhenne sanoista Emergency response planning guidelines, joka tarkoittaa suomeksi hätätoimenpiteiden suunnitteluohjetta. ERPG-arvot ovat AIHA:n (American Industrial Hygiene Association) nimeämän työryhmän määrittelemiä. ERPG-arvot suunniteltiin auttamaan pelastushenkilöstöä hätätilanteisiin varautumisessa. ERPG-arvot kehitettiin erityisesti sellaisille kemikaaleille, joilla on suuri potentiaali hallitsemattomalle päästölle ja jotka voivat aiheuttaa erityistä vaaraa haihtuvuuden tai myrkyllisyyden vuoksi. ERPG-arvot on tarkoitettu käytettäväksi ensisijaisesti sellaisiin tilanteisiin, jossa altistus on kertaluontoista. Käyttäjäkunnaksi mainitaan esimerkiksi teollisuushygienistit, valmiussuunnittelijat ja pelastusviranomaiset. ERPG-arvot on tarkoitettu koulutettujen henkilöiden hätätilanteiden suunnittelun työkaluksi. Niiden avulla voidaan arvioida esimerkiksi eristämistoimenpiteiden ja ennaltaehkäisyn riittävyttä kemikaalien päästöille. Koska ERPG-arvot on suunniteltu kertaluontoisia altistumisia varten, ei niitä saa käyttää turvallisina raja-arvoina rutiinintoiminnoille tai tilanteisiin, joissa altistutaan jatkuvasti kemikaaleille. ERPG-arvot sopivat suurimmalle osasta väestöstä mutta ne eivät huomioi herkkiä yksilöitä. (AIHA.)

Yhdysvalloissa pyritään ensisijaisesti evakuoimaan vaara-alueella oleva väestö. Tästä syystä ERPG-arvoille on valittu altistumisajaksi yksi tunti, koska siinä ajassa vaara-alueella oleva väestö ehditään evakuoida (Lautkaski ja Teräsmaa 2006, 36). Alle 60 minuutin ajanjaksolle ERPG-arvoja voidaan luonnollisesti pitää turvallisina. Mikäli altistusaika on pidempi, pitää mahdolliset vaikutukset ennustaa saatavilla olevan tiedon pohjalta. ERPG-arvot on jaettu asteikolla 1–3. ERPG-1 tarkoittaa suurinta pitoisuutta,

jossa ihminen voi olla 60 minuutin ajan saaden ainoastaan vähäistä, tilapäistä terveyshaittaa (lähinnä ärsytysoireita). Kemikaalin olemassaolon saattaa havaita epämielilyttävänä hajuna. ERPG-2 tarkoittaa suurinta pitoisuutta tunnin ajan ilman vaaraa palauttamattomista tai muuten vakavista terveyshaitoista tai oireista, jotka huonontavat kykyä pelastautua. ERPG-3 tarkoittaa puolestaan suurinta pitoisuutta, jossa ihminen voi olla tunnin ajan ilman hengenvaaraa. Mikäli pitoisuus on korkeampi, on olemassa kuolemanvaara. (AIHA; TUKES.)

ERPG-arvot määritellään tapauskohtaisesti. Eri kemikaalien erilaiset ominaisuudet aiheuttavat erilaisia terveysvaikutuksia, ja saatavilla olevan tiedon määrä vaihtelee huomattavasti. Ei ole olemassa kiinteää kaavaa siitä, kuinka ERPG-arvo tai kolmen eri ERPG-arvon suhteet määritellään. ERPG-arvot on kehitetty kattavan toksisuuskirjallisuuden perusteella, jossa korostuu akuuttien tai lyhytaikaisten altistumistietojen käyttö. Haitallisten terveysvaikutusten arvioinnissa tarkastellaan välittömiä ja viivästyneitä terveysvaikutuksia. Tietolähteenä käytetään mahdollisuuksien mukaan ihmisen altistumista koskevia tietoja, mikäli niitä on saatavilla. Valitettavasti usein ihmisten altistumistiedot ovat anekdootteja, joten niitä ei voi hyödyntää kunnolla kehitystyössä. Tästä syystä ERPG-arvot perustuvat usein eläinkokeisiin. Useimmiten tutkimuksissa hyödynnetään hengitysteiden kautta tapahtuvan altistumisen avulla saatuja tutkimustuloksia mutta mikäli niitä ei ole saatavilla, hyödynnetään jotain muuta altistumisreittiä kuten esimerkiksi ihon kautta altistumisen kautta saatua tietoa. (AIHA.)

4.3 TEEL

TEEL-arvoilla (Temporary Emergency Exposure Limit = väliaikaiset hätätilanneraja-arvot) tarkoitetaan yhdysvaltalaisen SCAPA:n (Subcommittee on Consequence Assessment and Protective Actions) määrittelemiä arvoja, joiden avulla arvioidaan pitoisuuksia, joissa suurin osa ihmisistä alkaa oirehtia, mikäli he altistuvat kemikaalille määrätyn ajan jakson ajan. SCAPA on yhdysvaltalaisen energiaministeriön DOE:n (Department of Energy) alakomitea. TEEL-0 tarkoittaa kynnsarvoa, jota pienemmissä pitoisuuksissa lähes kaikki ihmiset voivat olla 15 minuutin ajan ilman terveydelle merkittävää riskiä. TEEL-1-arvolla tarkoitetaan suurinta pitoisuutta, jossa lähes kaikki ihmiset

voivat olla 15 minuutin ajan saaden enintään tilapäistä, vähäistä terveystaitta tai hais-
taen pahaa hajua. TEEL-2 tarkoittaa suurinta pitoisuutta, jossa lähes kaikki ihmiset voi-
vat olla 15 minuuttia ilman vaaraa palautumattomista tai muuten vakavista terveystai-
toista tai oireista, jotka heikentäisivät suojautumiskykyä altistumiselta. TEEL-3 tarkoi-
tetaan suurinta pitoisuutta, jossa lähes kaikki ihmiset voivat olla 15 minuutin ajan ilman
hengenvaaraa. (DOE Handbook 2016.)

TEEL-arvoja käytetään lyhytaikaisissa kemikaalipäästötilanteissa, mikäli AEGL- tai
ERPG-arvoja ei ole saatavilla kyseiselle kemikaalille. TEEL-arvot soveltuvat lähes jo-
kaiselle ihmiselle, ja niiden avulla voidaan määrittellä vaara-alueet kemikaalionnetto-
muuden tapahtuessa. TEEL-arvoja ei pidä käyttää tilanteessa, jossa työpaikalla tai sen
lähiympäristössä altistutaan jatkuvasti kemikaaleille, vaan tällöin kyseeseen tulevat työ-
hygieeniset raja-arvot, kuten esimerkiksi HTP-arvot. (NOAA.)

TEEL-arvot kehitettiin alun perin väliaikaisiksi raja-arvoiksi niille kemikaaleille, joille
ei ollut ERPG-arvoa. Ensimmäinen listaus TEEL-arvoja julkaistiin vuonna 1991, jolloin
arvon sai noin 100 kemikaalia. Tähän aikaan ei ollut olemassa AEGL-arvoja. TEEL-
arvot on määritelty yli 3000 kemikaalille. TEEL-arvot eroavat AEGL- ja ERPG-arvoista
kehittämisen ja tietolähteiden osalta. AEGL- ja ERPG-arvot on kehitetty tarkasti vali-
tuista primärlähteistä ja jokainen kemikaali on yksilöllisesti arvioitu. Tämä on hyvin
aikaa vievää, joten TEEL-arvo kehitettiin vastaamaan tiedon tarpeeseen. TEEL-
ohjelman tavoitteena on antaa arvoja nopealla aikataululla mutta kuitenkin säilyttäen
korkean laadun. Jotta tämä olisi mahdollista, hyödyntää DOE toissijaisia tietolähteitä
TEEL-arvojen perustana. Nämä toissijaiset tietolähteet koostuvat muiden virastojen
laatumista työhygieenisistä altistumisrajoista, joiden hierarkia on esitelty taulukossa 2.
Esimerkkeinä näistä mainittakoon TLV-, IDLH- ja REL-arvot. DOE on kehittänyt pa-
rametrit, joiden avulla valitaan oikea lähdeaineisto TEEL-arvon kehittämiseen. (DOE
Handbook 2016.) Työhygieenisten raja-arvojen käyttöä DOE perustelee sillä, että ylei-
sesti työssäkäyvät henkilöt ovat terveitä aikuisia, joten rajoitukset, jotka suojelevat suur-
ta yleisöä pidempään kuin tyypillinen kahdeksan tunnin työvuoro, ovat tiukempia. Esi-
merkkinä voidaan käyttää TEEL-0-raja-arvoa, joka määritellään 15 minuutiksi TWA-
arvon perusteella mutta se määritellään kahdeksan tunnin TWA-arvolla, joka on suunnit-
teltu työhygieeniseksi raja-arvoksi. Saatua arvoa voidaan pitää turvallisena, koska altis-
tumisaika on huomattavasti lyhyempi työpäivään verrattuna. (Alberta Health 2017.)
Taulukossa 2 näkyy toksisuusparametrien hierarkia TEEL-arvojen kehittämisessä.

Taulukko 2. TEEL-arvojen kehittämisen toksisuusparametrien hierarkia (Alberta Health 2017)

TEEL-arvo	Tietolähde	Toksisuusparametrien hierarkia
TEEL-0	OSHA ACGIH NIOSH AIHA German Research Foundation National Academy of Science	PEL-TWA (Permission Exposure limits) TLV-TWA (Threshold Limit value) REL-TWA (Recommended Exposure Limits) WEEL-TWA (Workplace Environmental Exposure Level) MAK-TWA (Maximale Arbeitsplatz-konzentration) CEGL (Continuous Exposure Guidance Levels)
TEEL-1	OSHA ACGIH NIOSH AIHA ACGIH	PEL-STEL (Permission Exposure limits) TLV-STEL (Threshold Limit value) REL-STEL (Recommended Exposure Limits) WEEL-STEL (Workplace Environmental Exposure Level) TLV-TWA x3 (Threshold limit value-TWA kerrottuna kolmella.)
TEEL-2	National Academy of Science USEPA	EEGL (Emergency Exposure Guidance Level) LOC (Level of concern)

	<p>OSHA</p> <p>ACGIH</p> <p>NIOSH</p> <p>AIHA</p> <p>ACGIH</p> <p>RTECS</p> <p>RTECS</p>	<p>PEL-C (Permissible Exposure limit-ceiling= kattoarvo kemikaalille, jota ei saa ylittää työpaikalla.)</p> <p>TLV-C (Threshold Limit Value- ceiling)</p> <p>REL-C (Recommended Exposure Limit-ceiling)</p> <p>WEEL-C (Workplace Environmental Exposure Level- Ceiling)</p> <p>TLV-TWA x5 (Threshold Limit Value-TWA kerrottuna viidellä.)</p> <p>TClo (Toxic Concentration, matalin tappava annos)</p> <p>TDlo (Toxic Dose, matalin tappava annos)</p>
TEEL-3	<p>National Academy of Science</p> <p>NIOSH</p> <p>RTECS</p> <p>RTECS</p> <p>RTECS</p> <p>RTECS</p>	<p>EEGL (Emergency Exposure Guidance Level)</p> <p>IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health)</p> <p>LC50 (Lethal Concentration 50%)</p> <p>LClo (Lethal Concentration, matalin tappava annos)</p> <p>LD50 (Lethal Dose 50%)</p> <p>LDlo (Lethal Dose, matalin tappava annos)</p>

4.4 Miksi PAC?

PAC-järjestelmällä on arvioitu olevan monia hyviä puolia. Yksi niistä on se, että PAC-arvo on olemassa yli 3400 aineelle. PAC-arvot on suunniteltu suojaamaan suurimman osan väestöstä, mukaan lukien myös herkät yksilöt. PAC-arvoihin kuuluvien AEGL- ja ERGP-arvojen kehittämisessä on käytetty kaikkea saatavilla olevaa toksikologista lähdemateriaalia, ja se on analysoitu tarkasti. Lisäksi AEGL- ja ERPG-arvot on vertaisarvioitu. Huonoiksi puoliksi PAC-järjestelmässä on nähty seuraavia asioita: Kaiken kaikkiaan AEGL- ja ERPG-arvoja on saatavilla vain suhteellisen pienelle määrälle kemikaaleja. Tarkkojen arvojen kehittäminen vaatii paljon aikaa ja resursseja, sillä kehitysprosessit ovat tarkkoja. PAC-järjestelmässä hyödynnettyjä TEEL-arvoja ei ole vertaisarvioitu, eikä niitä voi pitää kehittämistavan takia yhtä luotettavina kuin AEGL- tai ERPG-arvoja. PAC-arvot eivät kata kaikkia altistusajoja, mikä voi aiheuttaa ongelmia, mikäli altistumisaika on merkittävästi pidempi kuin järjestelmässä huomioitujen ajan. PAC-arvot eivät sovellu kemiallisten seosten päästöihin, sillä kehitystyössä ei ole otettu huomioon kemiallisten yhdistelmien vaikutuksia. PAC-arvot on tarkoitettu suurimmalle osalle väestöstä mutta niiden ei katsota soveltuvan yliherkille yksilöille ja myös soveltuvuutta astmaatikkoille on epäilty osassa tutkimuksista. PAC-arvot tarkastelevat vain ilmateitse tapahtuvaa altistumista, joten ne eivät sovellu muiden reittien kautta tapahtuvan altistumisen ohjearvoiksi. (Alberta Health 2017.)

PAC-järjestelmän lisäksi on toki olemassa myös muita järjestelmiä, joiden tarkoituksena on kemikaalipäästöjen haittojen arviointi. Näiden määritelmät ja tarkoitukset vaihtelevat, sillä jokaisella on tietty altistuksen kesto, altistumistiheys sekä kohderyhmä. Taulukossa 3 on esitelty erilaisia järjestelmiä ja niiden eroja.

Taulukko 3. Kemikaalipäästöjen haittojen arviointijärjestelmien vertailua (Alberta Health 2017)

Ohjeistus	Määritelmä	Altistus	Altistusaika	Kehittäjä
PAC (Protective Action Criteria)	Hätäohjeet, joiden tarkoituksena on suojata yksilöt harvinaisilta, ennakkoimattomilta, lyhytaikaisilta kemiallisilta altistuksilta. Kemiallinen pitoisuus ilmassa, jossa tarvitaan suojaavia toimenpiteitä	Kertaluontoinen	1 tunti	AIHA DOE USEPA
PAL (Provisional Advisory Level)	PAL-arvoilla tarkoitetaan useita eri altistumisarvoja, joita käytetään riskipohjaisen päätöksenteon ilmoittamiseen vaarallisten kemikaalien ympäristövaikutusten aikana. PAL-arvot ovat pitkäaikaisen hätätilanteiden varalle laadittuja. Sopivat myös herkille yksilöille.	Toistuva altistus	24 tuntia 30 päivää 90 päivää 2 vuotta	NHSRC
Alberta AAQO (Ambient Air Quality Objective)	Taso, jonka tarkoituksena on suojella ympäristöä ja ihmisten terveyttä niin teknisesti kuin taloudellisesti ja sosiaalisesti ja poliittisesti hyväksyttävästi.	Toistuva altistus	1 tunti 24 tuntia Vuosittain	Albertan hallitus
CAAQS (Canadian Ambient Air Quality Standards)	Terveysperusteiset ilmanlaatu tavoitteet ulkona olevien epäpuhtauspitoisuuksien osalta.	Toistuva altistus	8 tuntia 24 tuntia Vuosittain	Environment Canada/Health Canada
NAAQO (National Ambient Air Quality Objective)	Suurimmat sallitut pitoisuudet kriteerien mukaan epäpuhtauksille.	Toistuva altistus	1 tunti 3 tuntia 8 tuntia 24 tuntia 3 kuukautta Vuosittain	USEPA
NAAQO (National Ambient Air Quality Objective)	Kansallinen tavoite ilmanlaadulle, joka suojaa terveyttä, ympäristöä tai esteettisiä ominaisuuksia	Toistuva altistus	1 tunti 8 tuntia 24 tuntia Vuosittain	Environment Canada/Health Canada

MRL (Minimal Riks Level)	Arvio päivittäisestä altistumisesta vaaralliselle aineelle tai sen arvon alapuolelle, jolla kyseinen aine ei todennäköisesti aiheuta mitattavissa olevaa haitallista tai syöpävaarallista vaikutusta	Toistuva altistus	1–14 päivää	ATSDR
RfC (Reference Concetrations)	Päivittäinen hengitysteitse tapahtuva altistuminen, joka ei aiheuta todennäköisesti merkittäviä haitallisia vaikutuksia eliniän aikana.	Toistuva altistus	Akuutti <24 tuntia lyhyt aikainen >24 tuntia–30 päivää	USEPA
CA-REL (Reference Exposure Level)	Kemiallisen aineen pitoisuus tai pienempi pitoisuus, joka ei aiheuta haitallisia vaikutuksia tiettyssä ajassa.	Toistuva altistus	1 tunti 8 tuntia Vuosittain	OEHHA (California)
CEGL (Continuous Exposure Guidance Level)	Kemikaalin kattoarvo ilmassa, johon henkilöstö voi altistua jopa 90 vuorokaudelle ilman välittömiä tai viivästyneitä haittavaikutuksia tai suorituskyvyn heikkenemistä.	Toistuva altistus	90 päivää	NAS
EEGL (Emergency Exposure Guidance Level)	Aineiden pitoisuus, joka on hyväksyttävissä erityisten tehtävien suorittamiseen harvinaisten hätätilanteiden aikana, jotka kestävät yleensä 1–24 tuntia.	Kertaluontoinen	1–24 tuntia	NAS
IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health)	Ilmassa oleville epäpuhtauksille altistuminen, joka todennäköisesti aiheuttaa kuoleman tai välittömiä pysyviä haitallisia vaikutuksia tai estää pakenemisen myrkylliseltä alueelta.	Kertaluontoinen	30 minuuttia	NIOSH
PEL (Permissible Exposure Limit)	Säännölliset rajoitukset, jotka koskevat aineen pitoisuutta ilmassa työntekijöiden suojelemiseksi vaarallisten aineiden	Kertaluontoinen ja toistuva altistus	15–30 minuuttia	OSHA

	altistumisen terveysvaikutuksilta.			
REL (Recommended Exposure Limit)	Työpaikalla vaarallisen aineen taso, jonka uskotaan suojaavan työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä työelämän aikana.	Kertaluontoinen ja toistuva altistus	15 minuuttia 10 tuntia	NIOSH
TLV (Threshold Limit Value)	Vaarallisen aineen taso, jossa uskotaan lähes kaikkien työntekijöiden pystyvän työskentelemään ilman terveyshaittoja.	Kertaluontoinen ja toistuva altistus	15 minuuttia 8 tuntia	ACGIH
WEEL (Workplace Environmental Exposure Level)	Taso, jolla suojellaan useimpia työntekijöitä haittaavilta terveysvaikutuksilta, jotka liittyvät ammattikäyttöön tarkoitettuihin kemikaaleihin.	Kertaluontoinen ja toistuva altistus	15 minuuttia 8 tuntia	AIHA TERA

PAC-arvoja lähimpänä näistä järjestelmistä on PAL-arvot, sillä ne molemmat on suunniteltu auttamaan hätätilanteisiin varautumista. Molemmissa järjestelmissä on kolme eri terveysvaikutustasoa samoilla määritelmillä. Suuri ero tulee siinä, että PAC-arvot on suunniteltu noin yhden tunnin altistumisajalle, kun taas PAL-arvot ovat 24 tunnista aina 2 vuoteen saakka tapahtuvaa altistusta varten. Tästä syystä PAC-arvot soveltuvat paremmin käytettäväksi pelastustoimen tehtävissä, sillä altistusajat ovat lähempänä tuntia kuin useita päiviä, vuosista puhumattakaan. Jos PAC-arvoja verrataan kansanterveys-suositukseen (Public Health Guidelines), joita ovat esimerkiksi taulukossa mainitut AAQO, CAAQS, NAAQS, MRL, RfC ja CA-REL, voidaan havaita selkeä ero siinä, että PAC-arvot on tarkoitettu kertaluontoista altistusta varten, kun taas edellä mainitut muut järjestelmät keskittyvät toistuviin tai pitkäaikaisiin altistuksiin. Tästä ominaisuudesta on etua pelastustoimen tarpeiden kannalta, sillä tarkoituksena on torjua yksittäinen onnettomuus. PAC-arvojen ja niin sanottujen työperäisen altistumisen ohjearvojen, eli taulukossa mainittujen CEGL-, EEGL-, IHL-, PEL-, REL-, TLV- ja WEEL-järjestelmien ero tulee kohdeyleisössä. PAC-arvot on suunnattu lähes kaikille yksilöille, kun taas edellä mainitut järjestelmät on tarkoitettu terveelle työväestölle. Myös tämän voi laskea PAC-arvojen eduksi, sillä mahdollisissa onnettomuuksissa vaarallisen kemikaalin päästö voi tapahtua periaatteessa missä tahansa, joten rajausta pelkästään töissä

käyviin terveisiin yksilöihin ei ole riittävä. Myös altistusaika on erilainen, sillä työpaikoille tarkoitettujen järjestelmien altistusaika kattaa jopa työuran mittaisen ajan, jolloin näitä arvoja soveltamalla vaara-alueet muodostuisivat tarpeettoman suuriksi. Tällöin resurssit kuluisivat alueen eristämiseen ja väestön varoittamiseen haitaten varsinaista pelastustoimea. (Alberta Health 2017.) Mielestäni edellä mainittujen perusteluiden myötä voitaneen siis todeta PAC-järjestelmän olevan sopivin saatavilla olevista vaihtoehdoista OVA-ohjeen vaara-alueiden määrittelyn perustaksi.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli laatia liiteosio, jossa vertaillaan TOKEVA- ja OVA-ohjeen vaara-alueita. Lisäksi tavoitteena oli perehtyä OVA-ohjeen vaara-alueiden määrittelyn perusteisiin eli käytännössä PAC-järjestelmään. Mielestäni tämä opinnäytetyö käsittelee hyvin PAC-järjestelmän perusteet mutta ei kuitenkaan syvenny tarkemmin arvojen kehittämisen teknisiin yksityiskohtiin. Ennen työn aloittamista en tuntenut PAC-järjestelmää, joten työ tarjosi oivan mahdollisuuden perehtyä tarkemmin vaara-alueiden määrittelyn perusteisiin.

Haastavinta opinnäytetyön tekemisessä oli suomenkielisen lähdemateriaalin vähäinen määrä. Tästä syystä tietoa piti etsiä ulkomaalaisista lähteistä. Oman haasteensa asetti englanninkielisten tieteellisten tekstien kääntäminen suomenkieliseksi. Liiteosio tehtiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti Excel-ohjelmistolla. Tämän osion haastavin osuus oli laatia järkevä taulukointimalli tulevaa TOKEVA-ohjeeseen siirtoa varten. Oikean taulukointimallin kehityttyä taulukointi oli varsin helppoa mutta aikaa vievää. Taulukossa ensimmäisenä ja järjestyksen määräävänä on T-ohje. Tämän jälkeen on aineen yksilöivät YK-numero ja nimi. Tämän jälkeen on kerrottu TOKEVA 2012:n mukainen vaara-alueluokka. Näiden tietojen jälkeen alkaa TOKEVA 2012:n ja uusimman OVA-ohjeen välinen vertailu. Vertailtavia arvoja ovat välitön eristys, eristys tuulen alta, ärsytysoireet ja väestön varoittaminen. Vertailtavien aineiden rajausta tehtiin TOKEVA-ohjeen T-ohjeiden esimerkkiaineisiin ja OVA-ohjeen aineisiin, joita T-ohjeissa ei ole.

Vanhojen ja uusien vaara-alueiden vertailu osoittaa sen, että työlle on vahvat perusteet, sillä useiden kemikaalien kohdalla vaara-alueet pienenevät huomattavasti. Vaara-alueiden pienentyessä pelastuslaitoksen suorittama alueen eristystyö on helpommin toteutettavissa, jolloin resursseja voidaan kohdentaa muihin tukitoimiin. OVA-ohjeessa vaara-alueet on laskettu pienelle ja suurelle vuodolle. Mielestäni tämä asettaa oman haasteensa pelastustoimenjohtajalle, sillä vuodon suuruuden määrittely ei ole aivan yksinkertainen asia. Vuodon suuruuden määrittelyyn vaikuttaa muun muassa ilman lämpötila, vuotoaukon koko, massavirta ja moni muu muuttuja. Lisäksi vaarallisen aineen onnettomuuksia on - onneksi - varsin harvoin, joten vuodon arviointiin ei pääse muodostumaan rutiinia. Eristettävän alueen kokoero pienen ja suuren vuodon välillä on jollain kemikaaleilla varsin suuri, joten olisi tärkeää määrittellä vuodon kokoluokka oikein. OVA-ohjeen käyttäjänoppaassa toki annetaan laskukaavoja erilaisten vuotojen koon

määrittelyyn mutta ne eivät luonnollisesti kata kaikkia mahdollisia onnettomuusskenarioita. Vuodon koon arvioinnissa olisikin mielestäni mainio opinnäytetyön aihe tuleville päällystöopiskelijoille.

LÄHTEET

AIHA. American Industrial Hygiene Association. 2016 ERPG Introduction. Www-dokumentti. <https://www.aiha.org/get-involved/AIHAGuidelineFoundation/EmergencyResponsePlanningGuidelines/Documents/ERPG%20Intro%20%282016%20Handbook%29.pdf>. 20.12.2017.

Alberta Health 2017. Protective Action Criteria: A Review of Their Derivation, Use, Advantages and Limitations. Www-dokumentti. <https://open.alberta.ca/dataset/9ff73bf4-2de4-4c58-87cd-8bed6c2b4c15/resource/109d3827-e074-4a60-ba4e-08160d958ace/download/Protective-Action-Criteria-A-Review.pdf>. 3.2.2018.

DOE Handbook 2016. U.S. Department of Energy. Temporary Emergency Exposure Limits for Chemicals: Method and Practice. Washington, D. C USA Www-dokumentti. https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi4qviDn4nZAhUBiCwKHTDcDXUQFggI MA A&url=https%3A%2F%2Fwww.standards.doe.gov%2Fstandards-documents%2F1000%2F1046-Bhdbk-2016%2F%40%40images%2Ffile&usg=AOvVaw2m71hZPCs9_EYE4L-yDVFc. 4.2.2018.

EPA. United States Environmental Protection Agency. Acute Exposure Guideline Levels for Airborne Chemicals. Www-dokumentti. <https://www.epa.gov/aegl> 27.2.2018
<https://www.epa.gov/aegl/history-acute-exposure-guideline-levels-aegls> 3.2.2018
<https://www.epa.gov/aegl/about-acute-exposure-guideline-levels-aegls> 12.12.2017
<https://www.epa.gov/aegl/process-developing-acute-exposure-guideline-levels-aegls> 27.2.2018
<https://www.epa.gov/aegl/chemical-priority-lists-acute-exposure-guideline-levels-aegls>. 20.2.2018.

Lautkaski, R. 2016. Pelastustieto. OVA-ohjeiden uudet vaara-alueet. Www-dokumentti. <http://pelastustieto.fi/pelastustoiminta/tutkimus-ja-viestinta/ova-ohjeiden-uudet-vaara-alueet/>. 3.2.2018.

Lautkaski, R ja Teräsmaa, I. 2006. *Vaarallisten aineiden torjunta*. 3. korjattu painos. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Helsinki.

Lautkaski, R. 2017. OVA-ohjeiden vaaraetäisyyksien päivittäminen. Www-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/OVA-vaaraetaisyyspaivitys.pdf>. 15.1.2018.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Www-dokumentti. <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/temporary-emergency-exposure-limits-teels.html>. 15.1.2018.

NAP. The National Academies Press. Www-dokumentti. <https://www.nap.edu/read/10122/chapter/7>. 3.2.2018.

OVA-ohje. Työterveyslaitos. Www-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/>. 6.1.2018.

OVA-ohjeet, käyttäjän opas 2017. Työterveyslaitos. Www-dokumentti. <http://www.ttl.fi/ova/kaytop.html#ots014>. 1.3.2018.

Salminen, J. 2017. TOKEVA2020 hankesuunnitelma. Pelastusopisto. Kuopio.

TOKEVA 2012. Pelastusopisto. Kuopio.

TUKES. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Tuotantolaitosten sijoittaminen. 2015. Www-dokumentti.

http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Tuotantolaitosten_sijoittaminen_2015.pdf. 23.2.2018.