



**TULEVAISUUSVALIOKUNTA
TEKNOLOGIAN ARVIOINTEJA 10**

ENERGIA 2010 - TEKNOLOGIAN ARVIOINTI

Delfoi-paneelitutkimus tulevaisuuden energiavalinnoista

EDUSKUNNAN KANSLIAN JULKAISU 8 / 2001

TULEVAISUUSVALIOKUNTA
TEKNOLOGIAN ARVIOINTEJA 10

ENERGIA 2010 -TEKNOLOGIAN ARVIOINTI

*Delfoi-paneelitutkimus tulevaisuuden
energiavalinnoista*

Tulevaisuusvaliokunta/Energia 2010 – teknologia-arvioinnin ohjausryhmä:
Kansanedustajat Martti Tiuri (pj), Christina Gestrin, Ulla Juurola, Reijo Kallio, Pekka Kuosmanen, Lauri Oinonen, Antti Rantakangas, Pertti Turtiainen ja Pekka Vilkuna.

Lisätietoja:

Tutkija Ulrica Gabrielsson
Tulevaisuusvaliokunta, 00102 Eduskunta
Puhelin: (09) 432 2183, Faksi: ((09) 432 2140
Sähköposti: ulrica.gabrielsson@eduskunta.fi

Projektipäällikkö, FT Osmo Kuusi
Sitra
PL 160, 00180 Helsinki
Puhelin: 050-3720829, Faksi (09) 703 2968
Sähköposti: osmo.kuusi@sitra.fi

Tutkimuspäällikkö Torsti Loikkanen
VTT Teknologian tutkimuksen ryhmä
PL 1002, 02044 VTT
Puhelin: (09) 456 4250, Faksi (09) 456 7007
Sähköposti: Torsti.Loikkanen@vtt.fi

ISBN 951-53-2386-X
ISSN 1239-1638

EDITA OYJ, HELSINKI 2001

Alkusanat

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan tehtäviin kuuluu teknologian yhteiskunnallisten vaikutusten arviointi eduskunnan tulevaisuuspolitiikan tueksi. Tulevaisuusvaliokunta valitsi keväällä 2000 teknologian arviointihankkeeksi Energia 2010 -hankkeen. Silloin oli tiedossa, että eduskunta joutuu käsittelemään energia-asioita Kioton ilmastositomuksen ja mahdollisen uuden ydinvoimalahakemuksen yhteydessä. Valiokunta päätti rajoittaa arviointihankkeen koskemaan energian tuotannon terveyshaittoja, sillä terveyshaitoista saadut uudet tutkimustulokset viittasivat siihen, että haitat ovat merkittäviä. Terveyshaittoja ei ole käsitelty juuri lainkaan ilmastomuutoksen hillitsemistä koskevissa valtioneuvoston ja KTM:n energiaselvityksissä. Terveyshaittojen arviointi katsottiin tarpeelliseksi, koska on ilmeistä, että energiapolitiikan on tähdättävä ilmastomuutoksen hillitsemisen lisäksi energian tuotannon ja käytön terveyshaittojen vähentämiseen.

Erityisen hälyttäviä olivat arviot ilmansaasteiden vaikutuksesta. Maailman terveysjärjestön WHO:n Euroopan toimisto arvioi 1999 ympäristöä ja terveyttä koskevassa raportissaan, että Euroopassa kuolee joka vuosi ennen aikaisesta 102 000 - 368 000 ihmistä ilmansaasteiden eli pienhiukkasten aiheuttamiin hengitys- ja verenkiertoelinten sairauksiin. Pienhiukkasia tuottavat polttovoimaloiden ja polttomoottorien noki-, rikki- ja typipäästöt. Raportin mukaan keskimäärin 7 % kuolleisuudesta Euroopassa johtuu pienhiukkasista. Vielä suurempi määrä sairastuu pienhiukkasten vuoksi.

Toinen esimerkki energiantuotannon terveysriskeistä on Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden miljoonille ihmisille Euroopassa aiheuttama säteilyaltistuminen. Säteily lisää todennäköisyyttä kuolla syöpään. Syöpäkuolemien määrästä on ollut ristiriitaisia arvioita, mutta YK:n vuoden 2000 yleiskokouksen virallinen raportti antaa mahdollisuuden arvioida niitä tarkemmin. Suuren radioaktiivisen laskeuman alueilla Ukrainassa, Valko-Venäjällä ja Venäjällä vuotuinen kuolleisuus lisääntyy noin 0,1 %. Lisäksi yli tuhat lasta on sairastunut kilpirauhassyöpään. Koko Euroopassa onnettomuus aiheuttaa laskennallisesti vuosittain noin 400 kuolemaa lisäten kuolleisuutta lähes 0,01 %. Luonnon säteily aiheuttaa laskennallisesti 1 - 2 % kuolleisuudesta.

Energian tuotanto ja käyttö aiheuttaa erilaisia terveyshaittoja elinkaaren eri vaiheissa, mutta edellä olevan perusteella on ilmeistä, että ylivoimaisesti suurimmat riskit aiheuttavat polttovoimaloiden ja polttomoottorien aikaansaamasta ilman saastumisesta ja ydinvoimaloiden mahdollisista suuronnettomuuksista. Tästä syystä terveyshaittojen arvioinnissa keskityttiin pienhiukkasten ja säteilyn aiheuttamiin haittoihin, erityisesti niistä johtuviin kuolemantapauksiin.

Tulevaisuusvaliokunnan tehtäväksi on määritelty myös tulevaisuuden tutkimusmenetelmiin tutustuminen. Tässä tarkoituksessa päätettiin arvioinnissa soveltaa Delfoi-menetelmää, joka on eräs tulevaisuuden tutkimuksen menetelmistä. Arviointi tilattiin VTT:n Kemiantekniikalta. Arviointi on tehty erikoistutkija Torsti Loikkasen johdolla tutkija Tarja Turkulaisen avustamana. Sitran puolesta hanketta on johtanut tohtori Osmo Kuusi. Eduskunnan ja tulevaisuusvaliokunnan vastuuhenkilönä hankkeessa toimi tutkija Ulrica Gabrielsson.

Energia 2010 -arviointihanketta on ohjannut kahdeksan kansanedustajan muodostama ohjausryhmä, johon ovat kuuluneet puheenjohtajan lisäksi kansanedustajat Christina Gestrin (RKP), Ulla Juurola (SDP), Reijo Kallio (SDP), Pekka Kuosmanen (Kok) talousvaliokunnan edustajana, Lauri Oinonen (Kesk) työ- ja tasa-arvoasiainvaliokunnan edustajana, Antti Rantakangas (Kesk) talousvaliokunnan edustajana, Pertti Turtiainen (Vas) sekä Pekka Vilkuna (Kesk) ympäristövaliokunnan edustajana.

Esitän arviointihankkeen toteuttajille, ohjausryhmän jäsenille ja Delfoi-paneeleihin osallistuneille asiantuntijoille, energia-alan vaikuttajille, yleiseen mielipiteeseen vaikuttaville intressitahoille sekä kansanedustajille parhaat kiitokset.

Helsingissä 3.10. 2001

Martti Tiuri

Kansanedustaja, tulevaisuusvaliokunnan puheenjohtaja

Ohjausryhmän puheenjohtaja

Tulevaisuusvaliokunnan hyväksymät yhteenveto ja toimenpide-ehdotukset

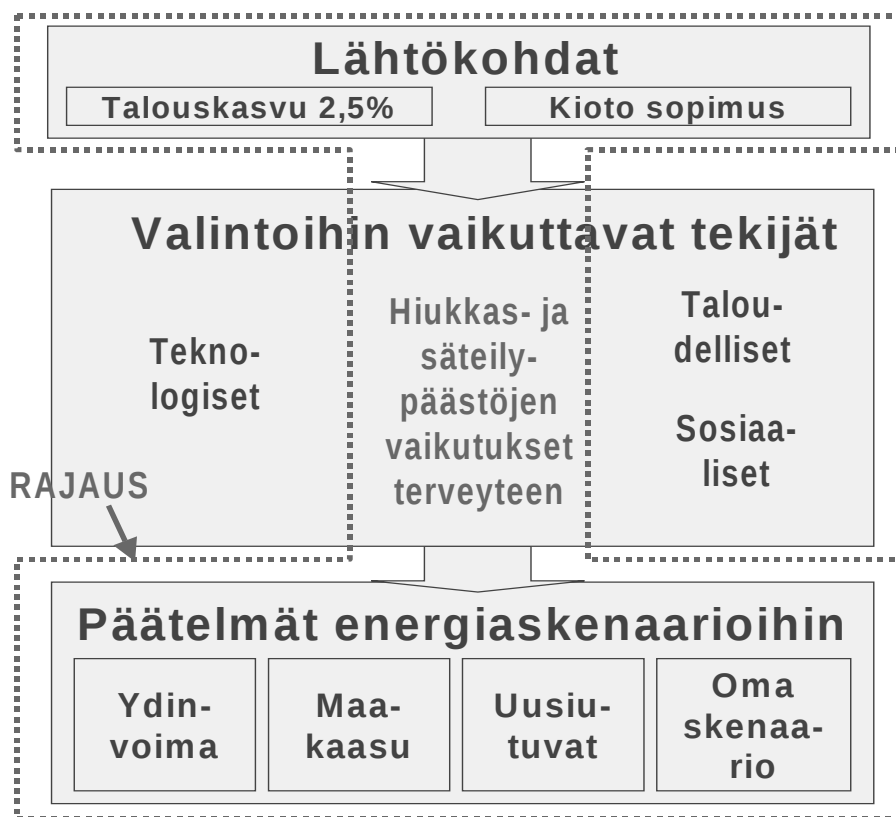
1. Johdanto

Eduskunta tekee lähitulevaisuudessa tärkeitä perusvoiman tuotantoa koskevia ratkaisuja, jotka liittyvät erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamista koskevaan Kiotosopimukseen sekä uuden ydinvoimalan rakentamiseen. Taustaksi näille päätöksille valtioneuvosto antoi selonteon kansallisesta ilmastostrategiasta (VNS 1/2001 vp). Eduskunta käsitteli ilmastoselontekoa laajasti. Eduskunnan vastauksen valmistelusta pääasiassa vastanneen ympäristövaliokunnan ohella valtiovarainvaliokunta, liikennevaliokunta, maa- ja metsätalousvaliokunta, talousvaliokunta, työ- ja tasa-arvovaliokunta sekä tulevaisuusvaliokunta antoivat asiasta lausuntonsa.

Energia 2010 -arviointihanke käynnistyi jo vuoden 2000 keväällä eli noin vuotta ennen valtioneuvoston ilmastoselonteon käsittelyä eduskunnassa. Sen yhtenä keskeisenä tavoitteena on ollut kokeilla uutta tapaa hyödyntää asiantuntijatietoa eduskunnan tulevaisuuspolitiikan muotoilussa ja muissa laaja-alaisissa kysymyksissä. Argumentoivalla Delfoi-menetelmällä tehdyssä tutkimuksessa kuultiin ensin kirjallisesti ja täsmällisin kysymyksin pientä joukkoa säteilyn ja pienhiukkasten terveysvaikutusten parhaita asiantuntijoita. Tämän jälkeen avattiin keskustelu ko. kannanottoihin perustuvien haastatteluin ja kirjallisin kyselyin neljässä osapaneelissa: kansanedustajat, tutkijat, energiaa paljon käyttävät tahot, energia-alan kansalaisjärjestöt ja tiedotusvälineet. Tämän ns. toisen kierroksen jälkeen seurasi vielä kolmas kierros, missä kaikki panelistit saivat kommentoida toistensa perusteluja. Delfoi-menetelmän kannalta on olennaista, että kaikissa vaiheissa kannanottojen esittäjien henkilöllisyys pysyi salassa.

Arviointi rajattiin koskemaan pääasiassa energian tuotannon terveysvaikutuksia. Arvioinnin yhteydessä tarkasteltiin kuitenkin yleisellä tasolla myös Kioton ilmastotosopimuk-

sen vaikutuksia sekä valintaa perusvoiman tuotannon eri skenaarioiden välillä. Etene-
mistapaa Energia 2010 -hankkeessa voidaan havainnollistaa kuvalla 1.



Kuva 1. Delfoi-hankkeen rakenne, keskeiset lähtökohdat, keskeiset energiatuotannon skenaarioihin vaikuttavat tekijät sekä hankkeessa tehdyt tarkastelun rajaukset.

Ilmastoselonteon käsittelyn yhteydessä eduskunta ja sen eri valiokunnat tarkastelivat varsin yksityiskohtaisesti ilmastonmuutosten, siihen liittyvän Kioto-sopimuksen ja taloudellisten näkökohtien vaikutuksia perusvoimavalintoihin. Näiltä osin arviointihanke ei tuo merkittävästi uutta eduskunnassa perusvoimaratkaisuihin vasta käytyyn keskusteluun. Raportissa esitetyt Kioto-sopimusta ja energiaskenaarioita koskevat näkökohdat herättävät kuitenkin kysymyksen, olisiko laaja asiantuntijoiden suullinen kuuleminen voitu mielekkäästi korvata tai olisiko sitä voitu täydentää tässä raportissa sovelletun kaltaisella kuulemismenettelyllä. Tähän kysymykseen palataan kannanoton lopussa.

Tulevaisuusvaliokunnan kannanotot liittyen Energia 2010 -arviointihankkeeseen on rajattu energian tuotannon terveysvaikutuksiin ja asiantuntijoiden kuulemismenettelyn kehittämiseen eduskunnassa.

Terveysvaikutuksia käsiteltiin varsin suppeasti valtioneuvoston ilmastaselontekoon vastaamisen yhteydessä eduskunnassa. Energian tuotannon terveysvaikutukset muodostavat vaikean arviointikohteen monien vaikuttavien tekijöiden ja puutteellisen luonnontieteellisen ja käyttäytymistieteellisen tiedon vuoksi. Tehtävää ei helpota eri intressitahojen pyrkimykset tulkita tietoa omia tarkoituksiaan vastaten. Arviointiprosessin ja siinä käytetyn Delfoi-menetelmän tarkoituksena on ollut asettaa vallitsevat uskomukset kriittisen ja syvällisen keskustelun kohteiksi. Kannonottojen esittäjien henkilöllisyyden salauksella on tähdätty siihen, että myös käsitysten uudelleenarvioinnit olisivat helpompia. Jotta arvioinnissa päästäisiin pintaa syvemmälle, se rajattiin pääasiassa vain keskeisimmiksi tulkittuihin terveysvaikutuksiin eli säteilyn ja poltossa muodostuvien pienhiukkasten vaikutuksiin kuolleisuuteen. Tehdyt rajaukset kuitenkin avattiin kriittiselle keskustelulle. Rajauksesta käydyssä keskustelussa todettiin mm. että arvioinnissa olisi tullut perusteellisemmin käsitellä muita kuin kuolleisuuteen liittyviä terveysvaikutuksia sekä laajemmin tuotteiden valmistuksen ja käytön koko elinkaaren aikaisia terveysvaikutuksia.

Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että ennen perusvoimaa koskevia ratkaisuja eduskunnan tulee kootusti keskustella energiantuotannon terveysvaikutuksista.

2. Energiantuotannon terveysvaikutukset

Seuraavassa tarkasteltavia energiantuotannon keskeisiä terveysvaikutuksia ovat ydinvoiman osalta säteilyn vaikutukset ja fossiilisten polttoaineiden ja biomassan osalta pienhiukkaspäästöjen vaikutukset. Näiden ohella on kuitenkin otettava huomioon polttoaineiden ja uraanin hankinnan ja kuljetuksen yhteydessä tapahtuvat onnettomuudet. Valiokunta ei tee esityksiä ko. onnettomuuksien osalta, koska niitä vain ohimennen sivuttiin arvioinnin yhteydessä. Myös koettuihin uhkiin liittyvät terveysvaikutukset on otettava huomioon. Seuraavassa tarkastellaan energiantuotannon terveysvaikutuksia samassa järjestyksessä kuin arviointiraportissa. Esittämisjärjestyksestä ei tule tulkita tulevaisuusvaliokunnan hyväksymäksi tärkeysjärjestykseksi. Kun esitetään arvioita pienhiukkasten ja säteilyn vaikutuksista kuolleisuuteen tai sairastavuuteen, on otettava huomioon lääketieteen kehitys, mikä jatkuvasti parantaa erilaisten terveysriskien käsittelyä.

a) Pienhiukkasten vaikutukset terveyteen

Monien selvitysten mukaan polttoprosesseista peräisin olevat pienikokoiset hiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimmat terveyshaittojen aiheuttajat. Terveiden kannalta erityisen ongelmallisia ovat pienimmät, halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin hiukkaset. Niitä kutsutaan seuraavassa pienhiukkasiksi. Pienhiukkasten vaikutustapa muistuttaa tupakan savun vaikutusta. Näiden hiukkasten ongelmallisuus perustuu siihen, että ne pystyvät tunkeutumaan keuhkorakkuloihin (alveoleihin) saakka. Vaikutusmekanismeja ei kuitenkaan vielä tarkasti tunneta. Suuremmat yli 2,5 mikrometrin hiukkaset, joita tuottavat mm. liikenteen aiheuttama pölyäminen, lentotuhka ja maatalousmaan pölyäminen eivät pääse merkittävästi keuhkorakkuloihin.

Energiantuotannossa muodostuvat pienhiukkaset voidaan jakaa välittömästi polton tuloksena muodostuviin ensi vaiheen pienhiukkasiin eli primaarihiukkasiin ja myöhemmin muodostuviin toisen vaiheen pienhiukkasiin eli sekundaarihiukkasiin. Sekundaarihiukkasia muodostuu rikin ja typen oksideista myöhemmin ilmakehässä. Vaikka sekundaarihiukkasten muodostumisen määrästä ei ole tarkkaa käsitystä, on arvioitu, että noin puolet polton yhteydessä vapautuneista typen ja rikin oksideista muuntuu pienhiukkasmuotoon. Typpi- ja rikkipäästöjen määrät riippuvat ratkaisevasti käytetyistä poltto- ja puhdistustekniikoista.

Yhden tutkimuksen yhteydessä saadun erityisasiantuntijan lausunnon mukaan haitallisuusjärjestys sekundaarihiukkasten - eli lähinnä typpi- ja rikkiyhdisteistä muodostuvien hiukkasten - osalta nykyisin tuotettua energiayksikköä kohti on: hiili, turve, öljy ja maakaasu. Puun poltossa näyttäisi syntyvän nykyisin rikki- ja typpipäästöjä suunnilleen samassa määrin tuotettua energiayksikköä kohti kuin maakaasulla. Ydinvoiman osalta hiukkaspäästöjä syntyy muissa kuin voimantuotantovaiheessa. Yhden erityisasiantuntijan lausunnon mukaan valtaosa Suomessa vaikuttavista energian tuotannon sekundaari-pienhiukkasista on peräisin kaukaa, jopa Suomen ulkopuolelta.

Ilman puhdistimia tapahtuvassa puun pienpoltossa muodostuu ensi vaiheen pienhiukkasia ja hiilimonoksidia eli häkää tuntuvasti muita polttomuotoja enemmän. Pienissä laitoksissa palaminen on usein epätäydellistä, eikä tehokkaita erotuslaitteita ole taloudellista käyttää. Energiantuotannossa ensi vaiheen hiukkaspäästöjen suodattamiseen käytetään erilaisia hiukkassuodattimia, kuten sähkösuodattimia, joilla pystytään suodatta-

maan polton yhteydessä välittömästi syntyneistä (primaarisista) hiukkasista olennainen osa. Sähkösuodattimella pystytään poistamaan kokonaishiukkasmäärästä tyypillisesti yli 99 %. Erottelu on sitä huonompaa, mitä pienempiä hiukkaset ovat. Kokoluokassa 0,1 - 1,0 mikrometriä suodattimen läpäisee yli 10 % hiukkasista. Sähkösuodattimet eivät pysty poistamaan rikin ja typen oksideja, joista muodostuu toisen vaiheen hiukkasia. Rikin poistoon käytetään mm. sen sitomista kalkkiin ja typpipäästöjen vähentämiseen katalysaattoreita.

Missä määrin pienhiukkasten kokonaispitoisuus aiheutuu energiantuotannosta ja missä määrin muista lähteistä, on hankalasti arvioitavissa. Liikenteen ensi vaiheen hiukaspäästöjen mittaaminen on hankalaa johtuen lukuisista erilaisista moottoreista, muuttuvista ajo-olosuhteista, polttoaineen koostumuksesta jne. Yhtä lukuun ottamatta erityisasiantuntijat olivat sitä mieltä, että kaupunkien keskustoissa dieselajoneuvot ovat suurin pienhiukkasaltistusten aiheuttaja. Altistus aiheutuu erityisesti ensi vaiheen hiukkasista, koska toisen vaiheen hiukkaset muodostuvat vasta ylemmissä ilmakerroksissa. Eri mieltä olleen mukaan Helsingin pienhiukkasten lähdeanalyysi viittaa siihen, että kaukokulkeutuneet pienhiukkaset ovat ainakin yhtä suuri tai jopa suurempi lähde kuin lähialueiden hiukkaset. Kaukokulkeutuneet sekundaarihiukkaset näyttäisivät olevan erityisen vaarallisia, koska ne ovat kooltaan alle 2,5 mikrometriä. Myös kemiallisella koostumuksella saattaa olla olennainen vaikutus.

Siitä, mikä on energiantuotannon osuus hiukaspäästöistä, voidaan esittää vain karkeita arvioita. Yhden tutkimuksen erityisasiantuntijan mukaan energiantuotannon osuus voisi olla kaupunkikeskustoissa 30 - 50 % alle 10 mikrometrin hiukkasista ja taajamien ulkopuolella 50 - 70 %. Taajamien ulkopuolella vaikuttavista hiukkasista valtaosa on hänen mukaansa kaukokulkeutuneita sekundaarihiukkasia.

Yhteenvedona voidaan todeta, että energiantuotannon pienhiukaspäästöjen ja niiden terveysvaikutusten tarkka arviointi on vaikeaa, sillä varsinkaan sekundaarihiukkasten syntymekanismia ei tarkalleen tunneta. Vaikutusten arviointiin liittyvistä vaikeuksista huolimatta Delfoi-tutkimuksessa kuullut erityisasiantuntijat sekä myös valtaosa muista panelisteista yhtyi näkemykseen, että pienhiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimmat terveyshaittojen aiheuttajat. Pienhiukkasten terveysvaikutuksia ovat hengitys- ja sydänsairauksien oireet sekä lisääntynyt kuolleisuus. Epäsuoria vaikutuksia ovat lisääntyvä lääkkeitä käyttö ja hoitopäivät sairaaloissa. Herkimpiä väestöryhmiä pienhiukkasten vaiku-

tuksille ovat hengityselin- ja sydänsairaat sekä lapset. Näkökohtana esitettiin, että reagoitiherkkyyteen vaikuttavat myös asuin- ja työpaikan ilmanlaatu sekä mm. ravintoon liittyvät elintavat.

Erityisasiantuntijoiden, kuten myös muiden panelistien, enemmistö olivat haluttomia esittämään lukumääräarviota pienhiukkasten kuolleisuusvaikutuksista Suomessa. Ympäristöterveystoimikunta 1997 on esittänyt, että ilman epäpuhtauksista, erityisesti pienhiukkasista, aiheutuu vuosittain 200 - 400 ennenaikaista kuolemantapausta johtuen kroonisista sydän- ja keuhkosairauksista sekä syövästä. Lisäksi toimikunta arvioi sairastuvuuden lisäksi astmaoireiden pahentumisena 30 000 tapausta vuodessa sekä 30 000 - 40 000 lasten hengitystieinfektiota. Maailman terveysjärjestön (WHO) Euroopan toimisto on 1999 esittänyt uusimpiin tutkimuksiin perustuvan kuolleisuusvaikutusten suoraviivaisen arviointimenetelmän. Sitä soveltaen kuolleisuuden yhteenlaskettu lisäys Suomessa olisi taajamissa keskimäärin 1 900 henkilöä/vuosi ja haja-asutusalueilla 700 henkilöä/vuosi eli yhteensä koko maassa noin 2 600 henkeä.

Tulevaisuusvaliokunta toteaa, että järkevän varautumisperiaatteen mukaista on olettaa, että pienhiukkasten terveysvaikutukset voivat olla tuntevia. Tällainen johtopäätös on perusteltu, vaikka pienhiukkasten kuolleisuusvaikutuksista ja muista terveysvaikutuksista ei voida tehdä tarkkoja määrällisiä arvioita nykytiedon valossa.

Terveydelle vaarallisimpia pienhiukkaslähteitä tulee vähentää. Näitä ovat ensinnäkin taajamissa kulkevat dieselöljyjoneuvot. Toinen ilmeinen terveysriski on sellainen taajamissa tapahtuva pienpoltto, jonka savukaasuja ei käsitellä. Sekä liikenteen että pienpolton haittoja voidaan vähentää teknisillä ratkaisuilla. Taajamakuljetuksissa tulisi suosia sähkö- ja maakaasujoneuvoja.

Teknisillä parannuksilla on voitu tuntuvasti vähentää fossiilisen ja biomassaan perustuvan suurimittakaavaisen energiantuotannon pienhiukkaspäästöjä. Perusvoimaratkaisuja tehtäessä on kuitenkin otettava huomioon, että pienhiukkaset tulevat vielä pitkään säilymään kaiken poltoon perustuvan energiantuotannon ongelmana. Erityisesti tämä koskee rikin ja typen oksideista muodostuvia hiukkasia. Koska suuri osa näistä hiukkasista on kulkeutunut kaukaa, niiden syntyä on ehkäistävä kansainvälisellä yhteistyöllä.

b) Säteilyn vaikutukset terveyteen

Säteily sekä pieninä jatkuvasti saatuina annoksina että suurina esimerkiksi ydinvoimaonnettomuuksissa saatuina annoksina muodostaa olennaisen perusvoimaratkaisuihin vaikuttavan terveysriskin. Kuitenkin normaaliolosuhteissa radon ja luonnon taustasäteily muodostavat suuremman ongelman. On arvioitu, että henkilön normaalioloissa Suomessa vuosittain saama säteilyannos (noin 4 millisieverttiä, mSv) koostuu luonnon taustasäteilystä (30 %), huoneilman radonista (54 %) sekä säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (15 %). Loput 1 % tulee muista säteilylähteistä, kuten Tshernobyl-laskeumasta ja ilmakehässä tehdyistä ydinkokeista. YK:n säteilykomitean mukaan keskimäärin 200 mSv annos aiheuttaa nykyisin 1 % todennäköisyyden kuolla syöpään. Tällä laskentaperiaatteella säteilyn aiheuttama vuotuinen kuolleisuuden lisäys Suomessa olisi noin 800 henkeä.

Tutkimuksessa kuullut erityisasiantuntijat yhtyivät arvioon, että huoneilman radon ja luonnon taustasäteily ovat keskeisimpiä säteilyyn normaaliolosuhteissa liittyviä riskejä. Enemmistö myös yhtyi esitettyyn kuolleisuusarvioon. Vähemmistöä edustaneen erityis-tuntijan mukaan radon aiheuttaa vuodessa 100 - 600 keuhkosyöpää parhaan arvion ollessa hänen mielestään 200. Muu luonnonsäteily aiheuttaisi laskennallisesti myös 200 - 300 syöpäkuolemaa, mutta tämä ei perustu suoraan havaintoon.

Erityistuntijoiden ohella valtaosa muista panelisteista hyväksyi oletuksen suoraviivaisesta yhteydestä säteilyannoksen ja kuolleisuuden välillä. Sen sijaan vain puolet muista panelisteista oli valmis hyväksymään tältä pohjalta tehdyn arvion (800 henkeä vuodessa) kuolemista. Korostettiin, että radonsäteilyn määrät riippuvat keskeisesti asuinpaikasta, sillä radonpitoisuudet vaihtelevat suuresti alueellisesti. Suomessa on alueita mm. Itä-Uudellamaalla, joilla vedestä ja maaperästä tuleva säteily on maailman huippuluokkaa.

Myös panelisti-kansanedustajat lähes yksimielisesti hyväksyivät sen, että merkittävimmät säteilyn terveysvaikutukset liittyvät radon-säteilyyn ja luonnon taustasäteilyyn. Eräät heistä halusivat lisää tietoa matkapuhelimien ja niiden tukiasemien säteilyn vaikutuksista. Sekä erityisasiantuntijat että muu paneeli olivat lähes yhtä mieltä siitä, että normaaliolosuhteissa energiantuotannon säteilypäästöt ovat mitättömiä verrattuna radonsäteilyyn ja luonnon taustasäteilyyn.

Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että vedestä ja maaperästä tulevan säteilyn haitallisiin vaikutuksiin ei ole kiinnitetty riittävästi huomiota. Erityisen paljon radonaltistusta aiheuttavilla paikoilla asuvat tulisi saada paremmin tiedostamaan beihin kohdistuvat terveysriskit. Valtion on tuettava asuntojen muuttamista säteilyhaittojen kannalta turvallisemmiksi. Tässä tarkoituksessa tehdyt muutokset tulee rinnastaa peruskorjauksiin. Kaavoitettaessa uusia asuinalueita ja laadittaessa rakennusmääräyksiä uudisrakennuksille vedestä ja maaperästä tuleva radonsäteily tulee ottaa paremmin huomioon.

Energiantuotannon kannalta olennaiset säteilyn terveysriskit liittyvät onnettomuuksiin. Sekä erityisasiantuntijat että muu paneeli olivat valtaosin sitä mieltä, että ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset päästöt ovat ydinvoiman merkittävin terveysuhka, vaikka kaksi kolmannelta panelisteista ei nähnyt merkittäviä uhkia Suomen ydinvoimalaitoksissa. Muista osapaneeleista poiketen viidennes haastatelluista kansanedustajista oli sitä mieltä, että käytetyn polttoaineen loppusijoitus onnettomuusriski-neen muodostaa suuremman ongelman kuin ydinvoimalaonnettomuus. Vain muutama muihin osapaneelisiin kuuluneista oli tällä kannalla.

Panelistit näkivät ydinvoimalaonnettomuuden riskit Suomen lähialueilla huomattavasti suuremmiksi kuin Suomessa mm. niiden toiminnasta vastaavien huolimattomuuden tai välinpitämättömyyden vuoksi. Lukuun ottamatta erityisasiantuntijoita, panelistit eivät yksilöineet Suomessa mahdollisia ydinvoimalaonnettomuuksia. Yhden erityisasiantuntijan mukaan tutkituin onnettomuustyyppi on nk. jäähdytteen menetysonnettomuus, jonka seurauksena polttoainetta sulaisi, suojakerros ei säilyttäisi tiiviyyttään, ja erityisesti jalo-kaasuja ja tritiumia leviäisi ympäristöön. Tällainen onnettomuus voisi hänen mukaansa aiheuttaa korkeita säteilyannoksia, mutta ei pitkäaikaista alueellista säteilylaskeumaa. Myös muut erityisasiantuntijat viittasivat mahdollisuuteen että, jäähdytys pettäisi, reaktorin pysäytys epäonnistuisi kaikista turvajärjestelmistä huolimatta, eikä teho laskisi kyllin nopeasti lämpötilan noustessa. Tämä saattaisi pahimmassa tapauksessa johtaa reaktorisydämen osittaiseen sulamiseen. Tshernobylin kaltainen grafiittitulipalo ei kuitenkaan ole mahdollinen suomalaisissa reaktoreissa, joten suuri osa reaktoriaineen kaasuuntumisesta aiheutuvasta laskeumasta jäisi pahimmillaankin pois. Koska päästöinä leviävät jalokaasut ja tritium eivät juuri aiheuta laskeumaa, pitkäaikainen säteilylaskeuma koskisi vain reaktorin välitöntä ympäristöä. Merkittävimmät ja pitkävaikutteisimmat seuraukset olisivat skenaarion esittäneen asiantuntijan mukaan Tshernobylin tavoin taloudellisia ja

poliittisia. Yhden panelistin mukaan ydinvoimala on kuitenkin niin monimutkainen tekninen järjestelmä, että riskitekijöitä ei voi täydellisesti ennakoida.

Osa panelisti-kansanedustajista katsoi ydinjätteen loppusijoituksen huomattavaksi terveysriskiksi. Kallioperän muutokset ja liikkeet, maanjäristykset, pohjaveden liikkeet, jääkausi sekä joidenkin ihmisryhmien tarkoituksellinen pyrkimys aiheuttaa haittaa joko ydinjätteen kuljetuksen tai jo loppusijoitetun ydinjätteen osalta muodostavat heidän näkemyksensä mukaan vakavan uhkan. Vastaväitteenä esitettiin, että mikäli jätteet leviävät suhteellisen tasaisesti onnettomuuden yhteydessä säilytyspaikan läheiseen maaperään tai vesistöihin, niiden vaikutus lisänä nykyiseen maaperän ja veden (radon tms.) säteilyyn jää vähäiseksi. Toki voidaan olla sitä mieltä, että tämäkin vähä on ongelmallista lisänä jo korkeaan taustasäteilyn tasoon. Yhden panelistin mukaan jääkauden (noin 110 000 vuotta) jälkeen jätteen säteily ei enää juuri eroa uraanimalmin säteilystä.

Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että mahdollinen onnettomuus ydinvoimalaitoksessa on energiantuotannon suurin säteilyyn liittyvä riski. Suomessa sijaitsevat ydinvoimalaitokset ovat onnettomuusriskin kannalta teknisesti turvallisia, mutta Venäjällä ja Baltiassa sijaitsevat ydinvoimalat muodostavat merkittävän riskin.

Tshernobylin onnettomuus laajoi ne terveydellisine, taloudellisine ja muine vaikutuksineen oli tapahtuma, joka ei saa toistua. Yhden kansanedustaja-panelistin sanoin: mitään sellaista, mitä Tshernobylin lapsille on tapahtunut, ei pitäisi tapahtua kenellekään tässä maailmassa. Viitaten toisen kansanedustaja-panelistin kannanottoon Tshernobylin keskeinen vaikutus on ollut mielenterveydellinen. Onnettomuuden uhka aiheuttaa vakavia pelkotiloja, jotka on otettava tosissaan huomioon energiaratkaisuja pohdittaessa, vaikka eduskunnan teknologian arviointitoiminnan yksi keskeinen pyrkimys on erottaa todelliset uhkat kuvitelluista. Pelkojen merkityksen myöntäminen on ydinvoiman tapauksessa erityisen oikeutettua, koska Harrisburgin ja Tshernobylin tapauksissa asiantuntijoiden riskiarviot osoittautuivat vääriksi.

Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että perusvoimaa koskevat ratkaisut tulee perustaa luotettavaan tietoon. Kansalaisten ydinvoimaan liittyvät pelot tulee ottaa ratkaisuisa huomioon, koska ydinvoimalaonnettomuuden mahdollisuutta ei voida varmuudella sulkea pois.

3. Asiantuntijoiden kuulemismenettelyn kehittäminen

Ympäristövaliokunta kuuli suullisesti 75 asiantuntijaa valmistellessaan eduskunnan vastausta valtioneuvoston selontekoon kansallisesta ilmastostrategiasta (VNS 1/2001 vp.). Asiasta ympäristövaliokunnalle lausunnon antaneissa kuudessa valiokunnassa oli kussakin kuultavana keskimäärin noin 30 asiantuntijaa. Jotkut asiantuntijat olivat erikseen kuultavina jopa neljässä valiokunnassa.

Asiantuntijoiden suullinen kuuleminen valiokunnissa on ollut eduskunnan perinteinen tapa lisätä asiantuntemustaan käsiteltävistä asioista. Voidaan kysyä, onko monien asiantuntijoiden suullinen kuuleminen kaikissa tapauksissa tarkoituksenmukaista? Olisiko esimerkiksi lähes 200 asiantuntijan suullinen kuuleminen ilmastaselonteon käsittelyn yhteydessä voitu ainakin osittain korvata toisella menettelyllä? Kysymys on mielekäs ottamatta kantaa siihen, kuinka onnistunut asiantuntijoiden kuuleminen oli tässä erityisessä tapauksessa.

Kuultaessa suullisesti asiantuntijaa näkemykset henkilöityvät häneen. Tätä voi pitää etuna, mutta myös ongelmana. Etu on, että asiantuntija joutuu vastuuseen sanoistaan ja hänen todellista asiantuntemustaan voidaan arvioida hänen taustansa ja esiintymistapansa perusteella. Voidaan myös olla sitä mieltä, että mikään ei voi korvata elävää keskustelua asiantuntijoiden ja kansanedustajien kesken. Toisaalta erityisesti arvoväritteissä kysymyksissä pelkästään ajatuksen "väärä" esittäjä voi johtaa sen hylkäämiseen. Myös esimerkiksi puhujan hermostuneisuus voi johtaa hänen esittämänsä näkökohdan hylkäämiseen.

Yksi tapa välttää yllä mainittuja ongelmia on pyytää asiantuntijan puheenvuoro etukäteen kirjallisena. Tälläkään menettelyllä ei kuitenkaan voida välttää henkilöitymiseen liittyviä ongelmia. Argumentoivaa Delfoi-menetelmää käytettäessä tiedetään, keitä ovat käytetyt asiantuntijat. Esimerkiksi tämän arvioinnin asiantuntijat ja heidän taustaorganisaationsa on mainittu raportin liitteessä. Sen sijaan ainoastaan Delfoi-tutkimuksen suorittajat tietävät, kuka on minkin näkökohdan esittänyt. Näkökohtien esittäjät on salattu myös tutkimuksen ohjausryhmään kuuluvilta.

Energia 2010 on ensimmäinen argumentoivalla Delfoi-tekniikalla tehty selvitys eduskunnassa. Tulevaisuusvaliokunta ehdotti kannanotossaan arviointiraporttiin "Avauksia

tietämyksen hallintaan“ (Eduskunnan kanslian julkaisu 1/2001), että se nimitettäisiin tietämyksen hallinnan uusien työmenetelmien kehittämistyössä eduskunnassa tarvittavaksi koeyksiköksi. Kokeillulla työmenetelmällä saatuja tuloksia olisi tärkeää verrata perinteisellä asiantuntijoiden kuulemismenetelmällä saatuihin tuloksiin. Mielekkäältä ratkaisulta vaikuttaisi, että laajakantoisissa ja monimutkaisissa kysymyksissä suullista kuulemista edeltäisi avainasiantuntijoiden kirjallinen kuuleminen joko nimellä tai Energia 2010 -hankkeen tapaan nimettömänä. Valtioneuvoston selonteko ilmastostrategiasta käsitteelyineen eduskunnassa ei liittynyt täsmälleen samaan teemaan kuin tämä energiantuotannon terveysvaikutuksiin rajattu arvio. Ne ovat kuitenkin teemoiltaan niin lähellä toisiaan, että ilmastostrategiaan liittyneen kuulemisprosessin, asiantuntijoiden kirjalliseen kuulemiseen perustuvan menettelyn ja tässä arvioinnissa sovelletun menettelytavan vertailua voi pitää hyvin kiinnostavana eduskunnan työskentelytapojen kehittämisen näkökulmasta.

Tulevaisuusvaliokunta katsoo, että asiantuntijakuulemisen menettelytapoja eduskunnassa tulee kehittää. Asiantuntijoiden suullinen kuuleminen tulee säilyttää kuulemisen perusmuotona. Sen ohella ja sitä tukemaan olisi kuitenkin mielekäästä kehittää muita kuulemisen muotoja, kuten asiantuntijoiden kirjallista kuulemistä. Eri kuulemismuotojen etuja ja haittoja tulee selvittää.

Helsingissä 24 päivänä lokakuuta 2001

Asian ratkaisevaan käsittelyyn ovat ottaneet osaa:

<i>pj.</i>	<i>Kalevi Olin / sd</i>		<i>Kyösti Karjula / kesk</i>
<i>jäs.</i>	<i>Jouni Backman / sd</i>		<i>Markku Markkula / kok</i>
	<i>Christina Gestrin / r</i>		<i>Petri Neittaanmäki / kesk</i>
	<i>Leena-Kaisa Harkimo / kok (ositt.)</i>		<i>Juha Rebula / kesk</i>
	<i>Leea Hiltunen / kd</i>		<i>Esko-Juhani Tennilä / vas</i>
	<i>Susanna Huovinen / sd</i>		<i>Pekka Vilkuna / kesk</i>
	<i>Jyrki Kaitainen / kok</i>		

Valiokunnan sihteereinä ovat toimineet valiokuntaneuvos *Paavo Löppönen* ja tutkija *Ulrica Gabrielsson*.

TULEVAISUUSVALIOKUNTA - TEKNOLOGIAN ARVIOINTEJA 10

ENERGIA 2010 -TEKNOLOGIAN ARVIOINTI

Delfoi-paneelitutkimus tulevaisuuden energiavalinnoista

Osmo Kuusi, SITRA

Torsti Loikkanen ja Tarja Turkulainen, VTT Kemiantekniikka



Tiivistelmä

Eduskunta tekee lähitulevaisuudessa tärkeitä energiaratkaisuja, jotka liittyvät Kiotosopimukseen sekä uuden ydinvoimalan rakentamiseen. Ratkaisut vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen, yli tulevien sukupolvien. Niiden tueksi tulee käyttää uusimpia ja monipuolisia tietoja ratkaisujen todennäköisistä vaikutuksista sekä soveltaa kehittyneitä päätöksentekoa tukevia menetelmiä. Tässä tutkimuksessa sovellettiin Delfoi –asiantuntijapanee-limenetelmää eduskunnan energiaa koskevien tulevaisuudenvalintojen tueksi.

Energiaratkaisuihin vaikuttavista tekijöistä lähtökohdiksi valittiin taloudellinen kasvu ja Kioton ilmastosittemus. Aihepiirin keskeisen tietoperustan muodostivat energiaratkaisuihin vaikuttavat kansalliset toimenpideohjelmät. Tarkastelu rajattiin energian tuotantotapojen hiukkas- ja säteilypäästöjen terveydellisiin vaikutuksiin, erityisesti niistä aiheutuviin kuolemantapauksiin, sekä näiden vaikutuksiin energiaskenaarioiden valinnassa. Rajaus tehtiin seuraavista syistä: ensinnäkin terveysvaikutuksia on tarkasteltu energian tulevaisuus selvityksissä (esim. alan kansallisten toimenpideohjelmien ympäristövaikutusten arvioinneissa) verrattain vähän. Toiseksi tutkimuksessa sovellettiin Delfoi –menetelmää, josta saatujen kokemusten mukaan aihepiiri on hyvä rajata tarkasti, jotta tulokset ovat hyödyllisiä ja konkreettisia aihepiiristä käytävälle keskustelulle ja päätöksenteolle. Kolmanneksi aihepiiri oli rajattava suppeaksi hankkeen niukkojen resurssien takia.

Eduskunnan valiokunnat ovat lisänneet päätöksiin vaikuttavien asioiden tuntemusta laajalla asiantuntijoiden suullisella kuulemisella. Asiantuntijakuulemistista on käytetty myös eri muodoissa kuten haastatteluin tulevaisuusvaliokunnan aikaisemmissa teknologian arviointihankkeissa. Energia 2010 –hankkeessa asiantuntijoiden kuuleminen toteutettiin Delfoi -tekniikalla. Menetelmän etuina ovat mm. asiantuntijan anonymiteetti, useiden kyselykierrosten ja palautteen myötä tapahtuva käsitysten ja tietoperustan vuorovaikutteinen syventäminen sekä menetelmän systemaattisuus ja ”ekonomisuus”. Asiantuntijatietoon perustuvissa tutkimuksissa anonymiteetin eduiksi on yleisesti todettu luovempi, kriittisempi ja rehellisempi argumentointi, koska näkökohdan esittäjän ei tarvitse pelätä

asiantuntija-asemansa vaarantumista. Toisaalta samasta syystä anonyymisti on helppo esittää myös perustelemattomia ja tarkoitushakuisia argumentteja.

Hankkeen keskeiset vaiheet olivat (1) kansanedustajista muodostetun ohjausryhmän nimittäminen, (2) asiantuntijapaneelin kriteerien tarkastelu sekä paneelin kokoaminen, sekä (3) -Delfoi-prosessi sisältäen seuraavat vaiheet:

I kyselykierros kirjallisena kuudelle hiukkas- ja säteilypäästöjen erityistuntijalle (kevät-kesä 2000);

II kyselykierros koko laajalle panelistijoukolle, joka toteutettiin kansanedustajien kohdalla haastatteluina ja muiden osalta kirjallisena kyselynä (vuoden 2000 loppusyysy -helmikuu 2001);

III kierros, joka käsitti toisen kierroksen vastausten kommentoinnin ja toteutettiin kirjallisesti kaikkien toiseen kierrokseen vastanneiden osalta (maalis-toukokuu 2001).

Hanke toteutettiin valinnoiltaan ja periaatteiltaan läpinäkyvänä ja dokumentoituna vuorovaikutteisena prosessina. Tutkimuksellinen vastuu oli managereilla (tutkijoilla) ja ohjausryhmä osallistui tiiviisti hankkeeseen kaikissa sen vaiheissa. Tutkimukseen osallistuneille ei missään vaiheessa ilmoitettu, kuka oli minkin näkökohdan esittänyt (argumentoinnin anonyymiteetti). Sen sijaan panelisteille ilmoitettiin kysyttäessä, ketä oli käytetty tutkimuksen ensimmäisen kierroksen asiantuntijoina ja ketä olivat panelistit sen toisella kierroksella. Heidän nimensä on myös mainittu loppuraportin liitteessä. Managerit ovat vastanneet argumenttien analysoimisesta ja manipuloinnin minimoimisesta. He myös tekivät valinnat lähteiden luotettavuudesta.

Annettu tausta-aineisto, kysymykset, panelistien vastaukset ja kommentit, sekä tulosten arviointi kuvataan raportissa. Panelistit esittivät vastauksissaan analyttisiä ja kriittisiä kommentteja. Energianäkemykset olivat useilla selvillä jo tutkimuksen alussa, mutta monien kohdalla ne hioutuivat kyselykierrosten myötä. Terveysvaikutustarkastelun vaikutusta panelistien skenaarionäkemyksiin on vaikea arvioida, mutta hankkeen arvioidaan edistäneen puolueiden sisäistä terveysvaikutuskeskustelua. Yleiskommenteissaan pääosa panelisteista suhtautui Energia 2010 -hankkeeseen myönteisesti. Kriittisissä kommenteissa kyselyä pidettiin kapea-alaisena ja tarkoitushakuisena. Elinkaarinäkökul-

man puuttumista pidettiin vakavana. Asiantuntijoiden kommentteja pidettiin johdatteluvina, mutta toisaalta selkeinä ja informatiivisina. Teknisten ja rationaalisten seikkojen arvioitiin ylikorostuvan ja asennemuutosten yms. yhteiskuntamuutosten jääneen vähemmälle huomiolle. Aihepiiriä pidettiin tärkeänä ja ajankohtaisena, hieman vaikeana-kin ja paneutumista vaativana, mutta rajauksista huolimatta laajana kokonaisuutena.

Saadun kokemuksen mukaan Delfoi-menetelmä sopii eduskunnan teknologian arviointityöhön täydentäen mm. kuulemismenettelyä. Kun kuulemisessa käydään läpi suuren asiantuntijajoukon näkemykset, antaa Delfoi-menetelmä mahdollisuuden paneutua joidenkin yksityiskohtien merkitykseen tarkasteltavassa kokonaisuudessa. Vaatimiensa resurssien vuoksi menetelmä soveltuu kuitenkin huonosti nopeaa käsittelyä vaativiin asioihin. Eduskunnan työ sisältää moniulotteisia päätöksentekotilanteita, joissa kansanedustajat joutuvat painottamaan samanaikaisesti monia yhteiskunnallisia, taloudellisia, poliittisia, ideologisia ja teknologisia seikkoja. Tässä suhteessa teknologian arviointihankkeita voidaan vastedes täydentää arvottamistekniikkaan liittyvillä menetelmäkokeiluilla. Resurssien riittävyys on teknologian arviointihankkeiden onnistumisen tärkeä reunaehto. Vastaavien hankkeiden toteutusta jatkossa voidaan parantaa kehittämällä Energia 2010-hankkeen kokemuksen pohjalta vielä paremmin eduskuntatyöhön soveltuva toimintamalli.

Abstract

In the near future the Parliament of Finland will make important decisions concerning energy production. The decisions concern the national implementation of the Kyoto Protocol and the building of a new nuclear power plant unit in Finland. These decisions will have important consequences on the lives of future generations. It is important that the decisions are based on recent and versatile data on the probable impacts and consequences of alternative choices of energy production. In order to take into account systematically all available information and different opinions it is also reasonable to use most advanced methodologies for supporting decision-making. In the present technology assessment (TA) study *Energy 2010*, the Delphi expert panel methodology was applied.

Several factors affect the future choices of energy production. The starting points of *Energy 2010* were the requirements that national economic growth poses to energy production and the requirements of the national implementation of the Kyoto Protocol. The national policy programmes of energy production and of mitigating greenhouse gas emissions made earlier in Finland provided a good data basis concerning these matters. This study was focused on health effects and especially on deaths related to exposure of fine particle and radiation emissions from energy production. The further research question was what kind of conclusions these impacts would have for decision-making between alternative future scenarios in energy production. The scope was specified in this way for the following reasons: Firstly, health effects have not been considered extensively in national future oriented energy and environment studies (e.g. in environmental impact assessments for national policy programmes). Secondly, according to previous experiences of the Delphi method applications, the scope of consideration should be kept relatively narrow in order to have concrete and useful outcomes for discussion and decision-making on the issues in question. Thirdly, the scope was limited due to the relatively scarce resources available to the study.

In order to strengthen the knowledge basis of decision-making, committees of the Parliament of Finland have utilised oral expert hearings. Interviews are another method of expert hearing which have been utilised in earlier TA projects of the Parliament. In *Energy 2010* the Delphi technique was used for expert hearings. Besides systematics, the advantages of the Delphi method relate to the anonymity of the experts and to the deepening understanding of the issues based on mutual interactions of the Delphi panellists. It is believed that anonymity results in more creative, critical and honest argumentation because experts do not have the fear of jeopardising their roles as experts. Nevertheless, because of the anonymity, experts can present without risk also invalid and/or purposeful arguments.

The main stages of the study were as follows: (1) The nomination of the Steering Group for the study (of Members of Parliament); (2) The consideration of criteria for the expert panel and the convening of the Delphi panel; and (3) the Delphi process consisting of the following three stages:

I. In the first round a written questionnaire was sent to six well-known experts on fine particle and radiation emissions and their health effects (in May-August 2000).

II. The entire energy panel participated in the second round. The panelists from the Parliament were interviewed by the Delphi managers. Other panelists answered the same questionnaire by mail (November 2000 to February 2001).

III. In the third round, all panelists gave comments on the second round evaluations and arguments of the other panelists by mail (March-May 2001).

The study was carried out as a transparent, well-documented and interactive process. Three Delphi managers (researchers) were responsible for performing the study and the Steering Group participated actively in all the stages. Delphi panel members were not informed as to who introduced any single argument or comment (anonymity of argumentation). However, in cases where the panelists wished to know, they were informed about expert names from the first round and about the names of the second round panelists. Both lists of names are presented in Appendix A of the report. The managers were responsible for the analysis of the arguments for minimal manipulation and for the reliability of the data sources used.

The present report describes the background information given to panelists, questions made for panelists and answers and comments from panelists, as well as the assessment of results. Panelists presented analytical and critical comments. Many panelists had already defined their standpoint on energy production alternatives and their environmental aspects before the study and did not change their mind based on the presented arguments, but several panelists also elaborated on their opinions over several rounds. It is difficult to make an exact assessment as to whether the detailed consideration of health effects influenced or changed panelists' opinions concerning energy scenarios. However, the study seemed to contribute to the internal discussion within political parties in the Parliament concerning health effects of energy production. In their general comments panelists gave mainly positive feedback to the need and benefits of carrying out *Energy 2010* study. According to the critical comments, the study was too narrow in scope and manipulating. The lack of a life cycle perspective was assessed to be a serious shortcoming. Expert comments were blamed as being one-sided but, on the other hand clear, explicit and informative. Technical and rational issues were blamed as being over-emphasised in the study whereas attitude changes or social changes were blamed for being given too little attention. The subject matter of the study was assessed to be important and topical although somewhat difficult and demanding and complex to master.

According to the experience gained from *Energy 2010* the Delphi method seems to be an appropriate TA tool for the Parliament as a complement to other methods of expert hearing. The oral hearings often result in a number of similar short presentations whereas the Delphi method gives an opportunity to examine the importance of selected details. Sufficient resources are important for successful Delphi studies. Due to the required resources and time scale, the Delphi method does not, however, fit well with problems that demand rapid decisions. The work of the Parliament encompasses multi-dimensional decision-making situations in which Members of Parliament have to make weighting between many social, economic, political, ideological and technological aspects at the same time. The Delphi method, based e.g. on the systematic consideration of weights given to different targets, might be a working choice for these types of issues.

Sammandrag

Riksdagen fattar inom närmaste framtid viktiga beslut som hänför sig till Kyoto-avtalet och till byggandet av ett nytt kärnkraftverk. Besluten påverkar framtiden och sträcker sig över flera generationer. Som underlag för besluten bör ligga de nyaste och mångsidigaste uppgifterna om beslutens sannolika konsekvenser. Även utvecklade metoder som stöder beslutsfattandet bör komma till användning. Vid denna undersökning användes Delfi-expertpanelmetoden som stöd för riksdagens framtida avgöranden rörande energin.

Av de faktorer som påverkar energilösningarna valdes den ekonomiska tillväxten och Kyoto-avtalet om klimatet. Ämnesrådets centrala faktabas utgjordes av de nationella åtgärdsprogram som påverkar energibesluten. Bedömningen begränsades till de hälsoeffekter, som energiproduktionssättens partikel- och strålningsutsläpp förorsakar, i synnerhet dödsfallen och deras orsaker. Begränsningen gjordes av följande orsaker: För det första har hälsoeffekter granskats jämförelsevis lite i samband med energiframtidsutredningar (t.ex. i utvärderingarna angående åtgärdsprogrammets miljöpåverkan). För det andra användes Delfimetoden vid undersökningen, en metod som enligt erfarenhet gynnas av att ämnet begränsas noggrant, varigenom resultaten blir nyttiga och konkreta för diskussionen och beslutsfattandet rörande ämnet. För det tredje var man tvungen att begränsa ämnet snävt pga. knappa resurser för projektet.

Riksdagsutskotten ökar sin sakkännedom om fakta som inverkar på besluten genom att höra ett stort antal experter. Utlåtanden av sakkunniga har även använts i andra former, så som intervjuer i samband med Framtidsutskottets tidigare utvärderingsprojekt i fråga om teknologi. Energi 2010-projektet utnyttjade Delfi-tekniken vid hörandet av experter. Fördelarna med metoden är bl.a. att experterna är anonyma, att de många frågeomgångarna och returinformationen bidrar till att begreppen och faktaunderlaget fördjupas under växelverkan samt metodens systematik och ”ekonomi”. Vid undersökningar som baserar sig på expertkunskap har allmänt konstaterats att argumentationen blir mer innovativ, mera kritisk och ärlig eftersom synpunktens företrädare inte behöver

vara rädda för att deras position som sakkunniga rubbas. Å andra sidan är det lätt att anonymt framföra också ogrundade eller tendentiösa argument.

Projektets centrala skeden var: (1) att utnämna en styrgrupp bestående av riksdagsledamöter, (2) att granska kriterierna för sakkunnigpanelen och att sammanställa panelen, samt (3) Delfi-processen som bestod av följande skeden: I en skriftlig frågeomgång till sex speciale experter på partikel- och strålningsutsläpp (våren och sommaren 2000); II en frågeomgång till hela den stora panelgruppen som genomfördes vid riksdagsledamöterna anbelangar i intervjuform och för de andras del i form av skriftlig förfrågan (senhöstet år 2000 – februari 2001); omgång III som omfattade kommenteringen av andra omgångens svar och verkställdes skriftligt för alla deras del som svarat i andra omgången (mars-maj 2001).

Projektet genomfördes som en transparent och dokumenterad, interaktiv process i fråga om kriterier och principer. Forskningsansvaret innehades av managers (forskarna) och styrgruppen deltog intensivt i projektet under dess alla skeden. De som deltog i forskningsprojektet fick inte i något skede veta vem som hade framfört vilka synpunkter (argumenteringens anonymitet). Däremot fick paneldeltagarna på förfrågan veta vilka som hade använts som sakkunniga under första omgången och vilka som varit paneldeltagare vid andra omgången. Deras namn är också nämnda i slutrapportens bilaga A. Managers har svarat för analysen av argumenten och minimeringen av manipulationen. De svarade också för källornas pålitlighet.

Det givna bakgrundsmaterialet, frågorna, paneldeltagarnas svar och kommentarer samt utvärderingen av resultatet beskrivs i rapporten. Paneldeltagarna framför i sina svar analytiska och kritiska kommentarer. Flera hade sin syn på energin klar i början av undersökningen, men för många del finslipades den i och med frågeomgångarna. Granskningen av hälsoeffekterna i paneldeltagarnas scenariosyn är svår att utvärdera, men projektet kan sägas ha befrämjat den interna diskussionen om hälsoeffekterna inom partierna. I sina allmänna kommentarer förhöll sig paneldeltagarna positivt till Energi 2010-projektet. De kritiska kommentarerna ansåg förfrågan vara smalbaserad och tendentiös. Avsaknaden av alternativ till livscykel ansågs allvarliga. Expertkommentarerna ansågs vara ledande, men å andra sidan bedömdes de som klara och informativa. De tekniska och rationella aspekterna bedömdes vara för överbetonade och attitydförändringar o.a.

samhälleliga förändringar ansågs ha fått mindre uppmärksamhet. Ämnet ansågs viktigt och aktuellt, även något svårt och krävande men trots begränsningarna helhetsbetonat.

Enligt den samlade erfarenheten passar Delfi-metoden för riksdagens teknologiutvärderingsarbete eftersom den kompletterar bl.a. systemet med muntliga utlåtanden. När man vid avlyssningarna går igenom ett stort antal experters synpunkter, ger Delfi-metoden en möjlighet att sätta sig in i detaljer av den helhet som har satts under lupp. Metoden kräver dock stora resurser och lämpar sig därför dåligt för ärenden som kräver snabb behandling. Riksdagsarbetet inbegriper mångdimensionellt beslutsfattande, där riksdagsledamöterna tvingas avväga många samhälleliga, ekonomiska, politiska, ideologiska och teknologiska omständigheter samtidigt. I detta hänseende kan de teknologiska evalueringsprojekten framgent kompletteras med utvärderingstekniska metodexperiment. En viktig förutsättning för att de teknologiska evalueringsprojekten ska lyckas är dock att resurserna är tillräckliga. I fortsättningen kan man förbättra realiserandet av motsvarande projekt genom att utveckla erfarenheterna från Energi 2010-projektet så att de ännu bättre lämpar sig för riksdagsarbetet.

Sisällysluettelo

ALKUSANAT

TULEVAISUUSVALIOKUNNAN HYVÄKSYMÄT YHTEENVETO JA TOIMENPIDE- EHDOTUKSET

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	6
SAMMANDRAG	9
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	15
1. JOHDANTO	16
2. AIEMPIA TUTKIMUKSIA JA SELVITYKSIÄ	19
2.1 DELFOI-MENETELMÄN KESKEISIÄ PIIRTEITÄ	19
2.2 DELFOI-MENETELMÄN SOVELLUTUSALUEITA	24
2.3 ESIMERKKI DELFOI-MENETELMÄN SOVELLUTUKSESTA YMPÄRISTÖONGELMIEN ARVOTTAMISEEN 25	
3. ENERGIAN TUOTANNON JA KÄYTÖN KEHITYSNÄKYMÄT	28
3.1 ENERGIA-ALAN TOIMINTAYMPÄRISTÖN MUUTOKSET	28
3.2 ENERGIAPOLITIikka	29
3.2.1 Kansallinen ilmastostrategia.....	31
3.2.2 Unsiutuvien energialähteiden edistämishjelma.....	33
3.2.3 Ehdotus energiansäästöohjelmaksi	34
3.3 ENERGIAN TUOTANTO: NYKYTILA JA KEHITYSNÄKYMÄT	35
3.4 ENERGIAN KÄYTTÖ: NYKYTILA JA KEHITYSNÄKYMÄT	38
4. DELFOI-TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	40
4.1 JOHDANTO	40
4.2 TUTKIMUKSEN VAIHEET	41

4.2.1	<i>Ohjansryhmän asettaminen.....</i>	41
4.2.2	<i>Asiantuntijapaneelien valinta</i>	41
4.2.3	<i>Tutkimuksen ensimmäinen kierros.....</i>	43
4.2.4	<i>Tutkimuksen toinen kierros.....</i>	44
4.2.5	<i>Tutkimuksen kolmas kierros.....</i>	47
4.3	KYSELYN OSIOT (TOPICIT) JA NIIHIN SAADUT VASTAUKSET	48
4.3.1	<i>Taloudellinen kehitys ja energian tarve.....</i>	50
4.3.2	<i>Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen</i>	52
4.3.3	<i>Energiantuotannon terveysvaikutukset.....</i>	54
4.3.4	<i>Hiukkaspäästöt</i>	57
4.3.5	<i>Säteilypäästöt.....</i>	66
4.3.6	<i>Sähköntuotannon skenaariot 2010 ja sen jälkeen</i>	83
4.3.7	<i>Panelistien yleiskommentteja kyselyyn</i>	90
5.	JOHTOPÄÄTÖKSET	91
6.	LÄHDELUETTELO	95

LIITTEET

LIITE A: KYSELYYN VASTANNEET PANELISTIT

LIITE B: DELFOI-TUTKIMUKSEN TOTEUTUSVAIHEIDEN AJOITTUMINEN

LIITE C: VASTAUSLOMAKE, vaihe II

LIITE D: III KIERROKSEN TULOKSENA SYNTYNYT LOPULLINEN NÄKÖKOHTAKARTTA

LIITE E: ESIMERKKI MUUTAMAAN KYSYMYKSEEN ESITETYISTÄ ALKUPERÄISISTÄ KOMMENTEISTA

Käytetyt termit ja lyhenteet

BOD	Biokemiallinen hapen kulutus, <i>Biochemical Oxygen Demand</i> Kuvaa sitä liuenneen hapen määrää, joka kuluu aineen biokemiallisesti hapettua- sa määrättyissä olosuhteissa ja tietyn ajan kuluessa. Käytetään helposti hajoavan orgaanisen aineen mittarina esim. jätevesissä.
Bq	Becquerel, aktiivisuuden yksikkö. Yhden becquerelin aktiivisuus on sillä määrällä ainetta, jossa tapahtuu yksi ydinmuutos sekunnissa.
CHP	<i>Combined heat and power</i> , yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto
COD	Kemiallinen hapen kulutus, <i>Chemical Oxygen Demand</i>
Gy	Gray, absorboituneen annoksen yksikkö, jolla ilmaistaan kuinka suuren energia- määrän säteily on jättänyt kohdeaineeseen massayksikköä kohti.
ICRP	Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta, <i>International Commision on Radiologi- cal Protection</i>
LCA	Elinkaariarviointi, Elinkaarianalyysi Tuotejärjestelmän elinkaaren aikaisten syötteiden ja tuotosten sekä potentiaalisten ympäristövaikutusten koostaminen ja arviointi.
PM-X	Alle X µm halkaisijaltaan olevat pienhiukkaset (X esim 10 tai 2,5 µm)
RBMK	Neuvostoliittolainen kevytvesijäähdytteinen ydinreaktori, jossa polttoaineena käytetään rikastettua uraanioksidia ja hidastimena grafiittia.
STUK	Säteilyturvakeskus
Sv	Sievert, Ekvivalenttiannoksen yksikkö. Käytetään kerrannaisyksiköitä millisier- vert, mSv=0,001 Sv ja mikrosievert, µSv = 0,000001 Sv
T ½	Puoliintumisaika, eli aika, jonka kuluessa tietyn radionuklidin aktiivisuus vähenee puoleen radioaktiivisen hajoamisen seurauksena
UNSCEAR	YK:n säteilyvaikutusten tieteellinen komitea, <i>United Nations Scientific Commit- tee on the Effects of Atomic Radiation</i>
VOC	Haihtuva orgaaninen yhdiste, <i>Volatile Organic Compound</i> Orgaanien yhdiste, joka normaalipaineessa ja normaaleissa käyttölämpötiloissa on kaasumainen. Haihtuviksi orgaanisiksi yhdisteiksi ei katsota CFC-yhdisteitä eikä haloneja. Usein myös metaani rajataan yhdisteiden ulkopuolelle, jolloin jäljelle jäävistä yhdisteistä käytetään lyhennettä NMVOC (non methane volatile organic compound)
WHO	Maailman terveysjärjestö
WHOE	Maailman terveysjärjestön (WHO) Euroopan toimisto

1. Johdanto

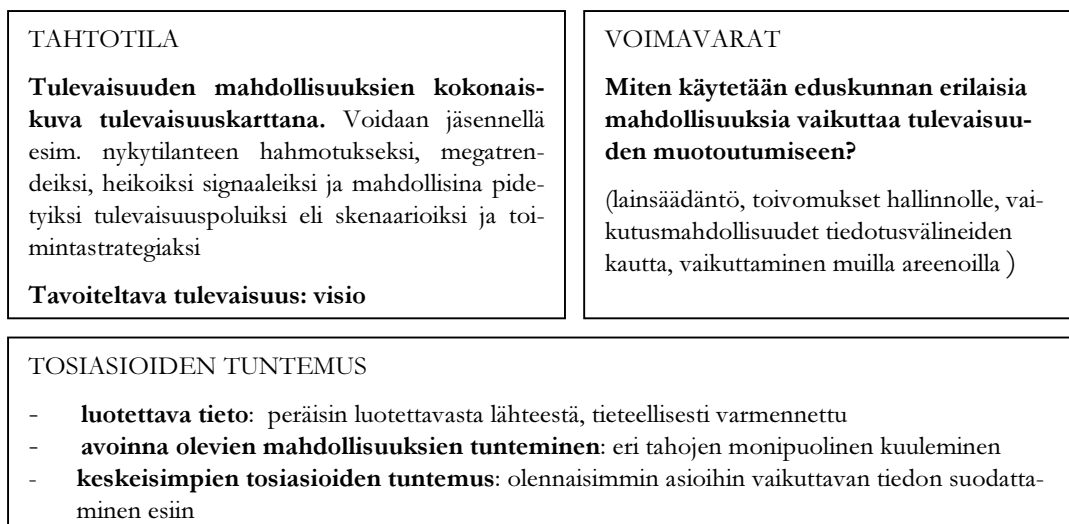
Suomen eduskunta tekee lähitulevaisuudessa tärkeitä perusvoiman tuotantoa koskevia ratkaisuja, jotka liittyvät erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamista koskevaan Kioto-sopimukseen sekä uuden ydinvoimalan rakentamiseen. Energia-alan kehitykseen vaikuttaa ilmastokysymysten ohella vastedes energiamarkkinoiden vapautuminen. Vapautuneilla markkinoilla energian käyttöä, tuotantoa ja lähteitä koskevat ratkaisut ovat ensi sijassa tuottajien ja käyttäjien välisten markkinatoimien ja vaikutusten varassa. Siksi tulee ottaa huomioon myös se, että vapautuneiden markkinoiden oloissa yrityksillä, kotitalouksilla ja muilla intressiryhmillä on käytettävissä valintapäätöksiä varten riittävästi energian tuotantoa ja käyttöä koskevaa ympäristö- ja muuta tietoa. Koska energiaratkaisut vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen yli tulevien sukupolvien, on tärkeää, että ne tehdään pitkäjänteisesti käyttäen yhtäältä hyväksi uusimpia ja monipuolisia tietoja ratkaisujen todennäköisistä tulevista vaikutuksista ja soveltaen toisaalta kehittyneitä päätöksentekoa tukevia menettelytapoja ja menetelmiä.

Energia on sähkön ja lämmön muodossa tärkeimpiä tuotantoa, kulutusta ja koko hyvinvointiamme palvelevia hyödykkeitä. Suomessa sen merkitys korostuu myös ilmasto-olojen ja energiantensiivisen teollisuusrakenteen takia. Energian tuotannosta ja käytöstä aiheutuu sekä ympäristöön että mm. väestön terveyteen vaikuttavia hyvinvointiamme heikentäviä kielteisiä sivuvaikutuksia sekä haittakustannuksia, ja näiden ehkäisemiseksi ja vähentämiseksi joudutaan vastedes tekemään energian tuotantoa ja kulutusta koskevia valintoja.

Energian tuotannosta ja käytöstä aiheutuvien päästöjen ja niiden ympäristöön ja mm. terveyteen kohdistuvien vaikutusten arvottaminen on yksi avainkysymyksistä. Ongelmiksi nousevat vaikeudet yhteismitallistaa erilaisia ympäristökuormituksia ja niistä aiheutuvia vaikutuksia, sekä siihen liittyen se, että eri väestö- ja sidosryhmät arvottavat niitä eri tavoin. Niin luonnontieteellinen, lääketieteellinen ja teknillinen kuin toisaalta taloudellinen sekä sosiaalinen ja muu yhteiskunnallinen tietämys päästöjen haitallisuudesta ja niiden vähentämismahdollisuuksista kehittyy jatkuvasti. Viime vuosina on esimerkiksi havaittu, että pienhiukkaspäästöjen terveydelliset vaikutukset ovat huomattavasti aiemmin oletettua suurempia.

Tiedon lisääntyminen ei kuitenkaan poista energiaratkaisujen arvosidonaisuutta ja pelkällä tutkimustiedolla voidaan vaikuttaa arvoperusteisiin kysymyksiin vain rajoitetusti. Tästä huolimatta on tärkeää, että sekä olemassa olevat perustiedot ympäristökuormituksesta ja –vaikutuksista että uusimmat tiedot asiantuntijoiden näkemyksistä olisivat niin kansanedustajien, kansalaisten kuin yhteiskunnan eri intressi- ja sidosryhmien saatavilla mahdollisimman käyttökelpoisessa muodossa. Tietojen käyttökelpoisuutta lisäisi se, että kansanedustajat saisivat asiantuntijatietoa - esimerkiksi päästöjen terveysvaikutuksia tutkineiden lääkäreiden käsityksiä - ja voisivat helposti niitä verrata omiin käsityksiinsä. Tällöin päätöksentekijät ja samoin eri väestö- ja sidosryhmät voisivat arvottaa käytettävissä olevia tietoja ja tietoelementteihin liittyviä epävarmuuksia nykyistä helpommin.

Perustuen monivaiheiseen skenaariotyöskentelyyn tulevaisuusvaliokunta valmisteli asiakirjan ”Työn tulevaisuus Suomessa –tulevaisuuspolitiikan suuntaviivoja” (TUO 1/2001 vp), josta käytiin keväällä 2001 ajankohta keskustelu eduskunnassa. Tulevaisuuspolitiikka, jonka kehittämisen eduskunnassa valiokunta tulkitsee keskeiseksi tehtäväkseen, määrittellään asiakirjassa seuraavasti: ”Tulevaisuuspolitiikassa ensin arvioidaan pitkän aikavälin kehitys ja tällä perusteella päädytään välittömiin päätöksiin”. Kaikkien eduskunnassa tehtävien teknologian arviointien tarkoituksena on edistää tällaista pitkäjänteistä ja erilaisiin mahdollisiin tulevaisuuksiin varautuvaa toimintaa. Tulevaisuuspolitiikan yleisiä haasteita voi havainnollistaa oheisella kaavakuvalla (kuva 1).



Kuva 1. Eduskunnan tulevaisuuspolitiikan perusulottuvuudet

Energia- ja siihen läheisesti liittyvä ilmastopolitiikka ovat tulevaisuuspolitiikan avainalueita. Hyväksymässään (19.6.2001) ympäristövaliokunnan valmistelemissa vastauksessa (YmVM 6/2001 vp) valtioneuvoston selontekoon kansallisesta ilmastostrategiasta (VNS 1/2001 vp) eduskunta piti valtioneuvoston ilmasto-ohjelman aikajännettä lyhyenä. Eduskunta yhtyi tulevaisuusvaliokunnan lausunnossaan (TuVL 1/2001 vp) esittämään ehdotukseen siitä, että energiatulevaisuuden selvittämiseksi tulisi ryhtyä mahdollisimman pian valmistelemaan vuoteen 2030 saakka ulottuvaa ilmastostrategiaa.

Tulevaisuuspolitiikan kolme perusulottuvuutta – tahtotilan muodostaminen, tahtotilan toteutumista tukevien päätösten tekeminen resurssien käytöstä sekä tahtotilan ja päätösten perustaminen tosiasioihin – ovat energia- ja ilmastopolitiikan alueella erityisen tiiviisti kietoutuneita toisiinsa. Tahtotilaa määrittelevät vahvat uskomukset, joita luotettavakaan tieto – varsinkaan väärän henkilön esittämänä – ei usein pysty muuttamaan. Omia uskomuksia vastaavan päätöksen aikaansaamiseksi ei olla aidosti valmiita ottamaan huomioon vastakkaista kantaa edustavien esittämiä uusia näkökohtia tai mahdollisuuksia. Ne leimataan usein ilman enempiä pohdiskeluja epäolennaisiksi.

Energiantuotannon terveysvaikutuksiin kohdistunut arviointi on ensimmäinen laajempi kokeilu soveltaa Delfoi-menetelmää teknologian arviointiin eduskunnassa. Tässä raportissa kuvataan yksityiskohtaisesti hankkeen eri toteutusvaiheet. Hankkeen toteuttamisesta vastasivat eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan ja sen energiajaoksen kanssa fil.tri Osmo Kuusi Sitrasta sekä teollisuuden ympäristötalouden tutkimusryhmä VTT Kemiantekniikan Prosessit ja ympäristö -tutkimusalueelta. Tutkimusta varten koottiin energia- ja ympäristöalan tieteellistä asiantuntemusta, kansainedustajia sekä aihepiirin keskeisiä intressitahoja edustava energiapaneeli. Käytetty tieteellinen asiantuntemus painottui energiantuotannon vaihtoehtojen terveydellisiin näkökohtiin ja erityisesti hiukkas- ja säteilypäästöjen vaikutuksiin.

Arvioinnissa käytettiin hyväksi kokemuksia fil.tri Osmo Kuusen sekä VTT:n aiheeseen liittyvistä aikaisemmista teknologian arviointi- ja ennakointitutkimuksista (ks. esim. Kaakinen & Törmä 1999, Rask, ym. 1999, Salo, ym. 1998, Sinko & Lehtinen 1998, Kuusi 2001).

2. Aiempia tutkimuksia ja selvityksiä

Energia-alan kehityksen teknologian arvioinnissa Delfoi-menetelmän avulla käytetään hyväksi kokemuksia, joita on saatu aiemmin toteutetuista Delfoi- tutkimuksista sekä aiemmista energia- ja ympäristöaloilla toteutetuista tutkimuksista ja –selvityksistä. Aluksi tarkastellaan lyhyesti Delfoi-menetelmän keskeisiä piirteitä sekä sen soveltamista eri aihepiireihin. Tämän jälkeen tarkastellaan viimeaikaisia arviointihankkeen kannalta olennaisia energiasektoriin liittyviä tutkimuksia ja selvityksiä.

2.1 Delfoi-menetelmän keskeisiä piirteitä

Delfoi- menetelmässä tavalla tai toisella asiantuntijoiksi määritellyt henkilöt toimivat tulevan kehityksen oraakkeleina. Delfoi-tekniikka on yksi monista asiantuntijoiden kannanottojen keruumenetelmistä, joilla on pyritty arvioimaan tulevan kehityksen mahdollisuuksia. Asiantuntijamenetelmien kirjo ulottuu yksinkertaisista kyselyistä komiteatyöskentelyyn, jossa asiantuntijat saattavat hioa kannanottoaan kymmenissä tai jopa sadoissa kokouksissa.

Delfoi-tekniikka on vuosien saatossa määritelty monella tavoin. Laajassa kokoomateoksessaan vuodelta 1975 Linstone ja Turoff (1975) antoivat menetelmälle hyvin väljän määritelmän:

"Delfoi-tekniikkaa voidaan luonnehtia ryhmän kommunikaatioprosessin strukturointimenetelmäksi, jonka tarkoituksena on auttaa yksilöiden muodostamaa ryhmää kokonaisuutena käsittelemään mutkasta ongelmaa".

Linstonen ja Turoffin luonnehdinta viittaa menetelmän käyttöön asiantuntijakomiteoiden tai -työryhmien työn korvaajana tai täydentäjänä. Tämä on tärkeä lähtökohta, joka selittää monia Delfoi-menetelmän vahvuuksia ja heikkouksia. Delfoi -menetelmä käsittelee asiantuntijatietoa erityisellä tavalla. Kuten Woudenberg (1991) on esittänyt, Delfoi-menetelmällä voidaan tulkita olevan kolme keskeistä piirrettä:

1. **Tunnistamattomuus (anonymity).** Tähän joissakin yhteyksissä myös ongelmalliseen ominaisuuteen palataan lähemmin myöhemmin tässä esittelyssä. Perinteisessä

Delfoi-menetelmässä nimetön työskentely varmistettiin siten, että asiantuntijoita lähestyttiin postitse kyselylomakkein. Annetut vastaukset käsiteltiin luottamuksellisina. Tuoreimmissa sovellutuksissa sähköpostin tai haastattelujen käyttö on yleistynyt. Postikyselyn käyttö verrattuna haastatteluihin johtaa suureen vastauskatoon. Postikyselyinä tehdyissä kansallisissa teknologisen kehityksen Delfoi-tutkimuksissa (esim. Delphi Report Austria 1998, Cuhls et al. 1998, NISTEP 1997, Loveridge et al. 1995) lomakkeiden palautusprosentti on tyypillisesti jäänyt alle 50%:n. Vastausprosenttia on tosin voitu tuntuvasti nostaa tiedustelemalla etukäteen panelistien halukkuutta osallistua.

2. **Monta kierrosta (iteration).** Delfoi-tutkimuksessa on useampia kierroksia, joiden aikana asiantuntijoilla on mahdollisuus korjata kannanottojaan. Perinteisessä menetelmässä painotettiin erilaisia arviointeihin liittyviä tilastollisia tunnuslukuja kuten asiantuntijoiden mediaaniarvioita. Jos asiantuntijan arvio esimerkiksi tietyn teknologisen uudistuksen toteutumisajasta poikkesi "keskimmäisestä" viidestä kymmenestä prosentista panelisteja, häntä pyydettiin esittämään lisäperusteita. Suotavana pidettiin mediaaniarvion hyväksymistä, jos asiantuntijalla ei ollut vahvoja perusteita poikkeavaan kantaan. Tuoreimmissa sovellutuksissa palautekierrosten määrä on yleensä rajoitettu yhteen kirjalliseen palautekierrokseen, jota on usein täydennetty seminaareilla, haastatteluilla tms.
3. **Palaute (feedback).** Kannanottojen korjaukset perustuvat toisilta panelisteilta saatuun palautteeseen. Palaute on voinut olla koko paneelia koskevia tunnuslukuja kuten vastausten mediaaneja tai hajontatietoja. Traditionaalissa menetelmässä tällainen tieto on ollut avainasemassa ja vain vähän painoa on pantu tekstikommenttien välittämiseen. Uusimmissa sovellutuksissa on tuotu esiin asiakommenttien merkitystä, mutta erityisesti suuriin (esim. 1000 hengen) paneeleihin perustuvissa tutkimuksissa tällaisten näkökohtien välittämistä on ollut vaikea toteuttaa käytännössä. Pienillä paneeleilla se on onnistunut paremmin.

Alunperin Delfoi-tekniikalla pyrittiin tuottamaan ennen muuta mielipiteiden yksimielisyys asiantuntijaryhmän keskuudessa peräkkäisten kyselyiden ja kontrolloidun palautteen avulla. Menetelmä lähti siitä, että joku joukko todella tiesi erikoisalansa tulevaisuudesta enemmän kuin kadunmies ja oli myös valmis esittämään kyselyssä parhaan tietonsa. Edelleen oletettiin, että arvioiden laatu paranee kun asiantuntija voi muuttaa mieli-

pidetään toisilta asiantuntijoilta saadun palautteen pohjalta. Uusimmissa sovellutuksissa yksimielisyyden tavoittelusta on lähes täysin luovuttu. Nykyisin lähdetään siitä, että erityisesti arvoväritteisissä kysymyksissä on mahdollista muodostaa monia perusteltuja näkemyksiä tulevaisuudesta. Näin Delfoi-menetelmästä on kehittynyt yksi monien tulevaisuuksien tutkimisen (englanniksi ”Futures research”, ei ”Future research”) menetelmä.

Delfoi-menetelmän keskeinen, mutta samalla kiistanalainen piirre on arvioiden esittäminen siten, että niiden esittäjä pysyy salassa. Salassa pidon aste on vaihdellut.

Tiukimman tulkinnan mukaan salaaminen koskee sekä sitä, kuka on minkin näkökohdan esittänyt että ketä ylipäättään on osallistunut tutkimukseen tai esiintynyt asiantuntijana. Esimerkiksi laajoissa kansallisissa teknologian ennakkoinnin Delfoi-tutkimuksissa käytettyjä asiantuntijoita on kuvattu pelkästään yleisillä heidän asiantuntemustaan luonnehtivilla piirteillä (esim. yliopistotutkija) ja demografisilla tiedoilla (mm. ikä ja sukupuoli vrt. Cuhls et al. 1998, NISTEP 1997, Loveridge et al. 1995). Näissä tapauksissa tarkan henkilöllisyyden salaamiseen on ollut tosin jo se käytännöllinen syy, että suuren vastaajajoukon luonnehtiminen nimillä ei ole kovin informatiivista.

Energia 2010 hankkeessa on lähdetty siihen, että panelistien nimet ja heidän edustamansa tahot julkistetaan (ks. Liite A), mutta yksittäisten näkökohtien esittäjät on pidetty salassa. Ratkaisulla on pyritty siihen, että kansanedustajilla ja muilla tutkimuksen käyttäjillä on mahdollisuus arvioida yleisellä tasolla, edustavatko käytetyt asiantuntijat luotettavaa asiantuntemusta ja onko jokin tärkeä taho tai asiantuntemuksen tyyppi jäänyt vaille edustusta.

Näkökohtien esittäjien salaamista voidaan perustella seuraavilla Delfoi-tekniikan käsittelevässä teoreettisessa kirjallisuudessa usein esitetyillä näkökohdilla. Kasvokkain tapahtuvaan työskentelyyn esimerkiksi työryhmissä tai muuhun vuorovaikutukseen, missä näkökohtien esittäjät voidaan tunnistaa, liittyy seuraavia ongelmia (vrt. Turoff 1975, Hiltz ja Turoff 1995):

- Hallitseva, korkealle arvostettu henkilö on määräävä, häntä ei uskalleta vastustaa.

- Haluttomuus ottaa kantaa ennen kuin varmistettua tosiasiatietoa on hyvin paljon tai ennen kuin enemmistön kanta on selvillä.
- Vaikeus hylätä kanta, jonka on julkisesti ottanut.
- Henkilö ei uskalla esittää ideaa, joka voi osoittautua idioottimaiseksi ja johtaa kasvojen menetykseen.
- Asian esittäjä tekee siitä epäuskottavan, edustaa väärää leiriä
- Joutuu rangaistavaksi "luottamuksellisen" tiedon paljastamisesta

Toisaalta henkilöllisyyden salaamiseen liittyy myös ongelmia, joista jotkut ovat hyvin olennaisia eduskuntatyön kannalta:

- Muut keskustelijat tai väittelyä seuraava yleisö ei tiedä, minkä puolesta näkökohdan esittäjä todella toimii. On mahdollista esittää vailla kiinni jäämisen pelkoa ristiriitaisia käsityksiä tai tukea salaisten päätösten tapauksessa ratkaisuja, jotka ovat ristiriidassa henkilön julkisuudessa esittämien näkemysten kanssa.
- Koska ei ole kiinnijäämisen pelkoa, voi levittää perättömiä ja/tai tarkoitushakuisia näkemyksiä.
- Epäilykset "vääristä" mielipiteistä voivat kohdistua väärään henkilöön, joka joutuu kärsimään.
- Näkökohdan esittäjä ei joudu rangaistavaksi luottamuksellisen tiedon paljastamisesta.

Poliittisessa keskustelussa on erittäin tärkeää, että äänestäjät tietävät, millaisia ajatuksia päättäjät edustavat ja millaisia tekoja he ovat tukemassa. Saman voi tulkita – tosin kiistanalaisemmin – koskevan myös eduskunnassa kuultavia asiantuntijoita. Koska kansanedustajien on usein mahdotonta tarkistaa kuultujen asiantuntijoiden esittämät väitteet, heidän on pakko varsin paljon perustaa arvionsa kuultujen asiantuntijoiden muuten todettavissa olevaan luotettavuuteen. Poliittisen toiminnan kannalta nimillä tapahtuvaa julkista keskustelua ja asiantuntijoiden suullista kuulemistä eduskunnassa voi yllä mainituista syistä pitää perusteltuna.

Toisaalta ongelmiksi jäävät edellä mainitut nimettömyyttä puolustavat näkökohdat. Erityisesti arkaluontoisissa ja voimakkaita tunteita herättävissä kysymyksissä myös asiantuntijat helposti jaotellaan omaan leiriin tai toiseen leiriin kuuluviksi, mikä estää hedelmällisen mielipiteiden vaihdon. Oikein toteutettuna Delfoi-tutkimus voi olla avuksi tällaisessa tilanteessa. Saattaa kuitenkin olla niin, että nimettömyyttä ei kannattaisi noudattaa kiistattomien asiantuntijoiden tapauksessa (tämän tutkimuksen ensimmäisen kierroksen asiantuntijat) ja muidenkin asiantuntijoiden osalta ehkä vain kommentointikierrosten ajan.

Energia 2010 teknologian arviointi perustuu Osmo Kuusen kehittämään Delfoi-menetelmän muunnokseen, josta hän on käyttänyt nimeä argumentointiin perustuva Delfoi-menetelmä eli englanniksi ”Argument Delphi” (Kuusi 1999). Menetelmä lukeutuu Delfoi-menetelmän muunnosten päähaaraan, josta käytetään englanniksi nimeä ”Policy Delphi” (Turoff 1975). Menetelmän keskeisiä piirteitä ovat vaihtoehtoisten tulevaisuuden kehitysmahdollisuuksien tunnistaminen sekä niitä tukevien tai vastustavien näkökohtien kokoaminen ja arviointi. Menetelmässä ei panna painoa asiantuntijaryhmien keskimääräisten käsitysten tunnistamiseen. Tässä suhteessa argumentoiva Delfoi-menetelmä poikkeaa raportointitavasta, jota on noudatettu mm. viime vuosikymmenen suurissa kansallisissa teknologian kehityksen Delfoi-tutkimuksissa (esim. Cuhls et al. 1998, NISTEP 1997, Loveridge et al. 1995).

Argumentoiva Delfoi-menetelmä on kehitetty erityisesti niiden kokemusten perusteella, jotka saatiin kolmesta teknologian kehitystä ennakoineesta ja arvioineesta tutkimuksesta liittyen Internetin kaltaisen kommunikaatiotekniikan tulevaan käyttöön (Kuusi 1987), uuden biotekniikan sovellutuksiin (Kuusi 1991) sekä uuteen materiaalitekniikkaan (Kuusi 1994). Mainituissa tutkimuksissa ensimmäinen kyselykierros tehtiin haastattele-malla seuraavien kierrosten ollessa kirjallisia. Näin saatiin noin 90% mukaan kutsutuista osallistumaan paneelityöskentelyyn. Koska paneelin räätälöinti kattamaan kaikkea alalla keskeistä asiantuntemusta ja erilaisia arvolähtökohtia on argumentoivan Delfoi-tutkimuksen onnistumisen yksi avainkysymys, haastattelut ovat sen kannalta hyvin suositeltavia. Esimerkiksi kustannussyistä posti- tai sähköpostikyselyt ovat kuitenkin hyväksyttävissä, jos paneelin edustavuus kyetään turvaamaan. Hyöty myös suuresta vastaajajoukosta jää kyseenalaiseksi, jos keskeisiä asiantuntijatahoja jää pois. Haastatteluteknikka kuten yleensä argumentoiva Delfoi-tekniikka soveltuu ehkä parhaiten 20-50 hengen asiantuntijapaneelille.

2.2 Delfoi-menetelmän sovellutusalueita

Delfoi-menetelmän pääasiallisena sovellutusalueena oli alkuvaiheessa erityisesti teknologian tuleva kehitys ja myös menetelmän tuoreet suurimittakaavaiset sovellutukset ovat liittyneet tähän aihepiiriin. Uusimman teknologisen kehityksen ennakkoinnin ”Delfoi-boomin” lähtökohtana ovat olleet Japanissa vuodesta 1971 lähtien viiden vuoden välein tehdyt tutkimukset, jotka ”löydettiin” Euroopassa 1980-luvun lopussa (Irvine ja Martin 1989). Japanissa tehtiin tutkimuksiin kuhunkin on osallistunut tuhansia asiantuntijoita arvioiden noin tuhannen teknologian kehitysmahdollisuuden (englanniksi ”topic”) tärkeyttä, toteutumisaikaa ja toteutumisen erilaisia esteitä. Vuonna 1996 tehdyssä kuudennessa Japanin kansallisessa Delfoi-tutkimuksessa prosessiin osallistujia oli noin neljä tuhatta (NISTEP 1997) ja arvioitavia kehitysmahdollisuuksia 1072. Kutakin ”topicia” arvioineiden lukumäärä vaihteli sadan ja kolmensadan välillä.

Japanin ohella toisena tuoreiden Delfoi- tutkimusten keskuspaikkana voi pitää Saksaa, missä viimeisen kymmenen vuoden aikana on toteutettu jopa kolme kansallista teknologian Delfoi-tutkimusta. Kuhunkin niistä on osallistunut 500 - 2000 asiantuntijaa. Kaksi ensimmäistä tutkimusta tehtiin yhteistyössä japanilaisten kanssa käyttäen samoja topiceja. Myös viimeisessä vuonna 1997 Saksassa toteutetussa tutkimuksessa yhteisiä topiceja oli noin kolmannes Japanin kuudennen tutkimuksen kanssa. Kaikkiaan topiceja oli 1070 (Cuhls et al. 1998). Myös Englannissa, Ranskassa, Itävallassa, Unkarissa ja Etelä-Koreassa on viimeisen kymmenen vuoden aikana toteutettu vastaavat tutkimukset. (vrt. myös Hjelt ym. 2001).

Vaikka teknologian kehityksen ennakkointia ja arviointia voi edelleen pitää Delfoi-tekniikan sovellutusten pääkohteena, sen sovellutukset eivät suinkaan rajoitu siihen. Internetissä GOOGLE hakukoneella (www.google.com) heinäkuussa 2001 hakusanalla ”Delphi study” tehdyn kyselyn 30 ensimmäisen viitteen pohjalta Delfoi-menetelmää on sovellettu viime aikoina varsinkin koulutustarpeiden ennakkointiin. Muut viitatu tutkimukset liittyivät paitsi teknologiseen kehitykseen mm. naisten tulevaisuuteen, julkiseen terveydenhoitoon, elektroniseen kaupankäyntiin, kirjastojen tulevaisuuteen ja USA:n lentoliikenteeseen. Vastaava haku tuotti 1990-luvun alussa tutkimuksia mm. seuraavista aiheista: ympäristöstandardien asettaminen, energian tuotanto, puhelinteollisuuden tulevaisuus, tieliikenteen tulevaisuus, pankkien automatisointi, lääkeaineiden kehitys,

työmarkkinoiden kehitys, toimistotyön tulevaisuus, maataloustuotteiden jalostus Meksikossa ja Singaporen turistiteollisuus (Kuusi 1993).

2.3 Esimerkki Delfoi-menetelmän sovellutuksesta ympäristöongelmien arvottamiseen

Suomessa on toteutettu kaksi ympäristöongelmien keskinäistä tärkeyttä koskevaa, elinkaariarviointiin liittyvää Delfoi-tutkimusta. Landbank Environmental Research & Consulting toteutti vuosina 1995-96 Delfoi-menetelmään perustuvan ympäristöongelmien arvottamistutkimuksen (Wilson and Jones, 1996), joka kattoi seuraavassa esitetyt kolme vaihetta.

1. **VAIHE:** Norjan, Ruotsin ja Suomen pääasiassa tieteellisistä yhteisöistä koottua asiantuntijajaneelia pyydettiin asettamaan tärkeysjärjestykseen 23 ilma- ja vesipäästöihin sekä luonnonvarojen käyttöön liittyvää ympäristöön vaikuttavaa häiritsevää ("interventions", luettelo taulukossa 1). Sitten heitä pyydettiin tarkastelemaan hypoteettista tilannetta, jossa he voivat vähentää 23:sta ympäristöön vaikuttavasta tekijästä kerrallaan vain yhtä 1 %:lla sen nykytasosta (Norjan, Ruotsin ja Suomen vuoden 1993 taso). Asiantuntijoita pyydettiin perustamaan valintansa samanaikaisesti (a) ihmisterveyden ja -hyvinvoinnin suojelemiseen, (b) ekologisten systeemien suojelemiseen, sekä (c) uusiutumattomien luonnonvarojen kestäväään käyttöön. Lisäksi heitä pyydettiin unohtamaan suojelutoimien teknilliset ja taloudelliset käytännön toteuttamiseen liittyvät kysymykset ja aikajänteeksi annettiin 10-15 vuotta. Kun he olivat valinneet ympäristöön vaikuttavan häiritsevän tekijän, jonka vähentäminen 1 prosentilla tuotti suurinta hyötyä, heitä pyydettiin valitsemaan jäävästä 22:sta seuraavaksi eniten hyötyä tuottava jne., kunnes kaikki 23 oli käyty läpi.

Taulukko 1. Delfoi-tutkimuksessa (Wilson and Jones , 1996) mukana olleet ympäristöön vaikuttavat haittatekijät

Päästöt ilmaan	Päästöt vesistöihin	Luonnonvarat
Ammoniakki	BOD + COD	Maaperän öljy
Bentseeni	Raskasmetallit	Maaperän fosfori
Hiilidioksidi	Typpi	Fosfori
Hiilimonoksidi	Öljyt ja voiteluaineet	Maan eroosio
Raskasmetallit	Fenolit	
Metaani	Fosfori	
Typpioksidi	Suspendoitunut kiinto-	
Typpioksiduuli (N ₂ O)	aines	
Hiukkaset		
Torjunta-aineet		
PM10		
Rikkidioksidi		
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)		

- 2. VAIHE:** Toisessa vaiheessa asiantuntijoita pyydettiin antamaan sen hetkisellä päästötasoilla ympäristöön vaikuttavista haittatekijöistä numeerisia arvoja, mikä heijastaisi kunkin haittatekijän suhteellista haitallisuutta. Heitä pyydettiin ensin arvioimaan haittatekijöitä, jotka he olivat asettaneet VAIHE 1:ssä ensimmäiseksi ja toiseksi sekä allokoidaan yhden prosentin vähennys jommallekummalle näistä. Yhden prosentin vähennys ensimmäiselle haittatekijälle tarkoitti, että 2 prosentin vähennys tälle haittatekijälle on hyödyllisempi kuin 1 %:n vähennys molemmille. Jos hän ratkaisi asian näin, voi hän allokoida 1 %:n lisävähennyksen. Tämä prosessi jatkui kunnes hän päätti yhden lisäprosentin toiseksi asettamalleen haittatekijälle. Tämä oli taitekohta, jossa x %:n suuruinen vähennys korkeammalle asetetun haittatekijän vähentämisessä antaa yhtä suuren ympäristöhyödyn kuin 1 %:n vähentäminen alemmaksi asetetun haittatekijän kohdalla. Annettuaan numeerisen arvon ensimmäiseksi asettamalleen haittatekijälle suhteessa toiseksi asettamalleen, asiantuntija vertaa toiseksi asettamaansa suhteessa kolmanneksi asettamaansa ja jatkaa arvioiden lopulta 22. haittatekijää suhteessa 23:een.
- 3. VAIHE:** Kolmannessa vaiheessa panelisteja pyydettiin tarkastelemaan sitä, miten paikkakohtaisuus vaikuttaa haittatekijöiden ympäristövaikutuksiin. Asiantuntija voi

siten arvioida esimerkiksi, että alueellisella bentseenipäästöllä on 1/10 vaikutus vastaavasta päästöstä kaupunkiympäristössä.

Edelliseen tutkimukseen perustuen, VTT Kemiantekniikan teollisuuden ympäristötalouden tutkimusryhmä toteutti SIHTI 2 -tutkimusohjelman rahoittamana vuonna 1999 valmistuneen Delfoi II- tutkimuksen, missä edellisessä tutkimuksessa mukana olleet asiantuntijat arvottivat uudempien linkaaritietojen perusteella eri päästöjen suhteellista haitallisuutta (Virtanen, Torkkeli and Wilson, 1999). Saatujen vastausten perusteella muodostettuja arvotuskertoimia vertailtiin myös muilla periaatteilla muodostettuihin menetelmiin, kuten taloudellisiin tai tavoitetason määrittelyyn perustuviin menetelmiin. Tuloksissa esiintyi suurta hajontaa ja osoittautui mahdottomaksi perustella, missä määrin hajonta johtui arvosidonnaisista ja missä määrin tiedontasollisista seikoista. Menetelmässä todettiin kuitenkin vain osittain toteutuvan hyväksyttävän ja luotettavan arvotusmenetelmän peruseriaatteen – läpinäkyvyys ja varmuus – joita voidaan edelleen parantaa lisäämällä vastausten argumentointia.

3. Energian tuotannon ja käytön kehitysnäkymät

3.1 Energia-alan toimintaympäristön muutokset

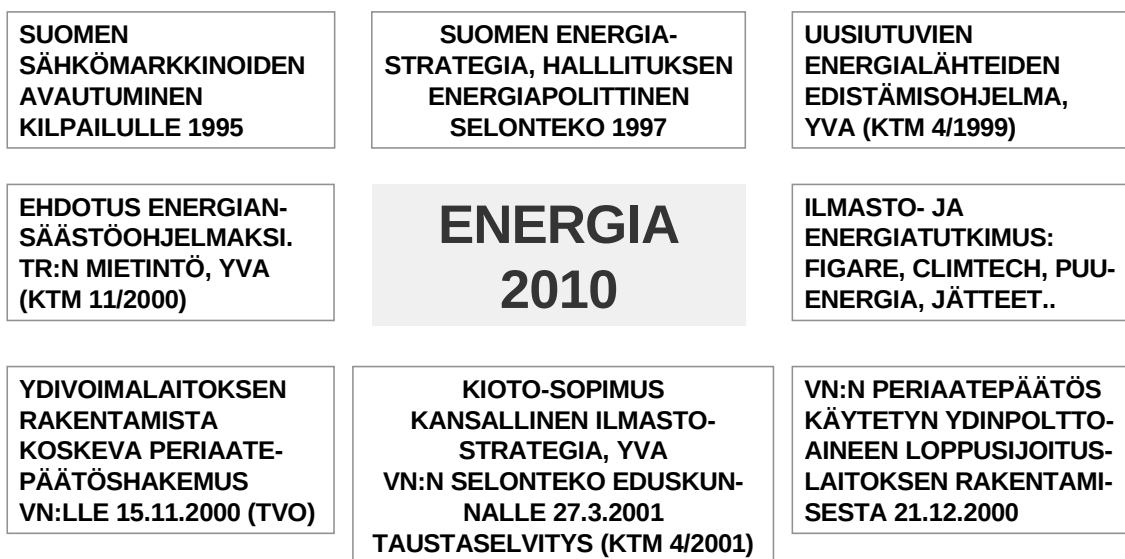
Energia 2010 teknologian arviointihankkeen lähtökohtana ovat arviot energia-alan toimintaympäristön keskeisistä muutoksista sekä energian tuotantoa ja kulutusta koskevista kehitysnäkymistä ja ennakkoinneista. Energiaratkaisut vaikuttavat pitkälle tulevaisuuteen, yli tulevien sukupolvien, ja siksi on tärkeää, että myös hankkeessa käytetään hyväksi uusimpia tietoja ratkaisujen todennäköisistä tulevista vaikutuksista sekä sovelletaan kehittyneitä päätöksentekoa tukevia menettelytapoja ja menetelmiä.

Energian tuotannon ja kulutuksen osalta on tapahtunut olennaisia toimintaympäristön muutoksia, jotka osaltaan tulevat vaikuttamaan myös tuleviin energia-alaa koskeviin ratkaisuihin ja päätöksiin. Tällaisia muutoksia ovat mm.:

- Yhteiskunnan ympäristöohjauksessa korostuvat jatkossa erityisesti kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamista koskevat Kioto-sopimuksen velvoitteiden toteuttaminen sekä mm. hiukkaspäästöjen rajoittaminen;
- Sähkö- ja energiamarkkinoiden vapautuminen vaikuttaa energia-alan tulevaisuuteen ja myös ympäristöasioissa tulee vastedes korostumaan markkinoiden kautta tapahtuva ohjaus yhteiskunnan ympäristöohjauksen ohella;
- Sähkö- ja energiamarkkinoiden eri maissa tapahtuvan vapautumisen myötä alan markkinat ovat myös nopeasti kansainvälistymässä, mikä osaltaan muuttaa energia-alan pelisääntöjä.
- Elinkaariajattelu on ympäristö- ja luonnonvarakysymysten tarkastelussa ja hoitamisessa nykyisin laajasti hyväksytty lähtökohta; sen mukaan tuotteiden, tuotannon ja kulutuksen ympäristönäkökohtia tulee tarkastella ”kehdosta hautaan” niiden koko elinkaaren kattavasti.

Tuleviin kansallisiin ratkaisuihin vaikuttavat olennaisesti energia- ja ympäristöpoliittiset linjaukset ja toimenpideohjelmat sekä arviot energian tuotannon ja käytön kehityksestä.

Seuraavassa käydään läpi ensin seuraavat keskeiset tuleviin ratkaisuihin vaikuttavat kansalliset linjaukset ja toimenpideohjelmat: kaupp- ja teollisuusministeriön (KTM) energiastrategia (VNS 5/1997 vp), Lipposen II hallituksen ilmastopoliittinen linjaus, valtioneuvoston selonteko kansallisesti ilmastostrategiasta (VNS 1/2001 vp), KTM:n kokoaman kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys (KTM 2001) sekä uusiutuvia energialähteitä sekä energiasäästöä koskevat ohjelmat (KTM 1999&2000). Tämän jälkeen tarkastellaan lyhyesti energian tuotannon ja käytön kehitysnäkymiä ja niistä tehtyjä arvioita. Mainitut aineistot, siltä osin kuin ne ovat valmistuneet, ovat olleet myös Energia 2010 -teknologian arviointihankkeen ja sen energiapaneelin tausta-aineistoina. Kaksi keskeistä dokumenttia, valtioneuvoston selonteko kansallisesti ilmastostrategiasta ja KTM:n kokoama kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys, valmistuivat kuitenkin vasta hankkeen toteutuksen loppuvaiheessa. Hankkeen toimintaympäristöä on havainnollistettu myös kuvassa 2.



Kuva 2. Hankkeen toimintaympäristö

3.2 Energiapolitiikka

Energian tuotantoa ja kulutusta koskevia kehitysnäkymiä ja ennakointia viranomais-
holla Suomessa valmistelee kaupp- ja teollisuusministeriö. Viimeksi tällainen selvitys

tehtiin valtioneuvoston energiapoliittisen selonteon yhteydessä osana Suomen energiastrategiaa. Energiastrategian mukaan valtioneuvosto suuntaa toimensa erityisesti seuraaville toimenpidealueille:

- energian tuotantorakenteen edistäminen vähemmän hiilipitoiseen energiataseeseen,
- energiamarkkinoiden edistäminen,
- energian tehokkaan käytön ja energiansäästön edistäminen,
- bioenergian ja muun kotimaisen energian käytön edistäminen,
- energiateknologian korkean tason ylläpitäminen,
- riittävän monipuolisen ja edullisen energian hankintakapasiteetin varmistaminen sekä
- energiasektorin huoltovarmuuden ylläpitäminen.

Paavo Lipposen II hallituksen ohjelmassa todetaan ilmastopolitiikan kohdalta seuraavasti:

”Kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään Suomelle asetettujen kansainvälisten velvoitteiden mukaisesti. Sektorikohtaiset valmistelut kootaan toimenpideohjelmaksi. Yhteistoimeenpanohankkeet sisällytetään osaksi läbialue- ja kehitysyhteistyötä. Lisätään biomassan osuutta energiatuotannossa”.

Hallitusohjelman mukainen **valtioneuvoston selonteko** (VNS 1/2001 vp) eduskunnalle kansallisesta ilmastostrategiasta hyväksyttiin hallituksen istunnossa 15.3.2001. Selonteon lähetekeskustelu käytiin eduskunnassa 27.3.2001. Selontekoa edelsi kauppa- ja teollisuusministeriön kokoama **kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys** (KTM 2001) perustuen eri ministeriöissä (kauppa- ja teollisuusministeriö, ympäristöministeriö, liikenne- ja viestintäministeriö sekä maa- ja metsätalousministeriö) laadittuihin sektorikohtaisiin taustaselvityksiin.

Osana kansallisen ilmastostrategian laadintaa on toteutettu omat ohjelmansa **uusiutuvista energialähteistä** vuonna 1999 (KTM 1999) ja **energiansäästöä** vuonna 2000 (KTM 2000). Uusiutuvien energialähteiden edistämishojelman tarkoituksena on kehittää uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön kilpailukykyä avoimilla sähkömarkkinoilla. Edistämishojelmaan laadittiin taustaraportti ja ympäristövaikutusten arviointiohjelma (Tuhkanen, ym. 1999). Energiansäästöohjelmaa toteutetaan mm. rahoittamalla uuden teknologian säästöinvestointihankkeita ja energiakatselmustoimintaa. Myös energiasäästöohjelman taustaksi on tehty erillinen ympäristövaikutusten arviointi (Airaksinen, ym. 2000). Seuraavassa on esitetty tarkemmin kansallista ilmastostrategiaa sekä uusiutuvien energialähteiden ohjelman ja energiasäästöohjelman keskeinen sisältö.

3.2.1 Kansallinen ilmastostrategia

Eduskunnan lausunnon valmistelu valtioneuvoston selonteosta kansallisesta ilmastostrategiasta annettiin eduskunnan ympäristövaliokunnan tehtäväksi maaliskuussa 2001. Mietintöään varten ympäristövaliokunta otti huomioon myös seuraavien valiokuntien lausunnot: valtiovarainvaliokunta, liikennevaliokunta, maa- ja metsätalousvaliokunta, talousvaliokunta, työ- ja tasa-arvovaliokunta sekä tulevaisuusvaliokunta. Ympäristövaliokunnan lausunto käsiteltiin eduskunnan täysistunnossa 19.6.2001 ja eduskunta hyväksyi ympäristövaliokunnan mietinnön mukaisen lausunnon valtioneuvoston selonteosta. Lisäksi hyväksyttiin valiokunnan lausumaehdotus, jonka mukaan ilmasto-ohjelma tuodaan uudelleen eduskunnan arvioitavaksi mahdollisimman pian sen jälkeen, kun viidennen ydinvoimalan rakentamislupaa koskeva hakemus on ratkaistu.

Mietinnössään ympäristövaliokunta pitää EU:n ilmastopolitiikan linjauksia perusteltuina ja pitää tärkeänä, että EU ja Suomi sen osana jatkaa edelläkävijän roolissa ilmastopolitiikan toteuttamisessa. Ilmastomuutosta ei enää aseteta kyseenalaiseksi, ja sen torjuntaan on ryhdyttävä kansainvälisestä neuvottelutilanteesta riippumatta. Näin ollen valiokunta katsoi, että valtioneuvoston selonteon kansallisesta ilmastostrategiasta pohjalta voidaan aloittaa Suomen ilmasto-ohjelman toteuttaminen. Sitä tulee kuitenkin vielä täsmentää ja kehittää mm. pitkän aikavälin tavoitteiden laatimisessa, Kioton pöytäkirjan mekanismien käyttöönottoon varautumisessa, jäteverotuksen kehittämisessä, liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen torjuntatoimien kehittämisessä, yhdyskuntarakenteen hajautumisen estämisessä sekä rakentamiseen, maa- ja metsätalouteen, energiasäästöön, uusiu-

tuvien energialähteiden tukemiseen ja kuntien ilmasto-ohjelman laatimiseen liittyvissä toimissa.

Ympäristövaliokunta oli lausunnossaan (YmVM 6/2001 vp) huomionnut muiden em. valiokuntien lausunnot. Ympäristövaliokunta tarkastelee ilmastostrategian vaikutuksia talouteen, työllisyyteen ja ympäristöön. Taloudellisiin vaikutuksiin ovat ottaneet kantaa valtiovarain- ja talousvaliokunta. Näihin, sekä valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen laskelmiin nojaten ympäristövaliokunta toteaa, että kustannukset eivät ole kovin merkittäviä Kioton pöytäkirjan ensimmäisellä sitoutumiskaudella. Lisäksi ilmastopolitiikan laiminlyönti johtaa todennäköisesti myöhemmin suurempiin kustannuksiin. Ilmastonmuutos luo myös taloudellisen toiminnan mahdollisuuksia, jotka Suomen kaltaisessa korkean teknologian osaamisen maissa voivat olla merkittäviä.

Työ- ja tasa-arvovaliokunta toteaa työllisyysvaikutuksiin liittyen, että ilmastostrategiassa ei ole erikseen tarkasteltu sen työllisyysvaikutuksia, erityisesti uuden energiateknologian mukanaan tuomia työllisyysmahdollisuuksia (TyVL 5/2001 vp). Lisäksi maa- ja metsätalousvaliokunta on lausunnossaan viitannut hajautetun kotimaista biopolttoainetta käyttävän energiantuotannon työllistävään vaikutukseen. (MmVL 12/2001 vp)

Lausunnossaan ympäristövaliokunta viittaa ilmasto-ohjelman yhteydessä tehtyyn ympäristövaikutusten arviointiin. Valiokunta yhtyy tulevaisuusvaliokunnan näkemykseen, että ympäristö- ja terveyshaittoja arvioitaessa tulee huomioida toimenpiteiden koko elinkaari, eikä näitä vaikutuksia ole esitetty selvityksessä. Pienhiukkaspäästöjen vähentämiseen tulee kiinnittää jatkossa huomiota riippumatta siitä, mitä toimenpiteitä valitaan ilmasto-ohjelman toteuttamiseen.

Suomen ympäristökeskuksessa tehdyssä kansallisen ilmastostrategian ympäristövaikutusten arvioinnissa (Hildén, ym. 2001) tarkasteltiin perusskenaarion ja kahden vaihtoehtoisen skenaarion vaikutuksia hiukkaspäästöihin, happamoittaviin päästöihin, alailmakehän otsoniin, luonnon monimuotoisuuteen, rehevöitymiseen, terveyteen, elinoloihin, luonnonvarojen hyödyntämiseen sekä yhteiskuntarakenteen muuttumiseen. Arvioinnissa todetaan, että siinä tarkastelluilla skenaarioilla ei ole merkittävää eroa hiukkaspäästöjen suhteen. Vaihtoehdosta riippumatta liikenteen ja pienpolton hiukkaspäästöjen vähentämiseen on kiinnitettävä huomiota. Selvityksessä ei ole käsitelty mahdollisesta ydinvoi-

malaonnettomuudesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Ilmastostrategiaan liittyviä skenaariovaihtoehtoja on käsitelty luvussa 3.3.

3.2.2 Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma

Uusiutuvien energialähteiden keskeisenä ongelmana on ollut niillä tuotetun energian kalleus. Ainoastaan suurimittainen vesivoima ja teollisuuden puutähteet ovat olleet taloudellisesti kilpailukykyisiä muiden energialähteiden kanssa. Uusiutuvien energialähteiden kilpailukykyä voidaan lisätä panostamalla teknologian kehittämiseen ja kaupallistamiseen, taloudellisin ohjauskeinoin sekä hallinnollisin ohjauskeinoin ja panostamalla tiedotukseen ja koulutukseen. Lisäksi uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa listataan energiamuodoittain joukko erillisiä toimenpide-ehdotuksia. Edistämishjelman tavoitteiden ja niiden edellyttämien toimenpiteiden mukaisesti uusiutuvien energialähteiden vuosittainen kokonaiskäyttö lisääntyisi 3 Mtoe:lla (50% vuoteen 2010 mennessä verrattuna vuoteen 1995. Pääosa lisäyksestä on arvioitu tulevan bioenergiasta (90 %) loppujen jakautuen muille uusiutuville energialähteille (tuulivoima 3%, vesivoima 3%, lämpöpumppu-maalämpö 4 % ja aurinkoenergia alle 0,5 %). Tavoite merkitsee uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvua 5-6 prosenttiyksikköä vuoteen 1995 verrattuna. Taulukossa 2 on esitetty tarkemmat määrälliset lisäystavoitteet energialähteittäin vuonna 2010.

Taulukko 2. Uusiutuvien energialähteiden edistämishojelman tavoitteet energialähteittäin vuonna 2010

	Toteutunut			Primaarienergia, uusiutuvien lisäystavoite 1995 -> 2010		Sähkön tuotanto, uusiutuvien lisäystavoite 1995 -> 2010	
	1990	1995	1997				
	Mtoe	Mtoe	Mtoe	Mtoe	%	MW (huippu)	TWh
Bioenergia ¹ yhteensä	4,0	5,0	5,7	2,8	40 %	1050	6,2
Teollisuus ²	2,87	3,72	4,31	1,5	4-kert.	500	3,5
Kaukolämmitys	0,08	0,19	0,28	0,8	45 %	550	2,7
Pienkäyttö	1,07	1,07	1,12	0,5			
Vesivoima ³	0,92	1,10	1,03	0,09	8%	420	1,0
Tuulivoima	0	0,0009	0,00	0,09	100-kert.	500	1,1
Aurinkoenergia							
Aurinkosähkö	0	0,0001	0,00	0,004	40-kert.	40	0,05
Aurinkolämpö	0	0,0002	0,00	0,004	20-kert.		
Lämpöpumput	0	0,01	0,03	0,1	10-kert.		
Yhteensä	4,9	6,1	6,8	3,1	50	2010	8,35
Osuus energian kokonaiskulutuksesta, %	18 %	21 %	22 %		27 % ⁴		
Osuus sähkön kokonaiskulutuksesta, %	30 %	27 %	27 %				31 % ⁴

¹ Luvut eivät sisällä turvetta

² teollisuuden bioenergiasta kaksi kolmasosaa puunjalostusteollisuuden jäteliemistä

³ vesivoima keskimäärin 1990-luvulla =1,08 Mtoe/a. Taulukon lisäys alle 10 MW:n laitoksista, jota suuremmista aiheutuu vielä 0,5 TWh:n lisäys

⁴ KTM:n syksy 1998 energian kokonaiskulutuksen skenaariosta laskettuna

3.2.3 Ehdotus energiansäästöohjelmaksi

Energiansäästöryhmän ehdottaman ohjelman mukaan energian kokonaiskulutusta voidaan vähentää 4-5 prosenttia, joka vastaa noin 1,5 miljoonan öljytonnin vähenemää vuonna 2010 verrattuna tilanteeseen, jossa uusia energiasäästötoimia ei toteuteta. Tosin vertailun taustalla olevaan perusskenaarioon (BAU) sisältyy siihenkin jo suuri joukko

aikaisemmin käynnistettyjä energiansäästötoimia. Keskeisiä toimia energiansäästön tehostamiseksi ovat energiatekniikan teknologian kehittäminen ja kaupallistaminen, taloudelliset ohjauskeinot, normiohjauksen käytön tehostaminen, energiasäästösopimusten toimeenpano sekä energiakatselmus- ja -analyysitoiminnan edelleen kehittäminen. Näiden toteuttamista edellyttää tiedottamista, koulutusta ja motivointia. Energiaverotusta tulee kehittää energian säästöä edistävään suuntaan samalla kuitenkin huomioiden vientiteollisuuden ja kansantalouden kilpailukyky. Valtion rahoitusta tulee työryhmän mukaan suunnata ensisijaisesti uuden teknologian kehittämiseen ja kaupallistamiseen, säästösopimuksiin liittyvään tukeen, rakennusten energiakorjauksiin sekä säästötoimintaa tukevaan informaatiotoimintaan. Myös yhdyskuntarakenteen eheyttäminen vaatii tukea ja ohjausta. Normiohjauksen tärkeä osa on rakentamismääräysten uudistaminen rakennusten energiakulutuksen pienentämiseksi.

3.3 Energian tuotanto: nykytila ja kehitysnäkymät

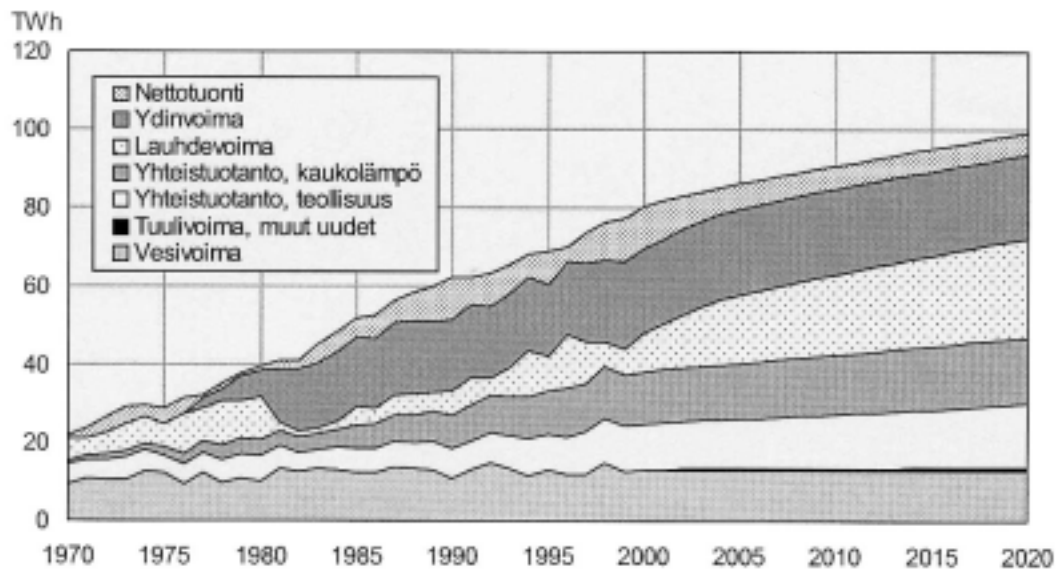
Perustilanne: BAU (Business as usual) (KTM, 2001)

Kauppa- ja teollisuusministeriö on kansallisen ilmastostrategian taustaselvityksessä hahmotellut kolme vaihtoehtoista tulevaisuuden energiantuotantostrategiaa. Perustilanne energiantuotannosta eli BAU-skenaario lähtee perusolettamuksesta, että uusia toimia kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi ei toteutettaisi. Talouskasvun perustana ovat tavoitteelliset kasvuarviot, joiden on katsottu voivan tukea hallitusohjelmassa edellytettyä vakaan talouskasvun ja työllisyyden parantamisen linjaa. Taloudellisen ohjauksen ja teknologisen kehityksen osalta noudatettaisiin nykyistä linjaa eikä esimerkiksi energiaverotusta muutettaisi. Nykyisiä toimenpiteitä energian säästämiseksi ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi jatkettaisiin likimain nykyisellä intensiteetillä.

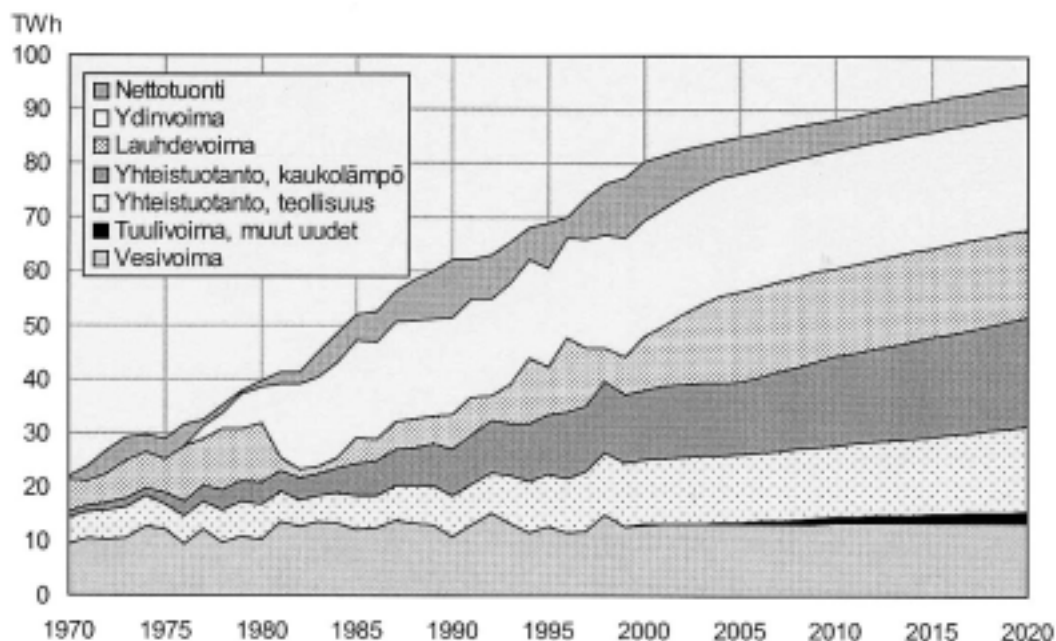
Energian hankinnan perusoletukset BAU-skenaarion mukaisesti:

- vesivoiman tuotanto ei kasvaisi
- ydinvoimaa tuotetaan vain nykyisissä laitoksissa
- sähkön tuonti vähenisi nykyisestä
- maakaasuputki laajenee kymmenen vuoden sisällä Turun seudulle

- puun kilpailukyky paranee hiljaksen ilman erityisiä lisätoimiakin
- sähkön ja lämmön yhteistuotanto kasvaa hiljaksen kaukolämpökuorman ja teollisuuden lämmöntarpeen kasvun mukana ja laituskannan uusiutuessa
- yhteistuotannossa kaasu on luonnollinen polttoaine uusissa laitoksissa maakaasun jakelualueella, muualla puu voittaa alaa turpeelta. Uusissa lauhdevoimalaitoksissa polttoaineena on sekä kaasua että hiiltä
- lämmitysvalinnoissa energialähteiden osuudet pysyvät suurin piirtein nykyisinä

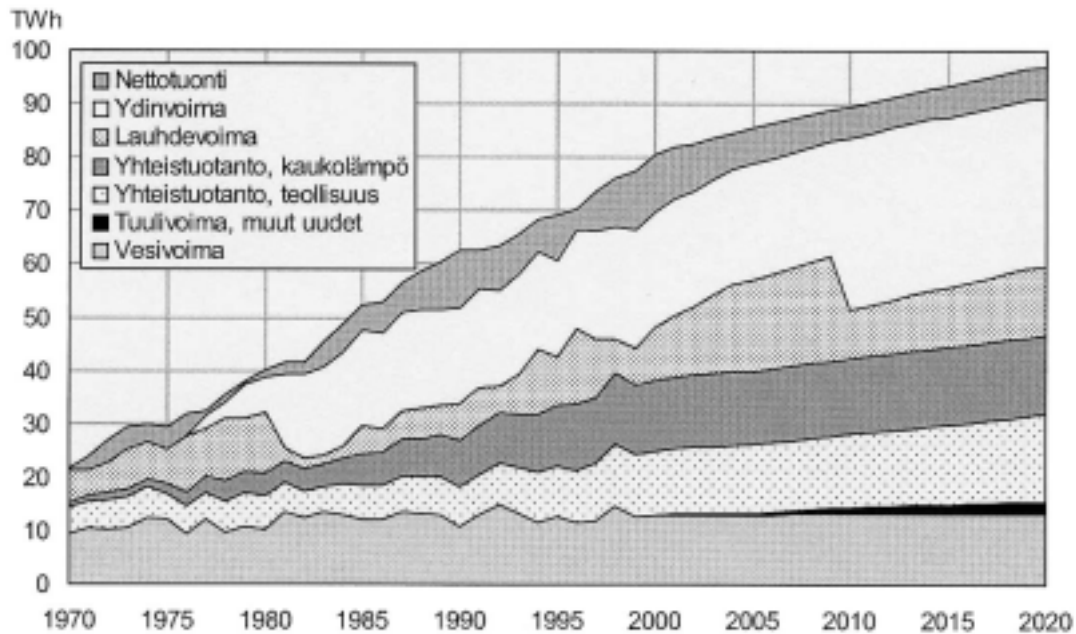


Kuva 3 Sähkön bankinta tuotantotavoittain BAU-skenaariossa [TWh] (KTM, 2001)



Kuva 4 Sähkön hankinta tuotantotavoittain KIO1-skenaariossa [TWh] (KTM, 2001)

Kioton ilmastositomuksen tavoitteiden – kasvihuonekaasupäästöt vuosina 2008 – 2012 alenevat vuoden 1990 tasolle tai hieman alle - saavuttamiseksi on laadittu kaksi vaihtoehtoista skenaariota, KIO1 ja KIO2. Molemmissa skenaarioissa energian kysyntä on BAU-skenaariota pienempi energiansäästötoimenpiteiden johdosta. Tärkeimmät ohjauskeinot ovat energiaverotus, investointituet ja normiohjaus. KIO1-skenaariossa kivihiiiltä korvattaisiin sähköntuotannossa maakaasulla ja KIO2-skenaariossa ydinvoimalla uusiutuvien energialähteiden lisäksi. Sähkön hankinnan jakautuminen tuotantotavoittain eri vaihtoehtoissa on esitetty kuvissa 3, 4 ja 5.



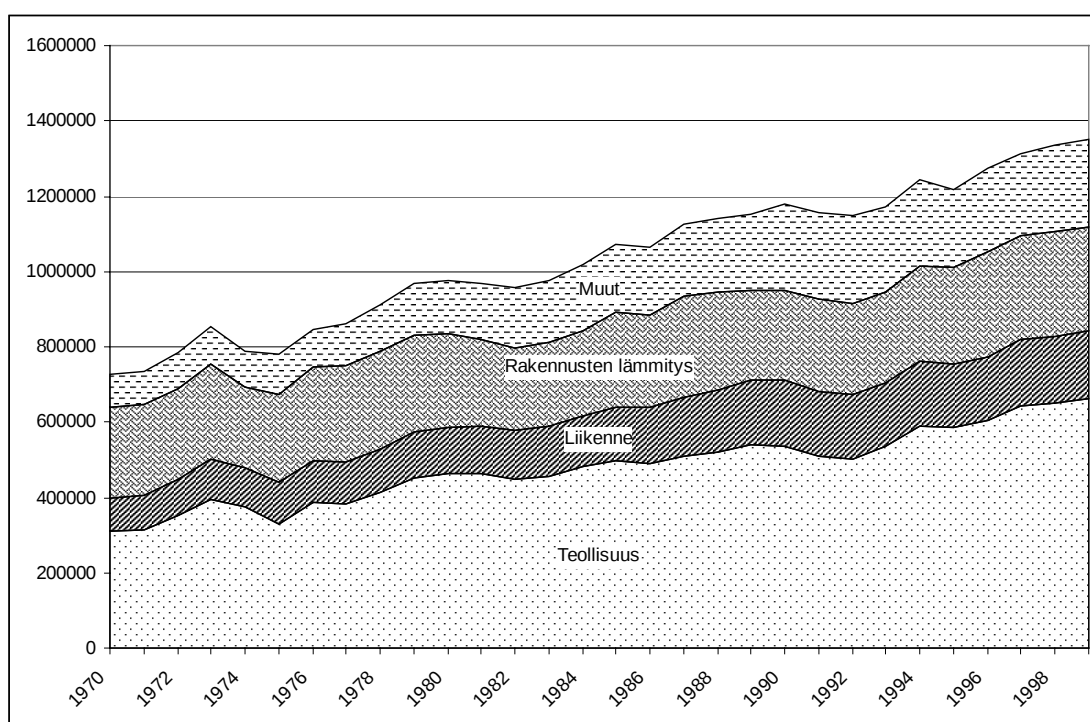
Kuva 5 Sähkön hankinta tuotantotavoittain KIO2-skenaariossa [TWh] (KTM, 2001)

3.4 Energian käyttö: nykytila ja kehitysnäkymät

Teollisuus kuluttaa noin puolet Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta. Merkittävimpiä käyttäjiä ovat massa- ja paperiteollisuus, metallien valmistus ja kemian perusteollisuus, jotka yhdessä kuluttavat yli 80% teollisuudessa käytetystä sähköstä. Toinen puoli energian kokonaiskulutuksesta jakaantuu rakennusten lämmityksen, liikenteen ja muiden käyttäjäryhmien kesken. Kuvassa 6 on esitetty energian kokonaiskulutuksen jakautuminen käyttäjäryhmittäin.

Kansallisen ilmasto-ohjelman taustaselvityksessä arvioitiin energian kulutuksen kasvua eri sektoreilla vuoteen 2020 saakka. Teollisen tuotannon sähkön käytön arvioinnin perustana käytettiin teollisuustuotannon volyymien, tuoterakenteen ja suurimpien toimialojen kohdalta tuotekohtaisten energiakäyttötietojen perusteella. Teollisuuden sähkön kulutuksen on arvioitu kasvavan BAU-skenaariossa vuoden 1998 hieman reilusta 40 TWh:sta lähes 55 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. KIO1-skenaariossa kulutuksen olette-

taan olevan vuonna 2010 n. 1,5 TWh ja vuonna 2020 noin 2 TWh pienempi kuin BAU-skenaariossa. KIO2-skennariossa teollisuuden sähkön kulutuksen on sen sijaan arvioitu olevan vuonna 2010 0,7 TWh ja vuonna 2020 1,3 TWh korkeampi kuin BAU-skenaariossa. Tämä johtuu ydinvoiman lisärakentamisesta aiheutuvasta sähkön hinnan alenemisesta.



Kuva 6 Energian kokonaiskulutus loppukulutussektoreittain vuosina 1970-1999, TJ

4. Delfoi-tutkimuksen toteutus

4.1 Johdanto

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan Energia 2010 teknologian arvioinnissa sovellettiin Delfoi-menetelmää, jonka keskeisiä yleisiä piirteitä tarkasteltiin edellisessä luvussa. Käytetyn menetelmämuunnoksen erityispiirre on keskittyminen eriävien näkökantojen perusteluihin. Kuten edellä on todettu, energiavalintoja tarkasteltiin arvioinnissa erityisesti terveydellisten näkökohtien (hiukkas- ja säteilypäästöt) kannalta.

Arviointihankkeen päävaiheet ja aikataulut olivat tiivistetysti seuraavat:

- Kansanedustajista muodostetun ohjausryhmän nimittäminen.
- Asiantuntijapaneelin muodostaminen tutkimuksen eri vaiheisiin.
- Varsinainen argumentoiva Delfoi-prosessi eteni kolmessa vaiheessa. Ensimmäinen kyselykierros kirjallisena kuudelle hiukkas- ja säteilypäästöjen erityistuntijalle keväällä ja kesällä 2000.
- Toisen kierroksen eli laajan panelistien kuulemisen kysely toteutettiin kansanedustajien kohdalla haastattelemalla ja muiden panelistien osalta kirjallisesti. Kierros aloitettiin vuoden 2000 lopulla ja se päättyi helmikuun 2001 aikana.
- Kyselyn kolmas kierros käsitti toisen kierroksenvastausten kommentoinnin ja se toteutettiin kirjallisesti kaikille toiseen kierrokseen vastanneille maaliskoukokuun aikana 2001.

Tutkimuksen vaiheet käydään yksityiskohtaisemmin läpi seuraavassa luvussa 4.2.

Toisen ja kolmannen kierroksen yhteydessä panelistit esittivät myös muihin kuin terveysvaikutuksiin liittyviä arvioita ja näkökohtia, joilla he ottivat kantaa ja perustelivat samaistumistaan Kioto-sopimukseen sekä energiantuotannon eri skenaarioihin. Samaistumisen kohteiksi tarjottiin pääasiassa kaasun käytön lisäämiseen perustuvaa skenaario-

ta; ydinvoiman lisärakentamiseen perustuvaa skenaariota; uusiutuvien energialähteiden käyttöön ja energian säästöön perustuvaa skenaariota; sekä itse muotoiltua skenaariota.

4.2 Tutkimuksen vaiheet

4.2.1 Ohjausryhmän asettaminen

Tulevaisuusvaliokunta päätti vuonna 2000 käynnistää energian tulevaisuusnäkyymiin keskittyvän teknologian arviointihankkeen. Valiokunta asetti hanketta varten ohjausryhmän, jonka puheenjohtajana toimi kansanedustaja Martti Tiuri sekä jäseninä kansanedustajat Christina Gestrin (RKP), Ulla Juurola (SDP), Reijo Kallio (SDP), Pekka Kuosmanen (Kok) talousvaliokunnan edustajana, Lauri Oinonen (Kesk) työ- ja tasa-arvoasiainvaliokunnan edustajana, Antti Rantakangas (Kesk) talousvaliokunnan edustajana, Pertti Turtiainen (Vas) sekä Pekka Vilkuna (Kesk) ympäristövaliokunnan edustajana. Ohjausryhmän sihteerinä toimi Ulrica Gabrielsson. Tutkimuksen toteutuksesta on vastannut tohtori Osmo Kuusi Sitrasta sekä erikoistutkija, ryhmäpäällikkö Torsti Loikkanen ja tutkija Tarja Turkulainen VTT Kemiantekniikan Teollisuuden ympäristötalous – ryhmästä.

4.2.2 Asiantuntijapaneelien valinta

Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan energiapaneeliin kutsuttiin kansanedustajia sekä energia- ja ympäristöalan asiantuntijoita ja intressiryhmien edustajia, joilla on erilaiset energia- ja ympäristökysymysten kannalta relevantit taustat ja taustaorganisaatiot.

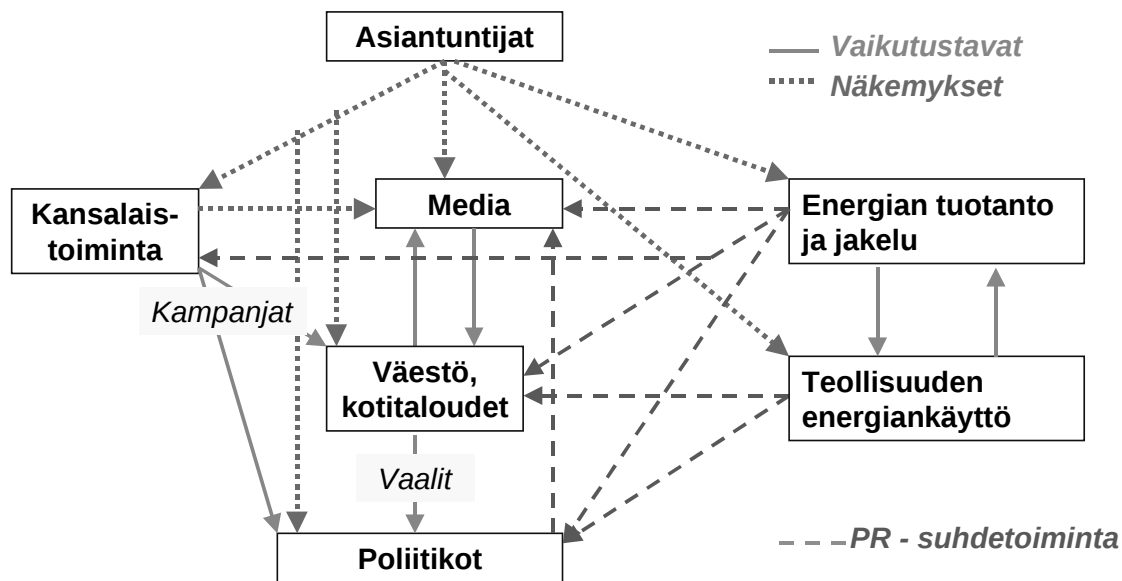
Kriteereinä kutsuttaville ovat mm. seuraavat seikat:

- Kutsuttavien joukko on edustava ja kattava tieteelliseltä asiantuntemukseltaan (energia- ja ympäristökysymykset luonnontieteen, tekniikan, lääketieteen, taloudellisten ja yhteiskunnallisten kysymysten kannalta), eduskunnan näkökulmasta *poliittisesti* (hallituspuolueet, oppositio, pienet puolueet), *teollisuuden ja yritystoiminnan kannalta* (energiaa tuottava ja käyttävä teollisuus, pk-teollisuus), *ammattillisen- ja kansalaistoiminnan kannalta*

ta (työmarkkina- ja ammatilliset järjestöt, luonnonsuojelujärjestöt), *hallinnon asiantuntemuksen* kannalta, sekä *tiedotusvälineiden ja viestinnän* näkökulmasta.

- Kutsuttavat ja heidän taustatahonsa ovat edustavia energia- ja ympäristökysymyksiin liittyvältä *asiantuntemukseltaan* (luonnontiede, tekniikka, lääketiede, taloudelliset ja yhteiskunnalliset kysymykset), sekä
- Kutsuttavilla ja heidän taustatahoillaan on tärkeitä *intressejä* suhteessa energia- ja ympäristökysymyksiin sekä niitä koskevaan päätöksentekoon.

Näiden periaatteiden mukaisesti paneeliin kutsuttiin poliittisten päättäjien edustajia eduskunnasta sekä asiantuntijoita, jotka edustivat energia- ja ympäristötutkimusta, energiaa tuottavaa sekä sitä jakelevaa teollisuutta, energiaa käyttäviä yrityksiä, edustajia ammatti- ja kansalaisjärjestöistä, sekä viranomaistahoja ja tiedotusvälineiden edustajia. Tutkimukseen valittujen ryhmien välisiä informaatiovirtoja on kuvattu myös kuvan 7 kaaviossa.



Kuva 7. Informaatiovirrat energia- ja ympäristökeskustelussa

4.2.3 Tutkimuksen ensimmäinen kierros

Kuultuaan energiantuotannon ja käytön asiantuntijoita arviointihankkeen ohjausryhmä päätti tuleviin energiavalintoihin liittyvien näkökohtien rajaamisesta ensisijaisesti energiantuotannon terveysvaikutuksiin. Erityisesti päätettiin rajata ensimmäisen kierros pelkästään terveydellisiin näkökohtiin ja niistä erityisesti hiukkas- ja säteilypäästöihin.

Suppea rajaus katsottiin tarkoituksenmukaiseksi seuraavista syistä. Aiemmista Delfoi-tutkimuksista saatujen kokemusten valossa valittu aihepiiri tulee pitää riittävän suppeana, jotta saatavat tulokset ovat hyödyllisiä ja konkreettisia aihepiiristä käytävälle keskustelulle ja päätöksenteolle. Suppealla rajauksella päästiin myös siihen, että ensimmäisen kierroksen asiantuntijoiksi voitiin valita kuusi henkilöä, joilla oli varsin kiistaton asiantuntemus tutkimuskohteesta. Kolme asiantuntijaa olivat säteilyn erityistuntijoita ja kolme pienhiukkasten terveysvaikutusten tuntijoita. Heidän nimensä ja edustamansa tahot selviävät liitteestä A.

Keskeinen kolmas syy rajaukseen olivat hankkeen niukat resurssit. Niukkojen resurssien puitteissa arviointi pyrittiin kuitenkin tekemään niin, että Delfoi-menetelmän kokeilusta voidaan muodostaa riittävän selvä käsitys ja näin tehdä johtopäätöksiä menetelmän soveltumisesta eduskunnan teknologian arviointitoimintaan ja mahdollisesti muuhunkin eduskunnan työskentelyyn tulevaisuudessa. Aihepiiri haluttiin lisäksi pitää riittävän hallittavana kokonaisuutena myös panelistien kannalta.

Argumentoivan Delfoi-tutkimuksen ”pelisääntöjen” mukaisesti energiavaihtoehtojen terveydellisistä hiukkas- ja säteilypäästöihin liittyvistä vaikutuksista muodostettiin tieteellisten tai virallisten (mm. valtioneuvoston selonteot) lähteiden perusteella väittämiä (topiceja) ja niiden lyhyitä perusteluja, joita panelisteja pyydettiin kommentoimaan. Väittämiä oli kahdenlaisia. Osassa oli esitetty väite, johon monivalintakysymyksellä haettiin vastausta. Tyypillisesti vastausvaihtoehdot olivat ”kyllä / ei / en osaa sanoa”, tai mielipidekysymyksissä muotoa ”samaa mieltä / eri mieltä / en ota kantaa”. Tämän jälkeen vastaajalla oli mahdollisuus perustella vastauksensa tai esittää kommentteja kysymyksestä, sen aihepiiristä tai kysymyksenasettelusta. Monivalintakysymysten lisäksi joukossa oli myös pelkästään sanallisesti vastattavia kysymyksiä.

Väittämien ja niiden argumenttien muodostamisessa pyrittiin noudattamaan tiettyjä peruseriaatteita. Kukin väittämä perusteluineen muodostettiin mahdollisimman loogiseksi sekä itsessään että suhteessa muihin väitteisiin ja niiden perusteluihin. Väittämät perusteluineen pyrittiin myös laatimaan mahdollisimman yksiselitteisiksi, ymmärrettäviksi ja läpinäkyviksi siten, että niiden muodostamisessa käytettävät taustatiedot ovat helposti jäljitettävissä ja panelistien saatavilla. Lisäksi väittämien ja niiden perustelujen muodostamisessa pyrittiin huomioimaan se, että energiaratkaisut vaikuttavat tulevaisuuteen yli tulevien sukupolvien.

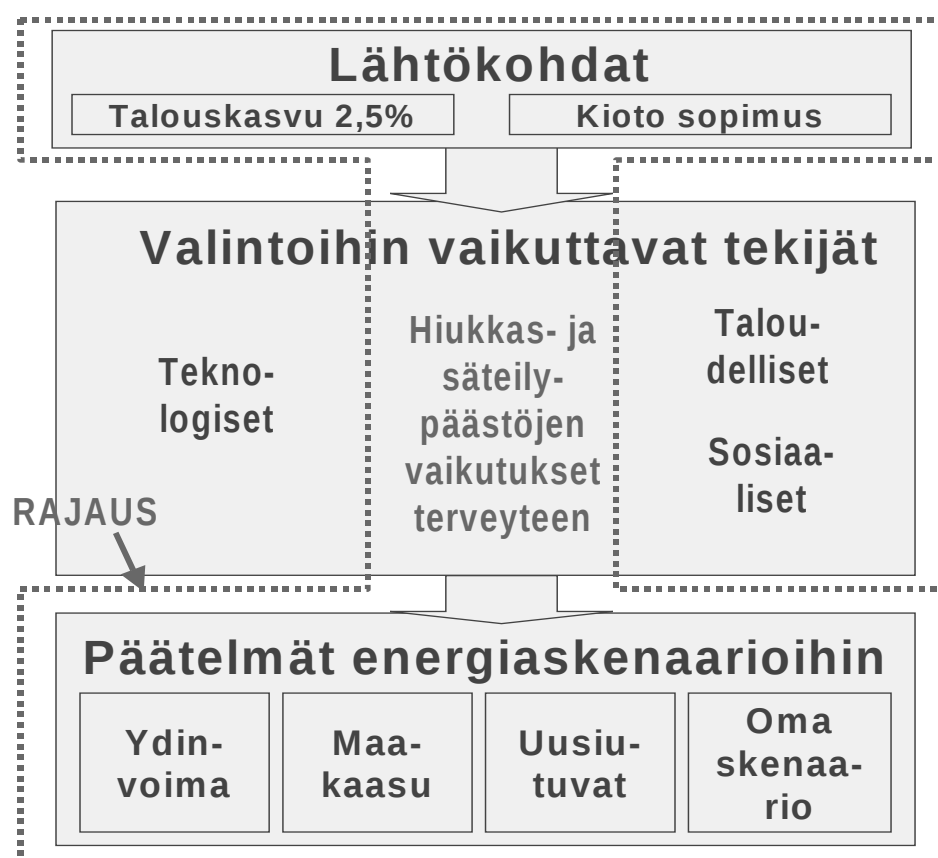
Ensimmäisen vaiheen kysely rakentui kolmesta eri osiosta käsittäen energiantuotannon terveysvaikutuksia koskevat yleiset taustakysymykset sekä hiukkaspäästöihin ja säteilypäästöihin liittyvät kysymykset. Tausta-aineistoina käytettiin tieteellisen aineiston ohella edellisessä luvussa mainittuja keskeisiä lähteitä, valtioneuvoston energiapoliittisen selonteon yhteydessä tehtyä Suomen energiastrategiaa sekä osana kansallisen ilmastostrategian laadintaa toteutettuja ohjelmia uusiutuvista energialähteistä (KTM 1999) sekä energiansäästöstä (KTM 2000). Valtioneuvoston selonteko (VNS 1/2001 vp) eduskunnalle kansallisesta ilmastostrategiasta (15.3.2001) ja kauppa- ja teollisuusministeriön kokoama kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys (KTM 2001) valmistuivat hankkeen toteutuksen aikana eivätkä siten olleet lopullisina hankkeen käytettävissä.

Vastaaja saattoi halutessaan vastata vain oman erityisosaamisalueensa kysymyksiin (joko hiukkaset tai säteily) tai kaikkiin kohtiin. Kaikki kuusi valittua asiantuntijaa vastasivat kyselyyn, osa kokonaisuudessaan ja osa osittain.

4.2.4 Tutkimuksen toinen kierros

Toisella kierroksella ensimmäisen kierroksen lomaketta täydennettiin paitsi saaduilla asiantuntija-arvioilla, myös uusilla talouskasvua, Kioto-sopimusta ja energiavalintoja koskevilla kysymyksillä. Ensimmäisen kierroksen vastaajat eivät enää osallistuneet tutkimuksen toiselle kierrokselle, mitä voidaan perustella heidän kapealla pääasiassa säteilyyn tai pienhiukkasiin kohdistuvalla asiantuntemuksellaan. Toisen kierroksen panelistit saivat kysyessään tiedon siitä, keitä olivat ensimmäisen kierroksen asiantuntijat. Asiantuntijoiden kommentit ja näkemykset sen sijaan esitettiin nimettöminä ja tarkasti siinä muodossa kuin vastaajat olivat ne esittäneet.

Toisella kierroksella mukaan tulleiden panelistien näkökulmasta vastaamista voidaan luonnehtia seuraavasti. Taloudellista kasvua ja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamista koskevista yleisistä taustatekijöistä tarkastelu kavennettiin vain energiavaihtoehtojen terveydellisiin hiukkas- ja säteilypäästöihin liittyviin vaikutuksiin. Näiden melko yksityiskohtaisen käsittelyn jälkeen näkökulma kyselyssä jälleen laajeni palaamalla energiaskenaarioihin tavoitteena arvioida terveydellisiin vaikutuksiin liittyvien seikkojen merkitystä panelistien energiaskenaariovalintoihin. Toisen kierroksen lomakkeessa tehdyt rajaukset ilmenevät kuvasta 8.



Kuva 8. Delfoi-hankkeen rakenne, keskeiset lähtökohdat, keskeiset energiatuotannon skenaarioihin vaikuttavat tekijät sekä hankkeessa tehdyt tarkastelun rajaukset.

Toisen kierroksen lomake on esitetty liitteessä C. Lomaketta käyttäen Torsti Loikkanen ja Tarja Turkulainen (VTI) haastattelivat 7 ja Osmo Kuusi (Sitra) 8 kansanedustajaa. Yksi edustaja antoi kirjallisen vastauksen. Haastatteluihin käytettiin aikaa keskimäärin noin puolitoista tuntia. Haastattelujen kuluessa haastattelijat varmistivat, että haastattelut ottivat huomioon kuuden asiantuntijan kommentit. Muihin kolmeen osapaneeliin kutsuttiin kuhunkin noin 10 edustajaa. Kaksikymmentä eli noin kaksi kolmannesta muihin paneeleihin kutsutuista vastasi lomakkeeseen kirjallisesti. Heidän, kuten myös tutkimukseen osallistuneiden kansanedustajien nimet on esitetty liitteessä A.

Kolmannen kierroksen lopulliset vastaukset on koottu liitteen E näkökohtakarttaan. Esitetyt näkökohdat on koottu näkökohtakarttaan panelistiryhmittäin ja panelistien eri kysymyksiin antamien vastausten perusteella. Seuraavassa käydään yleisellä tasolla läpi saatuja vastauksia lähinnä taustoittavien kysymysten osalta. Yksityiskohtien osalta viitataan kolmannen kierroksen näkökohtakarttaan, mikä jonkin verran, mutta ei kovin olennaisesti, poikkeaa taustoittavien kysymysten osalta toisen kierroksen tuloksista.

Toisen kierroksen lomakkeen ensimmäiset kysymykset liittyivät vastaajien valmiuteen hyväksyä Kioto-sopimus ja KTM:n ja valtiohallinnon yleisesti käyttämä 2,5 % vuotuinen kasvuarvio tarkastelujen lähtökohdaksi. Muutamaa lukuun ottamatta vastanneet hyväksyivät Kioto-sopimuksen energiaratkaisujen lähtökohdaksi. Lähinnä kestävän kehityksen vaatimuksiin viitaten vajaa viidennes vastanneista piti kasvuarviota liian korkeana. Vaikka tätä näkökantaa edustanut katsoi korkeampaa kasvua puolustaneiden tavoin, että talouskasvun merkitys kestävän kehityksen kannalta riippuu keskeisesti sen sisällöstä, hän viittasi tutkimukseen, jonka mukaan kestävä talouskasvu olisi vain 1,3% vuodessa. Usea kansanedustaja oli kuitenkin sitä mieltä, että hyvinvointipalvelujen turvaaminen vaatii vähintään 2,5% kasvua.

Terveysvaikutuksiin liittyviin kysymyksiin palataan luvussa 4.3, ja ne sivuutetaan tässä yhteydessä. Energiavaihtoehtojen osalta panelistit toivat esille energiantuotantorakenteen muutoksiin vaikuttavina tekijöinä terveydellisten vaikutusten ohella mm. vapautuneiden markkinoiden vaikutuksen sekä Kioto-sopimuksen oletetut seurausvaikutukset. Väittämät ja argumentit käsittelivät mm. energiantuotannon rakennetta ja sen teknologisia muutoksia (energian säästömahdollisuudet, parannustekniikat, uudet aiempia korvaavat uudet tekniikat), energian hinnan muutoksia ja niiden taloudellisia ja sosiaalisia seurauksia sekä energiantuotantorakenteen muutosten sosiaalisia vaikutuksia. Energian kulu-

tuksen muutosten osalta tuotiin esille mm. muutokset energian kulutusrakenteessa, kulutukseen liittyvät teknologiset, taloudelliset ja sosiaaliset muutokset sekä niiden vaikutukset teollisuudessa, kotitalouksissa ja muissa kuluttajaryhmissä.

Kuten useat energiakysymyksiä koskevat mielipidetiedustelutkin osoittavat, vaihtelevat kansalaisten näkemykset energiakysymyksistä eri aikoina tehdyissä tutkimuksissa. Mielipiteiden vaihtelevuuteen vaikuttavat mm. energialähteiden hyväksyttävyys, arvojen ja asenteiden muutokset ja eettiset seikat. Energiakysymysten arvottamisessa keskeisen ongelman muodostaa se, miten erilaisia kysymyksiä ja kysymysryhmiä voidaan yhteismitallistaa. Keskeiset arvottamisessa huomioon otettavat kysymykset liittyvät taloudellisiin, sosiaalisiin ja ekologisiin näkökohtiin sekä vaikutuksiin ja arvoihin. Esimerkiksi energian hinnanmuutosten kautta taloudelliset vaikutukset voivat liittyä teollisuuden kilpailukykyyn, kotitalouksien tulojen muutoksiin, tulonjakoon tai valtiotaloudellisiin vaikutuksiin. Vastaavasti sosiaaliset vaikutukset voivat koskea hyvinvointia, terveydellisiä kysymyksiä, aluepoliittisia seikkoja, jne. Ekologiset kysymykset puolestaan liittyvät mm. kasvihuonekaasupäästöjen ilmastomuutoksiin ja siitä seuraaviin hyvinvointivaikutuksiin.

4.2.5 Tutkimuksen kolmas kierros

Delfoi-tutkimuksen kolmatta kierrosta varten II kierroksen vastauksista koostettiin yhteenveto, joka lähetettiin vastaajille kommentoitavaksi. Kukin vastaaja sai lomakkeen, joka oli yhteenveto kaikista saaduista vastauksista ”karttana” (liite D, jota on täydennetty III kierroksen vastauksilla), mihin sisällytettiin kaikki selvän asiasisällön omaavat kirjallisesti esitetyt tai haastattelujen yhteydessä kirjatut ja haastatelluilla hyväksytyt näkökohdat. Kartan perusruudukko muodostuu kysymyksiin (topiceihin) annetuista tyypillisesti hyväksyn/en hyväksy/ei kantaa -vastauksista sekä osapaneelist, jota henkilö tai tahon edustaa. Kunkin ruudun osalta on esitetty, kuinka monta vastannutta siihen asettui. Joissakin tapauksissa vastaus oli usean tiettyä tahoa edustavan henkilön yhteinen vastaus, mikä on täysin hyväksyttävä menettely argumentoivassa Delfoi-tutkimuksessa.

Karttaa laadittaessa pidettiin keskeisen tärkeänä, että kaikki esitetyt näkökohdat todella tulivat kirjatuksi argumenttikarttaan riippumatta siitä, kuinka uskottavina tai hyvinä tutkijat tai ohjausryhmä niitä pitivät. Kartan luettavuuden kannalta ja toiston välttämiseksi

seksi oli kuitenkin välttämätöntä jossain määrin muokata alkuperäisiä kommentteja, yhdistellä niitä ja sijoittaa niitä loogisesti sopivimpiin ruutuihin. Muokkausprosessin luonteen havainnollistamiseksi liitteessä E on esitetty muokkauksen lähtökohtana olleet alkuperäiset vastaukset muutamaa kysymykseen. Arvoviritteisen tutkimuskohteen vuoksi kaikessa aineiston muokkauksessa on pyritty suureen läpinäkyvyyteen eli tutkijaryhmä on valmis perustelemaan jokaisen esitetyn alkuperäisen näkökohdan kohtelua karttaa laadittaessa.

Kolmannen vaiheen vastaamisen helpottamiseksi vastaajille esitettiin tummennettuna hänen ”oma ruutunsa” kussakin kysymyksessä. Panelisteille tarjottiin mahdollisuutta kolmen tasoiseen kommentointiin. Vähimmäistaso oli omien monivalintavastausten tarkistaminen ja niitä edustavien ”omien ruutujen” sisältämien näkökohtien tarkistaminen. Jos kolmannella kierroksella ei lainkaan vastattu, tämä tulkittiin siten, että henkilö tai taho oli valmis hyväksymään II kierroksella antamansa vastaukset sekä näkökohdat, joilla ”omissa ruuduissa” niitä perusteltiin.

Vaihtoehtoina vähimmäiskommentoinnille olivat aktiivinen kommentointi, joka kohdistui myös muissa ruuduissa esitettyihin näkökohtiin sekä perusteellinen kommentointi. Viimeksi mainitulla tarkoitettiin sitä, että panelisti liitti vastauksensa perusteluksi mukaan tutkimusraportin tai muun yksityiskohtaisen selvityksen.

Valtaosa vastaajista joko jätti vastaamatta kolmannella kierroksella (21 kpl) tai teki vain vähimmäistason tarkistuksia (10 kpl). Aktiivisia kommentoijia oli 4 kpl. Kaksi vastaajaa voidaan tulkita perusteellisiksi kommentoijiksi.

4.3 Kyselyn osiot (topicit) ja niihin saadut vastaukset

Kysely rakentui neljän alakohdan ympärille: energiakysymyksen reunaehdot (taloudellinen kehitys ja energian käytön kasvu, Kioto-sopimus ja rajaukset), hiukkaspäästöt, säteilypäästöt sekä energian tuotantoa koskevat skenaariot. Hiukkas- ja säteilypäästöjen osalta vastaajilla oli käytössään I vaiheen asiantuntijakommentit vastaustensa tukena, sekä lisäksi energian tuotantoon ja päästöihin liittyvää tausta-aineistoa. II kierroksen kyselylomakkeen pohjana käytettiin I kierroksen lomaketta täydennettynä asiantuntijavastauksilla. Lisäksi II vaiheessa lomakkeeseen lisättiin kysymykset liittyen energian kulutuksen ja

talouskasvun väliseen riippuvuuteen ja Kioto-sopimuksen toteuttamiseen sekä eri skenaariovaihtoehdot, joihin vastaajien tuli ottaa kantaa muun aineiston, aikaisemman kokemuksensa ja oman tietämyksensä perusteella.

Kysely käsitellään seuraavassa vastaavassa järjestyksessä kun se esitettiin panelisteille kyselyn yhteydessä eli lähtien ns. reunaehtokysymyksistä hiukkasten ja säteilyn terveysvaikutusten kautta skenaarioiden käsittelyyn (ks. Kuva 8). Kussakin topicissa on ensin esitetty lyhyt asiatausta, jonka jälkeen asiantuntijoiden kommentit on kirjattu sellaisenaan sekalaisessa järjestyksessä. Tämän jälkeen panelistien näkemykset on esitetty tiivistetysti poimien keskeisimpiä argumentteja vastauksista. Liitteessä D on esitetty laajempi argumenttikartta sekä liitteessä E muutaman esimerkkikysymyksen osalta täydellinen lista panelistien vastauksista. Toisen ja kolmannen vaiheen vastauksia ei ole suurimmassa osassa kysymyksiä eritelty, sillä kolmannessa vaiheessa tehdyt korjaukset ja lisäkommentit olivat melko lailla vähäisiä. Lukijan on syytä kiinnittää huomiota siihen, että kyseessä ei ollut tilastollisesti valittu vastaajajoukko, eikä vastausten jakaumasta voida vetää johtopäätöksiä keskimääräiseksi vastausten jakaumaksi.

Pääkohtiin liittyvät taustatiedot on esitetty kehystettynä ”laatikossa” kunkin kohdan alussa. Laatikoissa on esitetty myös asiantuntijoiden kommentit sellaisenaan sekalaisessa järjestyksessä. Asiantuntijat eivät ottaneet kantaa kaikkiin kysymyksiin, joten näissä tapauksissa on esitetty ainoastaan panelisteille esitetyt taustatiedot. Tämän jälkeen on lyhyesti luonnehdittu ensin asiantuntijakierroksen ja sitten laajan kyselyn aineistoa. Viittaus asiantuntijoihin tarkoittaa yleisesti ensimmäistä kyselykierrosta, vaikkakin laajassa aineistossa oli mukana myös suuri joukko oman alansa asiantuntijoita. Panelisteilla taas tarkoitetaan kyselyn toisella ja kolmannella kierroksella vastanneita. Toisen ja kolmannen vaiheen osalta tiivistetyt kommentit sekä vastausten jakauma on tarkistettavissa liitteestä E.

Panelistien kommentteista on lisäksi nostettu muutamia kohtia tarkemman tarkastelun kohteiksi. Nämä kohdat on seuraavassa esitetty tummennetulla pohjalla, ja niiden sisältö on tutkijoiden kirjoittamaa, eikä se ole ollut varsinaisessa kyselyssä vastaajien kommentoitavana.

4.3.1 Taloudellinen kehitys ja energian tarve

Valtioneuvosto lähtee energiastrategiassaan siitä, että Suomen kansantalouden kokonaistuotanto kasvaa tarkastelun kohteena olevan seuraavan kolmenkymmenen vuoden aikana. Lähtökohtana on, että talouden vuosikasvu olisi keskimäärin 2,5 prosenttia, mikä on jonkin verran pienempi kuin viimeisten vuosikymmenten kasvuvauhti. Tämä kaksinkertaistaisi nykyisen kansantalouden kokonaistuotannon vuoteen 2025 mennessä. (VNS 5/1997 vp)

Bruttokansantuotteen volyymin kasvuennusteet päivitettiin kansallisen ilmasto-ohjelman suunnittelun yhteydessä. Tällöin päädyttiin vain prosentin kymmenyksen pienempään kasvuennusteeseen. Tarkastelujaksolla 1998-2020 kansantuotteen arvioitiin kasvavan 2,4 prosenttiyksikköä. Kasvu on arvioitu olevan voimakkainta sähköteknisten tuotteiden valmistuksessa (5,1%) ja heikointa maa- ja metsätaloudessa sekä kaivannaistoiminnassa (0,8%). Palveluiden kasvuksi arvioitiin 2,6 %. (KTM 2001)

Energiapanelisteja pyydettiin ottamaan kantaa siihen, voiko energian käyttö perustua energiastrategiassa esitettyyn arvioon taloudellisesta kehityksestä. Valtaosa paneeliin vastanneista oli samaa mieltä väitteen kanssa. Panelistien mielestä talouden kasvulla ja energiankulutuksella on riippuvuus, vaikka teollisuuden rakennemuuton on tätä heikentänyt ja tulee jatkossa yhä heikentämään. Tulevaisuudessa aikaisempaa suuremman osan kansantalouden kasvusta synnyttää vähemmän energiantensiivinen teollisuus. Kriittisesti suhtautuvat toivat esiin, että ympäristön kannalta kestävän talouskasvun on esitetty olevan vain n. 1,3%, joten 2,5% vuodessa tapahtuu ympäristön kustannuksella.

★ *BKT, taloudellinen kasvu ja ympäristö*

Energia 2010 –teknologian arviointihankkeessa panelistien tuli ottaa kantaa kahteen lähtökohtaan, oletukseen 2,5 %:n taloudellisesta kasvusta sekä oletukseen Kioto-sopimuksesta yhtenä lähtökohtana. Jotkut panelistit toivat esille niitä ongelmia, mitä liittyy BKT:n käyttöön hyvinvoinnin ja taloudellisen menestymisen mittarina erityisesti ympäristönäkökulmasta. Yhden panelistin mukaan ”kestävä talouskasvu on sellaista, joka huomioi ympäristön tilan ja luonnonvarojen kulutuksen luonnon monimuotoisuuden ja tulevat sukupolvet. Esimerkiksi Advance Sustainability Analysis –tutkimuksen mukaan (J. Luukkanen ym.) kestävä talouskasvu on vain noin 1,3 %, joten 2,5%:n kasvu tapahtuu ympäristön kustannuksella”. Seuraavassa joitakin BTK:n ongelmia ao. lähteiden pohjalta.

BKT:n käyttöön hyvinvoinnin mittarina liittyy tunnettuja ongelmia. BKT mittaa esimerkiksi vain tuotantoa, ei hyvinvointia – esimerkiksi hyvinvoinnin kannalta olennaista kulutusta ja kuluttajien preferenssieroja. Tuotantoon keskittyvän mittaamisen takia mm. hyödykkeiden ja palvelujen väliset hyvinvointierot, niukkojen ympäristöresurssien hyvinvointivaikutus, samoin kuin tulonjaon, työolosuhteiden, terveyden tai turvalliseen tulevaisuuteen liittyvät hyvinvointivaikutukset jäävät tarkastelematta. Näitä BKT:n ongelmia on käsitelty alan kirjallisuudessa (ks. esim. Daly & Cobb, Huetting).

Ympäristökysymysten kannalta tärkeä näkökulma on, ettei BKT sisällä ns. ulkoisvaikutuksia eli ”eksternaliteetteja”. Ulkoisvaikutus syntyy yrityksen tai kuluttajan tuotannon tai kulutuksen vaikuttaessa välittömästi toiseen yritykseen tai kuluttajaan; ”välittömästi” viittaa siihen, ettei vaikutus synny markkinoiden eikä hintamekanismin kautta. Eksternaliteetit ovat markkinoiden ulkopuolisia vaikutuksia ja ne voivat olla positiivisia (esim. tiedon leviäminen ”ilmaiseksi”) tai negatiivisia (ympäristöhaitat, jotka syntyvät lähinnä ilman tai veden kaltaisten julkishyödykkeiden ”omistamattomuuden” takia).

Bruttokansantuotteen sisältöön liittyviä ongelmia on pyritty ratkaisemaan kehittämällä toisia, täydentäviä mittareita. Sellainen on mm. nettokansantuote, jossa otetaan huomioon tuotannon yhteydessä tapahtuva luonnonvarojen ja -varantojen väheneminen.

Lähteet:

Daly, H.E. and Cobb Jr., J.B. 1990 *For the Common Good, Redirecting the Economy toward Community, the Environment, and a Sustainable Future*, Green Print.

Huetting, R. 1992 *Growth, Environment and National Income: Theoretical Problems and a Practical Solution*, in: *Rel-Life Economics, Understanding Wealth Creation*, Eds. Ekins, P. and Max-Kneef, M. Routledge)

4.3.2 Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen

Kiotossa 1-10.12.1997 pidetyn YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksen osapuolikonferenssin kolmannessa istunnossa EU:n kasvihuonekaasupäästöjen kokonaisvähennystavoitteeksi sovittiin – 8 % sitoutumiskaudella 2008 – 2012. Suomen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen alentaminen vuoden 1990 tasolle vuoteen 2010 mennessä. Paavo Lipposen II hallituksen ohjelman mukaisesti kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään Suomelle asetettujen kansainvälisten velvoitteiden mukaisesti, sektorikohtaiset valmistetut kootaan toimenpideohjelmaksi, yhteistoimeenpanohankkeet sisällytetään osaksi lähi-alue- ja kehitysyhteistyötä sekä lisätään biomassan osuutta energiatuotannossa. (VNS 5/1997 vp; Paavo Lipposen II hallituksen ohjelma.)

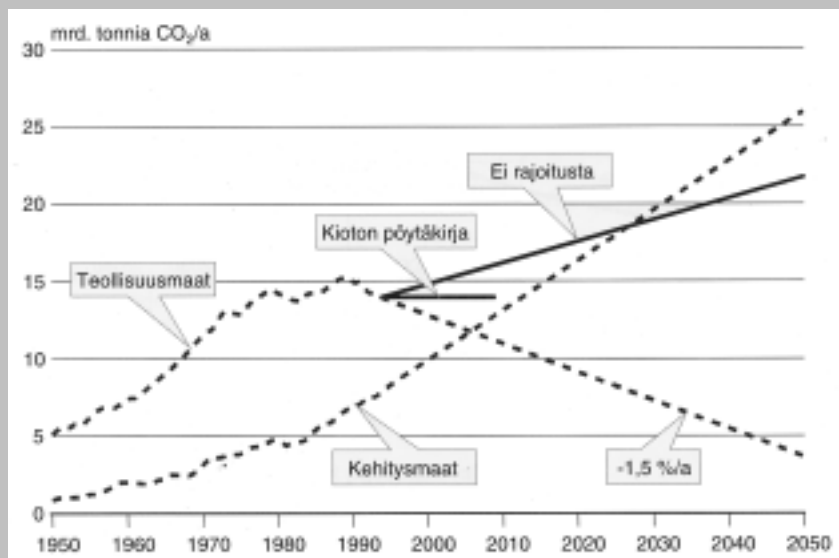
Bonnin ilmastoneuvotteluissa 16.-27.7.2001 päästiin poliittiseen yhteisymmärrykseen Kioton pöytäkirjan tarkemmista säännöistä, jotka sisältävät myös nielut, mekanismit, rahoituksen kehitykselle ja velvoitteiden noudattamisen valvonnan. Pöytäkirjan taakse asettuivat Yhdysvallat lukuun ottamatta kaikki teollisuusmaat.

Vastaajien mielestä Kioto-sopimuksen ottaminen lähtökohdaksi energiapaneelin työskentelylle oli perusteltua ja lähes kaikki pitivät sen ottamista paneelin työskentelyn lähtökohdaksi perusteltuna. Sopimuksen tämänhetkiset takertelut on nähtävä ohimenevinä ja vaikka sopimus vesittyisikin, kasvihuonekaasujen määrää tulee vähentää joka tapauksessa. Suomella nähtiin kansainvälisissä sopimuksissa edelläkävijän rooli, ja sopimuksia tulisi noudattaa kärkipäässä, mikäli siitä ei ole uhkaa kilpailukyvyille. Osa vastaajista näki Kioto-sopimuksen vasta alkuna, jonka jälkeen on tulossa uusia tiukempia rajoituksia ja niihin sopeutumisen tulisi alkaa jo nyt. Suurempi päästövähennys edellyttää todellista rakennemuutosta energiantuotannossa ja –käytössä. Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseen liittyvää kysymystä ei esitetty säteily- ja hiukkaspäästöjen asiantuntijoille.

★ *Kioto-sopimus ja Post-Kioto*

Rio de Janeirossa vuonna 1992 pidetyssä YK:n Ympäristö- ja kehityskonferenssissa hyväksyttiin YK:n ilmastomuutoksen puitesopimus eli ns. ilmastopopimus. Sopimuksen tavoitteena oli vakiinnuttaa kasvihuonekaasupäästöpitoisuudet ilmakehässä tasolle, joka ei vaaranna ilmakehän tilaa ja toimintaa. Teollisuusmaiden tavoitteeksi asetettiin päästöjen palauttaminen vuoden 1990 tasolle vuosituhaten vaihteeseen mennessä. Jatkoneuvottelujen tuloksena syntyi vuonna 1997 ns. Kioton-pöytäkirja, jossa teollisuusmaat sitoutuivat vähentämään päästöjä siten, että kuuden kasvihuonekaasun (hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi, HCF:t, PCF:t ja SF₆) päästöjen kokonaismäärä laskee vähintään 5,2 % vuoden 1990 tasosta sitomusjaksolla 2008-2012. Yleistavoite on edelleen jaettu pöytäkirjassa maakohtaisiksi tavoitteiksi.

Kioton pöytäkirjan avoimeksi jääneitä kohtia on käsitelty ilmastopopimuksen osapuolikokouksissa. Viimeisin 6. osapuolikokous (COP6) saatiin päätökseen Bonnissa heinäkuussa 2001, sen jälkeen kun se oli keskeytetty Haagissa marraskuussa 2000 ilman lopullisia ratkaisuja. Bonnissa päästiin poliittiseen yhteisymmärrykseen pöytäkirjaan liittyvistä nieluista, mekanismeista, rahoituksesta kehitysmailla sekä velvoitteiden noudattamisen valvonnasta. COP7 pidetään marraskuussa 2001 Marokossa.



Kuva 9 Hiilidioksidipäästöt fossiilisista polttoaineista (Savolainen ym. 2000)

Elokuuhun 2001 mennessä Kioto-sopimuksen oli ratifioinut lähes 40 maata, jotka olivat pääosin kehi-

tysmaita. Sopimuksen voimaantulo vaatii ratifioinnin 55 maassa, siten, että maiden päästöjen on muodostettava vähintään 55% teollisuusmaiden vuoden 1990 päästöistä.

Kioto sopimuksessa esitetyt päästövähennykset vaikuttavat kovin vähän ilmakehän pitoisuuksiin ja kasvihuoneilmiön etenemiseen. On arvioitu (Savolainen, ym. 2000), että ilman Kioto-sopimuksen rajoituksia ilman hiilidioksidipitoisuus kasvaisi n. 20 ppm vuosien 1990 ja 2010 välillä teollisuusmaiden päästöjen takia ja 15 ppm kehitysmaiden päästöjen takia. Kioto-sopimuksella saataisiin teollisuusmaiden päästöistä aiheutuvaa pitoisuuden nousua alennettua 2 ppm eli tasolle 18 ppm. Fossiilisista polttoaineista peräisin olevien hiilidioksidipäästöjen kasvua on kuvattu kuvassa 10, jossa on kuvattu myös Kioto pöytäkirjan mukaisten päästövähennysten vaikutusta. Rion ilmastopöytäkirja ja Kioto pöytäkirja voidaan kuitenkin nähdä alkuna globaalille vuosikymmeniä kestäväälle prosessille, jonka avulla kasvihuonekaasupäästöjen määrä saadaan alennettua siedettävälle tasolle. Samalla menettelytavaksi vakiintuu maailmanlaajuinen neuvottelumekanismi. Kioto tarvitsee seurakseen uusia sopimuksia.

Lähteet:

Ympäristöhallinnon www-sivut, www.vyh.fi. Viitattu syyskuussa 2001

Savolainen, I., Tuhkanen, S., Ohlström, M., Pipatti, R., Pingoud, K. & Johansson, A. Teknologia ja ilmastomuutos. Lätökohtia Climtech-teknologiaohjelmalle. TEKES, Teknologia katsaus 85/2000.

4.3.3 Energiantuotannon terveysvaikutukset

Terveysvaikutukset pelkistetään tässä tutkimuksessa energiantuotantomuodoista aiheutuviin kuolemantapauksiin. Mittarina käytetään kuolemantapausten lisäystä / vähennystä, jonka nykytietämyksen perusteella arvioidaan aiheutuvan tietyn energiantuotantomuodon käytöstä tai käyttöönotosta seuraavasta tapahtumasta (esim. onnettomuudesta). Tarkasteltava ajanjakso on seuraavat 30 vuotta.

Kysymys: Miten käyttökelpoinen edellä kuvattu mittari mielestäsi on?

- ”Käyttökelpoinen, mutta ei yksin. Myös ekologiset ja kansantaloudelliset kokonaisvaikutukset tulee huomioida. Näillä pitkällä ajanjaksolla suurempi – myös kansantalousterveystieteellinen relevanssi – kuin tapahtumista välittömästi aiheutuvien kuolemantapausten määrällä.”

- ”Mittari ei kuvaa kovin hyvin taloudellisia menetyksiä. Täytyisi huomioida myös sairastumisista johtuvat kustannukset kuten vastaanotoilla käynnit, sairaalassa olokustannukset, lääkekustannukset, töistä poissaolot jne.”
- ”Mittarin käyttökelpoisuus on varsin rajallinen. Kuolemantapaukset ovat vain yksi terveysindikaattori. Koko elinkaaren huomioonottaminen on välttämätöntä jotta voidaan arvioida esim. aurinko- tai tuulienergian terveyshaittoja.”
- ”Periaatteessa erittäin käyttökelpoinen, mutta teknisesti ja osin filosofistisesti vaikea (painotetaanko esim. sairauspäivät jollakin kertoimella kuolemantapauksiksi?)”
- ”Kohtuullisen käyttökelpoinen”

Kysymys: Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ensisijassa pienhiukkaspäästöihin ja säteilyyn liittyviä kuolemantapauksia. Ovatko energian tuotantoon liittyvät kuolemantapaukset mitattavissa pelkästään hiukkasiin ja säteilyyn liittyvillä kuolemantapauksilla?

- ”Polttoaineen tuotanto ja kuljetus (liikenneonnettomuudet) kuuluvat myös tähän”
- ”Eivät, sillä kaikkiin energiantuotantomuotoihin liittyy myös työympäristö- ja työterveysriskejä sekä kansanterveydellisiä riskejä. Etenkään edelliset eivät rajoitu hiukkasiin ja säteilyyn”
- ”Ei likimainkaan. Välttömästi energiantuotantoon liittyvät myös muiden ilmansaasteiden, pato- ja kuljetusonnettomuuksien, kaivosonnettomuuksien, öljypalojen, kaasuräjähdyksen sekä energian säästötoimista välillisesti aiheutuvat kuolemantapaukset.”
- ”Eivät. Koko tuotantoketju pitää arvioida (louhinta, kuljetus) ja ottaa myös välilliset vaikutukset huomioon (mm. kasvihuoneilmiö)”
- ”Eivät. Onnettomuustapaukset koko logistiikkaketjussa täytyy lisätä mukaan. Orgaanisten yhdisteiden (hiukkaset ja kaasut) vaikutukset tuntemattomia.”

Tutkimus rajattiin käsittelemään energiantuotannon terveysvaikutuksia ja erityisesti hiukkas- ja säteilypäästöjä. Kyselyn ensimmäisessä vaiheessa asiantuntijoilta ja toisessa vaiheessa koko paneelilta kysyttiin kuitenkin, onko heidän mielestään tällainen rajaaminen järkevää ja missä määrin terveysvaikutuksia voidaan arvioida pelkästään liittyen säteily- ja hiukkaspäästöistä aiheutuviin kuolemantapauksiin. Vastauksissa panelistit esittivät runsaasti argumentteja puolesta ja vastaan. Muutama panelisti koki rakenteen johdattelevaksi, sillä etukäteen tehdyistä rajauksista johtuen vastaaja ei voinut vaikuttaa kyselyn rakenteeseen, vaan tutkimuksessa rajauduttiin terveysvaikutuksiin, vaikka vastaaja olisikin kokenut rajauksen riittämättömäksi ja ehdotetun mittarin käyttökelvottomaksi.

Aihepiiriin liittyvistä kahdesta kysymyksestä ensimmäisessä tiedusteltiin vastaajilta, onko heidän mielestään mahdollista käyttää tutkimuksessa energiantuotannon terveysvaikutusten mittarina kuolemantapausten määrää. Terveysvaikutusten mittariksi ehdotettiin kuolemantapausten lisäystä tai vähennystä, joka nykytietämyksen mukaan arvioidaan aiheutuvan tietyn energiantuotantomuodon käytöstä tai käyttöönotosta seuraavasta tapahtumasta esim. onnettomuudesta seuraavien 30 vuoden aikana. Säteily- ja hiukkaspäästöjen **asiantuntijat** pitivät tällaista indikaattoria jossain määrin käyttökelpoisena, vaikkakin siihen liittyy teknisesti ja osin myös filosofistisestikin eräitä ongelmia, kuten esim. painotetaanko sairauspäivät jollain kertoimella kuolemantapauksiksi. Kansantaloudelliset ja ekologiset kokonaisvaikutukset tulisi myös huomioida, sillä niillä on pitkällä ajanjaksolla suurempi relevanssi myös kansanterveyden suhteen kuin tapahtumista välittömästi aiheutuvien kuolemantapausten määrään. Lisäksi painotettiin energiantuotannon koko elinkaaren aikaisten vaikutusten tuntemista ja tunnistamista.

Panelistit korostivat erityisesti kuolemaan johtavien syiden moninaisuutta ja eri tekijöiden yhteisvaikutuksia, jolloin tietystä lähteestä aiheutuvia ennenaikaisia kuolemantapauksia on hyvin vaikea määrittää. Kuolemansyytutkimukset eivät kaikin osin ole yksiselitteisiä ja erityisesti säteilyn aiheuttamien tautien tunnistamisen on ongelmallista. Kaikki terveydelliset haitat tulisi huomioida ja pyrkiä niiden vähentämiseen ihmisten elinolosuhteiden parantamiseksi. Muiden mittareiden mukaanoton vaikutuksia pitäisi selvittää. Kuitenkin kuolemantapaukset arvioitiin riittävän vahvaksi indikaattoriksi muuttamaan kuluttajien valintatottumuksia ja halukkuuteen maksaa tuotteista enemmän esim. vapailla sähkömarkkinoilla. Panelisteista noin puolet piti mittaria käyttökelpoisena ja toinen puoli käyttökelvottomana.

Toinen terveysvaikutuksiin liittyvä kysymys koski aihepiirin rajaamista ainoastaan säteilyyn ja pienhiukkaspäästöihin liittyviin kuolemantapauksiin. **Asiantuntijat** olivat yksimielisiä siitä, että energiantuotannon terveysvaikutukset eivät ole mitattavissa ainoastaan säteily- ja hiukkaspäästöistä aiheutuvilla kuolemantapauksilla. Erityisesti korostettiin elinkaarinäkökulmaa eli koko tuotantoketjusta aiheutuvien vaikutusten huomioimista. Kaikkiin energiantuotantomuotoihin liittyy myös työympäristö- ja työterveysriskejä sekä kansanterveydellisiä riskejä, jotka eivät rajoitu ainoastaan hiukkasiin ja säteilyyn. Myös välilliset vaikutukset tulisi huomioida, esim. kasvihuoneilmioista välillisesti aiheutuvat terveysvaikutukset. Terveysvaikutuksia todettiin liittyvän myös muihin ilmansaasteisiin,

pato- ja kuljetusonnettomuuksiin, kaivosonnettomuuksiin, öljypaloihin, kaasuräjähdyksiin sekä orgaanisiin yhdisteisiin.

Laajan kyselyn vastaajista enemmistö (22/37) ei pitänyt rajausta säteily- ja hiukkaspäästöihin riittävänä arvioitaessa koko energiantuotannon terveysvaikutuksia ja lopuistakin puolet olivat kannassaan epäileviä. Argumenteissa korostuivat samat asiat kuin asiantuntijoillakin: kuolemaan johtaneiden syiden moninaisuus, energiantuotannon koko elinkaaren huomioiminen, työympäristöön ja työterveyteen liittyvät riskit, homeongelmat, liikenteen merkittävä osuus pienhiukkasten lähteenä erityisesti taajamissa, jne.

4.3.4 Hiukkaspäästöt

Viimeaikaisten kansainvälisten tutkimusten tulosten mukaan polttoprosesseista peräisin olevat pienikokoiset hiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimmat terveyshaittojen aiheuttajat. (Suomen energiastrategia, VN:n energiapoliittinen selonteko 3.6.1997)

- ”Näyttö pienhiukkasten terveyshaitoista on 1997 jälkeen vain lisääntynyt, nimenomaan on vahvistunut se että juuri polttoperäiset pienhiukkaset ovat haitallisimmat. (Samaa mieltä).”
- ”Liikenne kuitenkin suurin lähde, samoin pienet polttoyksiköt, joissa ei hiukkaspudistusta. (Samaa mieltä)”
- ”Kyseessä on tietenkin aina yhteisvaikutus, mutta parhaiden väestötutkimuksien mukaan paras korrelaatio on pienhiukkasiin (alle 2,5 µm) (Samaa mieltä)”
- ”Kaasumaiset päästöt ovat kontrolloitavissa. Hiukkasille ei löydy vielä esim. liikenteessä (diesel- ja resuspendoituneet hiukkaset) kontrolliteknikoita (Samaa mieltä)”

On arvioitu (Jokiniemi ym. 2000), että yhdyskuntailman epäpuhtauksien aiheuttamat laajamittaisimmat ja vakavimmat haitat (mm. lisääntynyt kuolleisuus, lisääntyneet hengitys- ja sydänsairaiden oireet, lääkkeidenkäyttö ja sairaalaotot) liittyvät nimenomaan pienhiukkasiin. Herkimpiä väestöryhmiä näille vaikutuksille ovat hengityselin- ja sydänsairaat sekä lapset. Vastanneet **asiantuntijat** olivat yksimielisiä siitä, että polttoprosesseista peräisin olevat pienhiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimmat terveyshaittojen

aiheuttajat, vaikkakin energiantuotanto ja liikenne olisi heidän mielestään syytä käsitellä erikseen.

Myös valtaosa **panelisteista** yhtyi väitteeseen. Reagointiherkkyyteen vaikuttaa myös asuin- ja työpaikan ilmanlaatu sekä mm. ravintoon liittyvät elintavat. Pienhiukkasten haitallisia terveysvaikutuksia pidettiin kiistattomina. Keskitetyssä energiantuotannossa hiukkaspäästöt ovat hallinnassa, mutta ongelmaksi voi sen sijaan muodostua lisääntyvä hajautettu poltto, mm. pellettien käytön lisääntyminen. Tutkimusten perusteella myös suuremmat hiukkaset ovat ongelmallisia. Erään panelistin mielestä siitä, että pienhiukkaset ovat yhdyskuntailman pahin terveysriski, on harhaanjohtavaa päätellä sitä, että ydinvoima olisi terveydellisesti parempi ratkaisu.

Panelistien kommenttien **tarkistuskierroksella** tuli tähän kohtaan vain muutamia pieniä lisäyksiä. Vaikka energiantuotannon ja teollisuustoiminnan päästöt ovat laskeneet, tulevat liikenteen päästöt kasvamaan. Lisäksi joillakin alueilla, esim. Kaliforniassa on määrättyissä säätilanteissa asetettu puun polttokieltoja pienhiukkaspäästöjen rajoittamiseksi.

Panelisteille esitettiin kyselyn toisessa vaiheessa taulukko, jossa oli esitetty polttoaineiden hiukkas- ja hiilidioksidipäästöjä sekä säteilyannoksia tuotettua 10 TWh sähköä kohti. Käytetyn polttoaineen lisäksi panelistit korostivat teknologian vaikutusta erityisesti hiukkaspäästöjen osalta. Erityisesti teknologian ikä on erään panelistin mukaan vahva muuttuja. Olennainen tekijä on itse laitos ja sen hyötysuhde, eikä päästöt riipu pelkästään polttoaineesta. Lisäksi kaivattiin elinkaarinäkökulmaa ja polttoaineen koko tuotantoketjun, kuljetusten ja jätteiden käsittelyn huomioimista.

Kaupunkikeskustoissa, joissa lasketaan asuvan noin kaksi miljoonaa suomalaista, on liikenne ja siinä varsinkin dieselautot suurin pienhiukkasaltistusten aiheuttaja, koska päästöt ovat lähellä ihmisten hengitysvyöhykettä. Myös taajamissa, jossa on suuria hiukkaspäästöjä tuottavia voimalaitoksia ja teollisuuslaitoksia, hiukkaspitoisuus on korkea. (Suomen energiastrategia, VN:n energiapoliittinen selonteko 3.6.1997)

WHOEn mukaan liikenteen osuus PM10-hiukkasista on 10-25 % (kaupunkialueilla suurempi, esim. Hollannissa jopa 41 %), polttovoimaloiden 40-55 % ja teollisuusprosessien 15-30 %. (WHO 1999)

WHOEn tutkimusten mukaan hiukkaspäästöt leviävät varsin laajalle. Lisäksi kyseiset epäpuhtaudet aiheuttavat useita kymmeniätuhansia hengitystiesairaustapauksia vuodessa. (WHO 1999)

Asiantuntijoilta kysyttiin, kuinka suureksi he arvioivat energiantuotannosta aiheutuvien hiukkaspäästöjen osuuden suhteessa muihin hiukkaspäästölähteisiin Suomessa. Kysymys jaettiin kahteen osaan: kaupunkikeskustoihin ja taajamien ulkopuoliseen alueeseen.

1. Kaupunkikeskustoissa

- ”30-50% (PM10). On kuitenkin huomattava, että valtaosa tästä on peräisin kaupungin, jopa Suomen ulkopuolelta alkunsa saaneita sekundaarihiukkasia (ilmassa kemiallisesti SO₂ ja NO_x-päästöistä muodostuneita)”
- ”Hyvin suuri, jos luetaan mukaan liikenteen mekaanisesti tuottamat hiukkaset”
- ”Yli puolet.”

2. Taajamien ulkopuolella

- ”50-70% (PM10). Pieni osa primaari-, valtaosa sekundaarihiukkasia.”
- ”Vähäinen.”
- ”Alle puolet”

Asiantuntijat kommentoivat myös väitettä, jonka mukaan dieselajoneuvot ovat kaupunkikeskustoissa suurin pienhiukkasaltistusten aiheuttaja.

- ”Vaikka dieselajoneuvoja on n. 10-15%, niiden käyttämä polttoainemäärä (tn/vuosi) liikenteen polttoaineista on 40-45% ”(Samaa mieltä)
- ”Tällä betkellä ilmeisesti on. Kyse on kehityksen eritahtisuudesta, bensiinimoottoreissa on katalysaattorit, dieselissä ei vielä ole.”(Samaa mieltä)
- ”Helsingin PM2,5 –altistusdatan lähdeanalyysi viittaa siihen, että kaukokulkeutuneet sekundaari- ja primaarihiukkaset ovat yhtä suuri tai vielä suurempi. Kaupungin omista altistuslähteistä diesel-liikenne on suurin.” (Eri mieltä)
- (Samaa mieltä)

Asiantuntijoita pyydettiin asettamaan eri energialähteet haitallisuusjärjestykseen.

- ”Kivihiili, diesel”
- ”Tuotettua energiayksikköä kohden pienet polttoyksiköt ovat haitallisimpia.”

- ”Riippuu enemmän laitoksesta kuin polttoaineesta. Jos huonot olosuhteet, kivihiili, turve, puu > öljy > maakaasu”
- ”Primaaripäästöt: puun pienpoltto. Sekundaaripäästöt: hiili, turve, öljy, maakaasu. Rikinpisto ja low-NO_x-poltto vaikuttavat hyvin paljon.”

Pienhiukkasia syntyy kaikkien polttoprosessien yhteydessä sekä liikenteessä että energiantuotannossa. Lisäksi pienhiukkaset voidaan jakaa polton tuloksena muodostuviin ensi vaiheen pienhiukkasiin eli primaarihiukkasiin ja myöhemmin ilmakehässä typen ja rikin oksideista muodostuviin toisen vaiheen pienhiukkasiin eli sekundaarihiukkasiin.

Asiantuntijoita pyydettiin arvioimaan energiantuotannosta aiheutuvien hiukkaspäästöjen osuutta suhteessa muihin hiukkaspäästölähteisiin Suomessa. Asiantuntijoiden arviot taajamien osalta vaihtelivat välillä 30% ...” hyvin suuri” ja haja-asutusalueella ”vähäisestä” 70%:iin.. Vaihteluun on osaltaan vaikuttanut se, onko vastaaja käsitellyt vain primaari- vai ko myös sekundaarihiukkasia. Dieselajoneuvojen merkityksestä kaupunkikeskustojen suurimpana pienhiukkasaltistuksen aiheuttajana asiantuntijat olivat lähes yksimielisiä, ainakin mikäli kyse on kaupungin omista altistuslähteistä.

Enemmistä **panelisteista** piti polttoprosesseista peräisin olevia pienikokoisia hiukkasia yhdyskuntailman pahimpina terveyshaittojen aiheuttajina. Polttoprosesseihin katsottiin tässä kuuluvan sekä energiantuotanto että liikenne. Erään panelistin mielestä energiantuotanto ja liikenne olisi syytä käsitellä erikseen, sillä polttoainevaihtoehdot ja korvattavuus ovat olennaisesti erilaiset näillä alueilla. Pienhiukkasiin kiinnitetään julkisessa keskustelussa liian vähän huomiota. Viimeisimmän tekniikan käyttöönotolla katsottiin voitavan vähentää päästöjä sekä liikenteen että energiantuotannon osalta. Kaupunkien keskustoiden diesel-ajoneuvoliikennettä olisi tärkeää vähentää sekä rekkojen että henkilöautojen osalta. Joukko- ja junaliikennettä tulisi kehittää ja asentaa katalysaattoreita dieselajoneuvoihin.

Väitteeseen kriittisesti suhtautuneet panelistit korostivat, että reagointiherkkyys riippuu myös asuin- ja työpaikan ilmanlaadusta sekä mm. ravintoon liittyvistä elintavoista. Tie- toperustan ei myöskään katsottu olevan riittävä arvioimaan, että juuri pienhiukkasista

aiheutuu pahimmat terveyshaitat ja toisaalta siitä, kuinka hiukkasten luonne (SO_x -sekundaari versus diesel- tai bensiinimoottorin primaari versus katupöly) vaikuttaa haittoihin. Pienpolton merkityksestä ei erään vastaajan mukaan ole luotettavaa näyttöä ja myös suuremmat kuin $2,5\text{ }\mu\text{m}$:n hiukkaset ovat lääketieteellisten tutkimusten mukaan ongelmallisia. Kokoluokkarajausten on katsottu olevan johdattelevia korostaen energian tuotannon päästöjä, ja vaikutukset tulisi arvioida hengitysilman pitoisuuksina.

☆ **Pienhiukkasten synty ja vaikutukset terveyteen**

Pienhiukkasilla tarkoitetaan läpimitaltaan alle 2,5 mikrometrin (2,5 µm eli 0,0025 mm) hiukkasia. Yhdyskuntailmassa ihmisten terveyteen vaikuttavat hiukkaset voidaan jakaa syntymekanisminsa perusteella kahteen ryhmään: primaarisiin ja sekundaarisiin hiukkasiin. Primaariset eli ensimmäisen vaiheen pienhiukkaset syntyvät suoraan palamisen seurauksena joko energiantuotannon kattiloissa tai polttomoottoreissa. Sekundaarisiksi eli toisen vaiheen pienhiukkasiksi kutsutaan rikin ja typen oksidien muuntumista pienhiukkasiksi ilmakehässä tapahtuvien reaktioiden seurauksena.

Energiantuotannon kattiloissa pienimmät nanokokoluokan hiukkaset syntyvät aina kaasumaisista yhdisteistä, kun taas kokoluokassa 1-10 µm suurin osa muodostuu palamisen yhteydessä suurempien hiukkasten hajotessa. Hiukkaspäästöjen suodattamiseen käytetään erilaisia hiukkassuodattimia, kuten sähkösuodattimia. Kuitenkin pienissä laitoksissa, joissa palaminen on usein epätäydellistä eikä yhtä tehokkaita erotuslaitteita voida käyttää niiden kalleuden takia, päästöt ovat tuotettua energiayksikköä kohden suuria laitoksia suurempia. Suorien hiukkaspäästöjen lisäksi myös merkittävä osa kaasumaisista rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöistä muuntuu ilmakehässä hiukkasmuotoon. Vaikka sekundaarihiukkasten muodostumisen määrästä tai ilmakehässä tapahtuvista syntymekanismeista ja niihin vaikuttavista tekijöistä ei ole tarkkaa käsitystä, on arvioitu, että noin puolet ilman rikkidioksidista ja typen oksideista muuntuu hiukkasiksi. Hiukkaspitoisuudet eivät kuitenkaan ole lineaarisesti riippuvia päästövähennyksistä, eikä typenoksidi- ja rikkidioksidipäästöjen vähentäminen vähennä samassa suhteessa pienhiukkaspäästöjä johtuen esim. biogeenisestä taustasta.

Valtioneuvoston asettaman ympäristöterveystoimikunnan mietintö "Kansallinen ympäristöterveysohjelma" julkaistiin keväällä 1997. Sen mukaan ilman epäpuhtauksista, erityisesti pienhiukkasista aiheutuu vuosittain 200-400 ennen aikaista kuolemantapausta johtuen kroonisista sydän- ja keuhkosairauksista sekä syövästä. Lisäksi sairastuvuuden on arvioitu kasvavan astmaoireiden pahentumisena 30 000 tapausta vuodessa sekä 30 000 – 40 000 lasten hengitystieinfektiona. (Ympäristöterveystoimikunta 1997)

Pienten hiukkasten vaikutusmekanismia elimistössä ei tarkalleen tunneta. Tutkimuksessa kuullun asiantuntijajanelistin mukaan pienhiukkaset eivät tartu hengityselinten pölynpoistomekanismeihin, vaan kulkeutuvat ilman mukana keuhkorakkuloihin (alveoleihin) asti ja sieltä mahdollisesti verenkiertoon. Kiertävät hiukkaset aiheuttavat tulehduksia valtimoiden seinissä. Seurauksena ovat mm. verisuonten seinämien kovettumat ja verisuonten tukkeutumat. Näitä voidaan verisuonikirurgisesti kuten mm. ohitusleikkauksin hoitaa. Kiertävillä pienhiukkasilla on myös haitallisia vaikutuksia myös muihin elimiin kuten

haimaan. Kaupunki-ilman yksi vaikutustapa on edelleen happikato (vrt. häkä) Verenkiertoelinten vaurioihin vaikuttaa vastaavalla tavalla mm. tupakointi. Mikäli ongelmaa opitaan käsittelemään paremmin lääketieteellisesti tämä vaikuttaa myös pienhiukkasten aiheuttamaan riskiin.

Pienhiukkasia suuremmat hiukkaset eivät kulkeudu hengityselimissä yhtä syvälle. Tällaiset hiukkaset syntyvät usein mekaanisen hajotuksen seurauksena. Ihmisen aiheuttamia lähteitä ovat mm. liikenteen aiheuttama pölyäminen, lentotuhka ja maatalousmaan pölyäminen. (VTT Energia 1999)

Maailman terveysjärjestön (WHO) Euroopan toimiston (WHOE) mukaan vuotuinen kuolleisuus nousee 1-4 prosenttia, kun vuotuinen PM10-hiukkasten keskipitoisuus nousee 10 mikrogrammalla kuutiometriä kohti. (WHOE 1999) Suomessa tehtyjen tutkimusten mukaan pienhiukkaspitoisuus taajamissa on keskimäärin 19 mikrogrammaa/m³ (vaihteluvälillä 11-31 mikrogrammaa/m³) (Raunemaa, 1999) ja syrjäisillä alueilla 4-10 mikrogrammaa/m³ (Yli-Tuomi, 1999).

Soveltaen Suomeen WHOE:n keskimääräistä 2%:n kuolleisuuden lisääntymistä kutakin 10 mikrogrammaa /m³ kohti, saadaan hiukkasten aiheuttamaksi kuolleisuuden lisäykseksi taajamissa keskimäärin 1900 henkilöä/vuosi ja haja-asutusalueella 700 henkilöä/vuosi. Kuolleisuus on Tilastokeskuksen mukaan n. 50 000 henkilöä/vuosi.

Asiantuntijoilta kysyttiin, voidaanko heidän mielestään Suomen oloissa lähteä siitä, että keskimääräinen PM10-hiukkasten 10 mikrogramman lisäys/vähennys kuutiota kohti lisää/vähentää kuolleisuutta noin 2%:lla eli vuodessa noin 1000:lla.

Asiantuntijat vastaavat:

- ”Kyseessä on ympäristöhallinnon kannalta perusteltu malli- aivan samoin, mutta olennaisesti vahvemmalla näytöllä kuin mitä pienten säteilyannosten lisäriskeistä oletetaan. Uusi, vankka vastakainen näyttö tietenkin korjaisi tätä mallia, mutta sellaista ei tällä hetkellä ole.” (Voidaan)
- ”Tämä on mahdollista mutta ei toteen näytettyä, koska epävarmuusmarginaalit ovat suuret ja tulos perustuu ekstrapolaatioon, koska pohjana olevat tutkimukset on suuremmista pitoisuuksista.” (Ei voida)
- ”Suomen ilmastolliset olosuhteet ovat poikkeavat (talvi, kylmä ilma), Talvella Suomessa luultavasti kuolleisuus korkeampi kylmän ilman ja hiukkasten synergisten vaikutusten vuoksi.” (Ei voida)

- ”Mahtaako annosvaste todella olla lineaarinen ja vertailukelpoinen kaikkien niiden sairauksien osalta, jotka ovat vastuussa kuolleisuuden lisääntymisestä?”

Asiantuntijoilta kyselyn ensimmäisessä vaiheessa ja panelisteilta kyselyn toisessa vaiheessa kysyttiin, onko heidän mielestään perusteltua olettaa, että Suomen oloissa keskimääräinen PM10-hiukkasten 10 mikrogramman lisäys/vähennys kuutiota kohti lisää/vähentää kuolleisuutta noin 2 %:lla eli vuodessa noin 1000:lla (vuotuinen kuolleisuus n. 50 000 henkilöä). Kysymys perustui Maailman terveysjärjestön Euroopan toimiston esittämään arvioon.

Asiantuntijat toivat ensimmäisessä vaiheessa esille, että epävarmuusmarginaalit ovat suuret ja arviot perustuvat ekstrapolaatioon suuremmista pitoisuuksista tehdyistä tutkimuksista. Suomen ilmastolliset olosuhteet (talvi, kylmä ilma) poikkeavat Euroopan keskimääräisistä, joten kuolleisuus talvella Suomessa voi olla myös korkeampi kylmän ilman ja hiukkasten synergisten vaikutusten vuoksi. Tarkan kuolleisuusarvion esittäminen arvioitiin erittäin ongelmalliseksi pienhiukkasten ja muiden terveyteen vaikuttavien tekijöiden monimutkaisten vuorovaikutusten vuoksi. Kuitenkin arviota pidettiin ympäristöhallinnon kannalta perusteltuna, sillä muutakaan tutkimuksiin perustuvaa näyttöä ei ole.

Paneeliin vastanneiden mielestä energiantuotannon hiukkaspäästöistä johtuvien terveysvaikutusten määrään tai laatuun vaikuttavat monet muutkin tekijät kuin pelkästään energiantuotantomuoto tai polttoainevalinnat. Tekninen kehitys, liikenteen volyymi, moottorien tekniikka ja liikennepolttoaineet vaikuttavat pienhiukkaspäästöjen määrään. Liikenteen määrän arvioidaan lisääntyvän koko ajan, ja kehittyvä tekniikka tuskin pystyy kompensoimaan liikennemäärien kasvusta aiheutuvien hiukkaspäästöjen määrää.

Asiantuntijoita pyydettiin arvioimaan, paljonko energiantuotannosta peräisin olevat pienhiukkaset lisäävät/vähentävät kuolemantapauksia seuraavien 30 vuoden aikana Suomessa, jos

- a. Energiantuotannon hiukkaspäästöt lisääntyvät keskimäärin kolmanneksella
- ”Riippuu täysin energiavalinnoista”

- ”Lisääntyy, koska liikennemäärät lisääntyvät.”
 - ”Lähtökohdana nollasta lähtevä lineaarinen malli (WHO:n esittämä) $n. 600/v$ ”
- b. Energiantuotannon hiukkaspäästöt vähenevät keskimäärin kolmanneksella
- ”Samoin edellytyksin $n. 500/v$ [Viittaa WHO:n esittämään lineaariseen malliin, ks. Kohta a]. Molemmissa tapauksissa kliininen tai epidemiologinen todentaminen lienevät mahdottomia tehtäviä.”

Panelistit kommentoivat toisella kierroksella asiantuntijoiden edellä esittämiä arvioita. Kommentit liittyivät sekä edellä esitettyyn kysymykseen asiantuntijoille, että myös siihen, kuinka pienhiukkaspäästöt tulevaisuudessa tulevat kehittymään. Osa vastaajista oli sitä mieltä, että päästöt tulevat lisääntymään, osan mielestä taas vähentymään teknisen kehityksen myötä. Liikenteen hiukkaspäästöjen arveltiin pysyvän nykyisellä tasolla, sillä vaikka liikenne lisääntyy, kehittyy moottorien tekniikka ja polttoaineet. Energiantuotannon osalta energiavalinnat ja tekniikan kehitys vaikuttavat päästöihin. Toisaalta on esitetty pelkoa, että nimenomaan uusi tekniikka saattaisi aiheuttaa pienhiukkasten kasvua. Väestön vanheneminen saattaa myös nostaa arvioita. Sen sijaan erään panelistin mukaan aleneva suunta on pääteltävissä, vaikka kuolemantapausten absoluuttisen määrän muutoksien toteaminen lienee vaikeaa. Erään vastaajan mielestä kysymyksen asettelu sinänsä oli mieletön.

4.3.5 Säteilypäästöt

Säteilyannoksen mittayksikkönä käytetään sievertiä (Sv), jolla ilmaistaan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Annos ilmoitetaan tässä tutkimuksessa sievertin tuhannesosina eli millisieverteinä (mSv). Esimerkkejä säteilyannoksista: 6000 mSv on annos, joka äkillisesti saatuna saattaa johtaa henkilön kuolemaan ja 1000 mSv annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteilysairauden oireita (esim. väsymystä ja pahoinvointia)

YK:n säteilysuojakomitean (UNSCEAR) mukaan ionisoiva säteily lisää todennäköisyyttä kuolla syöpään, mutta ei merkittävästi muihin sairauksiin. Komitean arvioista voidaan päätellä, että väestön saama 200 millisievertin (mSv) annos aiheuttaa 1%:n todennäköisyyden kuolla syöpään 50 vuoden aikana.

Asiantuntijoilta kysyttiin, voidaanko heidän mielestään lähteä siitä, että yhteys saatujen säteilyannosten ja kuolleisuuden välillä on suoraviivainen. Eli toisin sanoen sama annos säteilyä lisää väestötasolla aina suunnilleen samassa määrin kuolleisuutta riippumatta säteilyannosten suuruudesta aikayksikköä kohti.

- ”Voidaan. Tämä on tutkimukseen perustuva, hallinnollisesti yksinkertainen oletus. Albaisilla – ulkoympäristön tasoilla – näyttö sen todenperäisyydestä tosin puuttuu, mutta näyttö ei tue sen paremmin mitään muutakaan mallia, jotka kuitenkin johtavat paljon monimutkaisempiin analyysihin, ja silti olennaisesti samanlaisiin johtopäätöksiin”
- ”Voidaan, huomautuksena on se, että terveysvaikutuksia koskeva tietämys perustuu suuriin annoksiin, pienten annosten (<200 mSv) vaikutuksia arvioidaan ekstrapoloimalla eikä suoria havaintoja ole, mikä aiheuttaa epävarmuutta”
- ”Voidaan. Hallinnollisesti tästä voidaan lähteä. Tieteellisesti asia ei ole aivan varma.”
- ”Voidaan. Yllä oleva riskiarvio koskee kroonista altistusta. Akuutille altistukselle arvio on kaksinkertainen.”
- ”Voidaan.”

Asiantuntija-arvioiden mukaan pienten säteilyannosten (alle 200 mSv) terveysvaikutusten arviot perustuvat ekstrapolaatioihin suuremmista arvioista, joten niiden paikkaansa pitävyys ei ole tieteellisesti todistettua. Lineaarista riippuvuutta säteilyn määrän ja terve-

ysvaikutusten välillä voidaan käyttää, ja käytetään, hallinnollisena yksinkertaistuksena, vaikka tieteellisesti asiaa ei ole todistettukaan.

Panelisteista valtaosa (32/37) piti suoraviivaista arviota säteilyannosten ja kuolleisuuden välillä perusteltuna lähtökohtana, mutta taustasäteilystä aiheutuvia laskennallisia kuolleisuuslukuja piti perusteltuna vain noin puolet vastanneista. Kriittisesti suhtautuneet pitivät arviota hallinnollisena yksinkertaistuksena ilman epidemiologista näyttöä. Arviota kannattaneet pitivät arviota suuruusluokaltaan oikean suuruisena arviona ja riittävän kuvaavana.

Luonnon taustasäteily

Ihmisen Suomessa vuosittain saama säteilyannos (n. 4 millisievertsi, mSv) koostuu luonnon taustasäteilystä (30%), huoneilman radonista (54%), säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (15%) sekä muista lähteistä, kuten Tshernobyl-laskeumasta ja ilmakehässä tehdyistä ydinkokeista (1%). Luonnon taustasäteily yhdessä radonin aiheuttaman säteilyn kanssa aiheuttaa suomalaisille keskimäärin 3 mSv:n säteilyannoksen vuodessa. Tämä seuraavassa luonnon säteilyksi kutsumamme säteily on peräisin maaperästä, pohjavedestä, omasta kehosta, avaruudesta, rakennusmateriaaleista sekä ravinnosta.

Säteilyturvakeskuksen mukaan suomalaisten keskimääräistä säteilyannosta vähennettäisiin kaikkein tehokkaimmin pienentämällä huoneilman radonpitoisuutta sille eniten altistuneilla alueilla. Asuntojen, työpaikkojen ja porakaivovesien radonpitoisuudet ovat Suomessa maailman suurimpia. (STUK, 2000)

Yllä olevien tietojen perusteella voidaan päätellä, että 5 miljoonan suomalaisen yhteensä luonnosta saama vuosittainen 15,5 miljoonan mSv kollektiivinen säteilyannos¹ aiheuttaa 1,5 %:n laskennallisen kuolleisuuden lisäyksen eli n. 800 henkilöä.

¹ Kollektiivinen annos. Väestöannos. Tietyn väestöryhmän yksilöiden yhteenlaskettu säteilyannos, jonka perusteella arvioidaan säteilyn myöhäisvaikutusten todennäköisyyttä ko. väestöryhmässä. Kollektiivisen annoksen yksikkö on mansievert (manSv).

Asiantuntijoilta kysyttiin, ovatko he samaa mieltä sen väitteen kanssa, että merkittävimmät säteilyn terveysvaikutukset liittyvät luonnon taustasäteilyyn ja maaperän radon-säteilyyn.

- ”Samaa mieltä. Valtaosa säteilyannoksesta tulee näistä lähteistä. Radonin ja keuhkosityövän välinen yhteys on myös osoitettu toistuvasti epidemiologisissa tutkimuksissa.”
- ”Samaa mieltä. Mittaustulokset ovat täysin selvät ja kiistattomat. Mahdolliset painotukset (esim. gamma ja alfa –säteilyn riskin painottaminen) ei muuta tätä.”
- ”Samaa mieltä. Huoneilman radonin aiheuttamat keuhkosityövät tulee laskea suoraan pitoisuuksien (ei millisievertien) kautta. Radon aiheuttaa Suomessa vuosittain 100-600 keuhkosityöpää.”
- ”Samaa mieltä. Täydennyksenä kuitenkin se, että pienten annosten vaikutusten arviointi perustuu oletuksena lineaarisesta annos-vasteesta ilman kynnysarvoa. Tätä on pidettävä perusteltuna valintana, mutta ei empiirisesti todistettuna tosiasiana.”
- ”Samaa mieltä.”

Panelisteilta tiedusteltiin, ovatko he samaa mieltä sen väitteen kanssa, että merkittävimmät säteilyn terveysvaikutukset liittyvät luonnon taustasäteilyyn ja maaperän radon-säteilyyn. **Asiantuntijat** pitivät luonnon taustasäteilyyn, lähinnä radonsäteilyyn, liittyviä terveysvaikutuksia merkittävänä. Valtaosa normaalitilanteen säteilyannoksista tulevat luonnon säteilylähteistä. Radonin ja keuhkosityövän välinen yhteys on osoitettu toistuvasti epidemiologisissa tutkimuksissa. **Panelistit** korostivat asuinpaikan merkitystä, sillä radonpitoisuudet vaihtelevat alueellisesti. Arvio on johdettu hallinnollista päätöksentekoa tukevasta mallista eikä kuolinsyöttutkimuksista saaduista näytöistä.

Toinen asiantuntijakysymys liittyi taustasäteilyn kuolleisuusvaikutuksiin. Asiantuntijoilta kysyttiin, onko heidän mielestään edellä kuvattu arvio taustasäteilyn kuolleisuusvaikutuksista perusteltu. (n. 1,5% ja n. 800 henkilöä).

- ”On silti huomattava, että kyseessä on hallinnollista päätöksentekoa tukevasta mallista johdettu arvio, ei kuolinsyöttutkimuksista saatuihin näyttöihin perustuva luku – vrt. liikenneonnettomuuskuolemat.” (On)
- ”Kysymys kuolleisuusvaikutuksista: On, mutta arvio on puhtaasti laskennallinen, eikä realistisesti todennettavissa tutkimuksen keinoin” (on)

- ”Arvio on perusteltu, mutta perusteltuja pienempiäkin arvioita voi esittää (ongelmana mm. tupakoinnin yhteisvaikutus tutkimuksissa.”(On)
- ”Laskelma ei ole aivan oikein. Tämän päivän paras arvio radonin aiheuttamista keuhkosyöpätapauksista on 200/vuosi. Haarukka on noin 100-600. Arvio perustuu suoraan havaintoon. Muu luonnonsäteily (n. 1mSv) aiheuttaisi laskennallisesti 200-300 syöpäkuolemaa. Tämä arvio on siis vain laskennallinen, eikä perustu suoraan havaintoon.” (Ei)
- ”Arvio on yläkanttiin. Radonin lisäksi muu luonnon taustasäteily voisi laskennallisesti aiheuttaa ~250 syöpäkuolemaa vuosittain (Ei)”

Kansallisessa ympäristöterveysohjelmassa esitettyjen arvioiden mukaan sisäilman radonsäteilylle altistuu Suomessa 50 000 – 610 000 henkilöä riippuen sisäilman radonpitoisuudesta. Alimman henkilömäärän raja-arvona on käytetty sisäilman radonpitoisuutta yli 200 Bq/m³ ja ylemmän 800 Bq/m³. Radonaltistumisesta aiheutuu vuosittain 20-700 keuhkosyöpää. (Ympäristöterveystoimikunta, 1997). Kyselyssä vastaajille esitettiin UNSCEAR:n arvio taustasäteilyn vaikutuksista kuolleisuuden lisääntymiseen (1,5% ja 800 hlöä) ja pyydettiin kommentoimaan, onko tämän arvion käyttäminen heidän mielestään perusteltua. **Asiantuntijat** pitivät edellä esitettyä arviota perusteltuna, mutta hallinnollista päätöksentekoa koskevana mallina, josta ei ole kuolinsyytutkimuksiin perustuvaa näyttöä. Arvio voisi olla myös jotain välillä 100-600 henkilöä/vuosi.

Panelistit korostivat kuolleisuusvaikutusten arvioinnin vaikeutta, sillä vaikuttavia tekijöitä on monia ja syiden analysointi täten vaikeaa. Myös muita altistavia tekijöitä on, joiden elämäntavat vaikuttavat. Tarkkaa todentamista pidettiin mahdottomana. Jälleen kiinnitettiin huomiota koko energiantuotannon elinkaaren aikaisiin vaikutuksiin, ja kysymyksenasettelua pidettiin hyvin rajoittuneena koko säteilyosuudessa.

Ydinvoimalaonnettomuudet

Ydinvoimalan toimintaan liittyy aina onnettomuuden riski. Asiantuntijoilta kysyttiin heidän mielipidettään väitteeseen, jonka mukaan ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset päästöt ovat ydinvoiman merkittävin terveysuhka.

- *”En osaa sanoa. Riskiprofiili onnettomuuksien ja rutiinikäytön osalta on hyvin erilainen. ”*
- *”Ydinvoimaloiden rutiinikäyttöön liittyy työntekijöiden saamia pieniä annoksia (tyypillisesti suuruusluokkaa 0-5 mSv/v). Lisäksi polttoainekierto on liittyy samansuuruinen vuosittainen kollektiivinen annos kuin ydinvoimaloiden rutiinikäyttöön. Väestölle säteilyaltistuksen aiheuttavan onnettomuuden todennäköisyys on pieni, mutta poikkeaa kuitenkin nolasta. Onnettomuudessa on työntekijöille ja pelastusmiehistölle suurten, deterministisiä vaikutuksia aiheuttavien annosten mahdollisuus. Myös väestö voi saada 1-3 kertaluokkaa suurempia annoksia (lähinnä lasten kilpirauhasannokset) kuin työntekijät voimaloiden normaalikäytössä.”*
- *”Samaa mieltä. Normaalitoiminnan säteilypäästöt ovat merkityksettömän pieniä”*
- *”Samaa mieltä. Onnettomuspäästöt saattavat pahimmillaan altistaa jonkin alueen koko väestön akuutisti vaaralliselle säteilytasolle – mikä on paljon suurempi riski väestötasolla kuin säteilystä aiheutuva mahdollinen syöpä.”*
- *”Samaa mieltä. Jos lasketaan kaikki riskit tämän betken ydinvoimaloista, venäjän voimat aiheuttavat melko suuren onnettomuusriskin. Suomen voimaloiden osalta luultavasti polttoaineen tuotamisen työterveysriskit ovat suurimmat”*
- *”Samaa mieltä. Normaalikäytössä päästöt ympäristöön ovat mitättömiä ja väestön altistus on vailla merkitystä.”*

Seuraavaksi pyydettiin arvioimaan ydinvoimalan toimintaan liittyviä riskejä. **Asiantuntija-arvioiden** mukaan ydinvoimalan rutiinikäyttöön liittyy työntekijöiden saamia pieniä annoksia (0-5 mSv), jonka lisäksi polttoainekierto on liittyy samansuuruinen vuosittainen kollektiivianonno kuin rutiinikäyttöön. Normaalitoiminnan säteilypäästöt ovat merkityksettömän pieniä verrattuna mahdollisesta onnettomuudesta Suomessa tai lähialueilla aiheutuviin säteilypäästöihin. Väestölle säteilyaltistuksen aiheuttavan onnettomuuden todennäköisyys on pieni, mutta poikkeaa kuitenkin nolasta. Onnettomuudessa on työntekijöille ja pelastusmiehistölle

suurten, deterministisiä vaikutuksia aiheuttavien annosten mahdollisuus ja myös väestö voi saada 1-3 kertaluokkaa suurempia annoksia kuin työntekijät normaalikäytössä.

Myös **panelistit** pitivät ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevia radioaktiivisia päästöjä pääsääntöisesti ydinvoimaan liittyvänä merkittävimpänä terveysuhkana. Ydinvoiman normaalikäyttöä ja polttoainekiertoa mukaan lukien polttoaineen loppusijoitus pidettiin vähemmän merkityksellisempinä terveysuhkina. Ydinvoimalaonnettomuuteen liittyviä riskejä pidettiin lisäksi pieninä verrattuna yksilöön kohdistuviin muihin riskeihin. Uhkaa on myös merkittävästi vähennetty reaktoritekniikan ja suojaustekniikan kehityksellä. Epäilevät korostivat nimenomaan ydinjätteen loppusijoitusta sekä koko elinkaaren aikaisten terveysvaikutusten tunnistamista lähtien malmin louhinnasta ja rikastamisesta aina tuotetun sähkön käytön aiheuttamiin vaikutuksiin asti.

Tshernobylin onnettomuus

Tshernobylin ydinvoimalaitoksen reaktori Neuvostoliitossa (nykyinen Ukraina) tuhoutui vuonna 1986. Reaktorissa käytetyn grafiitin palaminen aiheutti suuren radioaktiivisten aineiden päästön laajoille alueille Valko-Venäjällä, Venäjällä ja Ukrainassa. Yli 30 laitoksen työntekijää kuoli onnettomuudessa saamiinsa vammoihin, satoja joutui sairaalahoitoon ja suuri joukko ihmisiä altistui radioaktiiviselle säteilylle. Onnettomuuden on todettu johtaneen laskeuma-alueilla lasten kilpirauhassyövän merkittävään kasvuun. Vuoden 1998 loppuun mennessä sairastuneita lapsia 1034. UNSCER:n uusimman raportin (6.6.2000) mukaan Tshernobylin laskeuman ei ole todettu lisänneen leukemiaa tai muita tappavia syöpiä.

Ukrainassa, Valko-Venäjällä ja Venäjällä on kolme suuren laskeuman aluetta, joilla WHO jatkuvasti seuraa säteilyannoksia ja sairastumisia. Alueilla asuu yhteensä 270 000 ihmistä. (STUK, WHO). Näillä alueilla laskeumasta johtuva keskimääräinen elinikäinen säteilyannos laskeuma-alueilla tulee olemaan 60mSv. Lähtien periaatteesta, että 200 mSv:n säteilyannos lisää todennäköisyyttä kuolla syöpään 1%:n, lisää 60 mSv:n säteilyannos todennäköisyyttä kuolla syöpään 0,3% 50 vuoden aikana.

Asiantuntijoilta kysyttiin, kuinka suureksi he arvioisivat suomalaisten saaman säteilyannoksen keskimäärin, jos esimerkiksi Sosnovyi Borissa tapahtuisi Tshernobyl-tyyppinen onnettomuus ja jos suurin laskeuma tavoittaisi Suomessa saman määrän ihmisiä kuin Tshernobylin tapauksessa.

- *”Todennäköisyshajonta on suuri $< 1 \text{ mSv} - 50 \text{ mSv}$, eli 0-15 vuoden säteilylisä. Todennäköisyys pienenee kuitenkin jyrkästi ylärajaa lähestyttäessä, sillä tämä edellyttää jhä useampien riippumattomien riskitekijöiden yhtäaikaista ja samansuuntaista vaikutusta.”*
- *”Hallitulla ja valistuneella käyttäytymisellä ja yksinkertaisilla toimenpiteillä (Ravinnon monitorointi, sisätiloissa pysyminen laskeumavaiheessa) altistus voidaan pienentää murto-osaan (luokkaa 1% tai alle)”*
- *”Riippuu säästä. Kyllä se voisi olla korkeampikin. Kukaan ei kuitenkaan saisi säteily sairautta aiheuttavaa annosta.”*
- *”Reaktori on samanlainen (RBMK) eikä siinä käsittääkseni ole suojarakennusta. Samanlaisissa olosuhteissa samalla etäisyydellä annos olisi ilmeisesti lähellä 60 mSv, joskin Suomessa todennäköisesti pystyttäisiin tehokkaampiin suojatoimiin, mikä vähentäisi altistusta.”*
- *”Tässä on liikaa oletuksia. Riippuu suuresti säätilasta ja vuodenaikasta, millaisia laskeuman seuraukset ja säteilyannokset olisivat.”*

Asiantuntijoilta kysyttiin, kuinka suureksi he arvioisivat suomalaisten saaman säteilyannoksen keskimäärin, jos esimerkiksi Sosnovyi Borissa tapahtuisi Tshernobyl-tyyppinen onnettomuus ja jos suurin laskeuma tavoittaisi Suomessa saman määrän ihmisiä kuin Tshernobylin tapauksessa. Asiantuntijat arvioivat säteilylisän välille 1 – 60 mSv. Vaikuttavia tekijöitä on niin paljon, että tarkkojen arvioiden esittäminen on mahdotonta. Annosten suuruuteen vaikuttavat mm. säätila ja mahdolliset sateet, vuodenaika sekä onnettomuudelta suojautuminen.

Eräs **panelisti** muistutti myös, että säteily kohdistuu ihmisen lisäksi myös muihin eläviin olentoihin sekä maaperään. Näiden kautta säteilyvaikutus jatkuu kauan ja vaikutukset maataloudella ja metsäteollisuudelle olisivat onnettomuustapauksessa hyvin mittavia. Mahdollisesta onnettomuudesta aiheutuvat psyykkiset vaikutukset tulisivat myös olemaan suuria. Erään vastaajan mielestä tulisi kartoittaa, kuinka hyvin kansalaiset osaavat ja pystyvät suojautumaan säteilyltä onnettomuustilanteessa. Eräs kansanedustaja ei paljoa luottanut mainitun ydinvoimalan turvallisuuden luotettavuuteen.

Ympäristövaliokunnan vieraillessa voimalaitoksessa 1990-luvun alussa valvomon kello seiso i ja poistuttaessa tehdyn säteilymittauksen arvo oli nolla myös niille valtuuskunnan jäsenille, jotka eivät todellisuudessa olleet mukana.

Mahdollinen onnettomuus Suomessa

Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisan Hästholmenissa sijaitsevat kaksi ydinvoimalaitosyksikköä. Loviisa 1 otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1977 ja Loviisa 2 vuonna 1981. Loviisan laitos on tyypiltään painevesireaktorilaitos. Molempien laitosyksikköjen nettosähköteho on 488 MWe.

Teollisuuden Voima Oy omistaa Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevat kaksi laitosyksikköä. Olkiluoto 1 otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1979 ja Olkiluoto 2 vuonna 1982. Olkiluodon laitos on tyypiltään kiehutusvesireaktorilaitos. Molempien laitosyksiköiden nettosähköteho on 840 MWe. Sekä Loviisan että Olkiluodon voimalaitokset ovat tyypiltään kevytvesireaktoreita, joissa vesi toimii samalla sekä neutronien hidastimena että reaktorin jäähdytteenä (STUK, 2000)

Asiantuntijoita pyydettiin kuvailemaan mahdollinen vakava onnettomuus, joka voisi tapahtua jossakin Suomen ydinvoimalaitosyksiköistä. Asiantuntijat kuvailivat mahdollista onnettomuutta seuraavasti:

- ”Tutkituin lieene nk. jäähdytteen menetysonnettomuus, jonka seurauksena polttoainetta sulaisi, suojakerros ei säilyttäisi tiivistään, ja erityisesti jalokaasuja ja tritiumia leviäisi ympäristöön. Tällainen onnettomuus voisi aiheuttaa korkeita säteilyannoksia, mutta ei pitkäaikaisia alueellisia kontaminaatioita.”
- ”Sydämen sulaminen, jalokaasut 100% ja jodista 10% ympäristöön, ehkä hieman cesiumia ja muita haihtumattomia nuklideja.”
- ”Pahimmassa tapauksessa jäähdytys pettäisi, reaktorin sammutus epäonnistuisi kaikista turvajärjestelmistä huolimatta eikä teho laskisi kyllin nopeasti lämpötilan noustessa. Tämä saattaisi pahimmassa tapauksessa johtaa reaktorisydämen osittaiseen sulamiseen. Jos suojarakennuksen paine nousisi jouduttaisiin sieltä jossain vaiheessa päästämään reaktorituotteita ja jalokaasut voisivat päästä reaktorirakennuksesta ympäristöön.”

Asiantuntijoita pyydettiin myös arvioimaan mahdollisen onnettomuuden aiheuttamaa säteilylaskeumaa sekä siitä aiheutuvia seurauksia:

- *”Koska jalokaasut ja tritium eivät juuri aiheuta laskeumaa, pitkäaikaisten kontaminaatio kohdistuisi vain reaktorin välitöntä ympäristöä. Onnettomissa sää- ja päästöolosuhteissa voisi tuulen alapuolella pienelläkin väestö saada akuutisti vaarallisen lyhytaikaisannoksen. Merkittävimmät ja pitkävaikutteisimmat seuraukset olisivat kuitenkin taloudellisia ja poliittisia, vrt. Tšernobyli.”*
- *”Tšernobylin kaltainen tulipalo ei ole mahdollinen, joten suuri osa haihtumiseen perustuvasta laskeumasta jäisi pahimmillaankin pois. Onnettomuuden seuraukset verrattuna Tšernobyliin minimaaliset.”*
- *”Laskeumaa syntyy lähinnä jodista. Jalokaasut aiheuttavat ulkoista annosta obikulkevasta pilvestä, mutta eivät tee laskeumaa. Jos suojelutoimenpiteet (sisälle suojautuminen, joditabletti) onnistuisivat, seuraukset jäisivät suht. vähäisiksi. Jodista olisi haittaa maataloudella jos päästö tapahtuu kasvukauden aikana. Jodi puoliintuu nopeasti ($T_{1/2}$ 8 vrk)”*
- *”Edellä kuvattuun onnettomuuteen voisi liittyä säteilyannoksia, jotka olisivat suuruudeltaan 0-1 Gy² (lähinnä jodin aiheuttama kilpirauhasannos lapsilla) riippuen onnettomuuden kulusta ja suojatoimien kuten evakuoinnin ja profylaktisen jodinkäytön onnistumisesta sekä kontaminoituneiden elintarvikkeiden eliminoinnista. Osa työntekijöistä voisi saada huomattavia annoksia (jopa useita Gy). Ympäröivän alueen väestössä lapset olisivat erityisasemassa. Biologisten vaikutusten lisäksi sosiaaliset vaikutukset voisivat olla huomattavia.”*

Suomessa mahdollisesti tapahtuva onnettomuus voisi olla **asiantuntijoiden** mielestä jäähdytteen menettämisestä ja reaktorin sammuttamisen epäonnistumisesta johtuva polttoaineen (osittainen) sulaminen. Suojakerroksen paineen noustessa saattaisi radioaktiivisia aineita, erityisesti jalokaasuja ja tritiumia päästä ympäristöön, josta aiheutuisi paikallisesti korkeitakin säteilyannoksia. Osa työntekijöistä voisi saada huomattavia annoksia, ympäröivän alueen lapset olisivat erityisasemassa ja biologisten vaikutusten lisäksi sosiaaliset vaikutukset voisivat olla huomattavia.

² Absorboitunut annos. Suure, jolla ilmaistaan kuinka suuren energiamäärän säteily on jättänyt kohdeaineeseen massayksikköä kohti. Absorboituneen annoksen yksikkö on Gray (Gy). Grayn ja Sievertin välinen yhteys riippuu mm. säteilylajista. Voidaan pitää nyrkkisääntönä, että 1 Gy = 1000 mSv beeta- ja gammasäteilylle ja 1 Gy = 10 000... 20 000 mSv alfa-säteilylle.

Panelisteilta kysyttiin tässä yhteydessä, liittyykö heidän mielestään Suomen ydinvoimalaitoksiin merkittäviä uhkia. 11 oli sitä mieltä että liittyy, 20 vastaajan mielestä ei liity ja loput 6 olivat epäileviä tai eivät halunneet ottaa kantaa asiaan. Suomalaista voimalaitosten käyttöä ja käytössä olevaa tekniikkaa pidettiin luotettavana ja turvallisena. Kysymyksen asettelu oli jossain määrin tulkinnanvarainen ja subjektiivinen: Mikä on merkittävä uhka? Riskitekijöiden moninaisuudesta johtuen niiden täydellistä ennakkointia pidettiin mahdottomana, joten uhka onnettomuudesta on aina olemassa. Yksilöstä riippuu, onko onnettomuusriski niin pieni, että se on hyväksyttävissä vaiko ei.

Ydinjäte

Voimalaitoksen reaktorista poistettava käytetty ydinpolttoaine säteilee aluksi hyvin voimakkaasti. Tämä korkea-aktiivinen ydinjäte ei saa joutua kosketuksiin elollisen luonnon kanssa ja on eristettävä siitä sadoiksi tuhansiksi vuosiksi. Käytettyä polttoainetta poistetaan reaktoreista vuosittain. Suomen ydinvoimalaitoksista sitä kertyy niiden suunnitellun 40 käyttövuoden aikana noin 2600 tonnia alkuperäisen uranimäärän mukaan laskettuna. (Lähde: STUK, 2000).

Ydinjätteet on suunniteltu loppusijoitettavaksi peruskallioon 500 metrin syvyyteen vesisäiliössä välivarastoinnin jälkeen. Asiantuntijoilta kysyttiin, millaisen keskimääräisen säteilyannoksen lisäyksen millisieverteissä polttoaine voisi vakavan onnettomuuden tapauksessa aiheuttaa ja mikä olisi tämä onnettomuus tai uhka.

- ”Väestölle 0,0 mSv. Olettaen että loppusijoitus toteutetaan suurinpiirtein nykysuunnitelmien mukaan, onnettomuus voisi kohdistua vain hyvin pieneen osaan polttoainetta, joka olisi mekaanisesti lujassa kiinteässä ja liukenemattomassa olomuodossa.”
- ”En ymmärrä, mikä onnettomuus voisi olla, materiaaliahan ei kasata niin, että kriittistä massaa syntyisi. Jos trukilla kolhitaan säiliötä rikki, kuski saa siitä säteilyannoksen joka voi henkilötasolla olla suuri, mutta ei vaikutu väestön keskiarvoon.”
- ”5 mSv vuodessa (asetettu raja-arvo onnettomuustapauksessa). Luonnonmullistus; loppusijoitustilasta tietämättömien ihmisten toiminta.”

- ”Annos 0 – 100 000 mSv. Periaatteessa on kuviteltavissa sellainen mahdollisuus, että joku hyvin varustautunut ja määrätietoinen ryhmä voisi päästä käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikalle, raivata tiensä kapseleille ja saada ne avattua. Tällöin annokset voisivat olla hyvin suuria. Muulla tavalla huomattavin tietoisin ponnisteluin väestön altistumiseen johtavaa tapaptumaa on tällä hetkellä vaikea kuvitella, olettaen että maaperän käyttäytymistä ymmärretään suunnilleen oikein.”
- ”alle 1 mSv. Loppusijoituskapselit rikkoutuisivat jääkauden tai tulevien sukupolvien ihmistoiminnan seurauksena => nuklideja liukenisi pohjaveteen. Onnettomuus ennen loppusijoitusta (laitosvaihe -> kuljetusvaihe) esim. terrorismi-iskun seurauksena.”

Asiantuntijoita pyydettiin ottamaan kantaa väitteeseen, jonka mukaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu ja ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen.

- ”Teknisesti ne on jo ratkaistu ja taloudellisesti halvempikin ratkaisu olisi väestön ja ympäristön kannalta aivan riittävä. Ongelman poliittinen ratkaisu on poliitikkojen tehtävä, sitä ei voi sysätä muille” (Eri mieltä).
- (Eri mieltä)
- ”Ydinvoima on ainoa energiantuotantomuoto, jonka jäteongelmat ylipäänsä on ratkaistu. Fossiilisten jäteongelmaa ei ole ratkaistu lainkaan esim. typen oksidien ja CO₂:n osalta.” (Eri mieltä)
- ”Vaikea ottaa kantaa. Erittäin luotettavan tuntuisia teknisiä ratkaisuja on kehitetty, niitä ei kuitenkaan ole voitu testata realistisella aikaskaalalla. Riskit ovat erittäin pieniä, mutta inhimillisen perspektiivin ylittävä aikajänne, jolle se jakautuu on ongelmallinen jo eettisesti.”
- ”Käytetty polttoaine voidaan turvallisesti loppusijoittaa peruskallioon.” (Eri mieltä)

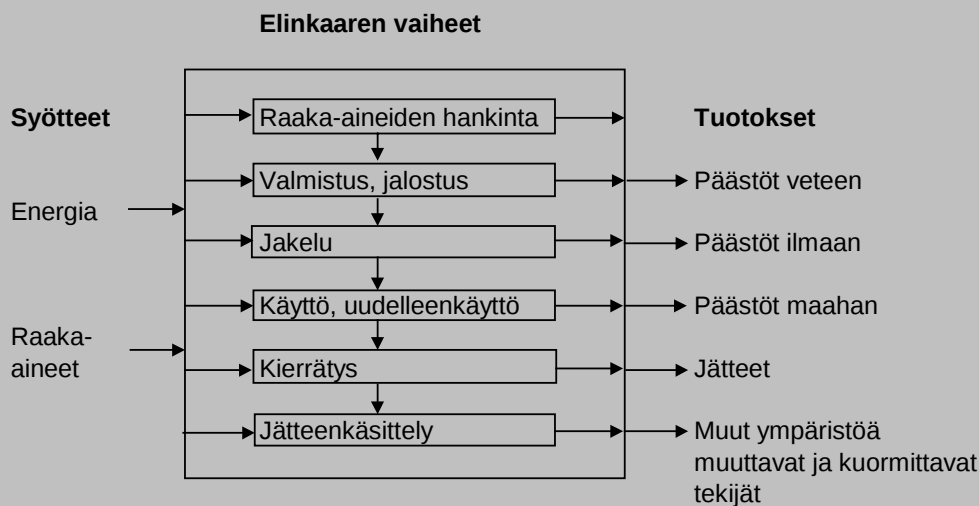
Asiantuntijoita pyydettiin kuvaamaan niitä uhkia, joita ydinjätteen loppusijoittamisesta saattaisi aiheutua. Asiantuntijat nimesivät luonnonmullistukset, loppusijoituksesta tietämättömien ihmisten tai terroristiryhmien toiminnan sekä kuljetusvaiheen terrorismi-iskun ydinjätteisiin mahdollisesti liittyviksi uhkiksi. Asiantuntijoita pyydettiin myös ottamaan kantaa väitteeseen, jonka mukaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu ja ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen. Asiantuntijat olivat pääsääntöisesti tästä eri mieltä ja pitivät ydinjätteisiin liittyviä ongelmia teknisesti ratkaistuina. Menetelmien testaus koettiin kuitenkin ongelmaksi, samoin kuin inhimillisen perspektiivin ylittävä aikaskaala ja sille jakautuva riski, joka on eettinen ongelma.

Panelistien enemmistö (27/37) ei pitänyt jätteiden loppusijoitukseen liittyviä vaikutuksia merkittävimpinä ydinvoimaan liittyvinä terveysvaikutuksina. Loppusijoitusta pidettiin turvallisempana kuin avovarastointia. Tulevaisuudessa arveltiin keksittävän jätteille jotain hyötykäyttöä. Luonnonmullistusten mahdollisuutta pidettiin kuitenkin riskinä ja kaikkia loppusijoitukseen liittyviä ratkaisuja ei erään vastaajan mielestä oltu vielä ratkaistu. Edelläkävijän rooli arvelutti tässä kysymyksessä, sillä missään muualla maailmassa ei vielä ole käytännön kokemuksia loppusijoittamisesta. Eettisenä ongelmana pidettiin paitsi sitä, että loppusijoituspäätös tehdään kuin myös sitä, että sitä ei tehdä ja päätös jätetään tulevien sukupolvien tehtäväksi.

★ Elinkaariajattelu ja elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on kokonaisvaltainen menetelmä tuotteen tai toiminnon koko elinkaaren aikaisten ympäristökuormitusten ja niiden vaikutusten selvittämistä ja arviointia varten. Menetelmä perustuu elinkaariajatteluun, joka tarkoittaa ympäristövoimavarojen käyttöä koskevaa ennaltaehkäisevää strategiaa, jossa tuottamista ja kuluttamista koskevat ympäristövastuut ulottuvat tuotteiden raaka-aine- ja energia-panosten hankinnasta valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen koko elinkaaren kattavasti.

Elinkaariarvioinnissa määritetään tutkittavalle tuotteelle sen elinkaaren aikaisissa vaiheissa kulutettu energia, käytetyt raaka-aineet ja luonnonvarat, aiheutuneet päästöt ilmaan, veteen ja maaperään sekä muut ympäristörasitukset. Lisäksi arvioidaan näiden vaikutuksia ympäristöön esim. ilmaston lämpenemiseen, vesistöjen ja maaperän happamoitumiseen tai ihmisten terveyteen. Arviointiin voidaan liittää myös arvotusvaihe, jolloin eri vaikutuksia painotetaan suhteessa toisiinsa. Arvotus perustuu arvovalintoihin, ei luonnontieteellisiin perusteluihin, ja arvotuksen subjektiivisuudesta johtuen sen tulokset ovatkin yksilöstä, aikakaudesta tai yhteiskunnasta riippuvaisia.



Kuva 11. Tuotteen elinkaaren tyypilliset vaiheet (Loikkanen, ym. 1999)

Asiantuntijoilta kysyttiin arviota ydinvoiman käytön aiheuttamien kuolemantapausten määrästä seuraavien 30 vuoden aikana Suomessa.

- ”Unohtaen liikenne- yms. onnettomuudet; suurella todennäköisyydellä 0, hyvin pienellä kymmeniä – satoja. Ydinvoiman osalta kuolemantapausten arviointi täytyy kytkeä jobonkin onnettomuusskenaarioon. Toisin kuin polttoenergialla, ydinergiällä ei ole väestöä haitallisesti altistavia ja kuolleisuutta lisääviä ”normaalipäästöjä”.”
- ”Kuolemantapaukset riippuvat Venäjän tilanteesta.”
- ”6. Työntekijöiden kollektiiviannos³ on luokkaa 5 manSv vuodessa, 30 vuodessa 150 manSv. Työikäisten riskiarvio on 4%/Sv (ICRP). Väestön altistuksesta aiheutuu laskennallisesti alle 1 tapaus.”
- ”Alle 10 tapausta, lähinnä työperäisiä syöpiä. Syövällä on useiden kymmenien vuosien latenssiaika.”
- ”Kuolemantapauksien määrä on mahdoton arvioida. Normaalikäytössä annokset ovat pieniä, mutta laskennallisesti voidaan arvioida niihin liittyvän suuruusluokalta 1-100 syöpätapausta 30 vuoden kuluessa. Tämä arvio on huomattavan epävarma. Lisävaikkeen aiheuttaa se, että onnettomuuden mahdollisuutta on liki mahdoton sisällyttää arvioon.”

Paneelin jäseniä pyydettiin kommentoimaan edellä esitettyjä asiantuntijoiden näkemyksiä. Kysymystä ja aihepiiriä pidettiin hankalana, mikä kuvastuu myös vastausten vähäisyytenä. Kuolemantapausten määrää pidettiin vaikeana, lähes mahdottomana arvioida. Määrä riippuu siitä, otetaanko huomioon riskit, jotka tunnetaan vai sellaiset riskit, joita ei voi arvioida. Arvioita on erään vastaajan mielestä helppo esittää, mutta tilastomenetelmillä niitä ei (onneksi) voida perustella.

³ Kollektiivinen annos. Väestöannos. Tietyn väestöryhmän yksilöiden yhteenlaskettu säteilyannos, jonka perusteella arvioidaan säteilyn myöhäisvaikutusten todennäköisyyttä ko. väestöryhmässä. Kollektiivisen annoksen yksikkö on mansievert (manSv). (STUK)

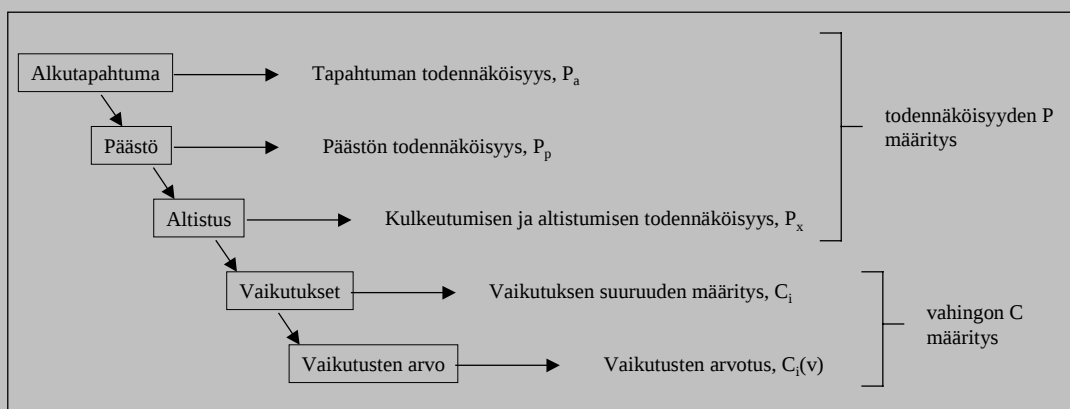
Tutkimus- ja kehitystoiminta

Joissakin Euroopan maissa on tehty päätöksiä luopua ydinvoiman käytöstä. Asiantuntijoilta tiedusteltiin, mitä vaikutuksia näillä päätöksillä voi olla Suomen kannalta, jos esim. ydinvoimaan liittyvä tutkimustoiminta vähenee.

- *”Ydinvoimasta luopuminen on poliittinen päätös, jolla tuskin on merkitystä kyselyn aiheen so. terveysvaikutusten kannalta.”*
- *”Tärkein on poliittinen painostusvaikutus Suomen omiin päätöksiin. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan vähenemisen vaikutus on kielteinen, mutta ei jo rakennettujen tai läbitulevaisuudessa mahdollisesti rakennettavien voimaloiden riskien kannalta kovin suuri.”*
- *”Riippuu täysin korvaavasta energiantuotantomuodosta. Jos se on fossiilinen, seuraukset ovat erittäin Haitalliset. Poliittiset vaikutukset ovat vielä vaikeita arvioida.”*
- *”Asiantuntijoiden määrä vähenee ajan saatossa. Vaikka lisäydinvoimaa ei rakennettaisikaan, ydinjätteiden loppusijoituksessa tarvitaan asiantuntijoita vielä pitkälti yli 50 vuoden ajan.”*

Panelistit kommentoivat tutkimus- ja kehitystoiminnan vähenemisen vaikutuksia asiantuntija-arvioiden pohjalta tutkimuksen toisessa ja kolmannessa vaiheessa. Ydinenergia-alan tutkimuksen väheneminen – samoin kuin koko energia-alan tutkimustoimintanahtiin olevan ylimenovaiheessa monopolien purkautumisen myötä. Jatkossa tutkimustoiminnan arvioitiin jälleen voimistuvan. Ydintutkimukseen panostamisen katsottiin olevan myös pois muiden energialähteiden, kuten esimerkiksi uusiutuvien, tutkimuksesta. Tutkimustoiminnan ylläpitämisen katsottiin kuitenkin olevan tarpeellista sekä nykyisen kapasiteetin laadukkaan toiminnan ylläpitämiseksi että siksi että ydinvoima todennäköisesti palaa suosioon. EU:n fuusio-ohjelmaan panostaminen koettiin myös tärkeäksi. Ydintutkimukseen panostaminen edistää myös sitä, että voidaan kehittää uusia ja turvallisempia tapoja käyttää ydinvoimaa.

★ *Ydinvoimaan liittyvien riskien arviointi esimerkkinä onnettomuus Three Mile Island –laitoksella vuonna 1979*



Kuva 12. Riskiarvioinnin vaiheet (Lonka, 2001)

Ydinvoimatekniikan sanasto määrittää riskin tapahtuman todennäköisyyden ja seurauksen tulona. Yleisemmin määriteltynä riski on ei-toivotun tapahtuman uhka ja riskianalysoinnissa mitta vahinkotapahtuman todennäköisyydestä ja seurauksen suuruudesta.

Ydinvoimalan toimintaan liittyvien onnettomuusriskien arviointiin voidaan käyttää todennäköisyyspohjaista riskien arviointia (Probabilistic risk assessment, PRA), jossa

- määritellään ja kuvataan ne tapahtumaketjut, jotka tapahtuessaan voivat johtaa vakavaan onnettomuuteen tai muuhun ei-haluttuun tapahtumaan,
- arvioidaan esiintymistiheys kullekin tapahtumaketjulle sekä
- arvioidaan seuraukset, jotka liittyvät kuhunkin tapahtumaketjuun.

Riskiarvioinnin yleiset vaiheet on esitetty kuvassa 13. Onnettomuudet kuvataan tapahtumaketjuina, joissa ensimmäisenä on alkutapahtuma ja sitä seuraa onnettomuuden kehittymismahdollisuuksien mukaisia haaroja. Tapahtumaketjuille voidaan laskea todennäköisyyksiä esimerkiksi vikapuumenetelmällä tai simuloimalla prosesseja tapahtumaketjun oletusten mukaisesti. Vikapuu on menetelmä, jolla kuvataan korkeamman tason vikatapahtumat (esim. järjestelmän vika) alemman tason vikatapahtumien (komponenttien tai osajärjestelmien viat, inhimilliset virheet) avulla (Pulkinen 1998). Tapahtumien välinen yh-

teys kuvataan loogisella kaaviolla, jonka elementtejä ovat erilaiset perustapahtumat (esim. komponenttiviaat) ja loogiset operaatiot kuten ”JA” tai ”TAP”. Jos järjestelmä on riittävän monimutkainen, on vikapuuanalyysi lähes ainoa mahdollisuus tunnistaa järjestelmävikaan johtavat komponenttien vikayhdistelmät.

Ydinvoimalaitoksia käsittelevien riskitutkimusten mukaan sydämensulamisonnettomuudet muodostavat merkittävimmän riskin ympäristön kannalta. Tshernobylin onnettomuuden ohella Three Mile Islandin ydinvoimalaitoksella Yhdysvalloissa tapahtui tällainen onnettomuus vuonna 1979. Vikapuuna tapahtumaketju voidaan esittää seuraavasti (vrt. Aaltonen ym. 1983):

1. Lauhteenpuhdistusjärjestelmän virhetoiminnan seurauksena syöttöveden virtaus höyrystimiin keskeytyi. JA
2. Höyryn paine nousi, mistä seurasi että paineistimen ulospuhallus avautui ja reaktori meni pikasulkuun. JA
3. Paineen laskettua ulospuhalluksen sulkeutumisrajalle, venttiili juuttui auki. JA
4. Valvomoon saatiin virheellinen tieto venttiilin sulkeutumisesta JA
5. Apusyöttövesipumput käynnistettiin, mutta vettä höyrystimiin ei saatu, koska pumppulinjojen sulkuventtiilit olivat huollon jälkeen unohtuneet auki. Paineen lisäys käynnistyi automaattisesti, mutta se kytkettiin pois päältä, koska mittarin tulkittiin kertovan jäähdytyspiirin olevan täynnä vettä. JA
6. Suojalevyn rikkoutumisen vuoksi jäähdyte pääsi suojarakennukseen. Oikea päätelmä venttiilin juuttumisesta tehtiin vasta noin 2 tunnin kuluttua tapahtumasarjan alusta. Tämä oli liian myöhäistä estämään sydämen osittaista sulamista.

Kullekin ketjun tapahtumalle voidaan arvioida todennäköisyys, edellytyksellä että sitä edeltävät tapahtumat ovat jo toteutuneet. Tällöin voidaan arvioida koko tapahtuman todennäköisyys näiden ehdollisten todennäköisyyksien tulona. Tunnistamalla ketju, voidaan kuitenkin ennen kaikkea toimia niin, että se tai sen kaltainen kehityskulku ei pääse tapahtumaan. Esimerkiksi yllä mainitussa tapauksessa väärät ilmoitukset reaktorin jäähdytysjärjestelmän tilasta ja siitä seuranneet väärät ratkaisut olivat inhimillisen virheen (kiinniunohtuneet venttiilit) ohella ratkaisevassa asemassa. Mittaus- ja kontrollijärjestelmiä kehittämällä on voitu vastata näihin ongelmiin. Perusongelma vikapuumenetelmässä on kaikkien olennaisten kehityspolkujen tunnistaminen. Tunnistettujen kehityspolkujen tapauksessa riskiä on melko helppo hallita.

Tunnistamattomien tai mahdottomina pidettyjen, mutta silti mahdollisten kehityskulkujen tapauksissa riskien hallinta on vaikeaa. Tällaisiinkin haasteisiin voidaan kuitenkin vastata kriittisten kohtien moninkertaisilla varmistuksilla, jotka toki myös maksavat.

Vaikka ydinvoimaan liittyen riskiarvioinnilla tarkoitetaan yleensä varsinaiseen voimantuotantoon liittyvien onnettomuustodennäköisyyksien selvittämistä, liittyy ydinvoimatuotannon elinkaaren eri vaiheisiin myös muita työntekijöiden ja kansalaisten terveyteen sekä ympäristöön liittyviä riskejä. Uraanimalmin louhinta, kuljetus jalostettavaksi, jalostus polttoaineeksi, polttoaineen kuljetus, polttoainejätteen kuljetus loppukäsittelyyn sekä jätteen loppusijoitus sisältävät sekä teknisiä että inhimillisiä riskitekijöitä. Inhimilliset tekijät erityisesti muodostavat merkittävän riskin ydinvoimalaitosten toiminnalle. On arvioitu, että useammassa kuin puolessa raportoiduista ydinvoimalaonnettomuustapauksista on onnettomuuden taustalla ollut ihmisen toimintaan liittyvä tekijä (U.S NRC, 1998)

Lähteet:

- KTM, 1989. Energiantuotannon ja -käytön ympäristö, luonto- ja terveysvaikutukset. Energiakomitean ympäristö- ja terveysvaikutusten jaoston selvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja C:22.
- U.S.NRC, 1998. The Price-Anderson Act – Crossing the Bridge to the Next Century: A Report to Congress.
- Aaltonen, P., Melkas, H., Partanen, J. & Savolainen, I. Reaktorionnettomuuksien seurausten arviointimenetelmien vertailu. IVO-Ympäristötutkimukset. YMP-82-14- Helsinki, 1983.

4.3.6 Sähköntuotannon skenaariot 2010 ja sen jälkeen

Kyselyssä lähdettiin liikkeelle energian kulutuksen ja taloudellisen kehityksen välisestä riippuvuudesta sekä Kioto-sopimuksen täytäntöönpanoon liittyvistä kysymyksistä. Sen jälkeen rajoituttiin tarkastelemaan energian tuotantoon liittyviä terveysvaikutuksia, lähinnä pienhiukkas- ja säteilypäästöjä. Tämän jälkeen kysyttiin vielä kannanottoja tulevaisuuden energiantuotantovaihtoehtoihin tavoitteena arvioida terveysvaikutusten merkitystä niihin. Energiantuotantoon liittyviä skenaarioita ei käsitelty asiantuntijoille suunnatussa tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa.

Panelisteille annettiin kommentoitavaksi kolme vaihtoehtoista tulevaisuuden sähkön-tuotannon skenaariota, jotka perustuivat joko maakaasun tai ydinvoiman käytön lisää-miseen tai uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämiseen ja energian säästöön. Vaih-toehtoisesti panelisti voi hahmotella myös oman skenaarionsa. Kansallisen ilmasto-ohjelman tausta-aineistossa esitettiin myös eri skenaarioita, joita ei kuitenkaan suoraan voitu käyttää aineistona tutkimuksessa, sillä ilmasto-ohjelman taustaselvitys valmistui vasta panelistien jo annettua vastauksensa. Seuraavassa käsitellään eri skenaariot sekä panelistien niihin liittyen esittämiä keskeisiä kommentteja. Vastauksista koottu yhteen-veto on esitetty liitteessä D.

1. SKENAARIO: Maakaasu

Skenaarion kuvaus:

Sähkön tuotanto perustuu maakaasun käytön lisäämiseen. Maakaasu korvaa kivihiilen kokonaisuudessaan lauhdesähkön tuotannossa vuoteen 2015 mennessä ja vuonna 2010 hiililauhdetta olisi enää korvaamatta yhden laitoksen verran. Maakaasun lisäkäytön ta-kia ei rakenneta uutta ydinvoimalaa. Maakaasun turvatun saamisen takia Suomi tulisi kytkeä eurooppalaiseen maakaasuverkkoon. Maakaasun laajempi käyttö perustuu keski-tettyyn energiajärjestelmään.

Maakaasun korvattaessa vanhoja hiililauhdelaitoksia, alenevat kasvihuonepäästöt ja hiuk-kaspäästöt. Maakaasun hiukkaspäästöt ovat huomattavasti öljy- ja hiilipolttoa alemmat ja siten terveydelliset vaikutukset lievenevät.

Verrattuna BAU-skenaarioon, olisi ero CO₂-päästöissä 3,9 miljoonaa tonnia vuonna 2010 ja 6,1 miljoonaa tonnia vuonna 2020. (KTM, 2001) Kioto-sopimuksen saavuttami-seksi tarvittaisiin merkittäviä lisätoimia.

Maakaasu on uusiutumaton luonnonvara eikä voi pitkällä ajanjaksolla olla lopullinen ratkaisu, mutta siirtymäaikana keskeinen ja pitkäaikainen ratkaisu. Maakaasun käyttö mahdollistaa yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon CHP-laitoksissa.

Maakaasuvaihtoehtoon liittyviä terveydellisiä näkökohtia ei juuri tullut kommentoissa esille. Esitetyt argumentit liittyivät taloudellisiin, polttoainetoimituksellisiin tai kasvihuonekaasujen vähentämiseen tähtääviin seikkoihin. Maakaasuun perustuvan sähkön tuotannon määrä voisi Suomessa kasvaa panelistien arvioiden mukaan jonkin verran, mutta suurin osa vastaajista piti sitä välivaiheen ratkaisuna, johon liittyy niin suuria toimituksellisia riskejä, että pelkästään maakaasun varaan sähkön tuotannon lisäystä ei katsottu voivan rakentaa. Tämä kuvastui myös samaistuneiden määrissä, sillä 22/28 vastanneista samaistui jonkin verran tähän skenaarioon.

Panelistit pitivät maakaasua välivaiheen ratkaisuna siirryttäessä kestäviin energiamuotoihin. 5-20 vuotta kestävä ylimenokauden osaratkaisuna sillä voi olla merkitystä. Kaasun saanti on yhdestä toimittajasta riippuvainen niin kauan kunnes Suomi on kytketty eurooppalaiseen maakaasuverkkoon. Energiantuotannon perusrakennetta tai merkittävää osaa ei katsottu voitavan rakentaa poliittisesti epävarman maan varaan. Poliittisten riskien ohella maakaasuun liittyy myös taloudellisia riskejä, sillä yhden toimittajan järjestelmässä toimittaja voi sanella hinnan.

Maakaasun käytön lisäämisellä voidaan vähentää kasvihuonekaasujen määrää vain, mikäli kaasulla korvataan kivihiilen käyttöä. Mikäli lainsäädännön keinoin ohjataan kehitystä hiilestä kaasuun, luovutaan energiamarkkinoiden avaamisesta ja kilpailusta eli kivihiiltä tarvitaan polttoaineiden kilpailun kannalta. Lisäksi erään vastaajan mielestä maakaasu on liian arvokasta käytettäväksi energiantuotannossa, vaan sitä tulisi käyttää kemianteollisuuden raaka-aineena ja sen riittävyyttä pitää tukea.

2. SKENAARIO: Ydinvoima

Skenaarion kuvaus:

Rakennetaan uusi ydinvoimala (1300 MW). Oletetaan laitoksen valmistuvan vuonna 2010.

Uudella ydinvoimalalla korvataan erityisesti kivihiilellä ja öljyllä tuotettua sähköä, jolloin sekä kasvihuonekaasupäästöt että hiukkaspäästöt alenevat. Hiukkaspäästöjen alenemisen takia terveydelliset vaikutukset lievenevät.

Ydinvoimalla tuotetun energian väitetään olevan tärkeää energiasäästöjen kotimaisten teollisuudenalojen, metsä-, metalli- ja kemianteollisuuden kilpailukykyyn kannalta.

Verrattuna BAU-skenaarioon, olisi ero CO₂-päästöissä 9,1 miljoonaa tonnia vuonna 2010. Mikäli rakennettaisiin toinen uusi ydinvoimala, joka valmistuisi vuonna 2015, olisi ero CO₂-päästöissä 17,9 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (KTM, 2001)

Ydinvoima synnyttää mahdollisessa onnettomuustapauksessa säteilypäästöjä. Käytetty ydinvoimalaitosjäte voi aiheuttaa ympäristöriskin esim. loppusijoituspaikan kallioperästä tapahtuvien yllättävien muutosten seurauksena. Jätteiden loppusijoitukseen liittyy eettinen ongelma kun mahdolliset jätteisiin liittyvät riskit siirretään tuleville sukupolville.

Ydinvoiman laajempaa käyttöä rajoittaa sen poliittinen hyväksyttävyys. Ydinvoiman käyttö perustuu keskitettyyn energiajärjestelmään. Uusi ydinvoimala ei voine valmistua ennen vuotta 2010 (rakentaminen kestää n. 10 vuotta). Ovatko energiantuottajat ja rahoittajatahot halukkaita panostamaan ydinvoiman rakentamiseen nykyisessä markkina-tilanteessa?

Panelistien kommenttien luonnehdinta:

Panelistien kannanotot ydinvoimaan perustuvaan skenaarioon jakaantuivat hyvin tasaisesti täysin samaistuneiden, jonkin verran samaistuneiden ja ei lainkaan samaistuneiden kesken. Skenaarioista tämä kirvoitti vastaajia ehkä eniten argumentoimaan oman kan-

nanottonsa puolesta. Täysin samaistuneet viittasivat ydinjätteiden loppusijoittamisen eettisen ongelman pienuuteen verrattuna muihin energiantuotantomuotoihin, onnettomuusriskin pienuuteen muuhun riskitasoon verrattuna, taloudellisuuteen, hiilidioksidipäästöjen alentamiseen ja Kioto-sopimuksen velvoitteiden täyttämiseen sekä sähkön kulutuksen kasvuun ja teollisuuden kilpailukyvyn takaamiseen. Vasta-argumentoijat olivat huolestuneita mm. Suomen imagosta, energiansäästöön ja uusiutuviin energialähteisiin käytettyjen panostusten pienenemisestä, ydinjätteiden tuomisesta muista maista Suomeen loppusijoitettaviksi, kriisitilanteisiin liittyvistä uhkista sekä onnettomuustapauksiin ja jätteisiin liittyvien riskien ulkoistamisesta.

Merkittävä määrä vastaajista samaistui skenaarioon jonkin verran. Osa tähän joukkoon kuuluneista piti ydinvoimaa osana monista energiantuotantomuodoista koostuvaa kansallista energiapalettia, eikä sitä pitäisi sulkea pois vaihtoehtona. Mikäli vaihtoehtoja löytyy, ovat tämän joukon vastaajat valmiita pidättymään ydinvoiman lisärakentamisesta. Yleensä tähän ryhmään kuuluneet vastaajat pitivät jotain argumenttia eräällä tavalla kriittisenä, jonka ratkaisemista he edellyttäisivät ennen kuin olisivat valmiita hyväksymään tai hylkäämään ydinvoimavaihtoehtoon. Erityisesti kansanedustajien kohdalla tähän ryhmään kuuluivat henkilöt, jotka eivät vielä olleet päättäneet kantaansa.

Laadittaessa ylläolevaa kuvausta ydinvoiman lisärakentamiseen pohjautuvasta skenaariosta ei ollut vielä tiedossa energiantuottajien ja rahoittajatahojen halukkuutta ydinvoiman lisärakentamiseen. Teollisuuden Voima Oy (IVO) jätti kuitenkin 15.11.2000 valtioneuvostolle periaatepäätöshakemuksen uuden ydinvoimalaitosyksikön rakentamisesta joko Loviisaan tai Olkiluotoon. Periaatepäätöshakemuksen osana oli molemmista laitoksista ympäristövaikutusten arviointiselvitykset. Valtioneuvoston tehtävänä on arvioida, onko hakemuksessa ehdotettu ydinvoimalayksikkö yhteiskunnan kokonaisedun mukainen. Myönteinen periaatepäätös alistetaan eduskunnan päätettäväksi. Voimayhtiö voi hakea rakennuslupaa laitokselle valtioneuvostolta eduskunnan vahvistettua periaatepäätöksen. Laitoksen valmistuttua on sille haettava vielä käyttölupa. Eduskunnan käsitteilyyn viidennen ydinvoimalayksikön rakentamisen odotetaan tulevan aikaisintaan syksyn 2001 aikana.

3. SKENAARIO: Voimakas panostaminen energian säästöön ja uusiutuviin energialähteisiin

Energiansäästön palvelukeskus Motivan mukaan 10 % nykyisestä sähkön kulutuksesta voidaan säästää halvoin toimin. Tässä skenaariossa panostetaan voimakkaasti energiaa säästäviin toimenpiteisiin ja lisäksi lisätään uusiutuvien energialähteiden eli tuulen, aurinkovoiman ja bioenergian (puu, hake, olki, maalämpö) käyttöä. Erityisen lupaavia mahdollisuuksia näyttäisi tarjoavan tuulivoima, jonka teknologia on kehittynyt viime aikoina entistä kustannustehokkaammaksi.

Tuuli- ja aurinkovoiman korvatesa hiilivoimaloiden energiatuotantoa kasvihuonekaasupäästöt energiantuotannosta alenevat ja terveydelliset vaikutukset lievenevät. Tuuli- ja aurinkovoimateknologian kehittäminen voi synnyttää vienti- ja työllistämismahdollisuuksia. Puu on kotimainen energialähde ja sen käytön laajentamisella ja puun energiatekniikan kehittämällä voi olla myönteisiä työllisyysvaikutuksia ja se voi luoda myös vientimahdollisuuksia. Uusiutuvien energialähteiden käyttö voi mahdollistaa nykyistä huomattavasti hajautetumman energiantuotannon. Biopolttoaineilla on potentiaalinen kasvava merkityksensä myös liikenteessä.

Puun perinteisillä polttomenetelmillä on lievää ristiriitaa terveys- ja ilmastotavoitteiden välillä. Tuulivoiman suurimittakaavaiseen hyödyntämiseen liittyy maisemallisia haittoja. Rakennemuutos uusiutuvien energialähteiden käyttöönottamisessa on hidas ja merkittävänä vaihtoehtona uusiutuvien energialähteiden vaihtoehto voi olla mahdollinen vain pitkällä ajanjaksolla. Puun keräys-, ym. tekniikoita on kehitettävä.

KTM:n energiasäästötyöryhmän mietinnön mukaan CO₂-päästöjen vähenemä voisi olla jopa 8 miljoonaa tonnia vuoteen 2010 mennessä, mikäli energiansäästöön panostetaan voimakkaasti. (KTM, 2000)

Panelistien kommenttien luonnehdinta:

Uusiutuvat ja säästö –skenaarioon samaistuminen jakautui siten, että noin puolet vastaajista samaistui jonkin verran skenaarioon toisen puolen jakauduttua kyllä ja ei –kantoihin. Skenaarioon oli ehkä siinä mielessä hankala ottaa kantaa, että kyseessä oli monta

energiantuotantomuotoa sekä lisäksi vielä säästö, jolloin skenaarion toteutumiseen vaikuttavia seikkoja ja reunaehdoja on muita skenaarioita enemmän. Vastaajat toivatkin tyypillisesti esille joihinkin valitsemiinsa energialähteisiin liittyviä seikkoja.

Usean vastaajan mielestä uusiutuviin energialähteisiin ja energiansäästöön tulee panostaa riippumatta muista energiantuotantovaihtoehdoista. Uusiutuvien energialähteiden tutkimus nähtiin tärkeänä, samoin energiaa säästävän teknologian kehittäminen teollisuuden ja kotitalouskäyttöön. Verotuksella voidaan vaikuttaa sekä sähkön säästämiseen että uusiutuvien energialähteiden kilpailukykyyn. Uusiutuviin energialähteisiin siirtyminen nähtiin myös imagokysymyksenä. Yleisiä tätä skenaariota puoltavia argumentteja olivat kotimaisuus, huoltovarmuus, hajautettu tuotanto ja työvoimavaltaisuus.

Skenaarioon kielteisesti suhtautuvat pitivät uusiutuvia marginaalisina energiantuotantomuotoina, joilla ei pystytä pääsemään Kioto-sopimuksen tavoitteisiin. Puuvoimalla ei katsottu olevan mahdollisuuksia hajautettuun energiantuotantoon, sillä vähäpäästöisen puupolttoaineita käyttävän voimalaitoksen tulee olla suhteellisen suuri ja hajautettu puun poltto aiheuttaa pienhiukkaspäästöjä. Uusiutuviin ja säästöön turvautumalla energian tuotantokustannusten sekä sitä kautta sen hinnan pelättiin nousevan hyvin suureksi ja teollisuuden siirtävän kasvun pois maasta korkeiden hintojen vuoksi. Tuulivoimaan investoimista pidettiin myös kalliina ratkaisuna.

4. SKENAARIO: PANELISTIN OMA SKENAARIO

Tässä kohdassa vastaajalla oli mahdollisuus luoda oma tulevaisuuden energiantuotannon ja -käytön skenaarionsa yhdistellen edellä kuvattuja skenaarioita. Koska panelisti sai itse hahmotella tämän skenaarion, ei samaistumisessa tullut yhtään tapausta, johon panelisti ei olisi samaistunut laisinkaan. Huomattavaa on, että tällöin kyseessä oli kannotto panelistin itsensä laatimaan skenaarioon, ei muiden panelistien skenaarioihin.

Yleisin tässä luonnehdittu skenaario oli luonteeltaan yhdistelmiä edellä mainituista, ja jossa todettiin, että kaikkia mahdollisia keinoja ja energiantuotantomuotoja tulee käyttää. Eräät käyttivät tämän mahdollisuuden hyväkseen vielä erikseen perustella sitä skenaariota ja siihen vaikuttavia taustatekijöitä, johon olivat edellä samaistuneet eniten. Pa-

nelistien esittämät skenaariot on esitetty sellaisenaan liitteessä D, eikä niitä tässä käsitellä tarkemmin.

4.3.7 Panelistien yleiskommentteja kyselyyn

Kyselyn lopuksi vastaajille annettiin mahdollisuus kommentoida kyselyn aihepiiriä, tehtyjä rajoituksia, toteutusta tai muuta kyselyyn liittyvää aihetta tai täydentää aikaisempia kommentteja. Erityisesti kansanedustajilta kyseltiin myös kuinka heidän mielestään tämän tyyppinen työskentelytapa soveltuisi myöhemminkin eduskunnan työn tukemiseen. Muutama vastaaja oli vielä tässä kohdin kommentoinut tulevaisuuden energiantuotantoskenaarioita

Eräs vastaaja kommentoi Delfoi-menetelmää seuraavasti: ”Delfoi-menetelmässä on vaikea erottaa (niin kuin kaikessa muussakin) vastataanko ”asiantuntemuksen” vai ”asenteen” pohjalta tietyllä tavalla. Jos kysymys olisi vain ”asenteista” riittäisi äänestys. Jos kysymys on myös asiantuntemuksesta, tulisi niille, jotka ovat todellisia asiantuntijoita, antaa huomattava paino niissä kysymyksissä, jotka menevät ko. asiantuntijan asiantuntemuksen alueelle. Usein on niin, että asiantuntijatkin ovat asiantuntijoita vain kapealla alueella. Muilla alueilla he lukevat muiden raportteja vain taustatiedon saamiseksi, ts. he eivät ole varsinaisia asiantuntijoita.”

Kyselyn rakennetta kommentoitiin liian kapea-alaiseksi ja tarkoitushakuiseksi ja elinkaarinäkökulman puuttuminen vei pohjaa pois koko hankkeelta. Asiantuntijoiden näkökulmia ja kommentteja pidettiin johdattelevina, mutta toisaalta myös hyvinä, selkeinä ja informatiivisina. Aihepiiriä pidettiin tärkeänä ja ajankohtaisena, hieman vaikeanakin ja paneutumista vaativana, mutta rajouksista huolimatta laajana kokonaisuutena. Kyselyssä oli erään vastaajan mielestä teknisten ja rationaalisten seikkojen ylikorostumista asennemuutosten ja muiden yhteiskuntamuutosten jäädessä vähemmälle huomiolle. Eräitä kysymyksenasetteluja pidettiin hyvinä, toisia liian yksinkertaistavina ja siten jopa harhaanjohtavina.

5. Johtopäätökset

Tässä teknologian arvioinnissa käytetty Delfoi-menetelmä on suulliselle kuulemiselle vaihtoehtoinen tapa lisätä asiantuntemusta eduskunnan tulevaisuuspoliittisten päätösten valmistelussa. Menetelmää on erilaisin muunnoksien käytetty paljon 1950-luvulta lähtien erityisesti teknologian kehitysmahdollisuuksien ennakointiin ja arviointiin mutta laajasti myös muunlaisiin sovellutuksiin. Viimeisen kymmenen vuoden aikana on ollut käynnissä menetelmän käytön voimakas nousukausi kansallisten teknologian ennakointihankkeiden muodossa. Näitä on esitelty Sitran tuoreessa raportissa ”Kokemuksia kansallisista teknologiaennakoinneista” (Hjelt ym. 2001).

Asiantuntijoiden suullinen kuuleminen on ollut keskeinen menettelytapa, jolla eduskunnan valiokunnat ovat lisänneet päätöksiin vaikuttavien asioiden tuntemustaan. Ympäristövaliokunta kuuli suullisesti muutaman kuukauden aikana 75 asiantuntijaa (YmVM 6/2001 vp) valmistellessaan keväällä 2001 lausuntoa valtioneuvoston selontekoon kansallisesta ilmastostrategiasta. Eduskunnan työtapojen kehittämisen kannalta tärkeä kysymys on, lisääkö näin laaja kuulemisprosessi todella parhaalla mahdollisella tavalla kansanedustajien pitkäjänteiseen energiapolitiikkaan liittyvien tosiasioiden tuntemusta.

Uhkana on, kuten oheisesta ympäristövaliokunnan kuulemisprosessiin osallistuneen kansanedustajan haastattelusta ilmenee, että laaja asiantuntijoiden suullinen kuuleminen lähinnä vahvistaa olemassa olevia ennakkoluuloja. Inhimillinen kontakti asiantuntijaan voi epäilemättä olennaisesti edistää olennaisimman tiedon saantia häneltä. Lyhyessä puheenvuorossa on kuitenkin mahdotonta perustella huolellisesti kantaansa. Tällöin varsinkin voimakkaita tunteita nostattavissa kysymyksissä ulkokohtaiset tekijät kuten esiintymisvarmuus ja ”liputtaminen oikeiden asioiden suuntaan” merkitsevät helposti enemmän kuin puheenvuoron asiasisältö.

Tutkimuksessa käytetty Delfoi-menetelmän muunnos, josta kirjallisuudessa on käytetty englanniksi nimiä ”Policy Delphi” (Turoff 1975) tai ”Argument Delphi” (Kuusi 1999), soveltuu erityisen hyvin energiapolitiikan kaltaisen alueen tarkasteluun, missä arvo- tai tunnepohjaiset kannanotot ja tosiasioihin perustuvat kannanotot ovat vaikeasti toisis-

taan erotettavissa. Verrattuna asiantuntijoiden suulliseen kuulemiseen menetelmän keskeinen etu on ensinnäkin anonymiteettiperiaate eli näkökohdan ja sen esittäjän erottaminen toisistaan. Vain se, että hyvän ajatuksen on esittänyt väärä henkilö, ei johda ajatuksen hylkäämiseen. Asiantuntija voi myös tuntemattomuuden turvassa esittää näkökohtia, joita hän ei leimautumisen pelossa uskaltaisi muuten esittää.

Toinen käytetyn menetelmän etu suulliseen kuulemiseen verrattuna on systemaattisuus ja ”taloudellisuus”. Kuultaessa ympäristövaliokunnan tapaan 75 asiantuntijaa ei voida välttyä samojen asioiden kuulemisesta kerta toisensa jälkeen. Tärkeitä uudet näkökohdat saattavat jäädä huomaamatta paitsi ennakkoluulojen vuoksi myös siitä syystä, että ne ”hukkuvat toistettujen näkökohtien valtamereen”. Delfoi-menetelmällä voidaan muodostaa eräänlainen tiivis kartta ratkaisuun vaikuttavista näkökohdista ja niiden kannatuksesta asiantuntijoiden keskuudessa. Sen avulla voidaan nopeasti todeta, tuoko jokin puheenvuoro aidosti uutta käytävään keskusteluun. Hieman samanlainen rooli voi tosin olla myös valiokunnan mietinnöllä, jos se on laadittu siihen tapaan kuin ympäristövaliokunnan mietintö kansallisesta ilmastostrategiasta (YmVM 6/2001). Asiantuntijoilta kuultuja näkökohtia on siinä esitetty mm. muodossa ”valiokunnalle on todettu...”. Tällä menettelyllä ei ole kuitenkaan mahdollista päästä samanlaiseen systemaattisuuteen näkökohtien kirjaamisessa ja arvioinnissa kuin Delfoi-prosessin tuloksena.

Delfoi-menetelmään perustuvan arvioinnin sisällöllisenä tavoitteena on ollut palvella eduskuntaa sen kehittäessä kansallista ilmastostrategiaa ja valmistautuessa ydinvoiman lisärakentamisesta koskevaan päätökseen. Arviointi rajattiin koskemaan energian tuotannon terveysvaikutuksia, jotta varsin vähäisin resurssein toteutettuun tutkimukseen saataisiin syvyyttä ja sen kautta opittaisiin jotain asiallisestikin uutta. Kun terveysvaikutukset arvioinnin lopuksi kuitenkin yhdistettiin uuden energiantuotannon päävaihtoehtoja kuvaaviin kaasu-, ydinvoima- ja uusiutuvat energialähteet / säästö skenaarioihin, arviointi tuotti varsin kattavan aineiston ko. päätöksiin vaikuttavista näkökohdista. Tuloksia tarkasteltaessa tehty raja on joka tapauksessa syytä muistaa.

Kansanedustajan kokemuksia asiantuntijoiden kuulemisesta ympäristövaliokunnassa

Eduskunta lähetti 28.3.2001 valtioneuvoston selonteon kansallisesta ilmastostrategiasta (VNS 1/2001) ympäristövaliokunnan valmisteltavaksi. Valiokunta valmisteli vastauksen selontekoon kahdessa ja puolessa kuukaudessa (YmVM 6/2001). Tänä aikana se kuuli suullisesti 75 asiantuntijaa kokoontuen joka viikko 3-4 kertaa. Lisäksi valtiovarain-, liikenne-, maa- ja metsätalous-, talous-, työ- ja tasa-arvo- sekä tulevaisuusvaliokunta antoivat asiasta lausuntonsa ympäristövaliokunnalle. Kukin niistä kuuli 15-50 asiantuntijaa. Muutamien monien valiokuntien yhteisten kuulemisten ohella sama asiantuntija saattoi vierailla eri valiokunnissa tai niiden eri jaostoissa jopa neljä kertaa.

Haastatellun ympäristövaliokunnan kuulemisiin tiiviisti osallistuneen kansanedustajan mukaan valiokunnalle esitettiin 20-30 sisällöltään lähes samanlaista asiantuntijalausuntoa. Kun lausuntojen esittäjät vielä usein ylittivät heille varatun ajan vieden aikaa kysymyksiltä, jäi monien kuultujen asiantuntijoiden anti kuulemisen tuloksen kannalta hyvin laihaksi.

Varsin tyypillinen tilanne oli sellainen, missä vain samoilla linjoilla asiantuntijan kanssa olevat valiokunnan jäsenet osallistuivat kuulemisiin. Tyypillisesti alle kymmenen edustajaa seitsemästatoista osallistui kuulemiseen. Kuulemisprosessin alkupäässä osallistumisaktiiviteetti oli suurempi. Haastateltu kansanedustaja piti mielekkäänä, että kuulemisessa käytettäisiin tulevaisuudessa enemmän kirjallisia lausuntoja ja että kehitettäisiin uusia menetelmiä kannanottojen kokoamiseen.

Energiantuotannon terveysvaikutuksiin kohdistunut arviointi on ensimmäinen laajempi yritys soveltaa Delfoi –menetelmää teknologian arvioinnissa Suomen eduskunnassa. Tästä syystä sen tuloksia on tärkeää eritellä erityisen huolellisesti. Moni asia arvioinnin yhteydessä olisi voitu tehdä paremmin, jos menetelmän soveltamisesta tällaisessa tapauksessa olisi ollut enemmän kokemusta. Kaikkine puutteineenkin arviointi osoittaa menetelmän toimivuuden tai ainakin sen mahdollisuudet ja rajoitukset.

Kuten aiemmin toteutettujen argumentoivien Delfoi-tutkimusten, myös tämän hankkeen olennainen piirre on, että se on toteutettu osallistuvien tahojen vuorovaikutteisena oppimisprosessina. Tärkeänä periaatteina hanketta toteutettaessa pidettiin arvioinnin yhteydessä tehtyjen ratkaisujen – kuten aineiston työstämisen ratkaisujen - avoimuutta ja läpinäkyvyyttä sekä hankkeen tunnetuksi tekemistä siten, että se voisi myötävaikuttaa aiheetta koskevaan kansalaisten piirissä käytävään keskusteluun. Osaltaan tämä prosessi on toivottavasti edesauttamassa ja lisäämässä mukana olevien eri asiantuntija- ja intressitahojen keskinäistä kommunikointia ja vuorovaikutusta sekä myös yhteisen perustellun näkemyksen ja ymmärryksen muodostumista energiakysymyksissä.

Energia 2010-hankkeesta saatuja menetelmällisiä kokemuksia voidaan hyödyntää vastedes eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan teknologian arviointihankkeissa. Delfoi-menetelmään perustuva teknologian arviointi tarjoaa mahdollisuuden syventyä joidenkin valittujen yksityiskohtien läpikäyntiin ja selvittää niiden merkitystä tarkasteltavan kokonaisuuden kannalta. Eduskunnan työ sisältää tyypillisesti moniulotteisia ja vaativia päätöksentekotilanteita ja kansanedustajat joutuvat päätöksissään painottamaan samanaikaisesti monia yhteiskunnallisia, taloudellisia, poliittisia, ideologisia ja teknologisia seikkoja. Tässä suhteessa eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan teknologian arviointihankkeita, sekä Delfoi-menetelmään liittyen että muutoinkin, voidaan täydentää vastedes arvottamistekniikkaan liittyvillä menetelmäkokeiluilla.

6. Lähdeluettelo

Aaltonen, P., Melkas, H., Partanen, J. & Savolainen, I. (1983) Reaktorionnettomuuksien seurausten arviointimenetelmien vertailu. IVO-Ympäristötutkimukset. YMP-82-14- Helsinki, 1983.

Airaksinen, A-K. & Heikkinen, A. (2000) Energiansäästöohjelman ympäristövaikutusten arviointi. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 26/2000. Energiaosasto. 77 s. (<http://www.vn.fi/ktm/3/YVA-raportti.pdf>)

Cuhls, K., Blind, K. & Grupp, H. (toim.) (1998) Delphi '98, Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe.

Delphi Report Austria (1998). Technologie Delphi I, Konzept and Ueberblick, Institut fuer Technikfolgen- Abscheidung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.

Hildén, M., Attila, M., Hiltunen, M., Karvosenoja, N. & Syri, S. (2001) Kansallisen ilmastostrategian ympäristövaikutusten arviointi. Suomen ympäristökeskus 30.3.2001.

Hiltz, S. R. & Turoff, M. (1995) The Network Nation. Cambridge, MA: MIT Press.

Hjelt, M., Luoma, P., van de Linde, E., Ligtoet, A., Vader, J. & Kahan, J. (2001). Kokeimuksia kansallisista teknologiaennakoinneista. Helsinki, Sitra, Sitran raportteja 4.

Irvine, J & Martin, B. R. (1989). Research Foresight, A publication of Netherlands Ministry of Education and Science, the Hague.

Jokiniemi, J., Ohlström, M., Kulmala, M. & Hämeri, K. (2000) Kartoitus pienhiukkastutkimuksesta Suomessa. Teknologian kehittämiskeskus TEKES, Teknologiakatsaus 100/2000. Helsinki 2000.

Kaakinen, J., Törmä, S. (1999) Esiselvitys geronteknologiasta – ikääntyvä väestö ja teknologian mahdollisuudet. Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 5, Eduskunnan kanslian julkaisu 2/1999.

Kuusi, O. (2001) Ikääntyneiden itsenäistä selviytymistä tukeva tulevaisuuspolitiikka ja geronteknologia. Tulevaisuusvaliokunnan geronteknologian ohjausryhmä, Teknologian arviointeja 9. Eduskunnan kanslian julkaisu 7/2001

Kuusi, O. (1999). Expertise in the future use of generic technologies. Epistemic and methodological considerations concerning delphi studies. Helsinki school of economics and business administration. Acta universitatis oeconomicae Helsingiensis, A-159. 268 s.

Kuusi, O. (1994) Materiaalit murroksessa. Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Vatt-julkaisuja 16. Helsinki 1994. 179 s.

Kuusi, O. (1993). Delfoi-tekniikka tulevaisuuden tekemisen välineenä, kirjassa M. Vaapaavuori (toim.) Miten tutkimme tulevaisuutta, Painatuskeskus, Helsinki 1993.

Kuusi, O. (1991) Uusi biotekniikka, mahdollisuuksien ja uhkien teknologia, Tammi, Helsinki.

Kuusi, O. (1987) Palvelusta itsepalveluun, kotien tietorekisteriyhteydet 2010, Taloudellinen suunnittelukeskus, Helsinki.

KTM (2001). Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja –mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmastostrategian taustaselvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 4/2001. (<http://www.vn.fi/ktm/ilmasto/Taustaraportti.pdf>)

KTM (2000). Ehdotus energiansäästöohjelmaksi. Työryhmän mietintö. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 11/2000. Energiansäästötyöryhmä. 72 s. (<http://www.vn.fi/ktm/3/Raportti-lopullinen.pdf>)

KTM (1999). Uusiutuvien energialähteiden edistämishjelma. Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisuja 4/1999. 28 s. (<http://www.vn.fi/ktm/3/uusiutuvatohjelma.pdf>)

KTM (1989). Energiantuotannon ja –käytön ympäristö, luonto- ja terveysvaikutukset. Energiakomitean ympäristö- ja terveysvaikutusten jaoston selvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto, Sarja C:22.

Linstone, H.A. & Turoff, M. (eds) (1975) *The Delphi Method: Techniques and Applications*, Addison-Wesley, Massachusetts

Loikkanen, T., Mälkki, H., Virtanen, Y., Katajajuuri, J.-M., Seppälä, J., Leivonen, J. & Reinikainen, A. (1999). *Elinkaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnan päätöksenteon tukena – nykytila ja kehittämistarpeet*. Helsinki, Teknologian tutkimuskeskus TEKES, Teknologia katsaus 68/99.

Lonka, H. (2001). *Ympäristöriskien hallinta, tutkimuksen ja kehittämisen suuntaviivat*. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 480.

Loveridge, D., Georgiou, L. & Nevada, M.. (1995) *United Kingdom Technology Foresight Programme, PREST*, University of Manchester.

MmVL 12/2001 vp. Maa- ja metsätalousvaliokunnan lausunto 12/2001 vp Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastostrategiasta

NISTEP (1997) *The Sixth Technology Forecast Survey, Future Technology in Japan Toward the Year 2025*. National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), Report No. 52

Pulkkinen, U. (1998) *Teknisten järjestelmien riskianalyysi*. Teoksessa: Kuusela, H. & Ollikainen, R. (toim.) (1998) *Riskit ja riskienhallinta, Riskien tunnistaminen, vähentäminen ja siirtäminen*. Tampere University Press, Vammala. Ss. 179 - 200

Rask, M., Eela, R., Heikkerö, T., Neuvonen, A. (1999) *Teknologian arviointi, arvot ja osallistuminen – kokemuksia geenitekniikka -arvioista*, VTT:n Teknologian tutkimuksen ryhmä 45/99.

Raunemaa, T. (1999) *Fine particle emissions and their health impact*. Teoksessa: SIHTI 2: *Energy and Environmental Technology: Final report 1993-1998*, ss. 111-112.

Salo, A., Kauppinen, V., Rask, M. (1998) *Loppuraportti kasvigeenitekniikasta, Kasvigeenitekniikka ravinnontuotannossa, Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 3*, Eduskunnan kanslian julkaisu 4/1998.

Savolainen, I., Tuhkanen, S., Ohlström, M., Pipatti, R., Pingoud, K. & Johansson, A. (2000) Teknologia ja ilmastonmuutos. Lähtökohtia Climtech-teknologiaohjelmalle. TEKES, Teknologiakatsaus 85/2000.

Sinko, M. ja Lehtinen, E. (1998) Tieto- ja viestintäteknikka opetuksessa ja oppimisessa, Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 4, Eduskunnan kanslian julkaisu 5/1998.

STUK (2000). Säteilyturvakeskus, www-sivut. www.stuk.fi Viitattu 11/2000.

Tuhkanen, S. & Pipatti, R. (1999) Uusiutuvien energialähteiden edistämishojelman ympäristövaikutusten arviointi. 61 s. (http://www.vn.fi/ktm/3/3_8.pdf)

TUO 1/2001 vp. Työn tulevaisuus Suomessa – tulevaisuuspolitiikan suuntaviivoja.

Turoff, M. (1975) Policy Delphi. In: Linstone, H.A. and M. Turoff (eds.), The Delphi Method: Techniques and applications, Addison-Wesley, 1975.

TuVL 1/2001 vp. Tulevaisuusvaliokunnan lausunto 1/2001 vp Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastostrategiasta

TyVL 5/2001 vp. Työ- ja tasa-arvoasiainvaliokunnan lausunto 5/2001 vp Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastostrategiasta.

U.S.NRC, (1998). The Price-Anderson Act – Crossing the Bridge to the Next Century: A Report to Congress.

Virtanen, Y., Torkkeli, S. and Wilson, B. (1999) Evaluation of a Delphi technique based expert judgement method for LCA evaluation – DELPHI 2, VTT Research Notes 1972/1999, VTT Chemical Technology.

VNS 1/2001 vp. Kansallinen ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. 27.3.2001. 96 s. (http://www.vn.fi/ktm/ilmasto/selonteko_1503_lopullinen.pdf)

VNS 5/1997 vp. Suomen energiastrategia Valtioneuvoston energiapoliittinen selonteko 3.6.1997.

VTT Energia (1999). Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset.

WHO (1999). Overview of the environment and health in Europe in the 1990s. Background document, 3rd ministerial conference on environment & health. WHO, EUR/ICP/EHCO 020205, August 1999.

Wilson, B. and Jones, B. (1996) Evaluating Environmental Interventions in Finland, Sweden and Norway, Landbank Environmental Research & Consulting, April 1996.

Woudenberg, F. (1991) An Evaluation of Delphi, Technological Forecasting and Social Change 40.

Yli-Tuomi, T. (1999) Source contribution analysis of records of airborne particle composition in Finland. Teoksessa: SIHTI 2: Energy and Environmental Technology: Final report 1993-1998, ss. 113-114.

Ympäristöterveystoimikunta (1997). Suomen kansallinen ympäristöterveysohjelma. Komiteamietintö. 175 s. (1997:8)

YmVM 6/2001 vp. Ympäristövaliokunnan mietintö 6/2001 vp Valtioneuvoston selonteko kansallisesta ilmastostrategiasta.

Liite A: Kyselyyn vastanneet panelistit

Asiantuntijat, vaihe I

Pääsihteeri Liisa Elovainio, Suomen Syöpäyhdistys
Erikoistutkija Matti Jannunen, EC: Joint Research Centre
Professori Juhani Ruuskanen, Kuopion yliopisto
Tutkimusjohtaja Sisko Salomaa, Säteilyturvakeskus
Professori Jouko Tuomisto, Kansanterveyslaitos
Lääketieteen lisensiaatti Wendla Paile, Säteilyturvakeskus

Ryhmä 1. Asiantuntijat, vaihe II

Ympäristöneuvos Antero Honkasalo, Ympäristöministeriö
Tutkimusprofessori Allan Johansson, VTT Kemiantekniikka
Professori Pentti Malaska, Turun kauppakorkeakoulu
Professori Pekka Pirilä, TKK Energiatalouden ja voimalaitostekniikan laboratorio
Tutkimusprofessori Ilkka Savolainen, VTT Energia
Professori Risto Tarjanne, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, Energiatalous

Ryhmä 2. Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö

Tutkimusjohtaja Antero Jännes, Gasum Oy
Professori Jyrki Kettunen, Metsä-Serla Oyj
Johtaja, Ilmasto ja päästökauppa, Heikki Niininen, Fortum Oyj
Johtaja Jukka Nikula, Rautaruukki
Johtaja Pekka Partanen, Kainuun Sähkö Oyj
Tutkija Johanna Puranen, Metsä-Serla Oyj
Ympäristöpäällikkö Pirkko Selin, Vapo Oy
Energiajohtaja Mikko Sivonen, Kemira Oyj
Toimitusjohtaja Heikki Tikkanen, Naps Systems Oy

Ryhmä 3. Kansanedustajat

Janina Andersson, Vihreä liitto
Christina Gestrin, Rkp
Leena Harkimo, Kokoomus
Leea Hiltunen, Kristillisdemokraatit
Ulla Juurola, SDP
Raijo Kallio, SDP

Tarja Kautto, SDP
Pekka Kuosmanen, Kokoomus
Hanna Markkula-Kivisilta, Kokoomus
Rauha-Maria Mertjärvi, Vihreä liitto
Lauri Oinonen, Keskusta
Antti Rantakangas, Keskusta
Martti Tiuri, Kokoomus
Pentti Tiusanen, Vasemmistoliitto
Pertti Turtiainen, Vasemmistoliitto
Pekka Vilkuna, Keskusta

Ryhmä 4. Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot

Pääsihteeri Esko Joutsamo, Suomen luonnonsuojeluliitto
Professori Antti Kulmala, Hengityслиitto Heli
Johtaja Pertti Laine, Metsäteollisuus ry
Johtaja Ulla Sirkeinen, Teollisuus ja työnantajat
Varatoimitusjohtaja Harry Viheriävaara, Energia-alan keskusliitto Finergy

Liite B: Delfoi-tutkimuksen toteutusvaiheiden ajoittuminen

Hankkeen suunnittelu	
12/1999	Tulevaisuusvaliokunnan aloite
1/2000	Suunnitelman 1.käsittely (ehdotukset väitteistä ja niiden perusteluista sekä paneelin kokoonpanosta)
1/2000	Suunnitelman 2.käsittely
2/2000	Energiapaneelin toteutussuunnitelman valmistuminen, Delfoi-projekti alkaa
5/2000	Panelistien nimeäminen
5/2000	Kyselyn ensimmäisen version muotoileminen
Kyselyn vaihe 1 : asiantuntijakysely	
6/2000	Kysely lähetetään asiantuntijoille
8/2000	Vastausten viimeinen lähetyspäivä
9/2000	Yhteenvedo tuloksista
10/2000	Lomakkeen täydennys asiantuntijoiden kommentteilla
Kyselyn vaihe 2: laajan vastaajajoukon Delfoi-kysely	
11/2000	Panelistilistan täydentäminen
11/2000	Kysely lähetetään postitse vastaajille
12/2000	Vastausten viimeinen lähetyspäivä
11/2000 – 2/2001	Kansanedustajien haastattelut
12/2000	Karhukirje vastaajille
3/2001	Vastausten puhtaaksikirjoitus
3/2001	Yhteenvedon laadinta 2. vaiheen kyselylle
Kyselyn 3. vaihe: kommenttikierros	
3/2001	Lomakkeen muotoileminen
4/2001	Palautelomake lähetetään kaikille vastaajille
4/2001	Palautelomakkeen palauttaminen
Loppuraportointi ja julkaiseminen	
5/2001	Alustava rakenne
8/2001	Raportti kommentteille ohjausryhmän jäsenille
9/2001	Raportin valiokuntakäsittely
19.9.2001	Julkaisuseminaari

Liite C: Vastauslomake, vaihe II

KYSELYSSÄ KÄYTETYT MERKINNÄT:



Kirja symboloi tekstiä, joka perustuu lähdeaineistoon. Lähteet on luetteloitu kyselyn lopussa olevassa lähdeluettelossa. Lähdeaineistojen teksti on sijoitettu laatikkoon, joka on reunustettu yksinkertaisella viivalla.



Hattu symboloi asiantuntijan vastausta esitettyyn kysymykseen. Asiantuntijavastaukset on sijoitettu laatikkoon, joka on reunustettu kaksinkertaisella viivalla.



Lamppu symboloi ajatuksia, joita edellä esitetyt viittaukset kirjallisuuteen ja asiantuntijoiden kommentit herättävät vastaajassa. Vastaajalle saatetaan lisäksi esittää joko samoja tai eri kysymyksiä tai väitteitä kuin asiantuntijoille, joihin vastausta pyydetään rastittamalla oikea vaihtoehto. Tällöin vapaata tilaa voi käyttää myös oman vastauksen selventämiseen ja perusteluiden esittämiseen.

SISÄLLYSLUETTELO

1. Energiakysymyksen reunaehdot.....	2
2. Hiukkaspäästöt	5
3. Säteilypäästöt	9
4. Energian tuotantoa koskevat skenaariot	17

LIITTEET:

LIITE 1: Taustatiedot energian tuotannosta sekä kasvihuonekaasu- ja hiukkaspäästöistä



1. Energiakysymyksen reunaehdot

1.1 Taloudellinen kehitys ja energian tarve

VN lähtee energiastategiassaan siitä, että Suomen kansantalouden kokonaistuotanto kasvaa tarkastelun kohteena olevan seuraavan kolmenkymmenen vuoden aikana. Lähtökohtana on, että talouden vuosikasvu olisi keskimäärin 2,5 prosenttia, mikä on jonkin verran pienempi kuin viimeisten vuosikymmenten kasvuvauhti. Tämä kaksinkertaistaisi nykyisen kansantalouden kokonaistuotannon vuoteen 2025 mennessä. (Suomen energiastategia, VN:n energiapolitiittinen selonteko 3.6.1997)



Kannanotto

Energian käyttö **voi** perustua yo. arvioon taloudellisesta kehityksestä
 Energian käyttö **ei voi** perustua yo. arvioon taloudellisesta kehityksestä
 En ota kantaa / En osaa sanoa

Perustelut:

Jatkossa reunaehdoksi hyväksytään skenaario 2,5 % vuosittaisesta taloudellisesta kasvusta. Talouskasvuun vaikuttaa yleinen suhdannekehitys. Talouskasvun vaikutus energian kokonaiskulutukseen riippuu energiantuotannon hyötysuhteen, energiankäytön tehokkuuden ja säästötoimien kehityksestä.



1.2 Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen

Kiotossa 1-10.12.1997 pidetyn YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksen osapuolikongressin kolmannessa istunnossa EU:n kasvihuonekaasupäästöjen kokonaisvähennystavoitteeksi sovittiin – 8 % sitoutumiskaudella 2008 – 2012. Suomen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen alentaminen vuoden 1990 tasolle vuoteen 2010 mennessä. Paavo Lipposen II hallituksen ohjelman mukaisesti kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään Suomelle asetettujen kansainvälisten velvoitteiden mukaisesti. Sektorikohtaiset valmistelut kootaan toimenpideohjelmaksi. Yhteistoimenpanohankkeet sisällytetään osaksi lähialue- ja kehitysyhteistyötä. Lisätään biomassan osuutta energiatuotannossa. (Suomen energiastategia, VN:n energiapolitiittinen selonteko 3.6.1997; Paavo Lipposen II hallituksen ohjelma.)

Kysymys

Kioto-sopimus **tulee olla** yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle
 Kioto-sopimus **ei voi olla** yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle
 En ota kantaa / En osaa sanoa

Perustelu:

Jatkossa Kioto-sopimus otetaan yhdeksi lähtökohdaksi energiapaneelin työlle.

1.3 Energiantuotannon terveysvaikutukset

1.3.1 Terveysvaikutusten pelkistäminen kuolemantapauksiin

Tällä tutkimuksella pyritään tukemaan tulevaisuuden valintoja eri energiantuotantomuotojen välillä tarkastelemalla niihin liittyviä terveysvaikutuksia erityisesti hiukkaspäästöjen ja säteilyn osalta. Terveysvaikutusten mittarina tutkimuksessa käytetään kuolemantapausten lisäystä / vähennystä, jonka nykytietämyksen perusteella arvioidaan aiheutuvan tietyn energiantuotantomuodon käytöstä tai käyttöönotosta seuraavasta tapahtumasta (esim. onnettomuudesta). Tarkasteltava ajanjakso on seuraavat 30 vuotta.



Asiantuntijoilta kysyttiin, miten käyttökelpoinen edellä kuvattu mittari heidän mielestään on. Asiantuntijat vastaavat:

- ”Käyttökelpoinen, mutta ei yksin. Myös ekologiset ja kansantaloudelliset kokonaisvaikutukset tulee huomioida. Näillä pitkällä ajanjaksolla suurempi – myös kansantalousterveystieteellinen relevanssi – kuin tapahtumista välittömästi aiheutuvien kuolemantapausten määrällä.”
- ”Mittari ei kuvaa kovin hyvin taloudellisia menetyksiä. Täytyisi huomioida myös sairastumisista johtuvat kustannukset kuten vastaanotoilla käynnit, sairaalassa olokustannukset, lääkekustannukset, töistä poissaolot jne.”
- ”Mittarin käyttökelpoisuus on varsin rajallinen. Kuolemantapaukset ovat vain yksi terveysindikaattori. Koko elinkaaren huomioonottaminen on välttämätöntä jotta voidaan arvioida esim. aurinko- tai tuulienergian terveyshaittoja.”
- ”Periaatteessa erittäin käyttökelpoinen, mutta teknisesti ja osin filosofistisesti vaikea (painotetaanko esim. sairauspäivät jollakin kertoimella kuolemantapauksiksi?)”
- ”Kohtuullisen käyttökelpoinen”

Kysymys:

Onko kuolemantapausten lisäys/vähennys mielestäsi käyttökelpoinen mittari mitattaessa tietyn energiantuotantomuodon käytöstä aiheutuvia terveysvaikutuksia?



On kohtuullisen käyttökelpoinen
ei ole mielestäni käyttökelpoinen
 En ota kantaa / en osaa sanoa

Vastaaajan kommentteja:

1.3.2 Pienhiukkasiin ja säteilyyn liittyvät kuolemantapaukset

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ensisijassa pienhiukkaspäästöihin ja säteilyyn liittyviä kuolemantapauksia. Näiden lisäksi on kuitenkin tärkeää muistaa myös taloudellisten vaikutusten epäsuorat vaikutukset.



Asiantuntijoilta kysyttiin, onko heidän mielestään energian tuotantoon liittyvät kuolemantapaukset mitattavissa pelkästään hiukkasiin ja säteilyyn liittyvillä kuolemantapauksilla.

Asiantuntijat vastaavat:

- ”Polttoaineen tuotanto ja kuljetus (liikenneonnettomuudet) kuuluvat myös tähän”
- ”Eivät, sillä kaikkiin energiantuotantomuotoihin liittyy myös työympäristö- ja työterveysriskejä sekä kansanterveydellisiä riskejä. Etenkään edelliset eivät rajoitu hiukkasiin ja säteilyyn”
- ”Ei likimainkaan. Välittömästi energiantuotantoon liittyvät myös muiden ilmansaasteiden, pato- ja kuljetusonnettomuuksien, kaivosonnettomuuksien, öljypalojen, kaasuräjähdyksen sekä energian säästötoimista välillisesti aiheutuvat kuolemantapaukset.”
- ”Eivät. Koko tuotantoketju pitää arvioida (louhinta, kuljetus) ja ottaa myös välilliset vaikutukset huomioon (mm. kasvihuoneilmiö)”
- ”Eivät. Onnettomuustapaukset koko logistiikkaketjussa täytyy lisätä mukaan. Orgaanisten yhdisteiden (hiukaset ja kaasut) vaikutukset tuntemattomia.”

Kysymys:

Energiantuotantoon liittyvät kuolemantapaukset pelkistetään tässä ainoastaan säteilypäästöistä ja hiukkaspäästöistä aiheutuviin kuolemantapauksiin. Kuinka hyvin energian tuotantoon liittyvät kuolemantapaukset ovat mielestäsi mitattavissa pelkästään näistä lähteistä aiheutuvien kuolemantapausten määrällä?



Ovat riittävästi mitattavissa
Eivät ole riittävästi mitattavissa
En ota kantaa / En osaa sanoa

Vastaajan kommentit:

Energiantuotantovaihtoehtoihin liittyy muitakin vaikutuksia kuin terveydellisiä. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin vain terveydellisiin vaikutuksiin. Seuraavassa tarkastellaan ensin hiukkaspäästöjen (luku 2) ja sitten säteilyyn (luku 3) liittyviä terveydellisiä vaikutuksia.

2. Hiukkaspäästöt

Määritelmä:

Pienhiukkasiksi määritellään hiukkaset, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä (0,0025 mm). Näin pienet hiukkaset eivät tartu hengityselinten pölynpoistomekanismeihin, vaan kulkeutuvat ilman mukana keuhkorakkuloihin asti. Pienhiukkaset koostuvat palamisen seurauksena syntyvistä hiukkasista (ns. *primääriset hiukkaset*) sekä ilmakehässä tapahtuvien muuntumisreaktioiden seurauksena rikkidioksidi- ja typpidioksidipäästöjen muuntuessa sulfaatiksi ja nitraatiksi (ns. *sekundääriset hiukkaset*).

Pienhiukkasia suuremmat hiukkaset, joiden halkaisija on suurempi kuin 2,5 mikrometriä, eivät kulkeudu hengityselimissä yhtä syvälle kuin pienhiukkaset. Tällaiset hiukkaset syntyvät usein mekaanisen hajotuksen seurauksena. Ihmisen aiheuttamia lähteitä ovat mm. liikenteen aiheuttama pölyäminen, lentotuhka ja maatalousmaan pölyäminen. (VTT Energia 1999)



2.1

Viimeaikaisten kansainvälisten tutkimusten tulosten mukaan polttoprosesseista peräisin olevat pienikokoiset hiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimmat terveyshaittojen aiheuttajat. (Suomen energiastrategia, VN:n energiapolitiittinen selonteko 3.6.1997)



Asiantuntijoilta kysyttiin, ovatko he samaa vai eri mieltä yo. väitteen kanssa. Asiantuntijat vastaavat:

- ”Näyttö pienhiukkasten terveyshaitoista on 1997 jälkeen vain lisääntynyt, nimenomaan on vahvistunut se että juuri polttoperäiset pienhiukkaset ovat haitallisimmat. (Samaa mieltä).”
- ”Liikenne kuitenkin suurin lähde, samoin pienet polttoyksiköt, joissa ei hiukkaspuhdistusta. (Samaa mieltä)”
- ”Kyseessä on tietenkin aina yhteisvaikutus, mutta parhaiden väestötutkimuksien mukaan paras korrelaatio on pienhiukkasiin (alle 2,5 um) (Samaa mieltä)”
- ”Kaasumaiset päästöt ovat kontrolloitavissa. Hiukkasille ei löydy vielä esim. liikenteessä (diesel- ja resuspen-doituneet hiukkaset) kontrollitekniikoita (Samaa mieltä)”



2.2

Kaupunkikeskustoissa, joissa lasketaan asuvan noin kaksi miljoonaa suomalaista, on liikenne ja siinä varsinkin dieselautot suurin pienhiukkasaltistusten aiheuttaja, koska päästöt ovat lähellä ihmisten hengitysvyöhykettä. Myös taajamissa, jossa on suuria hiukkaspäästöjä tuottavia voimalaitoksia ja teollisuuslaitoksia, hiukkaspitoisuus on korkea. (Suomen energiastrategia, VN:n energiapolitiittinen selonteko 3.6.1997)

WHO:n mukaan liikenteen osuus PM10-hiukkasista on 10-25 % (kaupunkialueilla suurempi, esim. Hollannissa jopa 41 %), polttovoimaloiden 40-55 % ja teollisuusprosessien 15-30 %. (WHO 1999) WHO:n tutkimusten mukaan hiukkaspäästöt leviävät varsin laajalle. Lisäksi kyseiset epäpuhtaudet aiheuttavat useita kymmeniätuhansia hengitystiesairautapauksia vuodessa. (WHO 1999)

Taulukko 1. Kulkuneuvojen suhteelliset päästöt kaupungissa. Katalysaattoriauto = 1. Oletetaan polttoaineen sisältävän hyvin vähän rikkiä. (Lähde: M. Tiuri)

	Hiilidioksidi	Pienhiukkaset PM2,5	
		noki	Sulfaatti ja nitraatti
Auto katalysaattorilla	1	1	1
Auto ilman katalysaattoria	1	4-7	4-7
Henkilöauto (diesel)	0,8	40	2
Bussi (diesel)	4,4	35-50	54



Asiantuntijoilta kysyttiin, kuinka suureksi he arvioivat energiantuotannosta aiheutuvien hiukkaspäästöjen osuuden suhteessa muihin hiukkaspäästölähteisiin Suomessa. Kysymys jaettiin kahteen osaan: kaupunkikeskustoihin ja taajamien ulkopuoliseen alueeseen.

Asiantuntijat vastaavat:

Kaupunkikeskustoissa

- "30-50% (PM₁₀). On kuitenkin huomattava, että valtaosa tästä on peräisin kaupungin, jopa Suomen ulkopuolelta alkunsa saaneita sekundaarihiukkasia (ilmassa kemiallisesti SO₂ ja NO_x-päästöistä muodostuneita)"
- "Hyvin suuri, jos luetaan mukaan liikenteen mekaanisesti tuottamat hiukkaset"
- "Yli puolet."

b. Taajamien ulkopuolella

- "50-70% (PM₁₀). Pieni osa primaari-, valtaosa sekundaarihiukkasia."
- "Vähäinen."
- "Alle puolet"



Asiantuntijat kommentoivat myös väitettä, jonka mukaan dieselajoneuvot ovat kaupunkikeskustoissa suurin pienhiukkasaltistusten aiheuttaja.

- "Vaikka dieselajoneuvoja on n. 10-15%, niiden käyttämä polttoainemäärä (tn/vuosi) liikenteen polttoaineista on 40-45%" (Samaa mieltä)
- "Tällä hetkellä ilmeisesti on. Kyse on kehityksen eritahtisuudesta, bensiinimoottoreissa on katalysaattorit, dieselieissä ei vielä ole." (Samaa mieltä)
- "Helsingin PM_{2,5} -altistusdatan lähdeanalyysi viittaa siihen, että kaukokulkeutuneet sekundaari- ja primaarihiukkaset ovat yhtä suuri tai vielä suurempi. Kaupungin omista altistuslähteistä dieseliliikenne on suurin." (Eri mieltä)
- (Samaa mieltä)

Väite:

Polttoprosesseista (energiantuotanto, liikenne) peräisin olevat pienikokoiset hiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimpia terveyshaittojen aiheuttajia.



Samaa mieltä ym. väitteen kanssa

Eri mieltä

En ota kantaa / En osaa sanoa

Perustelu ja täydennykset:



Asiantuntijoita pyydettiin asettamaan eri energialähteet haitallisuusjärjestykseen.

- "Kivihiili, diesel"
- "Tuotettua energiayksikköä kohden pienet polttoyksiköt ovat haitallisimpia."
- "Riippuu enemmän laitoksesta kuin polttoaineesta. Jos huonot olosuhteet, kivihiili, turve, puu > öljy > maakaasu"
- "Primaaripäästöt: puun pienpoltto. Sekundaaripäästöt: hiili, turve, öljy, maakaasu. Rikinkoisto ja low-NO_x-poltto vaikuttavat hyvin paljon."
-

Taulukko 2. Suuren nykyaikaisen voimalan käytöstä aiheutuvat hiilidioksidi- ja pienhiukkaspäästöt sekä vuotuinen säteilyannos 10 TWh sähköä kohti. Lisäksi voimalaitoksen rakentamisesta aiheutuu päästöjä, joita ei tässä ole huomioitu. (Lähde: M. Tiuri)

	Hiilidioksidi	Pienhiukkaset PM 2,5		Yhteensä	Säteilyannos
		noki	Sulfaatti ja nitraatti		
	tonnia	tonnia	tonnia	tonnia	mSv
Kivihiili	7500000	800	9200	10000	0,002
Öljy	6200000	800	9200	10000	0,001
Maakaasu	3800000	0	3600	3600	0,001?
Bio (Puu)	30000	860	4200	5100	
Ydinvoima	0	0	0	0	0,0002
Vesivoima	0	0	0	0	
Tuulisähkö	0	0	0	0	
Aurinkosähkö	0	0	0	0	



Panelistin kommentit:



2.3

Maailman terveysjärjestön (WHO) Euroopan toimiston (WHO) mukaan vuotuinen kuolleisuus nousee 1-4 prosenttia, kun vuotuinen PM10-hiukkasten keskipitoisuus nousee 10 mikrogrammalla kuutiometriä kohti. (WHO 1999) Suomessa tehtyjen tutkimusten mukaan pienhiukkaspitoisuus taajamissa on keskimäärin 19 mikrogrammaa/m³ (vaihteluvälillä 11-31 mikrogrammaa/m³) (Raunemaa) ja syrjäisillä alueilla 4-10 mikrogrammaa/m³ (Yli-Tuomi).

Soveltaen Suomeen WHO:n keskimääräistä 2%:n kuolleisuuden lisääntymistä kutakin 10 mikrogrammaa /m³ kohti, saadaan hiukkasten aiheuttamaksi kuolleisuuden lisäykseksi taajamissa keskimäärin 1900 henkilöä/vuosi ja haja-asutusalueella 700 henkilöä/vuosi. Kuolleisuus on Tilastokeskuksen mukaan n. 50 000 henkilöä/vuosi.



Asiantuntijoilta kysyttiin, voidaanko heidän mielestään Suomen oloissa lähteä siitä, että keskimääräinen PM10-hiukkasten 10 mikrogramman lisäys/vähennys kuutiota kohti lisää/vähentää kuolleisuutta noin 2%:lla eli vuodessa noin 1000:lla.

Asiantuntijat vastaavat:

- ”Kyseessä on ympäristöhallinnon kannalta perusteltu malli- aivan samoin, mutta olennaisesti vahvemmalla näytöllä kuin mitä pienten säteilyannosten lisäriskeistä oletetaan. Uusi, vankka vastakkainen näyttö tietenkin korjaisi tätä mallia, mutta sellaista ei tällä hetkellä ole.” (Voidaan)
- ”Tämä on mahdollista mutta ei toteen näytettyä, koska epävarmuusmarginaalit ovat suuret ja tulos perustuu ekstrapolaatioon, koska pohjana olevat tutkimukset on suuremmista pitoisuuksista.” (Ei voida)
- ”Suomen ilmastolliset olosuhteet ovat poikkeavat (talvi, kylmä ilma), Talvella Suomessa luultavasti kuolleisuus korkeampi kylmän ilman ja hiukkasten synergisten vaikutusten vuoksi. ” (Ei voida)
- ”Mahtaako annosvaste todella olla lineaarinen ja vertailukelpoinen kaikkien niiden sairauksien osalta, jotka ovat vastuussa kuolleisuuden lisääntymisestä?”

Kysymys

Voidaanko Suomen oloissa lähteä siitä, että keskimääräinen PM10-hiukkasten 10 mikrogramman lisäys/vähennys kuutiota kohti lisää/vähentää kuolleisuutta noin 2%:lla eli vuodessa noin 1000:lla?



Voidaan
Ei voida
En ota kantaa / En osaa sanoa

Perustelu ja täydennykset:



2.4

Asiantuntijoita pyydettiin arvioimaan, paljonko energiantuotannosta peräisin olevat pienhiukkaset lisäävät/vähentävät kuolemantapauksia seuraavien 30 vuoden aikana Suomessa, jos

a. Energiantuotannon hiukkaspäästöt lisääntyvät keskimäärin kolmanneksella

- "Riippuu täysin energiavalinnoista"
- "Lisääntyy, koska liikennemäärät lisääntyvät."
- "Lähtökohtana nollasta lähtevä lineaarinen malli (WHO:n esittämä) n. 600/v"

b. Energiantuotannon hiukkaspäästöt vähenevät keskimäärin kolmanneksella

"Samoin edellytyksin n. 500/v [Viittaa WHO:n esittämään lineaariseen malliin, ks. Kohta a]. Molemmissa tapauksissa kliininen tai epidemiologinen todentaminen lienevät mahdottomia tehtäviä."



Panelistin kommentit:

3. Säteilypäästöt

Määritelmä:

Säteilyannoksen mittayksikkönä käytetään sievertiä (Sv), jolla ilmaistaan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä haittaa. Annos ilmoitetaan tässä tutkimuksessa sievertin tuhannesosina eli millisievertinä (mSv). Esimerkkejä säteilyannoksista: 6000 mSv on annos, joka äkillisesti saatuna saattaa johtaa henkilön kuolemaan ja 1000 mSv annos, joka alle vuorokaudessa saatuna aiheuttaa säteilysairauden oireita (esim. väsymystä ja pahoinvointia)



3.1 Säteilyn ja kuolleisuuden välinen yhteys

YK:n säteilysuojakomitean (UNSCEAR) mukaan ionisoiva säteily lisää todennäköisyyttä kuolla syöpään, mutta ei merkittävästi muihin sairauksiin. Komitean arvioista voidaan päätellä, että väestön saama 200 millisievertin (mSv) annos aiheuttaa 1%:n todennäköisyyden kuolla syöpään 50 vuoden aikana.

Asiantuntijoilta kysyttiin, voidaanko heidän mielestään lähteä siitä, että yhteys saatujen säteilyannosten ja kuolleisuuden välillä on suoraviivainen. Eli toisin sanoen sama annos säteilyä lisää väestötasolla aina suunnilleen samassa määrin kuolleisuutta riippumatta säteilyannosten suuruudesta aikayksikköä kohti.



Asiantuntijat vastaavat:

- ”Voidaan. Tämä on tutkimukseen perustuva, hallinnollisesti yksinkertainen oletus. Alhaisilla – ulkoympäristön tasoilla – näyttö sen todenperäisyydestä tosin puuttuu, mutta näyttö ei tue sen paremmin mitään muutakaan mallia, jotka kuitenkin johtavat paljon monimutkaisempiin analyysihin, ja silti olennaisesti samanlaisiin johtopäätöksiin”
- ”Voidaan, huomautuksena on se, että terveysvaikutuksia koskeva tietämys perustuu suuriin annoksiin, pienten annosten (<200 mSv) vaikutuksia arvioidaan ekstrapoloimalla eikä suoria havaintoja ole, mikä aiheuttaa epävarmuutta”
- ”Voidaan. Hallinnollisesti tästä voidaan lähteä. Tieteellisesti asia ei ole aivan varma.”
- ”Voidaan. Yllä oleva riskiarvio koskee kroonista altistusta. Akuutille altistukselle arvio on kaksinkertainen.”
- ”Voidaan.”

Kysymys:

Voidaanko mielestäsi lähteä siitä, että yhteys saatujen säteilyannosten ja kuolleisuuden välillä on suoraviivainen edellä kuvatuilla periaatteilla? Toisin sanoen, sama annos säteilyä lisää väestötasolla aina suunnilleen samassa määrin kuolleisuutta riippumatta säteilyannosten suuruudesta aikayksikköä kohti.



Voidaan
Ei voida
En ota kantaa / En osaa sanoa

Perusteluja ja näkökohtia:



3.2 Luonnon taustasäteily

Ihmisen Suomessa vuosittain saama säteilyannos (n. 4 millisievertsiä, mSv) koostuu luonnon taustasäteilystä (30%), huoneilman radonista (54%), säteilyn lääketieteellisestä käytöstä (15%) sekä muista lähteistä, kuten Tshernobyl-laskeumasta ja ilmakehässä tehdyistä ydinkokeista (1%). Luonnon taustasäteily yhdessä radonin aiheuttaman säteilyn kanssa aiheuttaa suomalaisille keskimäärin 3 mSv:n säteilyannoksen vuodessa. Tämä seuraavassa luonnon säteilyksi kutsumamme säteily on peräisin maaperästä, pohjavedestä, omasta kehosta, avaruudesta, rakennusmateriaaleista sekä ravinnosta.

Säteilyturvakeskuksen mukaan suomalaisten keskimääräistä säteilyannosta vähennettäisiin kaikkein tehokkaimmin pienentämällä huoneilman radonpitoisuutta sille eniten altistuneilla alueilla. Asuntojen, työpaikkojen ja porakaivovesien radonpitoisuudet ovat Suomessa maailman suurimpia. (STUK)

Yllä olevien tietojen perusteella voidaan päätellä, että 5 miljoonan suomalaisen yhteensä luonnosta saama vuosittainen 15,5 miljoonan mSv kollektiivinen säteilyannos¹ aiheuttaa 1,5 %:n laskennallisen kuolleisuuden lisäyksen eli n. 800 henkilöä.



Asiantuntijoilta kysyttiin, ovatko he samaa mieltä sen väitteen kanssa, että merkittävimmät säteilyn terveysvaikutukset liittyvät luonnon taustasäteilyyn ja maaperän radon-säteilyyn. Asiantuntijat vastaavat:

- "Samaa mieltä. Valtaosa säteilyannoksesta tulee näistä lähteistä. Radonin ja keuhkosityövän välinen yhteys on myös osoitettu toistuvasti epidemiologisissa tutkimuksissa."
- "Samaa mieltä. Mittaustulokset ovat täysin selvät ja kiistattomat. Mahdolliset painotukset (esim. gamma ja alfa -säteilyn riskin painottaminen) ei muuta tätä."
- "Samaa mieltä. Huoneilman radonin aiheuttamat keuhkosityövät tulee laskea suoraan pitoisuuksien (ei millisievertien) kautta. Radon aiheuttaa Suomessa vuosittain 100-600 keuhkosityöpää."
- "Samaa mieltä. Täydennyksenä kuitenkin se, että pienten annosten vaikutusten arviointi perustuu oletuksena lineaarisesta annos-vasteesta ilman kynnysarvoa. Tätä on pidettävä perusteltuna valintana, mutta ei empiirisesti todistettuna tosiasiana."
- "Samaa mieltä."
-

Kysymys:

Merkittävimmät säteilyn terveysvaikutukset liittyvät luonnon taustasäteilystä ja maaperän radon-säteilystä peräisin olevaan säteilyyn.



Samaa mieltä
Eri mieltä
En ota kantaa / En osaa sanoa

Perusteluja ja näkökohtia:

¹ Kollektiivinen annos. Väestöannos. Tietyn väestöryhmän yksilöiden yhteenlaskettu säteilyannos, jonka perusteella arvioidaan säteilyn myöhäisvaikutusten todennäköisyyttä ko. väestöryhmässä. Kollektiivisen annoksen yksikkö on mansievert (manSv).



Toinen asiantuntijakysymys liittyi taustasäteilyn kuolleisuusvaikutuksiin. Asiantuntijoilta kysyttiin, onko heidän mielestään edellä kuvattu arvio taustasäteilyn kuolleisuusvaikutuksista perusteltu. (n. 1,5% ja n. 800 henkilöä).

Asiantuntijat vastaavat:

- "On silti huomattava, että kyseessä on hallinnollista päätöksentekoa tukevasta mallista johdettu arvio, ei kuolinsyytutkimuksista saatuihin näyttöihin perustuva luku – vrt. liikenneonnettomuuskuolemat." (On)
- "Kysymys kuolleisuusvaikutuksista: On, mutta arvio on puhtaasti laskennallinen, eikä realistisesti todennettavissa tutkimuksen keinoin" (on)
- "Arvio on perusteltu, mutta perusteltuja pienempiäkin arvioita voi esittää (ongelmana mm. tupakoinnin yhteisvaikutus tutkimuksissa." (On)
- "Laskelma ei ole aivan oikein. Tämän päivän paras arvio radonin aiheuttamista keuhkosityöpätapauksista on 200/vuosi. Haarukka on noin 100-600. Arvio perustuu suoraan havaintoon. Muu luonnonsäteily (n. 1mSv) aiheuttaisi laskennallisesti 200-300 syöpäkuolemaa. Tämä arvio on siis vain laskennallinen, eikä perustu suoraan havaintoon." (Ei)
- "Arvio on yläkanttiin. Radonin lisäksi muu luonnon taustasäteily voisi laskennallisesti aiheuttaa ~250 syöpäkuolemaa vuosittain (Ei)"

Kysymys:

Onko mielestäsi edellä tehty arvio taustasäteilyn kuolleisuusvaikutuksista perusteltu (n. 1,5% ja n. 800 henkilöä)?



On
Ei
En ota kantaa / En osaa sanoa

Perusteluja ja näkökohtia:

3.3 Ydinvoimalaonnettomuudet

Ydinvoimalan toimintaan liittyy aina onnettomuuden riski.



Asiantuntijoilta kysyttiin heidän mielipidettään väitteeseen, jonka mukaan ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset päästöt ovat ydinvoiman merkittävin terveysuhka.

Asiantuntijat vastasivat:

- "En osaa sanoa. Riskiprofiili onnettomuuksien ja rutiinikäytön osalta on hyvin erilainen."
- "Ydinvoimaloiden rutiinikäyttöön liittyy työntekijöiden saamia pieniä annoksia (tyypillisesti suuruusluokka 0-5 mSv/v). Lisäksi polttoainekierto on liittyy samansuuruinen vuosittainen kollektiivinen annos kuin ydinvoimaloiden rutiinikäyttöön. Väestölle säteilyaltistuksen aiheuttavan onnettomuuden todennäköisyys on pieni, mutta poikkeaa kuitenkin nollasta. Onnettomuudessa on työntekijöille ja pelastusmiehistölle suurten, deterministisiä vaikutuksia aiheuttavien annosten mahdollisuus. Myös väestö voi saada 1-3 kertaluokkaa suurempia annoksia (lähinnä lasten kilpirauhasannokset) kuin työntekijät voimaloiden normaalikäytössä."
- "Samaa mieltä. Normaalitoiminnan säteilypäästöt ovat merkityksettömän pieniä"
- "Samaa mieltä. Onnettomuspäästöt saattavat pahimmillaan altistaa jonkin alueen koko väestön akuutisti vaaralliselle säteilytasolle – mikä on paljon suurempi riski väestötasolla kuin säteilystä aiheutuva mahdollinen syöpä."
- "Samaa mieltä. Jos lasketaan kaikki riskit tämän hetken ydinvoimaloista, venäjän voimalat aiheuttavat melko suuren onnettomuusriskin. Suomen voimaloiden osalta luultavasti polttoaineen tuottamisen työterveysriskit ovat suurimmat"
- "Samaa mieltä. Normaalikäytössä päästöt ympäristöön ovat mitättömiä ja väestön altistus on vailla merkitystä."

Väite:

Ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset päästöt ovat ydinvoiman merkittävin terveysuhka.



Samaa mieltä
Eri mieltä
En ota kantaa / En osaa sanoa

Perustelu ja täydennykset:



3.4 Tshernobylin onnettomuus

Tshernobylin ydinvoimalaitoksen reaktori Neuvostoliitossa (nykyinen Ukraina) tuhoutui vuonna 1986. Reaktorissa käytetyn grafiitin palaminen aiheutti suuren radioaktiivisten aineiden päästön laajoille alueille Valko-Venäjällä, Venäjällä ja Ukrainassa. Yli 30 laitoksen työntekijää kuoli onnettomuudessa saamiinsa vammoihin, satoja joutui sairaalahoitoon ja suuri joukko ihmisiä altistui radioaktiiviselle säteilylle. Onnettomuuden on todettu johtaneen laskeuma-alueilla lasten kilpirauhassyövän merkittävään kasvuun. Vuoden 1998 loppuun mennessä sairastuneita lapsia 1034. UNSCER:n uusimman raportin (6.6.2000) mukaan Tshernobylin laskeuman ei ole todettu lisänneen leukemiaa tai muita tappavia syöpiä.

Ukrainassa, Valko-Venäjällä ja Venäjällä on kolme suuren laskeuman aluetta, joilla WHO jatkuvasti seuraa säteilyannoksia ja sairastumisia. Alueilla asuu yhteensä 270 000 ihmistä. (STUK, WHO). Näillä alueilla laskeumasta johtuva keskimääräinen elinikäinen säteilyannos laskeuma-alueilla tulee olemaan 60mSv. Lähtien periaatteesta, että 200 mSv:n säteilyannos lisää todennäköisyyttä kuolla syöpään 1%:n, lisää 60 mSv:n säteilyannos todennäköisyyttä kuolla syöpään 0,3% 50 vuoden aikana.



Asiantuntijoilta kysyttiin, kuinka suureksi he arvioisivat suomalaisten saaman säteilyannoksen keskimäärin, jos esimerkiksi Sosnovyi Borissa tapahtuisi Tshernobyl-tyyppinen onnettomuus ja jos suurin laskeuma tavoittaisi Suomessa saman määrän ihmisiä kuin Tshernobylin tapauksessa.

Asiantuntijat vastasivat:

- ”Todennäköisyshajonta on suuri < 1 mSv – 50 mSv, eli 0-15 vuoden säteilylisä. Todennäköisyys pienenee kuitenkin jyrkästi ylärajaa lähestyttäessä, sillä tämä edellyttää yhä useampien riippumattomien riskitekijöiden yhtäaikaista ja samansuuntaista vaikutusta.”
- ”Hallitulla ja valistuneella käyttäytymisellä ja yksinkertaisilla toimenpiteillä (Ravinnon monitorointi, sisätiloissa pysyminen laskeumavaiheessa) altistus voidaan pienentää murto-osaan (luokkaa 1% tai alle)”
- ”Riippuu säästä. Kyllä se voisi olla korkeampikin. Kukaan ei kuitenkaan saisi säteilytautiin aiheuttavaa annosta.”
- ”Reaktori on samanlainen (RBMK) eikä siinä käsittääkseni ole suojarakennusta. Samanlaisissa olosuhteissa samalla etäisyydellä annos olisi ilmeisesti lähellä 60 mSv, joskin Suomessa todennäköisesti pystyttäisiin tehokkaampiin suojatoimiin, mikä vähentäisi altistusta.”
- ”Tässä on liikaa oletuksia. Riippuu suuresti säätilasta ja vuodenaikasta, millaisia laskeuman seuraukset ja säteilyannokset olisivat.”



Vastaajan kommentteja Tshernobyl-tyyppisen onnettomuuden vaikutuksista Suomessa:



3.5 Mahdollinen ydinvoimalaonnettomuus Suomessa

Fortum Power and Heat Oy omistaa Loviisan Hästholmenissa sijaitsevat kaksi ydinvoimalaitosyksikköä. Loviisa 1 otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1977 ja Loviisa 2 vuonna 1981. Loviisan laitos on tyypiltään painevesireaktorilaitos. Molempien laitosyksikköjen nettosähköteho on 488 MWe.

Teollisuuden Voima Oy omistaa Eurajoen Olkiluodossa sijaitsevat kaksi laitosyksikköä. Olkiluoto 1 otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1979 ja Olkiluoto 2 vuonna 1982. Olkiluodon laitos on tyypiltään kiehutusvesireaktorilaitos. Molempien laitosyksikköiden nettosähköteho on 840 MWe. Sekä Loviisan että Olkiluodon voimalaitokset ovat tyypiltään kevytvesireaktoreita, joissa vesi toimii samalla sekä neutronien hidastimena että reaktorin jäähdytteenä (STUK)



Asiantuntijoita pyydettiin kuvailemaan mahdollinen vakava onnettomuus, joka voisi tapahtua jossakin Suomen ydinvoimalaitosyksiköistä. Asiantuntijat kuvailivat mahdollista onnettomuutta seuraavasti:

- ”Tutkituin lienee nk. Jäähdytteen menetysonnettomuus, jonka seurauksena polttoainetta sulaisi, suojakerros ei säilyttäisi tiiviyyttään, ja erityisesti jalokaasuja ja tritiumia leviäisi ympäristöön. Tällainen onnettomuus voisi aiheuttaa korkeita säteilyannoksia, mutta ei pitkäaikaisia alueellisia kontaminaatioita.”
- ”Sydämen sulaminen, jalokaasut 100% ja jodista 10% ympäristöön, ehkä hieman cesiumia ja muita haihtumattomia nuklideja.”
- ”Pahimmassa tapauksessa jäähdytys pettäisi, reaktorin sammutus epäonnistuisi kaikista turvajärjestelmistä huolimatta eikä teho laskisi kyllin nopeasti lämpötilan noustessa. Tämä saattaisi pahimmassa tapauksessa johdattaa reaktorisydämen osittaiseen sulamiseen. Jos suojarakennuksen paine nousisi jouduttaisiin sieltä jossain vaiheessa päästämään reaktorituotteita ja jalokaasut voisivat päästä reaktorirakennuksesta ympäristöön.”



Asiantuntijoita pyydettiin myös arvioimaan mahdollisen onnettomuuden aiheuttamaa säteilylaskeumaa sekä siitä aiheutuvia seurauksia:

- ”Koska jalokaasut ja tritium eivät juuri aiheuta laskeumaa, pitkäaikainen kontaminaatio kohdistuisi vain reaktorin välitöntä ympäristöä. Onnettomissa sää- ja päästöolosuhteissa voisi tuulen alapuolella pienehkö väestö saada akuutisti vaarallisen lyhytaikaisannoksen. Merkittävimmät ja pitkävaikutteisimmat seuraukset olisivat kuitenkin taloudellisia ja poliittisia, vrt. Tshernobyl.”
- ”Tshernobylin kaltainen tulipalo ei ole mahdollinen, joten suuri osa haihtumiseen perustuvasta laskeumasta jäisi pahimmillaankin pois. Onnettomuuden seuraukset verrattuna Tshernobyliin minimaaliset.”
- ”Laskeumaa syntyisi lähinnä jodista. Jalokaasut aiheuttavat ulkoista annosta ohikulkevasta pilvestä, mutta eivät tee laskeumaa. Jos suojelutoimenpiteet (sisälle suojautuminen, joditabletti) onnistuisivat, seuraukset jäisivät suht. vähäisiksi. Jodista olisi haittaa maataloudella jos päästö tapahtuu kasvukauden aikana. Jodi puoliintuu nopeasti ($T_{1/2}$ 8 vrk)”
- ”Edellä kuvattuun onnettomuuteen voisi liittyä säteilyannoksia, jotka olisivat suuruudeltaan 0-1 Gy² (lähinnä jodin aiheuttama kilpirauhasannos lapsilla) riippuen onnettomuuden kulusta ja suojatoimien kuten evakuoinnin ja profylaktisen jodinkäytön onnistumisesta sekä kontaminoituneiden elintarvikkeiden eliminoinnista. Osa työntekijöistä voisi saada huomattavia annoksia (jopa useita Gy). Ympäröivän alueen väestössä lapset olisivat erityisasemassa. Biologisten vaikutusten lisäksi sosiaaliset vaikutukset voisivat olla huomattavia.”

Kysymys:

Liittyykö mielestäsi Suomen ydinvoimalaitoksiin merkittäviä uhkia?



Kyllä

Ei

En ota kantaa / En osaa sanoa

Lisätietoja ja perusteluita:

² Absorboitunut annos. Suure, jolla ilmaistaan kuinka suuren energiamäärän säteily on jättänyt kohdeaineeseen massayksikköä kohti. Absorboituneen annoksen yksikkö on Gray (Gy). Grayn ja Sievertin välinen yhteys riippuu mm. säteilylajista. Voidaan pitää nyrkki-sääntönä, että 1 Gy = 1000 mSv beeta- ja gammasäteilylle ja 1 Gy = 10 000... 20 000 mSv alfa-säteilylle.



3.6 Ydinjäte

Voimalaitoksen reaktorista poistettava käytetty ydinpolttoaine säteilee aluksi hyvin voimakkaasti. Tämä korkea-aktiivinen ydinjäte ei saa joutua kosketuksiin elollisen luonnon kanssa ja on eristettävä siitä sadoiksi tuhansiksi vuosiksi. Käytettyä polttoainetta poistetaan reaktoreista vuosittain. Suomen ydinvoimalaitoksista sitä kertyy niiden suunnitellun 40 käyttövuoden aikana noin 2600 tonnia alkuperäisen uraanimäärän mukaan laskettuna. (Lähde: STUK).



Ydinjätteet on suunniteltu loppusijoitettavaksi peruskallioon 500 metrin syvyyteen vesisäiliössä väli-varastoinnin jälkeen. Asiantuntijoilta kysyttiin, millaisen keskimääräisen säteilyannoksen lisäyksen millisieverteissä polttoaine voisi vakavan onnettomuuden tapauksessa aiheuttaa ja mikä olisi tämä onnettomuus tai uhka.

- ”Väestölle 0,0 mSv. Olettaen että loppusijoitus toteutetaan suurinpiirtein nykysuunnitelmien mukaan, onnettomuus voisi kohdistua vain hyvin pieneen osaan polttoainetta, joka olisi mekaanisesti lujassa kiinteässä ja liukenemattomassa olomuodossa.”
- ”En ymmärrä, mikä onnettomuus voisi olla, materiaaliahan ei kasata niin, että kriittistä massaa syntyisi. Jos trukilla kolhitaan säiliöitä rikki, kuski saa siitä säteilyannoksen joka voi henkilötasolla olla suuri, mutta ei vaikutu väestön keskiarvoon.”
- ”5 mSv vuodessa (asetettu raja-arvo onnettomuustapauksessa). Luonnonmullistus; loppusijoitustilasta tietämättömien ihmisten toiminta.”
- ”Annos 0 – 100 000 mSv. Periaatteessa on kuviteltavissa sellainen mahdollisuus, että joku hyvin varustautunut ja määrätietoinen ryhmä voisi päästä käytetyn polttoaineen loppusijoituspaikalle, raivata tiensä kapseleille ja saada ne avattua. Tällöin annokset voisivat olla hyvin suuria. Muulla tavalla huomattavin tietoisin ponnisteluin väestön altistumiseen johtavaa tapahtumaa on tällä hetkellä vaikea kuvitella, olettaen että maaperän käyttäytymistä ymmärretään suunnilleen oikein.”
- ”alle 1 mSv. Loppusijoituskapselit rikkoutuisivat jääkauden tai tulevien sukupolvien ihmistoiminnan seurauksena => nuklideja liukenisi pohjaveteen. Onnettomuus ennen loppusijoitusta (laitosvaihe -> kuljetusvaihe) esim. terrorismi-iskun seurauksena.”



Asiantuntijoita pyydettiin ottamaan kantaa väitteeseen, jonka mukaan käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu ja ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen.

Asiantuntijat vastaavat:

- ”Teknisesti ne on jo ratkaistu ja taloudellisesti halvempikin ratkaisu olisi väestön ja ympäristön kannalta aivan riittävä. Ongelman poliittinen ratkaisu on poliitikkojen tehtävä, sitä ei voi sysätä muille” (Eri mieltä).
- (Eri mieltä)
- ”Ydinvoima on ainoa energiantuotantomuoto, jonka jäteongelmat ylipäänsä on ratkaistu. Fossiilisten jäteongelmaa ei ole ratkaistu lainkaan esim. typen oksidien ja CO₂:n osalta.” (Eri mieltä)
- ”Vaikea ottaa kantaa. Erittäin luotettavan tuntuksia teknisiä ratkaisuja on kehitetty, niitä ei kuitenkaan ole voitu testata realistisella aikaskaalalla. Riskit ovat erittäin pieniä, mutta inhimillisen perspektiivin ylittävä aikajänne, jolle se jakautuu on ongelmallinen jo eettisesti”
- ”Käytetty polttoaine voidaan turvallisesti loppusijoittaa peruskallioon.” (Eri mieltä)

Väite:

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu. Ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen.



Samaa mieltä
Eri mieltä
En ota kantaa / En osaa sanoa

Kommentteja:

3.7 Kuolemantapaukset



Asiantuntijoilta kysyttiin arviota ydinvoiman käytön aiheuttamien kuolemantapausten määrästä seuraavien 30 vuoden aikana Suomessa.

Asiantuntijat vastaavat:

- ”Unohtaan liikenne- yms. onnettomuudet; suurella todennäköisyydellä 0, hyvin pienellä kymmeniä – satoja. Ydinvoiman osalta kuolemantapausten arviointi täytyy kytkeä johonkin onnettomuusskenaarioon. Toisin kuin polttoenergialla, ydinenenergialla ei ole väestöä haitallisesti altistavia ja kuolleisuutta lisääviä ”normaalipäästöjä”.”
- ”Kuolemantapaukset riippuvat Venäjän tilanteesta.”
- ”6. Työntekijöiden kollektiiviannos³ on luokkaa 5 manSv vuodessa, 30 vuodessa 150 manSv. Työikäisten riskiarvio on 4%/Sv (ICRP). Väestön altistuksesta aiheutuu laskennallisesti alle 1 tapaus.”
- ”Alle 10 tapausta, lähinnä työperäisiä syöpiä. Syövällä on useiden kymmenien vuosien latenssiaika.”
- ”Kuolemantapausten määrä on mahdoton arvioida. Normaalikäytössä annokset ovat pieniä, mutta laskennallisesti voidaan arvioida niihin liittyvän suuruusluokalta 1-100 syöpätapausta 30 vuoden kuluessa. Tämä arvio on huomattavan epävarma. Lisävaikeuden aiheuttaa se, että onnettomuuden mahdollisuutta on liki mahdoton sisällyttää arvioon.”



Kommentoikaa arvioita kuolleisuusluvuista.

³ Kollektiivinen annos. Väestöannos. Tietyn väestöryhmän yksilöiden yhteenlaskettu säteilyannos, jonka perusteella arvioidaan säteilyn myöhäisvaikutusten todennäköisyyttä ko. väestöryhmässä. Kollektiivisen annoksen yksikkö on mansievert (manSv). (STUK)

3.8 Tutkimus- ja kehitystoiminta

Joissakin Euroopan maissa on tehty päätöksiä luopua ydinvoiman käytöstä. Asiantuntijoilta tiedusteltiin, mitä vaikutuksia näillä päätöksillä voi olla Suomen kannalta, jos esim. ydinvoimaan liittyvä tutkimustoiminta vähenee.



Asiantuntijat vastasivat:

- ”Ydinvoimasta luopuminen on poliittinen päätös, jolla tuskin on merkitystä kyselyn aiheen so. terveysvaikutusten kannalta.”
- ”Tärkein on poliittinen painostusvaikutus Suomen omiin päätöksiin. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan vähentämisen vaikutus on kielteinen, mutta ei jo rakennettujen tai lähitulevaisuudessa mahdollisesti rakennettavien voimaloiden riskien kannalta kovin suuri.”
- ”Riippuu täysin korvaavasta energiantuotantomuodosta. Jos se on fossiilinen, seuraukset ovat erittäin haitalliset. Poliittiset vaikutukset ovat vielä vaikeita arvioida.”
- ”Asiantuntijoiden määrä vähenee ajan saatossa. Vaikka lisäydinvoimaa ei rakennettaisikaan, ydinjätteiden loppusijoituksessa tarvitaan asiantuntijoita vielä pitkälti yli 50 vuoden ajan.”



Vastaajan kommentti :

4. Energian tuotantoa koskevat skenaariot

Energiapanelistit ottavat kantaa seuraavassa hahmoteltuihin energiantuotannon skenaarioihin, jotka 2,5 prosentin kasvutavoitteen vallitessa perustuvat kasviuonekaasupäästöjen vähentämiseen Kioto-sopimuksen mukaisesti vuodelle 2010 ja sen jälkeen. Esitetyt kolme skenaariota painottuvat erilaisiin energiantuotantomuotoihin **ja jokaisessa skenaariossa oletetaan toteutettavan energian tuotannon hyötysuhdetta ja sen käytön tehokkuutta nostavia ja säästäviä toimia**. Kolmen esitetyn skenaarion lisäksi panelisti voi hahmotella oman energiaskenaarionsa.

Näissä skenaarioissa kasviuonekaasupäästöjen aleneman on oletettu tapahtuvan kotimaisin toimin ilman valtioiden välistä päästökauppaa ja projektiokohtaisia mekanismeja eli yhteistoteutusta ja puhtaan kehityksen mekanismeja.

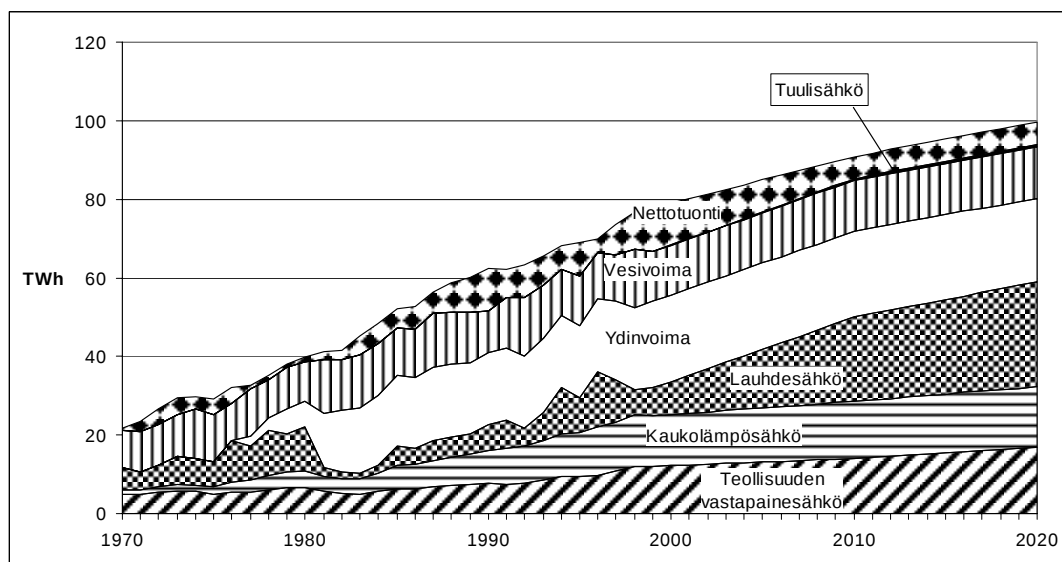
1. Perustilanne: BAU (Business as usual) (KTM, 2000a & 2000b)

Perustilanne energiantuotannosta perustuu KTM:n julkaisuun ”Ehdotus energiasäästöohjelmaksi” (KTM, 2000a) sekä vielä luonnosvaiheessa olevaan Kansallisen ilmasto-ohjelman taustaselvitykseen (KTM, 2000b).

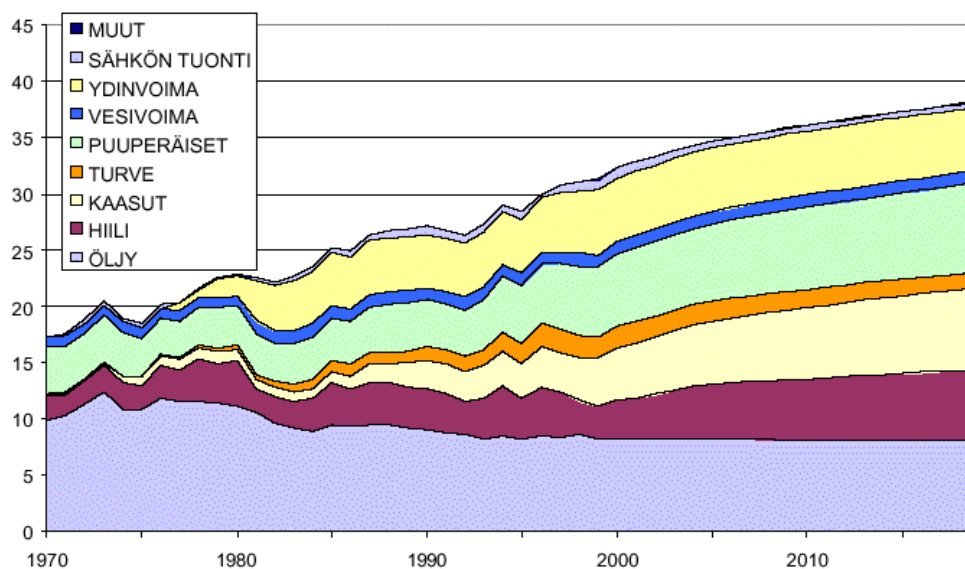
Energian hankinnan perusoletukset BAU-skenaarion mukaisesti:

- vesivoiman tuotanto ei kasvaisi
- ydinvoimaa tuotetaan vain nykyisissä laitoksissa
- sähkön tuonti vähenisi nykyisestä
- maakaasuputki laajenee kymmenen vuoden sisään lounaisrannikolle
- puun kilpailukyky paranee hiljakseen ilman erityisiä lisätoimiakin
- sähkön ja lämmön yhteistuotanto kasvaa hiljakseen kaukolämpökuorman ja teollisuuden lämmöntarpeen kasvun mukana ja laitostuotannon uusiutuessa
- yhteistuotannossa kaasu on luonnollinen polttoaine uusissa laitoksissa maakaasun jakelualueella, muualla puu voittaa alaa turpeelta. Uusissa lauhdevoimalaitoksissa polttoaineena on sekä kaasua että hiiltä
- lämmitysvalinnoissa energialähteiden osuudet pysyvät suurin piirtein nykyisinä

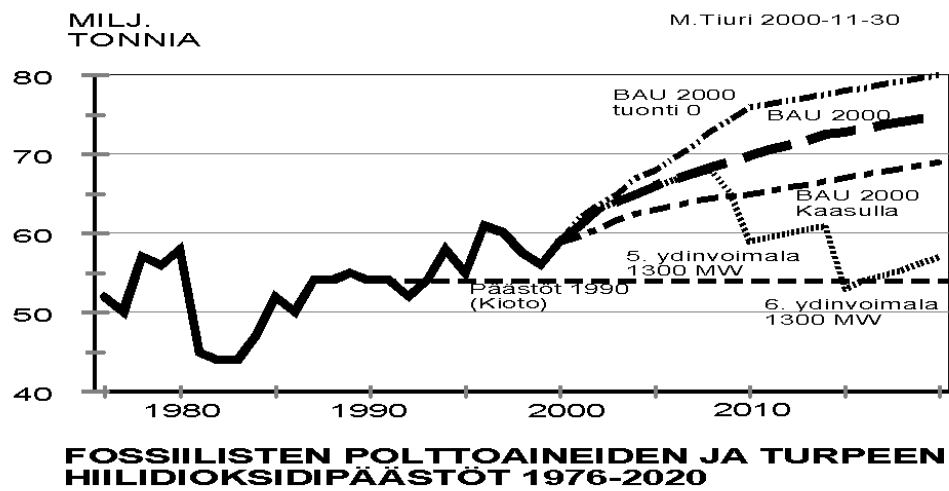
BAU-skenaarion hiilidioksidipäästöt kasvavat voimakkaasti. Energiantuotannon mukaan lukien liikenteen CO₂-päästöt nousevat vuosien 2008-2012 tilanteesta tasolle 70 Mt eli ylittävät noin 16 miljoonalla tonnilla vuoden 1990 päästömäärän 54 Mt. Kuvassa 1 on kuvattu BAU-skenaarion mukainen sähkön hankinnan kasvu. Sähkönkulutuksen arvioidaan kasvavan häviöt mukaan luettuina 91 TWh:iin vuoteen 2010 mennessä ja 99 TWh:iin vuoteen 2020 mennessä. Keskimääräinen vuotuinen kasvu on 1,1 %. (KTM, 2000a)



Kuva 1 . Sähkön hankinta tuotantotavoittain BAU-skenaariossa, TWh (perustuu lähteeseen: KTM, 2000b)



Kuva 2. Energian kulutus primäärienergiälähteittäin BAU-skenaariossa, Mtoe (KTM, 2000b)



Kuva 3. Fossiilisten polttoaineiden ja turpeen poltosta peräisin olevat hiilidioksidipäästöt perusurassa ja eri herkkyystarkasteluilla, miljoonaa tonnia. (Perustuen lähteeseen KTM, 2000b)

4.1 Sähkön tuotannon skenaariot 2010 ja sen jälkeen

1. SKENAARIO: Maakaasu

Sähkön tuotanto perustuu maakaasun käytön lisäämiseen. Maakaasu korvaa kivihiilen kokonaisuudessaan lauhdesähkön tuotannossa vuoteen 2015 mennessä ja vuonna 2010 hiililauhdetta olisi enää korvaamatta yhden laitoksen verran. Maakaasun lisäkäytön takia ei rakenneta uutta ydinvoimalaa. Maakaasun turvatus saamisen takia Suomi tulisi kytkeä eurooppalaiseen maakaasuverkkoon. Maakaasun laajempi käyttö perustuu keskitettyyn energijärjestelmään.

Maakaasun korvatesa vanhoja hiililauhdelaitoksia, alenevat kasvihuonepäästöt ja hiukkaspäästöt. Maakaasun hiukkaspäästöt ovat huomattavasti öljy- ja hiilipolttoa alemmat ja siten terveydelliset vaikutukset lievenevät. Verrattuna BAU-skenaarioon, olisi ero CO₂-päästöissä 3,9 miljoonaa tonnia vuonna 2010 ja 6,1 miljoonaa tonnia vuonna 2020. (ks. Kuva 3) (KTM, 2000b) Kioto-sopimuksen saavuttamiseksi tarvittaisiin merkittäviä lisätoimia.

Maakaasu on uusiutumaton luonnonvara eikä voi pitkällä ajanjaksolla olla lopullinen ratkaisu, mutta siirtymäaikana keskeinen ja pitkäaikainen ratkaisu. Maakaasun käyttö mahdollistaa yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon CHP-laitoksissa.



Panelistin kannanotto (samaistuminen 1. skenaarioon):

2. SKENAARIO: Ydinvoima

Rakennetaan uusi ydinvoimala (1300 MW). Oletetaan laitoksen valmistuvan vuonna 2010.

Uudella ydinvoimalalla korvataan erityisesti kivihiehellä ja öljyllä tuotettua sähköä, jolloin sekä kasvihuonekaasupäästöt että hiukkaspäästöt alenevat. Hiukkaspäästöjen alenemisen takia terveydelliset vaikutukset lievenevät. Ydinvoimalla tuotetun energian väitetään olevan tärkeää energiantensiivisten kotimaisten teollisuudenalojen, metallsä-, metalli- ja kemianteollisuuden kilpailukyvyyn kannalta.

Verrattuna BAU-skenaarioon, olisi ero CO₂-päästöissä 9,1 miljoonaa tonnia vuonna 2010 (ks. Kuva 3). Mikäli rakennettaisiin toinen uusi ydinvoimala, joka valmistuisi vuonna 2015, olisi ero CO₂-päästöissä 17,9 miljoonaa tonnia vuonna 2020 (KTM, 2000b)

Ydinvoima synnyttää mahdollisessa onnettomuustapauksessa säteilypäästöjä. Käytetty ydinvoimalaitosjäte voi aiheuttaa ympäristöriskin esim. loppusijoituspaikan kallioperässä tapahtuvien yllättävien muutosten seurauksena. Jätteiden loppusijoitukseen liittyy eettinen ongelma kun mahdolliset jätteisiin liittyvät riskit siirretään tuleville sukupolville.

Ydinvoiman laajempaa käyttöä rajoittaa sen poliittinen hyväksyttävyys. Ydinvoiman käyttö perustuu keskitettyyn energijärjestelmään. Uusi ydinvoimala ei voine valmistua ennen vuotta 2010 (rakentaminen kestää n. 10 vuotta). Ovatko energiantuottajat ja rahoittajat halukkaita panostamaan ydinvoiman rakentamiseen nykyisessä markkinatilanteessa?



Panelistin kannanotto (samaistuminen 2. skenaarioon):

3. SKENAARIO: Voimakas panostaminen energian säästöön ja uusiutuviin energialähteisiin

Energiansäästön palvelukeskus Motivan mukaan 10 % nykyisestä sähkön kulutuksesta voidaan säästää halvin toimin. Tässä skenaariossa panostetaan voimakkaasti energiaa säästäviin toimenpiteisiin ja lisäksi lisätään uusiutuvien energialähteiden eli tuulen, aurinkovoiman ja bioenergian (puu, hake, olki, maalämpö) käyttöä. Erityisen lupaavia mahdollisuuksia näyttäisi tarjoavan tuulivoima, jonka teknologia on kehittynyt viime aikoina entistä kustannustehokkaammaksi.

Tuuli- ja aurinkovoiman korvatta hiilivoimaloiden energiantuotantoa kasvihuonekaasupäästöt energiantuotannosta alenevat ja terveydelliset vaikutukset lievenevät. Tuuli- ja aurinkovoimateknologian kehittäminen voi synnyttää vienti- ja työllistämismahdollisuuksia. Puu on kotimainen energialähde ja sen käytön laajentamisella ja puun energiatekniikan kehittämisellä voi olla myönteisiä työllisyysvaikutuksia ja se voi luoda myös vientimahdollisuuksia. Uusiutuvien energialähteiden käyttö voi mahdollistaa nykyistä huomattavasti hajautetumman energiantuotannon. Biopolttoaineilla on potentiaalinen kasvava merkityksensä myös liikenteessä. (Vertaa muutoksia nykytilanteeseen, kuva 1 Liite 1.)

Puun perinteisillä polttomenetelmillä on lievää ristiriitaa terveys- ja ilmastotavoitteiden välillä. Tuulivoiman suuri mittakaavaiseen hyödyntämiseen liittyy maisemallisia haittoja. Rakennemuutos uusiutuvien energialähteiden käyttöönottoamisessa on hidas ja merkittävänä vaihtoehtona uusiutuvien energialähteiden vaihtoehto voi olla mahdollinen vain pitkällä ajanjaksolla. Puun keräys-, ym. tekniikoita on kehitettävä.

KTM:n energiasäästöryhmän mietinnön mukaan CO₂-päästöjen vähenemä voisi olla jopa 8 miljoonaa tonnia vuoteen 2010 mennessä, mikäli energiansäästöön panostetaan voimakkaasti. (KTM, 2000a)



Panelistin kannanotto (samaistuminen 3. skenaarioon):

4. SKENAARIO: PANELISTIN OMA SKENAARIO

Vastaaja tiivistää oman tulevaisuuden energiantuotannon ja -käytön skenaarionsa yhdistellen edellä kuvattuja skenaarioita.



Kuvalle skenaarion sisältö sekä siihen liittyviä vaikutuksia, ongelmia ja reunaehdoja:



4.2 Panelistin samaistuminen yo-skenaarioihin - yhteenveto

Edellä kuvatuista skenaarioista samaistun skenaarioon:

	Samaistun täysin	Jonkin verran	En samaistu laisinkaan
1			
2			
3			
4			



4.3 Loppukommentit

Kirjoita tähän yleisiä kommentteja liittyen tähän kyselyyn, sen aihealueeseen tai toteutukseen.

KIITOS VASTAUKSESTASI!

Lähteet:

KTM, 2000a Ehdotus energiasäästöohjelmaksi. Työryhmän mietintö. Kauppa- ja teollisuusministeriö, 2000. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 11/2000.

KTM, 2000b. Kasvihuonekaasujen vähentämistarpeet ja -mahdollisuudet Suomessa. Kansallisen ilmasto-ohjelman taustaselvitys. Kauppa- ja teollisuusministeriö, 2000. (Luonnos 5.10.2000)

Motiva, 2000. Energiakatselmustoiminnan tilannekatsaus 1999. Motivan julkaisu 1/2000.

NEA. Chernobyl. Ten years on radiological and health impact. An appraisal by the NEA committee on radiation protection and public health. November 1995. OECD 1996.

Raunemaa, T. Fine particle emissions and their health impacts. Teoksessa: SIHTI 2: Energy and Environmental Technology : Final report 1993 - 1998, (1999), ss. 111 - 112.

STUK. Säteilyturvakeskuksen www-sivut, www.stuk.fi.

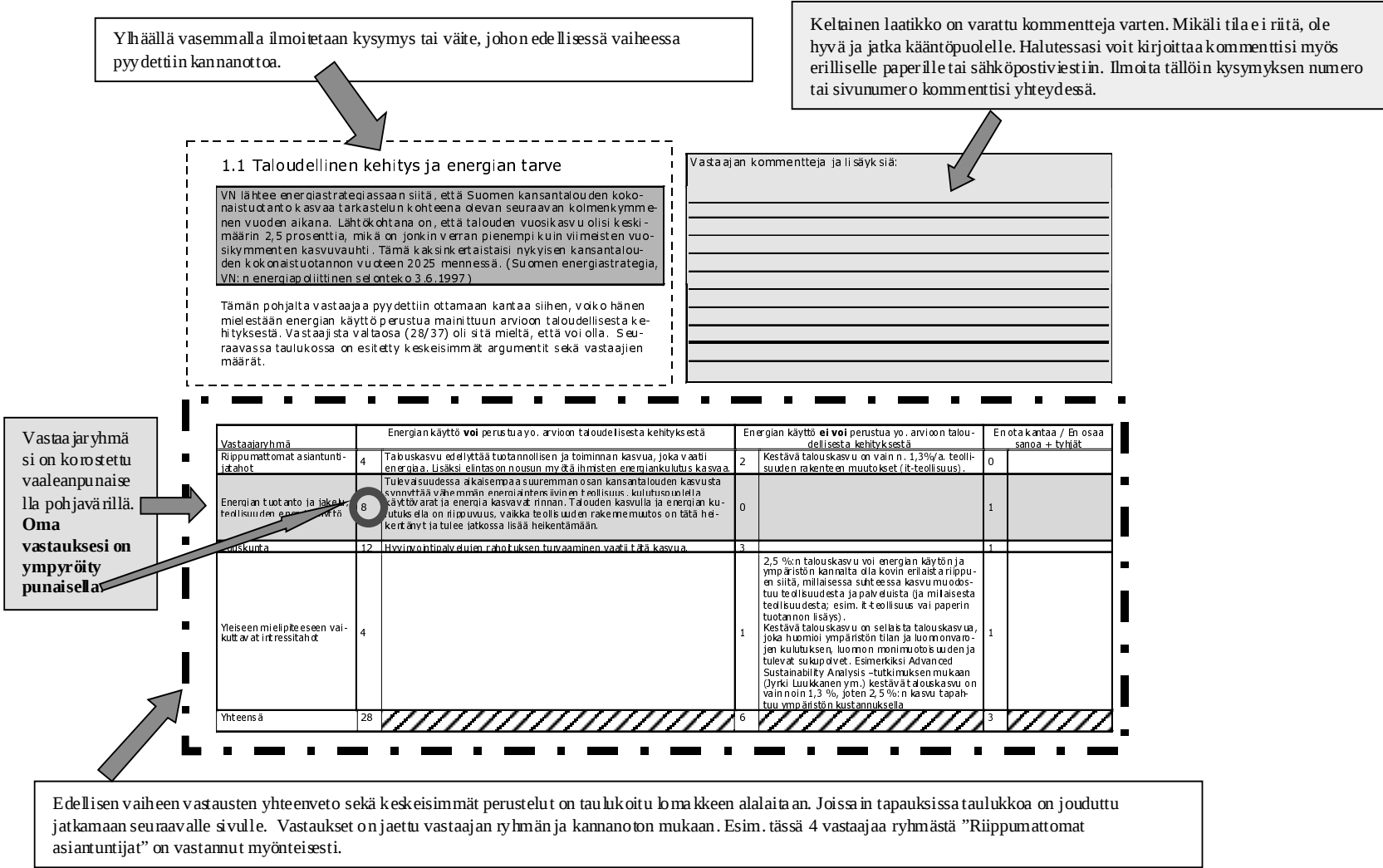
Suomen energiastrategia. Valtioneuvoston energiapoliittinen selonteko.

WHO, 1999. Overview of the environment and health in Europe in the 1990s. Background document, 3rd ministerial conference on environment & health. WHO, EUR/ICP/EHCO 020205, August 1999.

VTT Energia, 1999. Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset.

Yli-Tuomi, T. Source contribution analysis of records of airborne particle composition in Finland. Teoksessa: SIHTI 2: Energy and Environmental Technology : Final report 1993 - 1998, (1999), ss. 113 - 114.

Liite D: III kierroksen tuloksena syntynyt lopullinen näkökohtakartta



Ohjeet kaavion tulkitsemiseksi.

1.1 Taloudellinen kehitys ja energian tarve

VN lähtee energiastrategiassaan siitä, että Suomen kansantalouden kokonaistuotanto kasvaa tarkastelun kohteena olevan seuraavan kolmenkymmenen vuoden aikana. Lähtökohtana on, että talouden vuosikasvu olisi keskimäärin 2,5 prosenttia, mikä on jonkin verran pienempi kuin viimeisten vuosikymmenten kasvuvauhti. Tämä kaksinkertaistaisi nykyisen kansantalouden kokonaistuotannon vuoteen 2025 mennessä. (Suomen energiastrategia, VN:n energiapoliittinen selonteko 3.6.1997)

Tämän pohjalta vastaajaa pyydettiin ottamaan kantaa siihen, voiko hänen mielestään energian käyttö perustua mainittuun arvioon taloudellisesta kehityksestä.

Vastaajaryhmä	Energian käyttö voi perustua yo. arvioon taloudellisesta kehityksestä		Energian käyttö ei voi perustua yo. arvioon taloudellisesta kehityksestä		En ota kantaa / En osaa sanoa + tyhjät	
Riippumattomat asiantuntijahot	4	Taloukasvu edellyttää tuotannollisen ja toiminnan kasvua, joka vaatii energiaa. Lisäksi elintason nousun myötä ihmisten energiankulutus kasvaa.	2	Kestävä taloukasvu on vain n. 1,3%/a. teollisuuden rakenteen muutokset (it-teollisuus).	0	
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	8	Tulevaisuudessa aikaisempaa suuremman osan kansantalouden kasvusta synnyttää vähemmän energiasntensiivinen teollisuus. Ongelmana on kuitenkin, että kulutuspuolella energian kulutus kasvaa samassa suhteessa kuin käyttövarat. Talouden kasvulla ja energian kulutuksella on riippuvuus, vaikka teollisuuden rakennemuutos on tätä heikentänyt ja tulee jatkossa lisää heikentämään. Kokonaisenergian käyttö seuraa taloukasvua yhä heikommalla sidoksella, sen sijaan sähkö kiinteämmin. Arvomaailman ja asenteiden muutokset (MONITOR-tutkimus) saattavat vaikuttaa siihen, että kotitalouksien lisääntyvät käyttövarat eivät lisää energiankäyttöä samassa suhteessa kuin aikaisemmin. Kulutushyödykkeiden arvostus vähennee, jolla saattaa olla vaikutuksia teollisuuden energiakäyttöön ja teollisuusrakenteeseen. Jo pelkkä tuottavuuden nousu nostaa teollisuustuotantoa n. 2% vuodessa nykyisellä ominaisenergiankulutuksella.	0		1	
Eduskunta	12	Hyvinvointipalvelujen rahoituksen turvaaminen vaatii tätä kasvua.	3		1	
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	4		1	2,5 %:n taloukasvu voi energian käytön ja ympäristön kannalta olla kovin erilaista riippuen siitä, millaisessa suhteessa kasvu muodostuu teollisuudesta ja palveluista (ja millaisesta teollisuudesta; esim. it-teollisuus vai paperin tuotannon lisäys). Kestävä taloukasvu on sellaista taloukasvua, joka ottaa huomioon ympäristön tilan ja luonnonvarojen kulutuksen, luonnon monimuotoisuuden ja tulevat sukupolvet. Esimerkiksi Advanced Sustainability Analysis -tutkimuksen mukaan (Jyrki Luukkanen ym.) kestävä taloukasvu on vain noin 1,3 %, joten 2,5 %:n kasvu tapahtuu ympäristön kustannuksella	1	
Yhteensä	28		6		3	

1.2 Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen

Kiotossa 1-10.12.1997 pidetyn YK:n ilmastomuutoksen puitesopimuksen osapuolikonferenssin kolmannessa istunnossa EU:n kasvihuonekaasupäästöjen kokonaisvähennystavoitteeksi sovittiin – 8 % sitoutumiskaudella 2008 – 2012. Suomen tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen alentaminen vuoden 1990 tasolle vuoteen 2010 mennessä. Paavo Lipposen II hallituksen ohjelman mukaisesti kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään Suomelle asetettujen kansainvälisten velvoitteiden mukaisesti. Sektori-kohtaiset valmistelut kootaan toimenpideohjelmaksi. Yhteistoimeenpanohankkeet sisällytetään osaksi lähialue- ja kehitysyhteistyötä. Lisätään biomassan osuutta energia-tuotannossa. (Suomen energiastrategia, VN:n energiapoliittinen selonteko 3.6.1997; Paavo Lipposen II hallituksen ohjelma.)

Tämän pohjalta vastaajaa pyydettiin ottamaan kantaa siihen, tuleeko hänen mielestään Kioto-sopimuksen olla yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle.

Vastaajaryhmä	Kioto-sopimus tulee olla yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle		Kioto-sopimus ei voi olla yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle		En ota kantaa / En osaa sanoa	
Riippumattomat asiantuntijatahot	6	Suomessa tulee kehittää globaalisti kestäviä ratkaisuja eikä pyrkiä globaalisti hylättäviin ratkaisuihin. Ydinvoima ei ole globaalisti pitkällä tähtäimellä kestävä ratkaisu ilmastomuutoksen ongelmaan. Kioton sopimus tulee todennäköisesti voimaan ja vaikka ei sellaisenaan tulisikaan, on silti syytä rajoittaa KHK-päästöjä.	0		0	
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	9	Kioto sopimus on alku. Sopimuksen takertelut tässä vaiheessa on nähtävä ohimenevinä. Jos se vesittyy, niin joka tapauksessa tulevaisuudessa joudutaan tekemään vastaava sopimus. EU on vahvasti sitoutunut Kioto-sopimukseen. USA:n rooli ratkaiseva maailmanlaajuisesti.	0		0	
Eduskunta	15	Kansainvälisiä sopimuksia on syytä noudattaa edelläkävijänä silloin kun se ei uhkaa kilpailukykyä. Suomen tulisi olla kärkipäässä. Maailmanlaajuinen näkökulma on tärkeä. Pitäisi katsoa pidemmälle kuin 2010. Ei ole mielekästä lähteä kansainvälisestä päästökaupasta tavoitteeseen pääsemiseksi. Muitakin lähtökohtia on, eikä Kioto-sopimus ole ainoa päämäärä. Kestävä kehitys on tärkeää, siitä on myös teollisuudelle ja taloudelle hyötyä pitkän päälle.	0		1	Muut maat eivät näytä ottavan sopimusta vakavasti.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	4	Suomen osuus tulee olla sopusoinnussa globaalin tavoitteen kanssa eli Suomessa on toteutettava globaalisti kestäviä ratkaisuja. Kioton sopimuksen mukainen 8 %:n vähennystavoite on liian vähän, mutta siihenkin kannattaa pyrkiä. Suurempi päästövähennys edellyttää todellista rakennemuutosta energiantuotannossa ja -käytössä. Kioto-sopimus ja ilmastomuutoksen mahdollisuus ovat pitkävaikutteisten energiainvestointien osalta keskeisiä.	1		1	Kioto-sopimus on avaus. Jatkovähennyksiä on tulossa ja niihin sopeutuminen on aloitettava nyt.
Yhteensä	34		1		2	

1.3 Energiantuotannon terveysvaikutukset

1.3.1 Terveysvaikutusten pelkistäminen kuolemantapauksiin

Vastaajille esitetty kysymys:

Onko kuolemantapausten lisäys/vähennys mielestäsi käyttökelpoinen mittari mitattaessa tietyn energiantuotantomuodon käytöstä aiheutuvia terveysvaikutuksia?

Vastaajaryhmä	on kohtuullisen käyttökelpoinen		ei ole mielestäni käyttökelpoinen		On varauksellinen tai ei ota kantaa	
Riippumattomat asiantuntijatahot	3	On kohtuullisen käyttökelpoinen, mutta pitäisi selvittää miten tulokset muuttuvat (tai eivät merkittävästi muutu) ja otetaan myös muita mittareita. Suuresta ihmisjoukosta kuolemantapaukset pitkällä aikavälillä kuvaavat melko hyvin terveyshaittaa.	3	Epäselvä ja johdatteleva mittari. Kaikki terveydelliset haitat tulee huomioida. Kuolemantapaustenkin määrä riippuu tilastointimenetelmästä esim. säteilyvaikutus ilmenee vasta ajan kuluessa näkyen ensin sairastavuutena. Lisäksi seuraavia tekijöitä ei ole otettu huomioon: energian tuotanto- ja käyttötavat; poikkeavat määrät normaali- ja häiriötilanteissa; korvausmenettelyt ja vastuut.	0	
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	4	On, sillä vain kuolemantapaukset (vaikkakin laskennalliset) ovat riittävän vahva vaikutte muuttamaan kuluttajien valintatottumuksia, halukkuuteen maksaa tuotteista enemmän esim. vapailla sähkömarkkinoilla. Hajautettu energiantuotanto olisi monista syistä suositeltavaa, mutta ne päästöt...nuotioita ja savusaunoja tulisi välttää. Ilmastomuutoksen osalta kuolemantapausten lukumäärä on erityisen huono mittari (arvioiden epävarmuus erityisen suuri). Muutoksia ekosysteemissä ja esim. maataloudessa voidaan arvioida, mutta näiden korrelointi kuolemantapauksiin on epätarkkaa. Kuolemantapausten lisäksi voitaisiinko tarkasteluun ottaa lisäksi eri energiamuotojen käytön vaikutus odotettavissa olevaan elinikään. Ei tietenkään ainoa mittari, mutta käyttökelpoinen. Muidenkin mittareiden tulee olla ymmärrettäviä, ei mitään 'hyvää elämää' -tyyppiä.	5	Terveysteen ja hyvinvointiin kuuluu paljon, paljon enemmän kuin kuolinhetki. Laadukas terve elämä on numero yksi. Energian vaikutus vain osa kokonaisvaikutusta. Kuolemansyihin vaikuttavat henkilön elämäntapa, geenitausta, asumispaikka ja sen yleinen ilman laatu (esim. liikenteen aiheuttamat epäpuhtaudet). Terveys ja muut "ympäristövaikutukset" pitäisi "mitata" päästöjen vähennyksellä. Kaikki mikä vaikuttaa maapallon hyväksi on hyvä!	0	Yksinkertaistettu menetelmä, joka antaa suuntaviivat ja eri tuotantomuotojen keskinäiset suhteet. Yksinkertaisuus voi olla myös rasite, jos tälle annetaan liikaa painoarvoa, koko kansantaloudellinen vaikutus ei ilmene näin.

Eduskunta	9	Asia on vakava, jos se johtaa kuolemantapauksiin. Säteily aiheuttaa vain syöpää. Pienhiukkaset aiheuttavat eniten hengitys- ja verenkiertoelinsairauksia, jonkin verran myös syöpää	7	Kuolemantapaukset ovat monisyisiä (mm. tupakointi oheisvaikuttajana) Ei ole toistaiseksi olemassa sellaisia tilastoja, joista voitaisiin ottaa yksiselitteisiä syöpätilastoja. Tulee huomioida myös mitä muuta on tapahtunut alueella, missä on ollut kuolemantapauksia. Hoitotekniikoiden kehitys voi vaikuttaa niin, että aiemmin kuolemaan johtaneet tekijät eivät enää tulevaisuudessa johda kuolemaan. Kuolema on vain pieni osa terveysvaikutuksista ja koko sairas-kertomus pitäisi huomioida. Pitää ottaa huomioon tauteihin liittyvät hyvinvoinnin menetykset. On tärkeää ottaa huomioon myös mielenterveyteen liittyvät vaikutukset kuten pelkotilojen aiheuttamat Pitää myös soveltaa elinkaariajattelua siten, että tarkastelu kattaa myös polttoaineen hankinnan ja kuljetukset.	0	Päästöjen kuolleisuusvaikutuksiin vaikuttaa olennaisesti niiden sijoittuminen suhteessa väestöön ja ilmasto-olosuhteet. Kuolemansyytutkimukset eivät kaikin osin yksiselitteisiä, erityisesti säteilyn aiheuttamien tautien tunnistaminen ongelmallista.
Yleiseen mielihiteeseen vaikuttavat intressitahot	3		2	Liian suppea tarkastelukulma: koko energiantuotannon vaikutuksista tarkastellaan vain terveysvaikutuksia ja edelleen supistetaan nämäkin vaikutukset vain kuolemantapauksiin. Laaja ympäristövaikutusten käsite on suomalaisessakin lainsäädännössä mukana. Voi vain ihmetellä, miksi tarkastelussa on mukana vain terveysvaikutukset. Näiden kysymysten valossa on aika hankalaa ottaa kantaa esitettyihin vaihtoehtoihin.	1	Kuten väliotsake sanookin, kyse on pelkistämisestä. Pelkistettyjä indeksejä voidaan aina käyttää myös tarkoitushakuisesti. Esimerkiksi uusimassa ja kattavimmassa liikenteen vaikutuksia arvioivassa tutkimuksessa tutkijat itse ovat kriittisiä aineistoon-sa, mutta me soveltajat käytämme niitä huoletta eri tarkoituksiin
Yhteensä	19		17		1	

1.3.2 Pienhiukkasiin ja säteilyyn liittyvät kuolemantapaukset

Vastaajille esitetty kysymys:

Energiantuotantoon liittyvät kuolemantapaukset pelkistetään tässä ainoastaan säteilypäästöistä ja hiukkaspäästöistä aiheutuviin kuolemantapauksiin. Kuinka hyvin energian tuotantoon liittyvät kuolemantapaukset ovat mielestäsi mitattavissa pelkästään näistä lähteistä aiheutuvien kuolemantapausten määrällä?

Vastaajaryhmä	Ovat riittävästi mitattavissa	Eivät ole riittävästi mitattavissa	En ota kantaa / En osaa sanoa
Riippumattomat asiantuntijatahot	2 Päästöistä aiheutuvat kuolemantapaukset ovat selvästi suurempia kuin polttoaineketjun muiden vaiheiden aiheuttamat. Täytyisi olla kuitenkin myös selvitys muista vaikutuksista niin, että tiedetään miten väärässä/oikeassa ollaan.	2	2 Periaatteessa tällaista rajausta ei pitäisi tehdä, joten menettely on hyväksyttävissä vain, jos samalla on osoitettu, että muut kuolemantapaukset (energian tuotantoon liittyvät) ovat aina merkitykseltään vähäisemmät esim. homeongelmat ja -sairaudet, kuolemat huonosti eristetyissä taloissa. Toinen olennainen ongelma kiteytyy siitä, että erityisesti pienhiukkasten vaikutus on vaikea arvioida
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	0 Säteilyn osalta vaikutuksen yläraja on ilmeisesti arvioitavissa.	8 Kymmenien vuosien päästä tapahtuvat säteilyn aiheuttamat kuolemat sekoittuvat usein muihin vaikutuksiin. Sama epämääräisyys vaivaa hiukkaspäästöjen aiheuttamia kuolemantapauksia. Kuoleminen on tietenkin helpompi mitata kuin sairastelu, mutta jälkimmäinen on oleellisempi. Kuolemantapaukset on laskettava koko elinkaaren ajalta, johon sisältyvä koko polttoaineketju alkaen tuotannon alkupään päästöjen aiheuttamista kuolemantapauksista päätyen jälleenkäsittelyn aiheuttamiin kuolemantapauksiin (esim. tuhkan levitys luontoon)	1
Eduskunta	5 Ainakin joillakin alueilla kuolemantapaukset selvästi perustuvat näihin tekijöihin. sveitsiläisessä tutkimuksessa (Lancet 2000) on arvioita, että liikenteen osuus on kolmasosa pienhiukkasisista. Liikenteen nostattama pöly on suuria hiukkasia, siitä ei ole pm2,5 hiukkasissa. Liikenteen pöly on haitallista vain astmaatikkoille.	10 Kysymykset ovat johdattelevia, eikä niihin voi vaikuttaa. Tässä tulee sellainen olo, että tästä halutaan tuloksena joku tietty tulos. Jos puhutaan terveysvaikutuksista, niitä on kaikenlaisia, ei pelkästään tässä käsiteltyjä säteilystä ja hiukkaspäästöistä johtuvia. Tulisi ottaa huomioon työympäristöriskit ja työterveysriskit. Tulisi olla tarkempaa tietoa siitä, miten pienhiukkasia ja säteilyä koskevista tiedoista on päästy kuolleisuustietoihin, jotta tietoihin voisi luottaa. On kuitenkin tärkeää keskustella pienhiukkasista, joita ei ole aiemmin tunnistettu olennaiseksi tekijäksi	1 Elinkaari niin pitkä, todella vaikea verrata kuolleisuutta näissä kahdessa. Energian käyttöön kuuluu niin paljon muitakin. Ei pohdita energian käyttöä vaan tuotantotapoja. On otettava huomioon koko tuotantoketju kuten uraanin louhinta, onnettomuudet kuljetuksissa, palot ja räjähdyskset. On olemassa 3.tie, joka vähentää sekä säteilyä että pienhiukkasia.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	1 Tiedemiehet töihin!	3 Pienhiukkasten ja muiden ilmansaasteiden riskit ovat suurimmat kaupungeissa ja liikennetaajamissa. Lancet-artikkelin kirjoittajien mukaisesti liikenteen osuudeksi voidaan arvioida 60% korkeista hiukkaspitoisuuksista. Liikenteen pölyä nostattavaa vaikutusta on vaikea arvioida alueellisissa, jopa koko maan kattavissa leviämismalleissa. Edellä olevan valossa kuolleisuuslukujen käyttäminen energiantuotannossa haittaindeksinä on rohkeaa. Vielä rohkeammaksi käyttö muodostuu, jos kuolleisuuslukuja jaotellaan energiantuotantomuotojen ominaispäästöjen mukaisesti.	2 Vertailtava muihin vaikutuksiin. Pidemmällä aikavälillä esimerkiksi kaivosteollisuudessa tuotanto todennäköisesti automatisoidaan melko täydellisesti, joten onnettomuuksien määrä vähenee. Eräs oleellinen asia eli sisätilojen homeongelmien aiheuttamat sairaudet puuttuu.
Yhteensä	8	23	6

2.2

Vastaajille esitettiin seuraava väite:

Polttoprosesseista (energiantuotanto, liikenne) peräisin olevat pienikokoiset hiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimpia terveyshaittojen aiheuttajia.

Vastaajaryhmä	Samaa mieltä ym. väitteen kanssa		Eri mieltä		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	5	Kaksi perusongelmaa, joihin tulisi vaikuttaa, ovat a) polttoprosessit, jotka tuottavat hiukkaspäästöjä sekä b) savukaasujen pääsy ympäristöön.	0		1	Ei riittävää tietoa siitä, kuinka hiukkasten luonne (esim. SO _x -sekundaari versus diesel- tai bensiinimoottorin primaarihiukkaset versus katupöly) vaikuttaa haittoihin.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiankäyttö	5	Pienhiukkasten vahingolliset terveysvaikutukset ovat tutkimusten mukaan kiistattomat. Pienhiukkasiin kiinnitetään julkisessa keskustelussa liian vähän huomiota. Keskitetyssä tuotannossa hiukkaspäästöt hallinnassa. Ongelmaksi voi muodostua uudet päästölähteet esim. pellettien runsaan käyttö hajautetussa poltossa. Liikenne vaikeampi kuin energiantuotanto, joka asutuskeskuksissa tapahtuu isoissa yksiköissä.	0		4	Herkkyys reagoida riippuu myös asuin- ja työpaikan ilmanlaadusta sekä mm. ravintoon liittyvistä elintavoista.
Eduskunta	13	Pienimpien hiukkasten ongelmallisuus perustuu siihen, että ne pystyvät läpäisemään keuhkorakkuloiden (alveolarit) seinämät yhtyen verenkiertoon. Kiertävät hiukkaset aiheuttavat tulehduksia valtimoiden seinissä. Seurauksena ovat mm. verisuonten seinämien kovettumat ja verisuonten tukkeutumat. Näitä voidaan verisuonikirurgisesti kuten mm. ohitusleikkauksin hoitaa. Kiertävillä pienhiukkasilla on myös haitallisia vaikutuksia myös muihin elimiin kuten haimaan. Kaupunki-ilman yksi vaikutustapa on edelleen happikato (vrt. häkä) Verenkiertoelinten vaurioihin vaikuttaa vastaavalla tavalla mm. tupakointi. Mikäli ongelmaa opitaan käsittelemään paremmin lääketieteellisesti tämä vaikuttaa myös pienhiukkasten aiheuttamaan riskiin. Vaikka kyseessä on yhdyskuntailman pahin terveyshaitta, on harhaanjohtavaa päätellä tästä, että ydinvoima olisi terveydellisesti parempi ratkaisu, vaikka säteilykään ei muodostaisi merkittävää ongelmaa, koska mielenenterveyteen liittyvät haitat ovat lopultakin ydinvoiman suurin terveyshaitta. Olisi tärkeää vähentää liikennettä kaupunkien keskustoissa diesel-ajoneuvoilla sekä rekkojen että henkilöautojen osalta. Tulisi kiinnittää huomiota katalysaattoreiden asentamiseen diesel-autoihin. Autoissa tulisi käyttää viimeisintä tekniikkaa ja tulisi suosia sähköautoja. Olisi kehitettävä joukkoliikennettä ja erityisesti junaliikennettä. Kaukolämmöllä voidaan välttää energiantuotantoon liittyviä hiukkaspäästöjä. Edistettävä uusien tekniikkojen käyttöä energiantuotannossa (mm. suodattimet). Kun pienhiukkasten vaikutus on keräytyvää, vaikuttaa eliniän kasvu ongelman voimistumiseen. Kaliforniassa annetaan puun polttokiello määrättyissä säätilanteissa.	0		3	Ei ole riittävästi tietoa siitä, että olisivat pahimmat. On muitakin ongelmia, jos sanoo että on pahimpia, välttelee muita. Ei voi ottaa kantaa, koska ei tunne pienhiukkasten vaikutuksia kehossa [panelistiarvio vastaukseksi vieressä].
Yleiseen mieliteeseen vaikuttavat intressitahot	4	Alleviivaten sanaa pahimpia. Energiantuotanto ja liikenne syytä käsitellä erikseen; polttoainevaihtoehdot ja korvattavuus olennaisesti erilaiset näillä alueilla.	0		2	Myös suuremmat kuin 2,5 um hiukkaset ongelmallisia lääketieteellisten tutkimusten perusteella. Kokoluokkarajaukset ovat johdatteluvia korostaen energian tuotannon päästöjä. Vaikutukset tulisi arvioida hengitysilman pitoisuuksina. Liikenteen merkitys on suuri. Oletus siitä että energiantuotanto on keskeinen kaukokulkeutumisessa ei vahvistettu, sekundäärihiukkasissa liikenteen merkitys on suuri. Pienpolton merkityksestä ei luotettavaa näyttöä.
Yhteensä	27		0		10	

Kommentit taulukkoon 2:

Vastaajia pyydettiin kommentoimaan taulukkoa 2, jossa oli esitettyä eri energiantuotantomuotojen hiukkaspäästöt, sekä asiantuntijoiden arvioita eri energiantuotantomuotojen hiukkaspäästöistä.

Vastaajaryhmä	Kommentti
Riippumattomat asiantuntijatahot	- Taulukko tarkoitushakuinen - ei sisällä elinkaariarvioita. Koko elinkaari huomioon ottaen ydinvoiman hiilidioksidipäästöt ehkä n. 10% kivihiihivoimalauhteen päästöistä. Ydinvoimaloita on niin vähän, että onnettomuustodennäköisyyttä ei tiedetä vielä. - Puuttuu tieto siitä, mikä on haittakerroin eri polttoaineiden nokipäästöille ja mikä SOx ja NOx-päästöille ja kuinka jälkimmäiset riippuvat muusta ilmanlaadusta yms. riskitekijöistä. Jotta taulukko olisi oikeudenmukainen tulisi katsoa viimeisimmäksi rakennettujen voimaloiden päästöt. - Maakaasuun ja bio(puu) laitoksiin kunnon polttotekniikka. Pienhiukkaspäästöihin voidaan teknisesti vaikuttaa laitospäästöistä riippumatta, talous on rajoite, mutta hukkalämmön hyödyntämisen kautta saatava hyöty voi nousta niin tärkeäksi että pienetkin "puhtaat" laitokset muuttuvat kannattaviksi.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	Neljän ensimmäisen energialähteen kohdalla teknologian ikä on olennainen muuttuja. Jos energian tarve ei kasva, merkitsee se samalla sitä, että tarve tyydytetään yhä vanhemmalla ja huonommalla tekniikalla. Teknologian ikä on todella vahva muuttuja, pistä mukaan artikkelissa suomalaisen version jossa tätä pohditaan.
Eduskunta	- Päästöarviot vaikuttavat luotettavilta taulukossa ajatellen kaupunkikeskustoja. Hiukkaskuormitus vähenee taajamien ulkopuolella hyvin olennaisesti, mitä kauemaksi keskuksista mennään. Taajamien ulkopuolella kaukokulkeutuneita hiukkasia. - Haitallisuusjärjestys näyttäisi olevan: diesel-öljy-hiili-turve-öljy-maakaasu. Haitallisuutta arvioitaessa on tärkeää ottaa täydessä mitassa huomioon uuden tekniikan tarjoamat mahdollisuudet ja uudet energiamuodot. Vähäisistä päästöistä pitää olla valmis maksamaan. Puun ja turpeen poltto tulisi voida kehittää uudella tekniikalla puhtaammaksi. - Liikenteen osuus haitallisista pienhiukkaspäästöistä on kaupunkien keskustoissa vähintään puolet. Mielenkiintoista olisi myös tietää, voidaanko esittää arvioita päästöistä henkilö- tai tonnikipometria kohti eri liikennemuodoissa. - Olisi tärkeää panostaa diesel-katalysaattoreiden hankintaan tukemalla sitä verotuksella. - Raskas liikenne tulisi saada pois kaupunkien keskustoista. Pitäisi siirtyä kaasubusseihin ja sähköajoneuvoihin. - Ydinvoimalan rakentamiseen liittyvät hiilidioksidipäästöt ovat tutkimusten mukaan yhtäsuuret kuin tuulivoimalan. Eniten pienhiukkasia tuottaa turve. Maakaasuvoimala tuottaa hiihivoimalaa enemmän tyypipäästöjä, johtuen korkeammasta polttolämpötilasta.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	- Olennainen tekijä on itse laitos, hyötysuhde, ei pelkästään polttoainekysymys. Kivihiihivoimaloita on useammanlaisia, sekä lauhdetta että yhteistuotantoa, eikä tässä ilmoiteta, kummasta on kysymys. Nykyisillä puhdistusjärjestelmillä ja uusilla turbiineilla maakaasun nitraattipäästöt ovat aika vähäisiä. Maakaasuvoimaloiden tyyppiä ei ilmoiteta. Nehän ovat Suomessa käytännössä yhteistuotantolaitoksia. En ymmärrä, mihin esimerkiksi puuenergiavoimalan hiilidioksidipäästöt tässä perustuvat. Eri energialähteitä ei kannata asettaa haitallisuusjärjestykseen riittämättömin perustein. - Elinkaariajattelu puuttuu (kuten polttoaineen tuotanto, -kuljetus, jätteen käsittely). Esimerkiksi ydinvoiman elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt kasvavat sitä mukaan kun huonompia uraaniesiintymiä otetaan käyttöön. Pelkistykset ja ominaispäästötaulukot ovat selvästi tarkoitushakuisia. Asiat eivät vaan ole yksinkertaisia.

2.3

Kysymys

Voidaanko Suomen oloissa lähteä siitä, että keskimääräinen PM10-hiukkasten 10 mikrogramman lisäys/vähennys kuutiota kohti lisää/vähentää kuolleisuutta noin 2%:lla eli vuodessa n. 1000:lla?

Vastaajaryhmä	Samaa mieltä ym. väitteen kanssa		Eri mieltä		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	1	Kohtalaisen hyvä kvantitatiivinen mitta. Parempaa mittaria ei ole käytettävissä.	3	Kylmä ilmanala tekee arvion epäluotettavaksi. Tuntuu suurelta kun verrataan koko kuolleisuuteen.	2	Voidaan käyttää paremman puutteessa, kun muistetaan suuri epätarkkuus. Kun mekanismeja ei tunneta, spekulatioluonne säilyy.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	2	Varovaisuusperiaate tukee tätä kunnes enemmän tiedetään.	3	Väittämä sisältää olettamuksia ja yksinkertaistuksia sekä näytön puutteita sovellettuna juuri Suomen olosuhteisiin. Niin kauan kuin asiantuntijoidenkin mielipiteet menevät pahasti ristiin, ei väittämää pidä käyttää vakavasti otettavana perusteena.	4	Täysin "mahdollisuuksien ulkopuolella" oleva kysymys!
Eduskunta	9	Erityisesti kylmän ilmaston vaikutus pitäisi tarkemmin selvittää, eli vaikuttaisi asiantuntija-arvion perusteella siltä, että vaikutus on vähintään esitettyä luokkaa. Lisäys lisää ja vähennys vähentää, mutta vaikea sanoa kuinka paljon. Prosenttimäärä kyseenalainen. WHO sanoo 1-4%, voi siis olla 2% mutta voi olla enemmänkin. Vaikutus kohdistuu alueellisesti epätasaisesti. Kuitenkin kaukokulkeutumat ulottuvat kaikkialle. Etelä-Suomessa niiden osuus voi olla puolet (Narva, Puolan hiilivoimalat, Pietari)	2	Suomi on harvaan asuttu maa, joten ei yleisesti sovellettavissa täällä. Luvussa on mukana myös liikennepäästöt, joista terveyshaitat tulevat. Energian- tuotannon osuus tästä ei selviä. Liikennemäärät taas ovat hyvin erilaisia taajamissa ja haja-asutusalueella.	5	Ei ole riittäviä tietoja yksiselitteiseen johtopäätöksen. Tarkan kuolleisuusarvion esittäminen on erittäin ongelmallista pienhiukkasten ja muiden terveyteen vaikuttavien tekijöiden monimutkaisten vuorovaikutuksen vuoksi.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	1		2		3	Raimo O. Salonen on omana arvionaan esittänyt Suomen saldoksi 200-400 ennenaikaista kuolemaa, arviointiryhmä esittää luvut 1900+700. Haarukka osoittaa yksinkertaistusten vaarat. Parempi arvio saataisiin, jos esim. Ilmatieteen laitos tekisi leviämisen/vaikutusmalliarvion. Siinä koko maan päästöt ja väestörakenne tulisi kartoittaa 1km x 1km ruuduissa.
Yhteensä	13		10		14	

2.4

Asiantuntijoita pyydettiin arvioimaan, paljonko energiantuotannosta peräisin olevat pienhiukkaset lisäävät/vähentävät kuolemantapauksia seuraavien 30 vuoden aikana Suomessa, jos...

a. Energiantuotannon hiukkaspäästöt lisääntyvät keskimäärin kolmanneksella

b. Energiantuotannon hiukkaspäästöt vähenevät keskimäärin kolmanneksella

Vastaajaa pyydettiin kommentoimaan asiantuntijoiden vastauksia ja esittämään mahdollisesti omia arvioita kuolemantapauksista.

Vastaajaryhmä	Kommentti
Riippumattomat asiantuntijatahot	Energiantuotannon osalta energiavalinnat ja tekninen kehitys vaikuttavat lisäykseen/vähennykseen. Liikenteen volyymi kasvaa, mutta moottorien tekniikka ja polttoaineet paranevat. Liikenteen hiukkaspäästöt pysyvät ehkä samalla tasolla. Mielestäni mahdoton tehtävä kvantifioida. Toisaalta on esitetty pelkoa että nimenomaan uusi tekniikka (esim. common rail diesel) saattaisi aiheuttaa pienhiukkasten kasvua!
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	Riippuu energiavalinnoista eli polttoaineiden pienhiukkasten koostumus vaikuttanee, mutta kuinka - ei ole vielä selvillä (raskasmetallit ym.) Väestö vanhenee ja tulee alttiimmaksi tällaisille tekijöille. Ennuste voi siksi olla pikemminkin alakanttiin. Väistämätön kilpailu energiantuotannossa suosii isoja yksiköitä, jolloin valvonta puhdistusvaatimusten toteuttamiseen tehostuu. Kuolemantapausten absoluuttisen määrän muutoksien toteaminen lienee vaikeaa, mutta aleneva suunta on pääteltävissä.
Eduskunta	Noin 600 vaikuttaa mahdolliselta. Sitä ei kuitenkaan voida esittää faktana vaan karkeana laskelmana. Voidaan hyväksyä kolmanneksen vähenemisen vaikutukseksi 500 hengen säästö vuodessa. Kuva vaikuttavista tekijöistä epäselvä. Saattaa mahdollisesti olla saavutettavissa siirtymällä kivihiilestä kaasuun ja kehittämällä polttotekniikoita. Pienpolton vaikutus epäselvä. Päästöt ei ainakaan vähene. Liikenne lisääntyy koko ajan + nykyiset energiaratkaisut on olemassa. Sairaus- ja kuolemantapaukset ovat lisääntymässä koko ajan. 30 vuotta on lyhyt aika näissä asioissa. Astmapotilaat kärsivät liikenteestä. Suuria arvovalintoja: saako yksityisautoilla ajaa esim. pakkaspäivinä. Yksilön valintavapaus ja terveys ovat ristiriidassa.
Yleiseen mieliteeseen vaikuttavat intressit	Energiantuotannon valinnat määrännevät pienhiukkaspäästöjen muutokset energiantuotannon osalta, joten vaihtoehdot olisi ensin täsmennettävä. Erotettava energiantuotanto ja liikenne. Pienhiukkaspäästöt kasvavasta liikenteestä kasvavat, mutta uskon että tällä aikavälillä teknologiassakin tapahtuu parannusta. Täysin mieletön kysymys. Jos tutkija tähän vääntää vastausta, epäilen hänen moraaliaan.

3.1

Kysymys:

Voidaanko mielestäsi lähteä siitä, että yhteys saatujen säteilyannosten ja kuolleisuuden välillä on suoraviivainen? Toisin sanoen, sama annos säteilyä lisää väestötasolla aina suunnilleen samassa määrin kuolleisuutta riippumatta säteilyannosten suuruudesta aikayksikköä kohti.

Vastaajaryhmä	Voidaan		Ei voida		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	5	Voidaan paremman tiedon puutteessa. Epävarmuus pienten annosten vaikutuksesta aiheuttaa vain pientä virhettä. Todennäköisesti pienten annosten vaikutus tulee arvioiduksi jonkin verran liian suureksi.	1	Hallinnollinen yksinkertaisuus ei ole riittävä peruste ja muuta ei näytetä tiedettävän. Pitää tunnistaa että voi mennä pieleen ja olla valmis korjaamaan.	0	
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	9	Lienee jo selvästi tutkittu ja todettu asia. Mistä säteily johtuu, taustasäteily, laitteet, koneet, energiantuotanto yhdessä aiheuttavat säteilyä. Kansakunnan terveyteen säteily vaikuttaa myös muuten kuin kuolleisuutena, kehitysvauriot jne. Niiden osuus saattaa nousta pienten säteilyannosten kyseessä ollessa suuremmaksi kuin itse kuolleisuus.	0		0	Joku malli tarvitaan tässä asiassa, joten hyväksyttävissä paremman puutteessa. Jälleen varovaisuusperiaatteella kunnes paremmin tiedetään. Mistä säteily johtuu, taustasäteily, laitteet, koneet, energiantuotanto yhdessä aiheuttavat säteilyä.
Eduskunta	15	Vaikutukset on selvitetty suurilla säteilyannoksilla ja ekstrapoloitu alaspäin. Voi olla, että pienillä, luonnonannoksiin verrattavilla annoksilla ei ole vaikutusta. Syöpähoitot kehittyvät kuitenkin jatkuvasti mm. pystyen tunnistamaan yksittäiset syöpäsolut ja näin aktiivisesti täydentämään kehon omia jatkuvasti toimivia puolustusmekanismeja syöpäsoluja vastaan. Ihminen ei aisti säteilyä. Säteilyyn liittyy myös asioita, joita ei voida mitata. Säteilyä tutkittava tieteellisesti. Kilpirauhassyöpä on ollut helppo todistaa, koska se on normaalisti hyvin harvinainen ja radiojodiannokset kilpirauhasessa ovat suuria johtuen jodin puutteesta Ukrainassa.	1	Kysymys on monimutkainen.	0	Kilpirauhassyöpä mm. tosi vaikea todistaa.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	3		1	Hallinnollinen yksinkertaisuus ei ole riittävä peruste.	2	
Yhteensä	32		3		2	

3.2

Kysymys:

Merkittävimmät säteilyn terveysvaikutukset liittyvät luonnon taustasäteilystä ja maaperän radon-säteilystä peräisin olevaan säteilyyn.

Vastaajaryhmä	Samaa mieltä		Eri mieltä		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijajathot	6	Luonnon taustasäteily ja maaperän radon-säteily on suurin säteilylähde. Väite pätee, jos uskotaan edes likimain suoraan yhteyteen säteilymäärän ja kuolleisuuden välillä.	0		0	Työelämässä on riskiryhmiä, joille työperäinen altistus on ilmeisesti suurin riski. Paikkakuntakohtaisesti paljon eroja ja monia ehtoja (Loviisa ja Olkiluoto).
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	9	Väitettä tukevat tutkimukset on tehty Suomen olosuhteissa ja ikään kuin vapaasta tahdosta ilman tarvetta jonkin asian ajamiseksi, joten niihin on opittu luottamaan. Nämä luovat luonnollisesti pohjan myös kuolleisuusvaikutusten selvittämiseen. Rajattava radioaktiivisten aineiden aiheuttamaan säteilyyn. Sähkö- ja magneettikenttien "säteily" ei kuulu tähän. Tulokset ovat aika huonosti tiedossa, koska vaikuttaisivat mm. tonttien ja raakamaan arvoon.	0		0	Säteilyn terveysvaikutuksia määräävät elämäntavat (mitä laitteita tms. on käyttänyt). Olisi mielenkiintoista tietää, onko kaivostyöläisiä tilastoitu tältä kannalta.
Eduskunta	14	Luonnonsäteily riippuu asuinpaikasta. Itä-Uudellamaalla se voi olla kolminkertainen keskimääräiseen verrattuna. Normaali-tilanteessa tilanne on näin. Jos jotain onnettomuuksia tapahtuu, tilanne muuttuu. Matkapuhelien ja tukiasemien terveysvaikutus tulisi selvittää. Säteilyvaikutusten vähentämiseksi tehtävät rakennusten muutostyöt tulisi rinnastaa tuissa peruskorjauksiin.	2	Riippuu missä asuu. Alueellisesti radon vaihtelee. Yhteiskunnalliset riskit on ihan eri luokkaa säteilyssä kuin pienhiukkasissa.	0	
Yleiseen mielialpiteeseen vaikuttavat intressitahot	4	Paikkakuntakohtaisilla tiedoilla täydennettynä. Kyseessä on arvio, joka on johdettu hallinnollista päätöksentekoa tukevista mallista. Luku ei perustu kuolinsyytutkimuksista saatuihin näyttöihin. Lisäksi kysymyksestä puuttuu aikarajaus eli miten vaikutus muuttuu hoitotekniikoiden kehittyessä.	0		2	Lääketieteen käytön vaikutukset tulisi selvittää.
Yhteensä	33		2		2	

Kysymys:

Onko mielestäsi edellä tehty arvio taustasäteilyn kuolleisuusvaikutuksista perusteltu (n. 1,5% ja n. 800 henkilöä)?

Vastaajaryhmä	Samaa mieltä		Eri mieltä		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	4	Arviota voidaan perustella laskentamallilla. Epävarmuusrajat vaihtelevat hyvin pienestä vähän tätä arvoa ylemmäs. Suuruusluokalleen arvio on oikein ja riittävän kuvaava. Radon-säteilylle altistumista voidaan välttää. Luonnon taustasäteilyyn ei voida vaikuttaa.	2	Epidemiologinen näyttö puuttuu.	0	
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	5	Varovaisuusperiaatteen puolttaa. Muu terveyskehitys pidentää elinikää, joten syöpä ehditään saada suuremmalla todennäköisyydellä.	2	Kuolleisuusvaikutukset eivät yksiselitteisiä, koska syiden analysointi on vaikeaa ja monien tekijöiden sekoittamaa.	2	Säteilymäärät myös vaihtelevat eikä koko väestö ilmeisesti saa saman verran säteilyä.
Eduskunta	10	Tarkka todentaminen on mahdotonta. Näyttäisi pätevän pitkällä aikavälillä. Uraanin louhinta näyttää useissa vastauksissa olevan asia, joka aiheuttaa paljon säteilyä. Periaatteessa, kun eniten säteilevä uraani viedään joltakin alueelta pois, alueelle jää vähemmän säteilyä!	4	Riippuu paljon muista altistavista tekijöistä ja näin elämäntavoista.	2	
Yleiseen mielialaan vaikuttavat intressit	1		1		4	Kysymyksenasettelu on tavattoman rajoittunut koko säteilyosuudessa. Vaikutuksia on esimerkiksi energiaraaka-aineen louhinnasta käyttöön ja jälleenkäyttöön. Ongelmana on myös jätteen käsittely, käsittelemättömyys tai väärinkäyttö sotilaallisiin tarkoituksiin. Säteilyongelmakin on tavattoman monitahoinen ja vaikutukset ovat moninaiset.
Yhteensä	20		9		8	

3.3. Ydinvoimalaonnettomuudet

Ydinvoimalan toimintaan liittyy aina onnettomuuden riski.

Väite:

Ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset päästöt ovat ydinvoiman merkittävin terveysuhka.

Vastaajaryhmä	Samaa mieltä		Eri mieltä	On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	5	Merkittävin uhka, vaikka odotusarvoon laskettu haitta jääkin muita haittoja vähäisemmäksi (suuret vaikutukset, mutta pieni todennäköisyys). Riski on pieni verrattuna yksilöön kohdistuviin muihin riskeihin. Ydinvoiman normaalikäyttö ja polttoainekierto (ml. käytetyn polttoaineen loppusijoitus) ovat mitätön terveysuhka.	1 Suomi voi innostaa muitakin rakentamaan, jolloin onnettomuusriski lisääntyy. Onnettomuusriskiä lisää, että voimaloita tarvitaan atomiaseen ylläpitämiseen ja näissä valtioissa myös rakennetaan lisää. Arviossa tulisi ottaa huomioon erityisesti USA:ssa tehdyt turvallisuustutkimukset.	0	
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energia-käyttö	8	Itärajan takana ovat suurimmat uhkat. Onnettomuuksista luo suuren psykologisesti koetun uhkan se, että kaikkia onnettomuusmahdollisuuksia ja niiden mahdollisesti laajoja vaikutuksia ei tunnisteta. Normaalioloista on kokemusperäistä tietoa jo pitkältä ajalta siitä, että ydinvoimaloiden henkilökunta ja lähiympäristö voivat hyvin.	1 Tuotetun voiman käytössä kuolee ihmisiä kertalukua enemmän, esim. kotien sähkötapahumat	0	
Eduskunta	14	Uhka liittyy siihen, että asiat menevät todella pahasti pieleen. Riski onnettomuuksiin kasvaa koko ajan. Ihmisten välinpitämättömyys on lisääntymässä. Työssä väsyminen ja muut inhimilliset tekijät lisäävät riskiä sen ohella, että tekniset laitteetkin voivat pettää. Ydinvoimalaonnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset päästöt ovat ydinvoiman merkittävin terveysuhka. Mutta uhka on todella pieni. Suuri onnettomuus tapahtui Harrisburissa (sydän suli), muutta ulkopuoliset saivat säteilyä mitättömän vähän suojakuvun ansiosta.	2 Suomessa jäteongelma on pahempi. Normaalioloissa pahin riski liittyy elämäntapavaikutuksiin. Ydinvoima korreloi teho-, kiire- ja kulutusyhteiskunnan kanssa, joka johtaa vaikeisiin mielenterveysongelmiin ja tätä kautta kuolemiin.	0	Yksi merkittävimpiä, mutta elinkaarinäkökulma otettava huomioon. Esimerkiksi louhinasta tulevat terveysvaikutukset olisi otettava huomioon. Terveysnormit eivät ole ulkomailla välttämättä Suomen tasoa.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	3	Ydinvoimateollisuuden mielestä onnettomuusriskit ovat niin suuret, että se ei ole hyväksynyt riskejä kannettavakseen kuin tiettyyn rajaan asti, vaan ne on suurimmaksi osaksi säilytetty yhteiskunnalle. Jos Suomi rakentaa lisää ydinvoimaa, innostaa se todennäköisesti rakentamaan ydinvoimaa heikomman turvallisuuskulttuurin maissa (entisen Neuvostoliiton alue, kehitysmaat). Venäläisten reaktoreiden turvallisuuden kannalta huolestuttavaa on Atomienenergiaministeriön aikomus lakkauttaa kansallinen valvontaelin.	2 Uhkaa on merkittävästi vähennetty reaktoritekniiikan ja suojaustekniikan kehityksellä erityisesti vaarallisimpia tilanteita silmälläpitäen.	1	Ydinvoimaloiden vähäisyyden vuoksi niiden onnettomuustodennäköisyydestä tiedetään toistaiseksi aika vähän.
Yhteensä	30		6	1	

3.4. Tshernobylin onnettomuus

Vastaajan kommentteja Tshernobyl-tyyppisen onnettomuuden vaikutuksista Suomessa.

Vastaajaryhmä	Kommentti
Riippumattomat asiantuntijatahot	Säätilasta ja muista tekijöistä riippuen vaikutus voi olla suurikin. Laskeuma kohdistuu myös maaperään ja sitä kautta kasveihin ja eläimiin, joiden kautta vaikutus jatkuu kauan. Monista vaikuttavista tekijöistä johtuen ei voi esittää lukuarvioita. Psykkiset vaikutukset suuria.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	Ilmanvirtauksilla, sateilla suuri merkitys alueiden saamaan laskeumaan. Kansalaisten osaaminen laskeumalta suojautumiseen pitäisi kartoittaa. Onnettomuustapauksessa ravintoketjun hallinta on olennaista ja mahdollista nykyään tuonnin avulla. Kansantaloudelliset tappiot olisivat merkittäviä, maatalous ja metsäteollisuus kärsisivät vuosia.
Eduskunta	YK:n laajan selvityksen mukaan (elokuu 2000) 5,1 miljoonaa ihmistä saa voimakkaan laskeuman alueella keskimäärin 12 mSv säteilyannoksen. Aiemmin esitetyn laskukaavan mukaan se aiheuttaisi 50 vuoden aikana 3300 syöpäkuolemaa. Toisaalta ei voida olla varmoja Venäjältä välitettyjen säteilyarvojen luotettavuudesta. Esimerkiksi Kalugassa paikalliset säteilyarvot ovat olleet korkeita, ja ne on salattu paikalliselta väestöltä. Tshernobyliin tuotiin työntekijöitä muualta Neuvostoliitosta ja terveys vaikutukset näkyvät muutenkin kuin syöpinä. Mitään sellaista mitä Tshernobylin lapsille on tapahtunut, ei pitäisi tapahtua kenellekään tässä maailmassa. Vaikutusten arviointi on hyvin monien jossien takana. Tekniikkaa ei saada koskaan niin varmaksi, ettei riskejä olisi, vaikka Suomessa tekniikka on ilmeisen hyvää. Keskeistä on toimia niin, että onnettomuutta ei pääse tapahtumaan mm. kansainvälisesti valvoen Sosnovyi Boria. Sitä pitäisi tukea esimerkiksi ostamalla sähköä sieltä, tosin sähkön ostaminen voi myös painostaa pitämään sähkön tasaista tuotantoa yllä riskit salaten. Eduskunnan ympäristövaliokunnan vierailu Sosnovyi Borissa 1990-luvun alussa oli kuvaava. Laitoksen esittelijät vakuuttivat, että sen turvallisuudesta pidetään erityistä huolta. Kuitenkin valvomon kello seisoj ja poistuttaessa tehdyn säteilymittauksen arvo oli nolla myös niille valtuuskunnan jäsenille, jotka eivät todellisuudessa olleet mukana. Jossain vaiheessa Sosnovyi Bori tulisi voida ajaa alas. Tärkeimmät vaikutukset olisivat mielenterveydellisiä, ei pelkästään säteilyyn liittyviä. Onnettomuuden uhka aiheuttaa vakavia pelkotiloja, jotka on otettava tosissaan energiaratkaisuja pohdittaessa. Säteily ei aiheuta muita sairauksia kuin syöpää. Säteilyn pelko aiheuttaa kaikenlaisia sairauksia (mutta ei lisää kuolleisuutta YK:n uusimman Tshernobyl-raportin mukaan). On epäoikeutettua antaa ihmisten uskoa, että he ovat kuolemassa säteilyyn, jos säteilyannokset ovat pieniä luonnonsäteilyyn verrattuna.
Yleiseen mielenpääteeseen vaikuttavat intressitahot	Onnettomuuden vaikutukset riippuvat monesta asiasta: tuuli, sääolot, tiedotus onnettomuudesta, ym. Laskeuma kohdistuu myös maaperään, kasveihin ja eläimiin, joiden kautta vaikutus jatkuu kauan. Suomessa voidaan olettaa olevan Tšernobylin aluetta tehokkaammat suojatoimet ja pienempi altistus, ellei aiheeton paniikki iske.

3.5. Suomen ydinvoimalaitokset

Kysymys:

Liittyykö mielestänne Suomen ydinvoimalaitoksiin merkittäviä uhkia?

Vastaajaryhmä	Kyllä liittyy		Ei liity		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	2	Kaikkiin ydinvoimalaitoksiin liittyy uhkia mm. Yhdysvaltojen kongressille tehtyjen tutkimusten mukaan. Ydinvoimala on niin monimutkainen tekninen järjestelmä, että riskitekijöitä ei voi täydellisesti ennakoita.	3	Monikertaiset suojajärjestelmät pysäyttäisivät onnettomuuden etenemisen ja vaikutukset pysyvät suojarakennuksen sisällä.	1	Katastrofin mahdollisuutta ei kansallisella tasolla ole.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	3	Jokaiseen ydinvoimalaitokseen liittyy onnettomuusriskejä, mitkä ihmiset kokevat uhkina. Suomalaisten laitosten tekniikan ja käytön ottaminen huomioon merkitsevät kuitenkin niin pientä riskiä vakavalle onnettomuudelle, että riski on hyväksyttävissä. Uhka on sosiaalinen ja psykologinen, ei todellinen fysikaalinen terveysriski. Toinen vastaaja: Riski ei ole hyväksyttävissä.	5	Taloudellisia riskejä kyllä, sillä kuvattuja haaveita pienemmätkin voivat johtaa korvausvaateisiin ja maankäytön rajoituksiin. En tiedä, mihin saakka haaverirahasto riittää. Ennen sähkömarkkinoiden vapautumista Pohjoismaissa (Suomessa) ydinvoimaloiden käyttöaste oli maailman korkeimpia. Viimeisten vuosien aikana niissä on ollut jos jonkinlaista vikaa. Pahin uhka on ehkä verrattavissa 100 000 t öljytankkerin katkeamiseen Suomenlahdella. Suihkukoneen putoaminen Helsingin keskustaan on sekä tuhoisampi että kertaluokkaa todennäköisempi. Myös "ekoterrorismin" uhka huomioitava. Saksassa ydinjätteen kuljetuksiin liittyvät mielenosoitukset, joten pitäisi miettiä myös mahdollisuutta, että oikeutta aletaan ottaa omiin käsiin vrt. turkistarhaus ja kettutyöt.	1	
Eduskunta	5	Uhkia liittyy rakenteisiin ja tekniikkaan sekä ihmisten inhimilliseen tekijään. Sabotaasiuhka on olemassa. Kriisitilanteissa ydinvoimalat ovat riskialttiita paikkoja. Monta kertaa on ollut läheistä piti -tilanteita. Riskiä luo uraanin jatkojalostaminen sotateollisuuden tarpeisiin.	9	Suomessa ydinvoimaa tuotetaan teknisesti maailman turvallisimmalla tavalla ja työvoimalla, jonka ammattitaito ja ammattietiikka ovat korkeita. Suomalaiseen kansanluonteeseen kuuluu tehdä asiat perusteellisesti. Jopa putkien kannattimet uusitaan huoltojen yhteydessä. Korkea käyttöaste kertoo huolellisuudesta. Kriisitilanteessa maakaasuvarastot ja -putket sekä öljyvarastot ovat vaarallisin sabotaasiuhka.	2	Jos ydintekniikan kehitys ja tutkimus pysähtyvät, myös turvallisuusriskit kasvavat.
Yleiseen mieliteeseen vaikuttavat intressitahot	1		3	Varma tekniikka	2	Kysymys on mielestäni liian tulkinnanvarainen. Tiettyjä riskejä on (vrt. asiantuntijoiden kanta), mutta "merkittävä uhka" lienee lähinnä subjektiivinen tunne.
Yhteensä	11		20		6	

3.6 Ydinjäte

Väite:

Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu. ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen.

Vastaajaryhmä	Samaa mieltä		Eri mieltä		On varauksellinen tai ei ota kantaa.	
Riippumattomat asiantuntijatahot	0		5	Loppusijoituskysymykset ratkaistu samalle tai paremmalle tasolle kuin monella muulla toimialalla mm. monilla peräkkäisillä suoja-järjestelmillä. Silti kyseessä on tärkeä eettinen ongelma	1	Loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu, ratkaisujen yhteiskunnallinen hyväksyttävyys ei ole selvä
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	1	Tarvitaan kansainvälistä kehitystyötä.	6	Käytetyn polttoaineen varastointi on teknisesti ratkaistu jopa ylivarmalla tavalla	2	Riski liittyy suuriin päästöihin. Niitä aiheuttava luonnonmullistus vaikuttaisi väestöön monin muinkin tavoin.
Eduskunta	3	On turvallisempaa säilöä nyt pysyvästi kuin pitää avovarastoissa. Pysyvä säilöntä ei ole kuitenkaan lopullinen ratkaisu. Kuljetus Loviisasta Olkiluotoon on suuri uhka. Kallioperän muutokset, maanjäristykset, pohjaveden liikkeet, jääkausi, sekä ihmisen paha tahto tai tyhmyys uhkana. Kallioiden liikkeiden vuoksi ei voida olla varmoja siitä, etteivätkö jätteiden säilytysastiat hajoa. Koska luonnon säteilytasot ovat jo muutenkin korkeat Suomessa, sitä ei pitäisi lisätä jätettä sijoittamalla.	12	Verrattuna laitosten onnettomuusriskiin uhka on pienempi. Posivan kautta hoidettaessa ydinjätteissä ei ole Suomen tapauksessa ongelmia, mutta Sosnovyi Bori ja Venäjä ovat erittäin ongelmallisia. Säilötty säteilyannos on mitätön. Yhden jääkauden jälkeen (~110 000 vuotta) jätteiden säteily ei juuri eroa uraanimalmin säteilystä. Suomen maaperä ei aiheuta riskiä loppusijoitukselle. Myös pahimmassa tapauksessa, missä ydinjätteet pääsevät leviämään maaperään tai pohjaveteen riski ei ole kovin suuri verrattuna maasäteilyn jo aiheuttamaan riskiin. Pitkällä aikajaksolla voidaan jopa keksiä jätteille jotain hyötykäyttöä. Tuleville sukupolville siirrettävä taakka on suurempi fossiilisten poltto-aineiden käytössä kuin ydinjätteissä.	1	Loppusijoitukselle ei ole olemassa maailmanlaajuisia suunnitelmaa. Ydinjätteen väärinkäyttö rikollisessa toiminnassa on suuri uhka. Loppusijoituksen kaikkia ongelmia ei ole vielä ratkaistu, mutta voidaan olettaa, että ne kyetään ajan myötä ratkaisemaan. Peruseettinen ratkaisu on, että oma sukupolvemme ratkaisee ongelman, jonka on itse aiheuttanut eikä siirrä sitä tuleville sukupolville. Myös psykologinen koettu uhka tulee ottaa huomioon.
Yleiseen mielialateeseen vaikuttavat intressitahot	0		4	Ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset eivät liity käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen.	2	Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta ei ole vielä missään käytännön kokemuksia, joten asian käsittelyssä ollaan vasta alussa. Suomessa ollaan tehty jonkinlainen poliittinen päätös siitä, minne jätteet sijoitetaan. Nyt vasta aletaan perusteellisemmin tutkia, miten ne saataisiin mahdollisimman haitattomasti sijoitettua.
Yhteensä	4		27		6	

3.7 Kuolemantapaukset

Asiantuntijoilta kysyttiin arviota ydinvoiman käytön aiheuttamien kuolemantapausten määrästä seuraavien 30 vuoden aikana Suomessa. Asiantuntija-arvioiden pohjalta pyydettiin vastaajaa kommentoimaan kuolleisuuslukuja.

Vastaajaryhmä	Kommentti
Riippumattomat asiantuntijatahot	Kysymys on epäselvä, kun ei määritellä mistä tuotannosta ja kapasiteetista on kyse. Annokset työntekijöille ja ympäristölle ovat yli 20-vuotisen käyttöhistorian pohjalta tiedossa. Näistä lasketut kuolleisuusluvut ovat suuruusluokalleen oikein: Työntekijöillä muutama ja väestöllä alle 1.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	Vähäinen kuolleisuus on todennäköinen. Arvioita on helppo esittää, mutta tilastomenetelmillä ei niitä (onneksi) voida perustella. Tunnepitoisten kannanottojen sijasta kysymys on jätettävä asiantuntijoiden päätettäväksi.
Eduskunta	Vaikea, lähes mahdoton arvioida kuolemantapausten määrää. Riippuu siitä, otetaanko riskit jotka tunnetaan vai sellaiset riskit joita ei voi arvioida. Jos tulee enemmän ydinvoimaa, riskit kasvavat. Jotain pientä ydinvoimaloissa tapahtuu koko ajan ja inhimillinen riski on aina olemassa. Myös Suomessa. Onnettomuudet ja sairastumiset on erittäin epätodennäköisiä. Työmatkatapaturmat suurempi riski. Normaalipäästöjen osalta arvio 10:stä kuolemantapauksesta vaikuttaa uskottavalta. Eläkkeelle siirtyneillä työntekijöillä on todettu syöpiä Olkiluodossa. Lähes joka vuosi pieniä ongelmia ja säteilypäästöjä. Joillakin on taipumus syöpään, toisilla ei, joten yksilölliset erot vaikuttavat.
Yleiseen mielialateeseen vaikuttavat intressitahot	Venäjän mahdolliset onnettomuudet ratkaisevat. Myös kapasiteetin laajuus Suomessa vaikuttaa. Suomen ydinvoiman käytöstä ei nähtävissä merkittävää muutosta kuolemantapauksiin. Tulisi verrata siihen, mikä on työperäisten syöpien määrä suhteellisesti koko väestössä muiden voimantuotantomuotojen yhteydessä.

3.8 Tutkimus- ja kehitystoiminta

Joissakin Euroopan maissa on tehty päätöksiä luopua ydinvoiman käytöstä. Asiantuntijoilta tiedusteltiin, mitä vaikutuksia näillä päätöksillä voi olla Suomen kannalta, kun esim. ydinvoimaan liittyvä tutkimustoiminta vähenee.

Asiantuntija-arvioiden pohjalta pyydettiin vastaajan kommentteja asiasta.

Vastaajaryhmä	Kommentti
Riippumattomat asiantuntijatahot	Ydinvoiman vähentäminen Euroopassa lisää paineita käyttää haitallisempia energialähteitä. Riippumatta lisäydinvoiman rakentamisesta asiantuntijoita tarvitaan nyt ja tulevaisuudessa. Tulisi panostaa oikean asiatiedon jakamiseen oikealla tavalla. Suomen tarvitsemalle ydintutkimustoiminnalle ei luopumisesta ole haittaa, sillä ydinasevaltiot huolehtivat kyllä siitä kuten ennenkin.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö	Poliittiset päätöksen muualla ydinvoimasta luopumisesta vaikuttavat merkittävästi kansalaisten tunnepitoisiin mielipiteisiin. Vastapainona tälle on tuotava jatkuvasti esille muita vielä huonompia vaihtoehtoja sekä energiantuotannossa että ilmastonmuutoksessa. Koko energia-alan tutkimus EU:ssa on vähentynyt monopolien purkautumisen myötä. Olemme ylimenovaiheessa, jatkossa tutkimus näyttää jälleen voimistuvan. Koska ydinvoimasta ei tulla kokonaan luopuman pikaisesti, on tutkimusta ja kehitystyötä ylläpidettävä sekä nykyisen kapasiteetin laadukkaan toiminnan varmistamiseksi että siksi että ydinvoima todennäköisesti palaa suosioon. On tärkeää myös panostaa EU:n fuusio-ohjelmaan, jossa ruotsalaisten rooli on ollut toistaiseksi pienehkö.
Eduskunta	Ydinvoima on vanhaa ja epäeettiseksi koettua tekniikkaa ja ydintutkimus on taantuva ala. Ydinvoimaan panostaminen vie voimavaroja pois muista energialähteistä ja niiden tutkimuksesta. Pitäisi panostaa erityisesti uusiutuvien energialähteiden tutkimukseen. Nykymuotoinen ydinvoima on välivaiheen energiamuoto. Panostus ydinvoimatutkimukseen edistää sitä, että voidaan kehittää uusia ja turvallisempia tapoja käyttää ydinvoimaa. Erityisesti käytetyn polttoaineen hyödyntämistä ja jälleenkäsittelyä olisi tutkittava. Ydinvoiman vähentäminen Saksassa ja Ruotsissa lisää merkittävästi pienhiukkaspitoisuutta ja siten sairauksia ja kuolemia, koska ydinvoima joudutaan korvaamaan polttoenergialla (maakaasu, biomassa) Tutkimustoiminta tuskin vähenee. Ruotsi ja Saksa joutuvat perumaan päätöksensä. Suomessa asuminen vaatii ydinvoiman käyttöä pohjoisen sijainnin vuoksi. Jos on runsaasti ydinvoimaa, tarvitaan myös runsaasti tutkimusta.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	Tutkimusta tulisi jatkaa. Päätökset opastavat Suomen eduskuntaa oikeaan suuntaan energiapolitiikassa eli ei lisää ydinvoimaa.

1. Maakaasu-skenaario

Vastaajaryhmä	Samaistun täysin		Samaistun jonkin verran		En samaistu lainkaan	
Riippumattomat asiantuntijat	1	Ei ole ydinvoiman kaltainen keskitetty energiajärjestelmä	3	Lisää nopeasti pitkällä tähtäimellä tärkeää tuntumaa hajautettuun sähköntuotantoon mikro- ja mini CHP-laitosten kautta.	1	Kaasulla eivät Kioton velvoitteet toteudu. Kaasu ja kaasusähkö on kallista ja hinta edelleen nousee. Maakaasu on kallis ja päästöjen suhteen riittämätön tilapäis- ja näennäisratkaisu.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energia-käyttö	0	Kaasu voi olla lyhyen ylimenokauden (5-20v.) osaratkaisu.	6	Maakaasu on välivaiheen ratkaisu, joka on pienempi paha kuin kivihiihi. Se tarjoaa siirtymäajan kestäviin energiamuotoihin. Maakaasu kilpailukykyinen vaihtoehto erityisesti CHP-laitoksissa. Kaasutekniikka voi olla olennaista tulevan biomateriaalin kaasutuksen kannalta. On kuitenkin otettava huomioon kaasun tuotannon ja siirron globaalit vaikutukset. Kaasun käyttöä rajoittaa tietty omavaraisuusaste, jota ei saa alittaa (poliittinen päätös?). Kaasu sitoo kivihiihtä harvempiin toimittajavaihtoehtoihin. Neuvotteluasemat toimittajien kanssa eivät ole hyvät, jos kaasu nimetään päävaihtoehtoksi. Maakaasuskenaario vaikuttaa "hintapommin" kautta siihen, että energian hinta nousee tasolle, joka hinnan kautta ohjaa voimakkaaseen säästöön energian käytössä. Kaasu on kemiallisen teollisuuden puhtain raaka-aine. Sen käyttöä tulisi ajatella 100-200 v. Aikajänteellä. Venäjä on selvä riski, Gasprom on mafian ja GPO:n bastardi.	2	Maakaasu on niin erinomainen mm kemianteollisuuden raaka- ja polttoaine, että sitä pitäisi käyttää hyvin harkiten energiantuotantoon kivihiihen asemesta. Se on liian arvokas aine sähkön tuotantoon. Sen riittävyttä pitää tukea harkitulla politiikalla ja käyttää siirtymävaiheen muita ratkaisuja, esimerkiksi ydinvoimaa. Maakaasun tulisi loppua vasta siinä vaiheessa, kun vetyä tai vastaavaa polttoainetta on käytettävissä riittävän alhaisin kustannuksin.
Eduskunta	0	Mieluummin maakaasu kuin kivihiihi tai ydinvoima. Maakaasun osuus Suomen sähköntuotannossa voisi kasvaa 10%:sta 17%:iin, jos Turkuun rakennetaan maakaasuputki.	9	Sopivilla toimitusehdoilla maakaasu voisi korvata hiililauhdevoiman. Se tarjoaisi siirtymäajan kestäviin energiamuotoihin. Toisaalta maakaasukin on energialähde, joka tuottaa hiukkaspäästöjä. Sitoutuminen Venäjään ainoana toimittajana on kestäväntöntä. Energiantuotannon perusrakennetta tai merkittävää osaa siitä ei voida rakentaa poliittisesti epävarman maan varaan. Poliittisten riskien ohella yhden toimittajan järjestelmässä toimittaja voi sanella hinnan. Käyttöä voidaan lisätä, jos toimittajariskiä voidaan vähentää. Pohjoismaista yhteistyötä kehitettävä Pohjanmeren esiintymien hyödyntämiseksi. On todennäköinen vaihtoehto nyt, kun on sopimus Venäjän suuntaan maakaasuputken vetämisestä Itämeren halki Keski-Eurooppaan.	3	Niin kauan kuin on yksi toimittaja, ja sekin on idässä, kaasu ei ole merkittävä vaihtoehto. Venäjän tuonnin varassa olisi 40% sähköstä. Energiantuotannossa on oltava tietty omavaraisuus. Maakaasua ei voi varastoida, joten se ei sovellu kriisitilanteiden polttoaineeksi. Poliittisten näkökohtien ohella on hintakysymys: venäläiset ovat sitoneet maakaasun hinnan öljyn hintaan. Energiaveroja olisi nostettava paljon, jotta maakaasu korvaisi hiilen. Maakaasu ei kuitenkaan olisi pitkäaikainen ratkaisu, sillä Kioto-sopimus on vain alku. Sen jälkeen on päästöjä vähennettävä muutamassa vuosikymmenessä nykyisestä 50-70%. Maakaasuun turvautuminen on todella keskitettyä, kun kaasu tulee yhtä putkea pitkin. Maakaasua ei voi varastoida, joten riski sähkön ja lämmönsaantiin häiriötilanteissa on aivan liian suuri.
Yleiseen mielenpisteeseen vaikuttavat intressit	0		4	Ei tukisi ydinvoiman kaltaista keskitettyä järjestelmää. Lisäkustannukset olisivat kuitenkin merkittävät ja riippuvuus yhdestä toimittajasta olisi ongelma. Putkiyhteys eurooppalaiseen verkkoon on epävarma, kallis ja muiden päätöksistä riippuva. Kasvihuoneilmion kannalta investointi maakaasuun on kysymysmerkki. Maakaasu lisää GHG-päästöjä, vähentää ainoastaan mikäli se korvaa kivihiihtä. Mikäli lainsäädännön keinoin ohjataan kehitystä hiilestä kaasuun, luovutaan energiamarkkinoiden avaamisesta ja kilpailusta, kivihiihtä tarvitaan polttoaineiden kilpailun kannalta.	0	
Yhteensä	1		22		5	

2. Ydinvoima- skenaario

Vastaaja-ryhmä	Samaistun täysin		Samaistun jonkin verran		En samaistu laisinkaan	
Riippu-mattomat asiantun-tijatahot	1	Ydinjätteisiin liittyvä eettinen ongelma on pieni verrattuna hiili- ja kaasusähkön todellisiin ongelmiin (päästöt). Onnettomuusriski on ainoa asia, josta ymmärrettävästi mielipiteet eroavat. Onnettomuusriski (todennäköisyys ja vaikutukset) on hyväksyttävissä muuhun yhteiskunnan riskitasoon verrattuna. Rahoitus ei ole ongelma, koska ydinvoima on halvin perusvoimavaihtoehto (sähkön tuotantokustannus halvin). Samalla se vähentää merkittävästi hiilidioksidipäästöjä. Tehokas sähköntuotanto perustuu aina keskitettyyn järjestelmään.	2	Olisi tärkeää, että ydinvoimaa voidaan jatkossa rakentaa muuallakin kuin Suomessa.	2	Ydinvoima sulkee säästön pois. Ylikapasiteetti markkinoilla pudottaa muut vaihtoehdot pois.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energia-käyttö	1	Globaalistikin joudutaan ydinvoimaan suhtautumista miettimään uudessa valossa, jos ilmastokysymys halutaan saattaa järjestykseen. Ydinvoiman rahoitus on kunnossa. Jos kysynnän myötä syntyy länsimaisia standardiyksiköitä, niin rakennusaika lyhenee nykyisestä noin kuudesta vuodesta. Ydinvoiman käyttö ei enää perustu keskitettyyn energiajärjestelmään. Suomi hyvine käyttökokemuksineen voisi ottaa tiennäyttäjän roolin. Ydinvoima voi olla pitemmän ylimenokauden (10-100 v) ratkaisu.	6	Ydinvoima on ainoa tuotantomuoto, jossa päästöt on ratkaistu (vrt. fossiiliset polttoaineet) Hiilidioksid- ja hiukkaspäästöjen ohella puolalainen kivihiili sisältää merkittäviä määriä elohopeaa. Ongelma on, että käytetyn ydinpolttoaineen sijoitus on lopullisesti päättämättä. Ydinvoima ei ole ongelmaton vaihtoehto seuraavista taloudellisista tai poliittisista syistä: poliittiset päätökset ydinenergiasta luopumisesta Ruotsissa ja Saksassa, sähkön saatavuus edulliseen hintaan näyttää nyt olevan rajaton mahdollisuus (Norjan vesisähkö), kaukolämpöä ei voi "tuoda" eikä tehdä ydinvoimalla, erilaiset boikotit joko uusien ydinvoimaloiden käyttöä tai yleensä ydinsähköä käyttävää teollisuutta kohtaan. Kaukolämmön teko ydinvoimalla voidaan ratkaista, kyse on siitä että kunnat eivät tätä juuri halua, koska veroriisto tulisi läpinäkymättömäksi.	1	Ihan hyvä visio CO2-kannalta, mutta eettisesti kestämaton; lisää, lisää...

Vastaaja-ryhmä		Samaistun täysin		Samaistun jonkin verran		En samaistu laisinkaan
Eduskunta	4	Skenaarion toteuttaminen on tarpeen, jotta Kioton sopimus ja sen jatkosopimukset voitaisiin toteuttaa. Ydinvoima on hyvä perusvoiman lähde, vaikka aina on riski erittäin pahoihin onnettomuuksiin. Se lisää energia-omavaraisuutta. Ydinvoima ei mitenkään sulje säästöä pois. Ehkä se sulkee pois pakkosäästämisen (sähkön säännöstelyn), mutta pakkosäästäminen sotkisi pahasti yhteiskunnan toiminnot. Jos pienhiukkasten aiheuttamat todelliset sairastumiset ja kuolemat otettaisiin huomioon polttovoimaloiden energian hinnassa, hinta olisi toista suuruusluokkaa kuin nyt. On oltava realisteja siinä, kuinka paljon ihmiset ovat valmiit säästämään energiaa esimerkiksi huoneilämpötilaa alentamalla. Asumiskustannuksia ei voi suuresti korottaa energiaveroin. Kotitalouksien sähkönkulutus kasvaa asuinpinta-alan kasvun ja sähkölaitteiden lisääntymisen vuoksi. Suomi on myös kylmä maa, jossa energiaa tarvitaan lämmittämiseen. Sähkön osuutta energiankäytössä on lisättävä sekä lämmityksessä että kuljettamisessa. Yhteiskuntapoliittisesta näkökulmasta esim. lämmittämisen on oltava helppoa yksityiselle ihmiselle, mm. vanhuksille haja-asutusalueella. Kauppaläpölyttisesti edullisen energian takaaminen mm. metsäteollisuudelle on tärkeää.	4	Ydinvoima tulisi pitää mahdollisuutena mukana, vaikka pitkällä aikavälillä se on väliaikainen energiamuoto. Hyvinvointiyhteiskunta maksaa eikä sitä voida ylläpitää linkolalaisella mallilla. Ydinvoiman riskit: - Ydinvoimalaitoksiin liittyvien onnettomuuksien uhka ja onnettomuuksien vaikutukset kansantalouteen. - Ydinpolttoaineen siirto ja loppusijoitus (ei kovin suuri ongelma) - Ydinvoimalan käyttöikä rajoitettu – painotettu liian vähän keskustelussa. Ydinvoiman edut: - Ilmastollinen edullisuus - Edullinen hinta, jos kaikki vaikutukset on todella otettu tehdyissä laskelmissa huomioon. - Korkea käyttöaste suomalaisissa laitoksissa - Käyttämällä ulkomaista ydinvoimaa, voidaan vaikuttaa sen tuottamisen turvallisuuteen. Ydinvoiman rakentamisesta olisi pidättäydyttävä, jos vain löytyy vaihtoehtoja. Tulisi tutkia ja pyrkiä hyödyntämään muita Kiotosopimuksen kannalta hyviä vaihtoehtoja, kuten tuulivoimaa, mahdollisimman paljon. Tulisi kehittää kokonaisuus, missä uusiutuville energialähteille luotaisiin aito lisääntyvän käytön mahdollisuus kehittyvää teknologiaa hyödyntäen.	4	Onnettomuustapauksissa ja jätteiden osalta riskit on ulkoistettu. Jos riskit olisivat ydinvoimaa rakentavilla yhtiöillä eikä valtiolla, ydinvoimaa ei rakennettaisi. Kriisitilanteissa isot voimalat ovat uhhia ja helppoja maalitauluja. Ydinvoima ei ole halpaa, kun otetaan huomioon turvaverkon ylläpitokustannukset, ei vain tuotantokustannukset. Jätteiden loppusijoituksiinkin liittyy tietty epävarmuus. Syvyys oltava vähintään 700 m ja suolaisen pohjaveden vaikutuksia kapseleihin ei ole tutkittu. Ydinvoimavaihtoehto sopii sellaisille ihmisille jotka haluavat ajatella tässä ja nyt, ei niille, jotka ajattelevat kestävästi. Ydinvoima vähentää panostuksia uusiutuvien energialähteiden tutkimukseen. Jos isoja keskitettyjä ratkaisuja tehdään, saattavat resurssit muuhun jäädä riittämättömiksi. Vaikutuksia on myös energiansäästöön, sillä jos mennään ydinvoimalalinjalle, saattavat todelliset säästöt jäädä pieniksi. Ydinvoima on imagokysymys, joka ei ole hyväksi teollisuudellekaan. Venäjällä uskotaan vielä ydinvoimaan, joten Suomeenkin tulee itäeurooppalaisleima. On myös mahdollista, että hakemus on vain silmälumetta maakaasun hinnan alentamiseksi. Valinta maksaa, mutta ero on pieni. Nykyinen jäte on huollettava, mutta uusia voimaloita ja uusia jätteitä varten ei tule rakentaa lisäsäiliöitä. Lisäsäiliöt voivat johtaa siihen, että ydinjätteitä tuodaan ulkomailta, jos ei kotimaassa rakennetakaan lisää ydinvoimaa. Säiliöt on voitava aikaista, jos keksitään tulevaisuudessa jotain hyötykäyttöä. Jätettä ei saa jättää tuleville sukupolville.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressit-hot	3	TVO:n periaatepäätöshakemus osoittaa, että halukas rakentaja on olemassa ja laitos voisi olla nopeimmillaan valmis 2008.	1	Monipuolisuus edellyttää kaikkia vaihtoehtoja, myös ydinvoimaa. Kustannusrakenne on ydinvoiman etu. Se sopii pohjoismaisille sähkömarkkinoille, koska on riippumaton polttoainemarkkinoiden heilahtelusta. Ydinvoiman avulla on saavutettavissa suhteellista kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla.	1	Hylättävä vaihtoehto
Yhteensä	9		13		8	

3. Uusiutuvat ja säästö -skenaario

Vastaaja-ryhmä	Samaistun täysin		Samaistun jonkin verran		En samaistu laisinkaan	
Riippumattomat asiantuntijatahot	1		3	Tässä on ongelmallinen skenaario, koska - päättäjiä on hyvin monia ja ohjaaminen on vaikeaa - ratkaisujen taloudellinen kilpailukyky on useimmiten huono (vaikka kannattaviakin aina joukossa) - esimerkiksi biopolttoaineen käytön haittoja ei ole yleisesti vielä ymmärretty, mutta tullaan kohtaamaan, jos käyttö lisääntyy voimakkaasti Hajautetut mikro/mini CHP-laitokset voidaan rakentaa ympäristöstävällisiksi ja biomassapohjaisiksi (esim. etanoli/polttokeuhot)	1	Energian säästöstä (ominaiskulutuksen pieneminen) huolimatta energiankulutus on kasvanut. Uusiutuvat ovat hyviä vaihtoehtoja, mutta niiden määrä ja kustannukset pitää myös ymmärtää. Puuenergialla on suurin mahdollisuus pienentää CO₂-päästöjä, mutta "säästöillä ja uusiutuvilla" ei pystytä vähentämään 8 MtCO₂ 2010 mennessä.
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiankäyttö	2	Säästöä ja uusiutuvia tarvitaan riippumatta muista energiaratkaisuista. Paras skenaario, mutta vaikeimmin toteutettavissa. Säästötoimenpiteitä ei olla valmiita tekemään eikä niihin sitoutumaan ja hinnankorotuksia vastustetaan. Turvekin on Suomessa uusiutuva energialähde, tuo työtä ja toimeentuloa Suomeen.	4	Energian säästöön panostaminen on samalla omien kustannusten pienentämistä ja siten välittömästi palkitsevaa. Teollisuudessa on energiasäästöinvestointeja, jotka välittömästi toteutettuna aiheuttavat liian pitkiä takaisinmaksuaikoja, mutta pitkällä aikajänteellä ovat mahdollisia mm. prosessimuutosten tai pakollisten korvausinvestointien yhteydessä. Tämä edellyttää, että tavoitteet ja mahdollisuudet tunnistetaan hyvin ja riittävän ajoissa. Kansantaloudellinen hyöty tästä olisi luultavasti suuri sekä omien tuotantoketjujen että tekniikan kehityksen mutta myös energiatekniikan osaamisen viennin takia.	2	Panoksia uusiutuviin energialähteisiin ei tule yliarvioitaa, sillä uusiutuvat tulevat pitkään olemaan marginaalisia. Tuulivoimaan investointi on kallista. Uusiutuvia energialähteitä voimakkaasti suosivissa olosuhteissa teollisuus suuntaa kasvunsa ulkomaille ja kuluttaja kärsii korkeina energian hintoina. Teknologian kehitys on nopeinta hallitun kasvun ei tällaisen kuitumisen ilmapiirissä. Turpeen rooli olisi saatava selväksi suuntaan tai toiseen.

Vastaaja-ryhmä	Samaistun täysin		Samaistun jonkin verran		En samaistu laisinkaan	
Eduskunta	5	Yhteenlaskettuna uusiutuvat eivät ole enää pientä. Niiden etuna on kotimaisuus, huoltovarmuus, hajautettu tuotanto ja työvoimavaltaisuus. Hajautettu sähköntuotanto on myös hyvää aluepolitiikkaa. Energiaa säästävää tekniikkaa on kehitettävä sekä kotitalouskäyttöön että teollisuuteen. Sähkön verotuksella voidaan merkittävästi säästää sen kulutuksessa. Säästämiseen kiinnitettävä enemmän huomiota, esim. rakentamisessa. Tulisi antaa bonuksena veronalennusta, jos lähtötilanne huomioon ottaen saavutetaan merkittäviä säästöjä. Tuulivoiman teknisten laitteiden valmistuksessa Suomi on kärkimaa. ABB:n 1 miljardin markan liikevaihto generaattoreissa saattaa nousta jopa 10 miljardiin markkaan. Siihen on panostettava tuotannon ulkomaille siirtymisen ehkäisemiseksi kuten myös puuenergiaan. Polttotekniikoita edelleen kehittämällä voidaan välttää hiukkaspäästöjä. Uusiutuviin energiamuotoihin siirtyminen on imago kysymys.	5	Tämä skenaario on toteutettava kaikesta huolimatta eli tulee ydinvoimaa tai ei. Uusiutuvia energialähteitä on tutkittava, mutta toistaiseksi niistä ei ole perusvoimaksi. Uusiutuvia lähteitä voidaan subventoida alussa mutta ei pysyvästi. Tuulivoimasta tulee kehittää todellinen vaihtoehto ydinvoimalle, hyväksyen myös sen korkeampi hinta. Hintaeroa voidaan supistaa ja säästöä edistää energiaverotuksella. Verot voivat ohjata kulutusta siellä missä ne eivät vaaranna kilpailukykyä. Energiaa tulisi säästää ja tuottaa pienin innovatiivisin ja räätälöidyin ratkaisuin kuten kaasuttamalla jätteitä ja maalämmöllä. Puun käyttöä edistettävä eri muodoissa (hakkuutähde, pelletit) myös alue- ja työllisyyspoliittiset näkökohdat huomioon ottaen. Selvitettävä hakkuutähteen keruun vaikutus luonnon kiertoon hivenaineiden ja ravinteiden osalta ja selvittää, onko palautus ehkä mahdollinen tuhkan muodossa. Ravinne kysymys on hyvin vakava, sillä luonto on hyvin herkkä pientenkin aineiden muutoksille.	1	Ydinvoiman lisärakentamisen lisäksi tarvitaan säästöä ja uusiutuvia energialähteitä eli toinen skenaario yhtyy kolmanteen. Puuvoimala ei edistä hajautettua energiajärjestelmää, koska vähäpäästöisen voimalan on oltava suhteellisen suuri. Hajautettu puunpoltto aiheuttaa taajamissa vaarallisen pienhiukkaspitoisuuden. Tuulivoimalat tulee rakentaa tulevaisuudessa matalalle rannalle, koska silloin niiden keskiteho nousee kolmasosaan huipputehosta. Suomessa ahtojaat nostavat merelle rakennettavien tuulivoimaloiden perustamiskustannukset toivottoman suuriksi. Uusiutuva energia voi nousta muutamaan prosenttiin koko maapallon energiasta vasta kymmenien vuosien kuluttua, jos silloinkaan. Tuulisähköä voi olla vain kymmenkunta prosenttia sähköstä, jos on riittävästi vesivoimaa säätövoimaksi. Yli 10% huonontaa liikaa sähkön laatua. Bioenergia tuottaa pienhiukkasia.
Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot	0	Paikallista innovatiivisuutta tulee arvostaa samalla kun lisätään energiaratkaisujen varmuutta ja turvallisuutta. Pienimuotoisuuden korostumisessa on kyseessä on samankaltainen kehityskulku, joka on jo nähty informaatiotekniikassa (mikrotietokoneet, monet innovaatiot Internetin hyödyntämisessä, Linux-kehittely, open source software yleensäkin). Energian jakeluverkostot tulevat olemaan mittavia, mutta perusvoima tuotetaan pienissä yksiköissä, joista osassa hyödynnetään myös vetyteknologiaa (kannanotto oman samansuuntaisen skenaarion esittäjältä).	3	Ehdotus on oikeasuuntainen, mutta menee liian pitkälle siten, että kustannukset saattavat nousta hyvin suuriksi. Hitaampi uusiutuvien kehittäminen ja niihin siirtyminen mukaan lukien todella uudet teknologiat, on kannatettavaa. Uusiutuvien T&K-panostus on tärkeä, mutta viennin ym. tulee perustua asianomaisen valmistavan teollisuuden kilpailukykyyn. Voimakas energiansäästöohjelma-vaihtoehto ei ole realistinen, eikä energiansäästö voi olla itsetarkoitus. Suomessa säästö on perinteisesti arvostettu korkealle, joten käyttämättömiä mahdollisuuksia ei tule yliarvioida. Puulla rajat tulevat vastaan raaka-aineen saatavuudessa.	1	
Yhteensä	8		15		5	

4. Panelistin oma skenaario

Koska panelisti sai itse hahmotella tämän skenaarion, ei samaistumisessa tullut yhtään tapausta, joka olisi ollut tätä skenaariota vastaan. Yleisimmillään panelistin oma skenaario on yhdistelmä edellä mainituista, eli se sisältää osia joko kaikista tai vain joistakin perusskenaarioista. Monissa tapauksissa panelisti on ehdottanut myös toimenpiteitä, kuinka hänen skenaarionsa olisi mahdollista toteuttaa, sekä esittänyt seikkoja, jotka skenaariossa tulisi täyttää (esim. huoltovarmuus, luotettavuus, kohtuullinen ja vakaa hinta, turvallisuus, saasteettomuus, alhaiset CO₂-päästöt...)

Vastaajaryhmä	Samaistun täysin	Samaistun jonkin verran
Riippumattomat asiantuntijat	4 - Suuntaus yhteiskunnassa on nyt ja lähivuosina kilpailun lisäämiseen, johon voidaan yhdistää taloudellisia ohjauskeinoja. Näiden avulla voidaan saavuttaa tehokkaimmat ratkaisut, jotka sisältävät piirteitä kaikista edellä luetelluista. Toisaalta elää Euroopassa ja EU:ssa edelleen voimakkaana halu vaikuttaa asioihin suoraan säätelyn ja edunvalvonnan keinoin. Tämä uhkaa tehokkaan taloudellisen ohjauksen käyttöä. Ongelmana on myös maailmanlaajuinen kilpailu, johon taloudellista ohjausta on hyvin vaikea liittää riittävän tehokkaana. Tavoitteena pitäisi kuitenkin olla tasapainoinen kehitys ilman ylilyöntejä. Esim. kausi 2008-12 ei saa olla tavoite vaan tarkastelupiste pitkässä kehityksessä. - Kioton sopimus vaatii ydinvoiman lisärakentamista. Ilman lisäydinvoimaa KHK-päästöjä ei saada v. 2010 1990 tasolle. Oma skenaario: 5. Ja 6. Ydinvoimala, kuten skenaariossa 2. Puuenergiaa edistetään/tuetaan, koska kannattavia ja lähes kannattavia käyttökohteita löytyy paljonkin. Maakaasun käyttöä lisätään siellä, missä se on kannattavaa. Energiänsäästöä tuetaan. Tuulisähköä voidaan rakentaa lisää edelleenkin, mutta sillä ei ole suurta merkitystä KHK-kaasujen vähentämiseen. Lisäksi tuulisähkö on kansantaloudellisesti kallis vaihtoehto. Valtion 30%:n investointituki ja sähköveron palautus tulee valtiolle kalliiksi jos tuulivoimaa rakennetaan merkittävässä määrin. Tuulisähkö on lähinnä energiapolitiikkaa, johon osallistumisen merkityksen kaikki osapuolet ymmärtävät. Lisätään sähkön ja lämmön yhteistuotantoa. - 3. Skenaario + taloudellisten ohjauskeinojen suunnitelmallinen ja ennakoitava käyttöönotto - energiaverojen tuoton käyttö työvoiman verotuksen alentamiseen ja tutkimuksen tukemiseen. - Lähtökohdaksi kestävä kehityksen mukainen talouskasvu. Siitä seuraa myös tuotannon ja kulutuksen siirtäminen palveluihin.	1 - Tarvitaan laajaa keinovalikoimaa maakaasua, puuta ja muita uusiutuvia energialähteitä. Ydinvoiman käyttö ja sähkön tuonti sekä ns. Kioton joustomekanismit auttavat päästötavoitteen saavuttamisessa. Energian säästö on myös tärkeä osa pakettia. Pitkällä aikavälillä myös kulutusrakenne ja kulutuksen määrä ovat tärkeitä. Energian huoltovarmuus on myös tärkeää, muuten kv. energiakriisit voivat aiheuttaa haittaa taloudelle ja jopa ihmisten hyvinvoinnille ja terveydelle. - On mahdollista, että elämänlaatuksymykset johtavat yhteiskuntamuutoksiin (kulutus, asuminen), joista seuraa mahdollisuuksia myös vähäpäästöisemmän energiatuotannon kehittämiseksi (uuteen tekniikkaan perustu- en)
Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energia- käyttö	5 * Ydinvoimala, kivihiilen korvaaminen maakaasulla (rannikko), metsien bioenergian taloudellinen hyödyntäminen & energiatehokkuuden taloudellinen kasvattaminen. * Rakennetaan kaksi uutta ydinvoimalaitosta, mutta julistetaan samalla, että ne ovat todennäköisesti viimeiset, joiden rakentaminen on tarpeen. Uskotaan, että noin 50 vuoden tähtäimellä on kehitetty sellaisia energiaratkaisuja, jotka täyttävät tarpeelliset sähkön tuotannon edellytykset kuten luotettavuus, kohtuullinen ja vakaa hinta, turvallisuus ja saasteettomuus CO₂ mukaan lukien. Samanaikaisesti panostetaan riittävästi uusiutuvien kehittämiseen sekä energian säästöön kaikilla yhteiskunnan alueilla. Biopolttoaineiden käytön lisäämistä kehitetään pit- täen saatavuuden rajat realistisesti mielessä. Painopisteen tulee olla pikemminkin muussa kuin tuulivoiman tukemisessa. Maakaasun käyttöä edistetään mm. toisella putkiyhteydellä, mutta ei kuitenkaan rakenneta energiantuotantoa pääasiassa maakaasun varaan. Energia- ja ilmas- topoliittikka pidetään tiiviisti yhdessä ja ohjauksessa huomioidaan Suomen kokonaisu- tu ja laajasti hyväksyttävät periaatteet. * Väestön kasvu (siirtolaisuus) + 1 milj./20v. - väestön tulot + 3%/v/20v - väestön sähkönkulutus +3%/v/20v - teollisuuden energiankäyttö + 2%/v/20v - kasvihuonekaasujen rajoitus -10% v.1990/20v - liikenteen kasvu +4% v/20v - Paikallisia combiteknii- kan biovoimaloita n. 1000 MW/20v. Ydinenergi- alaisuus n 3000 MW/20v. Turpeenpolton alasajo. Sellunvalmistuksen uu- distus n 500 MW/20v. Kiskokuljetuksen vahvistaminen. Asumismuodon säilyminen nykyisenä. Kaukokylmän palveluiden tulo ruuhka-alueille.	1 • Ydinvoima tulee takaisin globaaliksi ener- giamuodoksi, kun poliittinen hyväksyttävyy- s palaa muiden vaihtoehtojen rajallisuuk- sien ja hitauden takia. Öljyä ja maakaasua käy- tetään, mutta myös kivihiiltä. Jos ydinvoi- maa ei hyväksytä, joudutaan investoimaan hiilidioksidin sitomiseen jonnekin, mikäli ke- hittyvien maiden energiankäyttöä ei rajoiteta huomattavasti. • BAU-skenaario siten, että turvekin luokitel- laan Suomen oloissa uusiutuvaksi vuotuisen kasvunsa rajoissa. • Kaikki järkevät optiot

Vastaajaryh-mä	Samaistun täysin		Samaistun jonkin verran	
Eduskunta	1	* Vuoteen 2010 mennessä: Viides ydinvoimala CO2-alennus 8 Mtonnia Puun lisäkäyttö + säästöt 3 Mtonnia Maakaasu hiilen sijaan kaukolämmössä 3 Mtonnia Yht. 14 Mt, joka riittää Kioton sopimuksen toteuttamiseen Vaikutuksia: Pienhiukkaspäästöt vähenevät, sähkön hinta vakiintuu ja pysyy kohtuullisena. Maakaasun toimitusvaikeudet eivät johda koh-tuuttomiin vaikutuksiin. Ongelmia ja reunaehtoja: Ydinvoiman vastustus, koska tosiasioita ei tunneta. * Uusiutuvat energialähteet, voimakas säästö, maakaasu korvaa kivihiiltä ja ehkä myös uusia maakaasulaitoksia. Ei ydinvoimaa. Avoimet sähkömarkkinat, jolloin Ruotsin ja Norjan vesivoimaa myös käytössä, vaikkakin epävarmaa pitkällä tähtäimellä. Lisäksi maalämpö, biokaasu, maatalous (POR korvattava kasvihuoneissa). Sähkön hinta teollisuudelle nykyisin edullinen. Kansainvälinen yhteistyö. * Kaikkeen on suhtauduttava ennakkoluulottomasti. Turve: jos kaikki Suomen turvesuot ovat käytössä, saattaa tulla merkittäviä ongelmia. Turpeella on myös muuta käyttöä kuin polttaminen. Yleensä kaikilla energialähteillä on hyvät ja huonot puolensa. Oma skenaario: Lyhyellä aikavälillä tehtävä myönteinen päätös ydinvoimasta. Joissain myös vesivoima pienimuotoisesti. Maakaasu myös vaihtoehto, jos se ei ole yh-den toimittajan varassa. Myös puu ja muut uusiutuvat, mm. tuulivoima. * maakaasua enemmän hiilen tilalle kaukolämpöön, lisäydinvoimaa, koelaitoksia uusiutuvalle energialle, järkevää säästämistä	0	
Yleiseen mieli-piteeseen vai-kuttavat intres-sitahot	3	* Oma skenaario vuoteen 2010: - säästötoimenpiteitä n. 3-5% v:een 2010 - uusiutuvien (puujätteitä, biomassaa, tuulta) 3-4 TWh - Maakaasuputki Turkuun, lisää maakaasu-CHP:tä - Ydinvoimalaitos Osa tästä korvaamaan n. 4-5% TWh hiili- ja öljyvoimaa (vanhoja laitoksia) * Yhteensopivuus kansainvälisesti ja kansallisesti avoimiin markkinoihin, ei sääntelyä. Energiasäästö: tärkeä, mutta ilman erityistä ohjausta. Energiaverotus: minimiin. Polttoainevaihtoehdot: optioita mahdollisesti useita, valtiovalan myönteinen päätös ydinvoimasta tarvitaan, T&K panostus uusiutuviin, vesivoima: jo rakennetuissa ja koskiensuojelun ulkopuolisissa joissa olevat mahdollisuudet käyttöön. Puu: erityisesti metsäteollisuuden yhteydessä, kaukolämpölaitoksissa korvaa osin turvetta, rajat raaka-ainekäytöstä. * Lähtökohdaksi kestävä kehityksen mukainen talouskasvu. Siitä seuraa tuotanto- ja kulutusrakenteen muuttaminen vähemmän energiain-tensiiviseksi ja BKT:n hyvinvointituottavuuden kasvutavoite. Vähittäinen siirtyminen kokonaan uusiutuviin energialähteisiin, joiden käyttö on pidemmällä aikavälillä ainoa kestävä kehityksen mukainen vaihtoehto.	0	
Yhteensä	13		2	

Liite E: Esimerkki muutamaan kysymykseen esitetyistä alkuperäisistä kommenteista

Kysymys 1.2 Kasvihuonekaasupäästöjen rajoittaminen

	Ryhmä	1	2	3	4	Summa
Kioto-sopimus tulee olla yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle		6	9	15	4	34
Kioto-sopimus ei voi olla yhtenä lähtökohtana paneelin työskentelylle		0	0	0	1	1
En ota kantaa / En osaa sanoa		0	0	1	1	2
Yhteensä		6	9	16	6	37

PERUSTELUT VASTAAJARYHMITTÄIN:

Riippumattomat asiantuntijatahot

Kyllä	Siten, että Suomessa kehitetään globaalisti kestäviä ratkaisuja eikä pyritä globaalisti hylättäviin ratkaisuihin kuten ydinvoiman rakentamiseen. 8% on liian vähän, mutta siihen voi pyrkiä => rakennemuutos tarpeen.
Kyllä	Uskoisin, että khk-päästöjä tullaan rajoittamaan vaikka Kioton pöytäkirja onkin vielä ratifioimatta. Luultavimmin khk-rajoitukset ovat joka tapauksessa edessä.
Kyllä	On todennäköistä, että Kioton sopimus tulee voimaan. Vaikka ei sellaisenaan tulisi, on syytä rajoittaa KHK-päästöjä.
Kyllä	
Kyllä	Kioto sopimus antaa indikaatiota tärkeistä kansainvälisistä keskustelukohteista
Kyllä	Sopimuksen velvoitteet - tai jotain vastaavaa - tulevat ennen pitkää todeksi.

Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö

Kyllä	Kioto sopimus on alku, jos tänä aikana tiede tarkentaa ennusteitaan, voi edessä olla suurempikin muutos.
Kyllä	
Kyllä	Vaikka sopimuksen ratifiointi lykkääntyy, niin eurooppalaiset päättäjät, etenkin poliitikot käyttäytyvät tällä vuosikymmenellä kuin sopimus olisi pääosin voimassa.
Kyllä	Kioto-sopimuksen takertelut tässä vaiheessa on nähtävä ohimenevinä. Järki voittaa ja yhteinen päämäärä löytyy jossakin muodossa. EU:n nykyiset tavoitteet ovat toistaiseksi käyttökelpoiset.
Kyllä	Bioenergian ja uudistuvan energian käytön lisääminen osana asian ratkaisua.
Kyllä	Jos Kioto-sopimus vesittyy, niin joka tapauksessa tulevaisuudessa joudutaan tekemään vastaava sopimus, johon kaikkien (myös USA) on sitouduttava.
Kyllä	EU on vahvasti sitoutunut Kioto-prosessiin.
Kyllä	EU tulee mitä todennäköisimmin ajamaan rajoituksia jäsenvaltioissa riippumatta ilmastopesimuksen hidastelusta.
Kyllä	Päästöt eivät voi kasvaa...

Eduskunta

Kyllä	Tavoite on ok, vaikka vaikuttaa kovalta. Ei ole mielekäästä lähteä kansainvälisestä päästökaupasta tavoitteeseen pääsemiseksi, vaikka se ei ole täysin poissuljettu mahdollisuus.
Kyllä	
Kyllä	Ympäristönsuojelun tulee olla energiaratkaisujen keskeinen lähtökohta.
Kyllä	
Kyllä	Kioton sopimus on sovittu näin, joten se on hyvin tavoiteltava reunaehto.
Kyllä	Kansainvälisiä sopimuksia on syytä noudattaa edelläkävijänä silloin kun se ei uhkaa kilpailukykyä.
Kyllä	On tärkeää sitoutua Kioto-tavoitteeseen. Maailmanlaajuinen näkökulma on tärkeä.
Kyllä	
Kyllä	
Kyllä	
Kyllä	Ehdottomasti.
Kyllä	Suomen tulisi olla kärkipäässä edettäessä kohti Kioto-tavoitetta.
Kyllä	Muitakin lähtökohtia on, eikä Kioto-sopimus ole ainoa päämäärä. Joka tapauksessa tekniikoita pitäisi kehittää enemmän ympäristöystävällisemmiksi. Suomen tulisi olla tässä kehityksessä kärkimaana. Kestävä kehitys on tärkeää, siitä on myös teollisuudelle ja taloudelle hyötyä pitkän päälle.
Kyllä	Pitää olla yhtenä lähtökohtana.
kyllä	Pitäisi katsoa pidemmälle kuin 2010 – post-Kioto. Ongelmia ydinvoimasta, jossa katsotaan vain vuotta 2010.
En ota kantaa/En osaa sanoa	Onko sopimus tarkoitettu noudatettavaksi? Muut maat eivät näytä ottavan sopimusta vakavasti.

Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot sekä nimettömät vastaajat

Kyllä	a) globaalin tavoitteen mukaisesti. b) ja Suomen osuus tulee olla sopusoinnussa globaalin tavoitteen kanssa eli Suomessa on toteutettava globaalisti kestäviä ratkaisuja: energiatehokkuuden ja energian säästön edistäminen, uusiutuvien energialähteiden edistäminen, polttoainevaihdot (vähäpäästöisempiin - esimerkiksi kivihiili maakaasu puu). Kioton sopimuksen mukainen 8 %:n vähennystavoite on liian vähän, mutta siihenkin kannattaa pyrkiä. Tarvittava suurempi päästövähennys edellyttää todellista rakennemuutosta energiantuotannossa ja -käytössä. Kysymyksenasettelusta: Jos puhutaan kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisesta ja siihen liittyvistä pyrkimyksistä, ovat kysymykset ("Kioto-sopimus...") hyvin rajoittuneita. Tarkastelussa pitää olla mukana ne varsinaiset reunaehdot; tärkeimpänä reunaehtona ulospääsy energiantuotannon ja kulutuksen aiheuttamista haitallisista ympäristövaikutuksista (koko elinkaarillaan arvioituna).
Kyllä	
Kyllä	"Pakko"
Kyllä	Kioto-sopimus/ilmastomuutoksen mahdollisuus on pitkävaikutteisten energiainvestointien osalta keskeinen.
En ota kantaa	Kioto-sopimus on avaus. Suomi sinnitteli itselleen riman alas. Jatkovähennyksiä on tulossa ja niihin sopeutuminen on aloitettava nyt.
Ei	

2.2.

Väite: Polttoprosesseista peräisin olevat pienikokoiset hiukkaset ovat yhdyskuntailman pahimmat terveyshaittojen aiheuttajat.

	Ryhmä	1	2	3	4	summa
Samaa mieltä ym. väitteen kanssa		5	5	13	4	27
Eri mieltä		0	0	0	0	0
En ota kantaa / En osaa sanoa + tyhjät		1	4	3	2	10
	Yhteensä	6	9	16	6	37

PERUSTELUT VASTAAJARYHMITTÄIN:

Riippumattomat asiantuntijatahot

Samaa mieltä	
Samaa mieltä	Polttoprosessit tuottavat hiukkaspäästöjä. Savukaasut pääsevät ympäristöön.
Samaa mieltä	
Samaa mieltä	Silla varauksella, että pienhiukkasten haittojen arvioimista on vaikeuttanut se, että ei ole (ainakaan tietojeni mukaan) riittävästi tietoa siitä, kuinka hiukkasten luonne (esim. SO _x -sekundaari versus diesel- tai bensiinimoottorin primaarihiukkaset versus katupöly) vaikuttaa haittoihin.
Samaa mieltä	
En ota kantaa/En osaa sanoa	Kaukokulkeutuminen/omat päästöt? Kysymys on puutteellinen tai siinä ei näy viitekehystä jossa asiakokonaisuus ilmensi: yhdyskuntailma + työpaikkailma + kotien sisäilma, homeongelmat.

Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö

Samaa mieltä	Pienhiukkasiin kiinnitetään julkisessa keskustelussa liian vähän huomiota.
Samaa mieltä	Keskitetystä tuotannossa hiukkaspäästöt hallinnassa. Ongelmaksi voi muodostua uudet päästölähteet esim. pellettien runsaan käyttö hajautetussa poltossa.
Samaa mieltä	Pienhiukkasten vahingolliset terveysvaikutukset ovat tutkimusten mukaan kiistattomat. Suuret polttolaitokset on saatavissa kohtuullisen helposti järjestykseen, koska puhdistustekniikoita on käytettävissä. Ongelmana on käsitykseni mukaan pienet polttolaitokset ja liikenne, joissa sekä tekninen puhdistus että vaikutus liiketalouteen tai kustannuksiin ovat kynnyskysymyksiä.
Samaa mieltä	Liikenne vaikeampi kuin energiantuotanto, joka asutuskeskuksissa tapahtuu isoissa yksiköissä.
Samaa mieltä	
Samaa mieltä	Liikenteen aiheuttamat pienhiukkaset kaupunki-ilmassa myös tiepölyn osalta? Eli nastojen rouhima tien pinta ja hiekoitushiekan hiukkaset: kuinka paljon ~2,5 um näistä?

En ota kantaa/En osaa sanoa	
	Yhdessä edellä mainitut sekä asuin- ja työpaikan ilmanlaatu (syömiset ja elintavat vaikuttavat herkkyyteen reagoida)
En ota kantaa/En osaa sanoa	

Eduskunta

Samaa mieltä	Uusimman sveitsiläis-ranskalaisen tutkimuksen mukaan liikenne aiheuttaa Sveitsissä, Ranskassa ja Itävallassa 30% pienhiukkasista.
Samaa mieltä	Olisi tärkeää vähentää liikennettä kaupunkien keskustoissa diesel-ajoneuvoilla. Edistettävä puhdistustekniikkojen käyttöä energiantuotannossa.
Samaa mieltä	Ainakin pahoja, ei välttämättä pahimmat. Liikenne.
Samaa mieltä	Vaikka kyseessä on yhdyskuntailman pahin terveyshaitta, on harhaanjohtavaa päätellä tästä, että ydinvoima olisi terveydellisesti parempi ratkaisu, vaikka säteilykään ei muodostaisi merkittävää ongelmaa (vrt. ydinvoiman tärkein terveysvaikutus myöhemmin)
Samaa mieltä	Energiaratkaisujen ohella tulisi kiinnittää huomiota katalysaattoreiden asentamiseen diesel-autoihin.
Samaa mieltä	Jos rajoitutaan ilmaan niin kyllä.
Samaa mieltä	
Samaa mieltä	Polttoprosesseista tulee eniten hiukkasia, joten ne myös pahimpia
Samaa mieltä	
Samaa mieltä	Asiantuntijalausunnat tukevat näkemystä. Jotta asiasta voisi täysin vakuuttua pitäisi kuitenkin ymmärtää mitä pienhiukkaset aiheuttavat kehossa.
Samaa mieltä	Tekninen kehitys tärkeää, mm. suodattimet.
Samaa mieltä	Olisi tärkeää vähentää liikennettä kaupunkien keskustoissa sekä rekkojen että henkilöautojen osalta. Olisi kehitettävä joukkoliikennettä ja erityisesti junaliikennettä. Autoissa tulisi käyttää viimeisintä tekniikkaa ja tulisi suosia sähköautoja. Kaukolämmöllä voidaan välttää energiantuotantoon liittyviä hiukkaspäästöjä.
Samaa mieltä	
En ota kantaa/En osaa sanoa	En tunne asiaa riittävän hyvin. Pitäisi olla paremmin informoitu tavasta, jolla pien-hiukkaset vaikuttavat ihmiskehossa.
En ota kantaa/En osaa sanoa	Energiastrategia taustalla, jossa sanotaan että ovat pahimmat. Polttoprosesseista peräisin olevat hiukkaset ovat kuitenkin yksi pahimmista, mutta ei ole riittävästi tietoa siitä, että olisivat pahimmat.
	Melkein samaa mieltä. Ovat pahoja, mutta ei voi sanoa että pahimpia. On muitakin ongelmia, jos sanoo että on pahimpia, välttelee muita.

Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot sekä nimettömät vastaajat

Samaa mieltä	Energiantuotanto ja liikenne syytä käsitellä erikseen; polttoainevaihtoehdot ja korvattavuus olennaisesti erilaiset näillä alueilla.
Samaa mieltä	
Samaa mieltä	Alleviivaten sanaa pahimpia. 1. VTT Energian määritelmässä (sivu 7 yläosa) tehdään hiukkaskokoa >2,5 um koskeva terveyshelpotus, jota eivät lääketieteelliset tutkimukset puolla. Alle 10 um hiukkaset luokitellaan hengitettäviksi hiukkasiksi ja niiden kemiallinen sisältö kiinnostaa kovasti tutkijoita. Myös WHOE käsittelee kokoluokkaa 10 um. 2. Luvussa 2.1 ja muuallakin puhutaan käsitteestä polttoprosessi, mutta ei esitellä leviämis- ja vaikutustavoiltaan erilaisia liikenteen ja energiantuotannon päästöjä. 3. Edellä olevat huomiot 1 ja 2 antavat aihetta olettaa, että tekstintekijät haluavat korostaa energiantuotannon päästöjen haitallisuutta käyttämällä mm. sopivia kokoluokkarajauksia. 4. Luvun 2.2 suhteellisia osuuksia ei esitellä Euroopan keskiarvolukuina. 5. Seuraavalla sivuilla kerrotaan asiantuntijoilta kysytyn hiukkaspäästöjen suhteellisista osuuksista, kun suhde pitäisi arvioida vaikutuksena hengitysilman pitoisuuksiin. 6. Vastauksista käy ilmi, miten ilmakehän dynamiikan huono tuntemus johtaa helposti oletukseen, että kaukokulkeutunut aines on korkeapiippuisista energialaitoksista peräisin. Sekundäärihiukkasista vastaavat aivan samalla tavalla Euroopan autojen pakokaasupäästöt. 7. Maaseudun esimerkkiasemana käytetään usein Luukin asemaa. Sen tulkinnoissa en ole nähnyt arviota Pääkaupunkiseudun osuudesta pienhiukkasten kaukokulkeutumaan.

	8. En ole nähnyt puun pienpolton terveyshaitoista maaseudulla luotettavaa tutkimusta. Elettiin sitä savupirtissäkin! Yhdyn siis väitteeseen ja korostan liikenteen ratkaisevaa osuutta terveyshaitoissa.
En ota kantaa/En osaa sanoa	
En ota kantaa/En osaa sanoa	Miten tässä on huomioitu kaukokulkeuma / omat päästöt? Väite on puutteellinen, koska siinä ei näy viitekehystä, jossa asiakokonaisuus ilmenisi; yhdyskuntailma, työpaikkailma, kotien sisäilma, homeongelmat..?
Samaa mieltä	

3.6.

Väite:Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu. ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen.

Ryhmä	1	2	3	4	Summa
Samaa mieltä	0	2	3	0	5
Eri mieltä	5	6	12	4	27
En ota kantaa / En osaa sanoa	1	1	1	2	5
Yhteensä	6	9	16	6	37

PERUSTELUT VASTAAJARYHMITÄIN:

Riippumattomat asiantuntijatahot

X	Kysymykseen a: käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoitukseen liittyviä ongelmia ei ole ratkaistu : yhteiskunnallinen hyväksyttävyys ei ole selvä, samaa mieltä Kysymykseen b: Ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset liittyvät käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen: kysymys on väärin muotoiltu., eri mieltä
ei	On kehitetty hyviä ratkaisuja mm. useita peräkkäisiä suojajärjestelmiä.
ei	
ei	Mielestäni ydinvoimaan liittyvät loppusijoituskysymykset ratkaistu samalle tai paremmalle tasolle kuin monella muulla toimialalla. Silti kyseessä tärkeä eettinen ongelma.
ei	
ei	Loppusijoitus on turvallinen. Ei riskejä väestölle. Perättömällä väitteellä, ettei loppusijoitus ole turvallinen, on onnistuttu pelottelemaan suurta osaa kansasta ja kansanedustajista. Demagogiaa!

Energian tuotanto ja jakelu, teollisuuden energiakäyttö

kyllä	Kansainvälistä kehitystyötä tarvitaan. Onko Venäjä "ydinjätteen" hautaaja edelleen?
kyllä	Kuten 3.3 eli myös voimalaonnettomuus on toinen tekijä.
en ota kantaa/en osaa sanoa	
ei	Käsityksen mukaan käytetyn polttoaineen varastointi on teknisesti ratkaistu jopa ylivarmalla tavalla. Spekulaatiot varastointiin liittyvistä ongelmista on suunnattu yleensä muita tarkoituksia varten.
ei	
ei	
ei	Tekniset ongelmat on ratkaistu, poliittiset vastaavat kuntatasolla kaatopaikan sijoitusta, valtion tasolla aikanaan Ekokemistä käytyä keskustelua.
ei	Mielestäni loppusijoitus voi aiheuttaa vain suuria päästöjä. Jos esim. luonnonmullistus aiheuttaa suuria päästöjä niin mullistukset ovat vaikuttaneet muullakin tasolla paikalliseen väestöön.
ei	

Eduskunta

kyllä	Ei merkittävimmät. Osaksi samaa mieltä. Omat riskinsä loppusijoituksessa, omat onnettomuustapauksissa ym.
kyllä	Jäteasia vielä hoitamatta, josta merkittävät riskit. Kallioperän muutokset, maanjäristykset ja muut muutokset ympäristössä. Kuljetus Loviisasta Olkiluotoon on suuri uhka. Voi tapahtua mitä onnettomuuksia tahansa. Jos

	onnettomuus tapahtuu, seuraukset ympäristölle merkittävät.
kyllä	Osin samaa mieltä. Monia merkittäviä. On turvallisempi tapa säilöä nyt kun pitää avovarastoissa, mutta ei lopullinen ratkaisu. Pohjaveden liikkeet, jääkausi, luonnonilmiöt, ihmisen paha tahto tai tyhmyys uhkana. Tulevaisuudesta ei koskaan tiedä.
en ota kantaa/en osaa sanoa	Sekä ydinonnettomuuksiin että loppusijoitukseen liittyvät riskit ovat vähäisiä. Loppusijoituksen kaikkia ongelmia ei ole vielä ratkaistu, mutta voidaan olettaa, että ne kyetään ajan myötä ratkaisemaan. Ongelmia voi olla polttoaineen kuljetuksissa. On kuitenkin olemassa suurempiakin syitä kokea seuraaville sukupolville jätettyjen ongelmien tuskaa.
ei	Säteilyannos on mitätön. Yhden jääkauden jälkeen (~110 000 vuotta) jätteiden säteily ei juuri eroa uraanimalmin säteilystä.
ei	Toiseksi tärkeimmät vaikutukset onnettomuusriskien jälkeen. Loppusijoitus ja sen mahdolliset säteilyvaikutukset on tärkeä kysymys. Asiantuntijalausunnoista ei selviä, kuinka laajalle joukolla ja kuinka lähellä sijoituspaikkaa jätteen liukenemisen vaikutukset pohjaveteen ulottuvat.
ei	Ydinjätteiden loppusijoitukselle ei ole olemassa maailmanlaajuisia suunnitelmaa. Suomessa polttoaineen loppusijoituksen terveysvaikutukset eivät ehkä ole suurin uhka lyhyellä tähtäimellä, mutta pitkällä tähtäimellä ajatellen saattaa olla. Loppusijoittamiseen sisältyy riskejä, jotka koskevat mm kuljetuksia sekä mahdollista rikollista toimintaa, eikä voida varmuudella tietää mitä kallioperässä tapahtuu. Tämän päivän suurin uhka on ydinvoimalaonnettomuus. Myös ydinjätteen väärinkäyttö rikollisessa toiminnassa on suuri uhka. Monet loppusijoitusta koskevat tutkimukset ovat vielä kesken.
ei	Suomen maaperä ei aiheuta riskiä loppusijoitukselle. Suomalaisen ydinvoiman tuotannon turvataso on korkea. Myös pahimmassa tapauksessa, missä ydinjätteet pääsevät leviämään maaperään tai pohjaveteen riski ei ole kovin suuri verrattuna maasäteilyn jo aiheuttamaan riskiin
ei	Posivan kautta asia kunnossa.
ei	Loppusijoitusongelmat on ratkaistu. Posivan suunnitelmat. Ydinjätteissä ei Suomen mitta-puissa ongelmia, mutta Sosnovyi Bor ja Venäjä erittäin ongelmallisia.
ei	Loppusijoitus ei ole keskeisin ongelma. Sille on löydettävissä toimiva ratkaisu
ei	Loppusijoitusasiat on ratkaistu. En usko kallioperän mullistuksiin. Pitkällä aikajaksolla voidaan jopa keksiä jätteille jotain hyötykäyttöä.
ei	Niin pitkälle kuin riskit on pystytty laskemaan, näyttäisi että loppusijoituskysymys on ratkaistu. Tuleville sukupolville siirrettävä taakka on suurempi fossiilisten poltto-aineiden käytössä
ei	Teknisessä mielessä loppusijoitus ei muodosta suurta ongelmaa eli mahdolliset säteilypäästöt eivät ole suuria verrattuna luonnon taustasäteilyyn. On kuitenkin olemassa moraalinen ongelma haittojen siirtämisestä tuleville sukupolville. Myös psykologinen koettu uhka tulee ottaa huomioon.
ei	Loppusijoitusongelmaa ei ole vielä ratkaistu, mutta ratkaisun on päästävässä. Peruseettinen ratkaisu on, että oma sukupolvemme ratkaisee ongelman, jonka on itse aiheuttanut.
ei	Jos kapselointi tehdään oikein ja suunnitelmien mukaan, vaikea nähdä sellaisia uhkia. Pidän turvallisena.

Yleiseen mielipiteeseen vaikuttavat intressitahot sekä nimettömät vastaajat

X	Kysymyksessä on kaksi kysymystä, joten siihen on vastattava kahdella tavalla, eli: - Ydinvoiman merkittävimmät terveysvaikutukset eivät liity käytetyn polttoaineen loppusijoitukseen. - Loppusijoituksen ongelmia ei ole ratkaistu. Käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksesta ei ole vielä missään käytännön kokemuksia, joten asian käsittelyssä ollaan vasta alussa. Suomessa ollaan tehty jonkinlainen poliittinen päätös siitä, minne jätteet sijoitetaan. Nyt vasta aletaan perusteellisemmin tutkia, miten ne saataisiin mahdollisimman haitattomasti sijoitettua ko. paikkaan ko. tavalla, joten asiasta ei voi esittää vielä oikein minkäänlaista arviota.
ei	
ei	Kallioon
ei	Teknisesti / taloudellisesti asia on ratkaistu, "ongelma" poliittinen.
ei	

Teknologian arviointi tulevaisuusvaliokunnassa

Esiselvitys kasvigeeniteknologiasta (Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 1: Ahti Salo ja Veli Kauppinen, Eduskunnan kanslian julkaisu 3/1997)

Tieto- ja viestintätekniikka opetuksessa ja oppimisessa, Osaamisen haasteet ja tietotekniikan mahdollisuudet, väliraportti (Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 2, Eduskunnan kanslian julkaisu 2/1998)

Loppuraportti kasvigeenitekniikasta, Kasvigeenitekniikka ravinnon tuotannossa (Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 3: Ahti Salo, Veli Kauppinen ja Mikko Rask, Eduskunnan kanslian julkaisu 4/1998)

Tieto- ja viestintätekniikka opetuksessa ja oppimisessa – tulokset ja toteutus (Tulevaisuusvaliokunnan teknologiajaosto, Teknologian arviointeja 5: Juha Kaakinen, Sinikka Törmä, Eduskunnan kanslian julkaisu 2/1999)

Helmiä kalastamassa – Avauksia tietämyksen hallintaan (Tulevaisuusvaliokunnan tiedon ja tietämyksen hallinnan ohjausryhmä, Teknologian arviointeja 6: Riitta Suurla, Eduskunnan kanslian julkaisu 1/2001)

Ikääntyneiden itsenäistä suoriutumista tukevan teknologian arviointi käyttäjänäkökulmasta, Turvahälytysjärjestelmät (Tulevaisuusvaliokunnan geronteknologian ohjausryhmä, Teknologian arviointeja 7: Sinikka Törmä, Jarmo Nieminen ja Merja Hietikko, Eduskunnan kanslian julkaisu 4/2001)

Ikääntyneiden itsenäistä suoriutumista tukeva teknologia, Internet-pohjaisten omahoidon tukijärjestelmien arviointi (Tulevaisuusvaliokunnan geronteknologian ohjausryhmä, Teknologian arviointeja 8: Annele Eerola, Sirkku Kivisaari, Riikka Eela ja Mikko Rask, Eduskunnan kanslian julkaisu 5/2001)

Ikääntyneiden itsenäistä selviytymistä tukeva tulevaisuuspolitiikka ja geronteknologia. (Tulevaisuusvaliokunnan geronteknologian ohjausryhmä, Teknologian arviointeja 9: Osmo Kuusi, Eduskunnan kanslian julkaisu 7/2001)