

Hyvä tietää hiilestä



Energiateollisuus

HIILITIETO RY
KOLFAKTA RF



Julkaisija: Energiateollisuus ry ja Hiilitieto ry
Teksti: Pekka Järvinen, ÅF-Consult Ltd
Ulkoasu: Innocorp Oy
Paino: Lönnberg Print, 2009

Energiateollisuus ry
Hiilitieto ry, Kolfakta rf
Hyvä tietää hiilestä (2009)
Painettu versio
ISBN 978-952-5615-27-2
Sähköinen pdf-julkaisu
ISBN 978-952-5615-28-9



Sisältö

Johdanto	4
Ilmastonmuutoksen hidastaminen on suuri haaste - hiilen käytön vähentäminen on osa tätä	6
Ihmisen toiminta vaikuttaa ilmastoon	6
Ilmastonmuutoksen hillitseminen vaatii kasviuonekaasupäästöjen vähentämistä	7
Kehittyvällä tekniikalla vähennetään päästöjä	7
Kansainvälisen ilmastopolitiikan avulla pyritään vähentämään päästöjä kustannustehokkaasti	8
Suomen ilmasto- ja energiastrategialla vähennetään kasviuonekaasujen päästöjä ja energiankulutusta	8
Strategian tavoitteet vuodelle 2020	8
Kivihiiltä tarvitaan turvaamaan sähkön ja lämmön saanti	10
Kivihiilen saatavuus on hyvä	10
Kivihiilellä varmistetaan energian saatavuutta	10
Kivihiiltä käyttävät voimalaitokset turvaavat sähkön saantia	10
Energiahuollon varmistaminen on ensiarvoisen tärkeää	11
Polttoaineiden saatavuusnäkömät	11
Kivihiili raudan ja teräksen valmistuksessa	12
Rautaa valmistetaan masuunissa rautamalmin jalosteista kaksin avulla	12
Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi terästeollisuudessa	14
Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (carbon capture and storage, CCS)	15
EU on luomassa ohjelmaa hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin	15
Hiilidioksidin erottaminen - jälkipuhdistusta tai prosessimuutoksia	16
Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin riskit	17
Kivihiilen käytön muiden ympäristövaikutusten vähentäminen	18
Lupamenettelyt	18
YVA-menettely ja ympäristölupa	18
Suurten polttolaitosten direktiivi	18
Paras käyttökelpoinen tekniikka, BAT (Best available technique)	18
Happamoittavia päästöjä on vähennetty	20
Energiantuotannossa rikki on otettu talteen	20
Pienhiukkas- ja raskasmetallipäästöt kurissa	20
Sivutuotteet käytetään hyödyksi	20
Hiilenkäytön tulevaisuus	21
Sanastoa	22
Lisätietoja	23

Johdanto

Kivihiihen avulla tehdään noin 40 % maailmassa käytetystä sähköstä. Sähkön ja lämmön lähteen lisäksi hiilellä on keskeinen osa raudan ja teräksen tuotannossa, sementin valmistuksessa ja useissa muissa teollisissa prosesseissa, muun muassa kemianteollisuuden raaka-aineena kemikaalien, synteettisen kumin ja lääkkeiden valmistuksessa.

Kivihiihi on ensimmäinen fossiilinen polttoaine, jota ihminen hyödynsi. Varhaisia merkkejä hiilen käytöstä on löydetty Kiinasta, jossa hiiltä on louhittu kuparin sulattamiseksi noin 1000 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Aristoteles on kuvannut kiven kaltaista hiiltä kirjoituksissaan. Roomalaisista raunioista nykyisen Englannin alueella on löydetty jälkiä kivihiihen käytöstä ennen vuotta 400.

Teollinen vallankumous 1700-1800-luvuilla kasvavine raudan ja teräksen tuotantoineen ja laajentuvine rautatieverkostoineen johti hiilen kysynnän voimakkaaseen kasvuun. James Wattin vuonna 1769 patentoima höyrykone oli merkittävä syy kivihiihen käytön kasvuun. Hiili on ollut merkittävä liikenteen polttoaine laivoissa ja höyryvetureissa. Hiiltä käytettiin myös kaupunkikaasun valmistukseen. Kaasua käytettiin katuväläistykseen, kunnes sähkövalo syrjäytti kaasuvälikon 1900-luvulla.

Kivihiihi oli suurin primäärienergian lähde aina 1960-luvulle asti, jolloin öljy nousi merkittävimmäksi energialähteeksi.

Energian kokonaistuotannosta hiilen osuus on noin neljännes. Nykykulutuksella tunnettujen kivihiihivarojen on arvioitu riittävän lähes 150 vuotta.

Kivihiihi sisältää alkuainehiilen lisäksi pieniä määriä rikkiä, typpeä, happea, vetyä ja raskasmetalleja. Hiilen poltossa lämmön lisäksi vapautuu hiilidioksidia, hiilivetyjä, typen ja rikin oksideja ja hiukkasia.

Vapaasti ympäristöön päästettyjä nämä aiheuttavat terveyshaittoja, maaperän ja vesistön happamoitumista ja rakenteiden korroosiota. Hiukkasten ja kaasumaisten päästöjen poistamiseksi on kehitetty tehokkaita menetelmiä, joilla halutaan vaikutukset ilmanlaatuun, maaperään ja vesistöihin. Suurin avoin kysymys on hiilidioksidipäästöjen hallinta.

Hiili

Hiili on alkuaineiden jaksollisessa järjestelmässä kuudes alkuaine. Sen kemiallinen merkki on C, joka tulee hiilen latinankielisestä nimestä carbon. Hiiltä esiintyy kaikkialla, missä on elämää ja orgaanisia yhdisteitä. Hiilellä on kemiallisesti tärkeä kyky sitoutua itseensä ja laajoin eri muodoin muihin alkuaineisiin.

Nykyään tunnetaan lähes kymmenen miljoonaa hiilen yhdistettä. Kun hiili yhdistyy happeen, muodostuu hiilidioksidia, joka on äärimmäisen tärkeää kasveille. Riittämättömässä hapessa muodostuu hiilimonoksidia eli häkää. Kun hiili yhdistyy vetyyn, saadaan hiilivetyjä, jotka ovat oleellisia teollisuudelle fossiilisten polttoaineiden muodossa.

Hiiliatomi on elämän välttämätön rakennuspalikka: se on eliöiden tärkein rakennusaine. Ilman hiiltä ei olisi elämää.

Yhteyttäminen on osa globaalia hiilikiertoa, jossa hiili kiertää veden, maan ja ilmakehän välillä pääosin hiilidioksidin muodossa. Yhteyttäminen poistaa hiilidioksidia ilmakehästä ja korvaa sen hapella. Yhteyttämistä tapahtuu vihreissä kasveissa, levissä ja joissain bakteereissa.





Miten kivihiili on muodostunut

Muinaisten kasvien jätteet ovat geologisten maankuoren liikkeiden vaikutuksesta joutuneet kovan paineen ja lämpötilan alaisiksi. Tästä aiheutuneet kemialliset ja fysikaaliset muutokset ovat synnyttäneet kivihiilen.

Kivihiilen muodostuminen alkoi hiilikaudella 360–290 miljoonaa vuotta sitten. Hiilen laatu määräytyy lämpötilasta, paineesta ja muodostelman iästä. Aluksi biomassasta muodostuu turvetta, siitä edelleen ruskohiiltä, joka on verraten pehmeää ja vaihtelee väriltään ruskean eri sävyistä mustaan. Vuosimiljoonien kuluessa ruskohiili muuttuu paineen ja lämpötilan vaikutuksesta edelleen kovaksi kivihiileksi. Sopivissa oloissa hiili on muuttunut edelleen antراسیittiä. Kovassa paineessa hiilestä muodostuu timantteja.

Kivihiilen muodostumiseen liittyy yleensä kosteikkojen pohjassa esiintynyt anaerobinen mikrobitoiminta, jonka seurauksena kosteuden osuus materiaalissa ajanoloon väheni ja hiilen pitoisuus kasvoi. Syntyprosessin päävaiheet voi kuvata seuraavasti:



Prosessin jokaista vaihetta esiintyy maailmassa nykyäänkin. Mitä pidemmälle prosessi on edennyt, sitä kovempaa ja tiiviimpää kivihiilestä on tullut. Polttoainekäytössä hiilen laadun katsotaan olevan sitä korkeampi, mitä edempänä prosessi on.

Ilmastonmuutoksen hidastaminen on suuri haaste - hiilen käytön vähentäminen on osa tätä

Ihmisen toiminta vaikuttaa ilmastoon

Eräät ilmakehän kaasut toimivat samaan tapaan kuin lasi kasvihuoneessa: ne päästävät auringon valon maan pinnalle, mutta estävät osaa lämmöksi muuttuneesta säteilystä karkaamasta takaisin avaruuteen. Näiden kasvihuonekaasujen aiheuttama kasvihuoneilmiö pitää planeettamme elämälle suotuisana: ilman sitä keskilämpötila maapallolla olisi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ eli $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ nykyistä kylmempi.

Ihmisen toiminta tuottaa suuria määriä kasvihuonekaasuja, jotka voimistavat luonnollista kasvihuoneilmiötä. Tärkeimpiä näistä ovat hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4) ja dityppioksidi (N_2O). Hiilidioksidin

osuus ilmastonmuutoksesta on noin 60 %. Hiilidioksidista puolestaan kolme neljäsosaa tulee energiantuotannosta ja liikenteestä sekä runsas viides metsämaiden ottamisesta muuhun käyttöön. Kasvihuonekaasuja syntyy myös muun muassa maataloudessa, teollisuuden prosesseissa, kaatopaikoilla ja metsäpaloissa.

Maapallon keskilämpötila on noussut sadan viime vuoden aikana $0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$, ja lämpenemisnopeus on lähes kaksinkertaistunut. Euroopan keskilämpötila on noussut melkein yhden celsiusasteen. Pohjoisen pallonpuoliskon lämpimimmät ajanjaksot viimeisten 1300 vuoden aikana ovat olleet 1950-luvulta lähtien ja 1850-luvulta asti tunnetun lämpöhistorian kymmenen

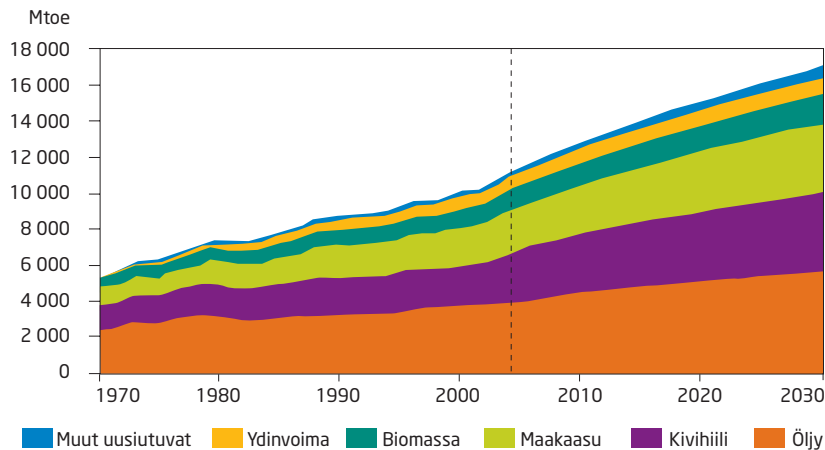
lämpimintä vuotta sattuvat vuosille 1995–2008.

Kasvihuonekaasuja on ilmakehässä nyt enemmän kuin koskaan viime 650 000 vuoden aikana. Vuosina 1970–2004 maailman kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet 70 % ja hiilidioksidipäästöt 80 % esiteolliseen aikaan verrattuna. Kasvihuonekaasujen lisääminen lämmittää alailmakehää ja jäädyttää yläilmakehää, koska kaasut päästävät vähemmän lämpösäteilyä lävitseen yläilmakehään. Auringon säteilyvoimakkuuden kasvu taas lämmittäisi koko ilmakehää. Yläilmakehän havaittu jäähtyminen onkin yksi selvimmistä todisteista siitä, että ihminen aiheuttaa ilmastonmuutosta. Ilmastonmuutosta tapahtuu myös ihmises-





IEA:n energiaskenaario World Energy Outlook (WEO) 2008



Öljy, hiili ja maakaasu säilyttävät keskeisen asemansa maailman energiasta lähivuosikymmeninä IEA:n skenaarion mukaan.

tä riippumattomista syistä. Auringon säteilymuutosten arvioidaan lämmittäneen ilmastoa vuodesta 1750 lähtien kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin ihmisen toimista johtuvien päästöjen.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen vaatii kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä

Energiankulutuksen kasvun arvioidaan jatkuvan voimakkaana lähivuosikymmenien ajan. Kansainvälisen energiajärjestö IEA:n (International Energy Agency) skenaariossa kasvuksi on arvioitu vuoteen 2030 mennessä lähes 50 %. Fossiilisten polttoaineiden käytön energiantuotannossa arvioidaan kasvavan samoin noin 50 %. Tällainen energiankulutuksen lisäys voi aiheuttaa vakavia ilmastomuutoksia, ellei samalla voida vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä voimakkaasti.

Skenaarion mukaan hiilen käyttö kasvaa voimakkaammin kuin minään muun energialähteen.

Hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC (Intergovernmental panel on climate change) on arvioinut, että ilmastomuutoksen torjuminen edellyttää päästöjen leikkaamista maailmanlaajuisesti yli 60 % nykytasosta vuoteen 2050 mennessä. Eniten päästöjä ovat tuottaneet teollisuusmaat, mutta päästöt ovat kasvaneet merkittäviin mittoihin myös monissa kehittyvissä maissa kuten Kiinassa, Intiassa ja Brasiliassa. Kehitysmäi-

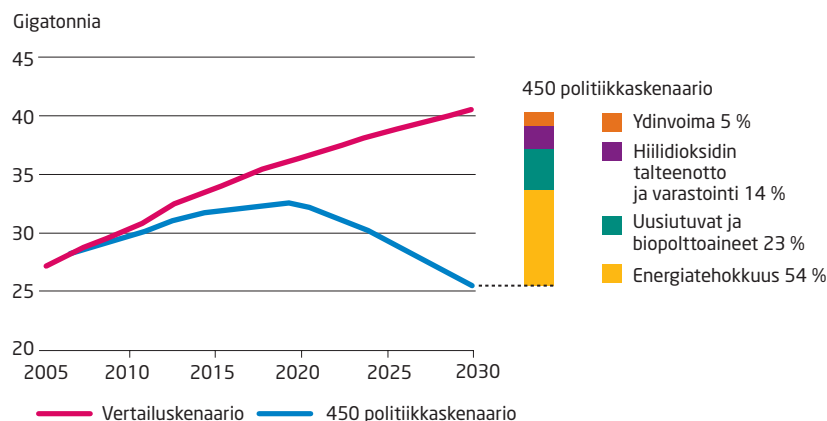
den osuus maailman päästöistä on nousemassa teollisuusmaiden päästöjen ohi.

Kehittyvällä tekniikalla vähennetään päästöjä

Kasvihuonekaasujen päästöjä voidaan vähentää muun muassa:

- tehostamalla energiankäyttöä tuotannossa ottamalla käyttöön paremmalla hyötysuhteella toimivia voimalaitoksia ja teollisuusprosesseja sekä lisäämällä sähkön ja lämmön yhteistuotantoa
- tehostamalla energiankäyttöä kulutuksessa
- siirtämällä energiantuotannon painopistettä fossiilisista polttoaineista hiilidioksidipäästöttömiin energialähteisiin, joita ovat uusiutuvat energialähteet ja ydinvoima,
- poistamalla hiilidioksidia savukaasuista sekä
- huolehtimalla hiilidioksidia sitovien metsien uusiutumisesta.

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin mahdollisuudet suhteutettuna muihin päästöjen vähentämiskeinoihin sähköntuotannossa, IEA:n WEO 2008



Energiatehokkuus, uusiutuvat ja biopolttoaineet sekä hiilidioksidin talteenotto ja varastointi ovat tärkeimmät keinot sähköntuotannon päästöjen vähentämiseen.

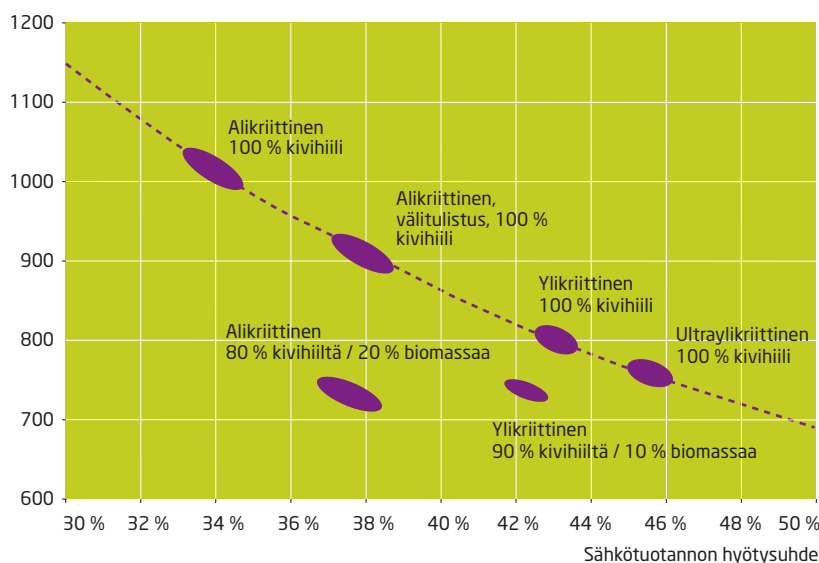
Nykyaikaisella voimalaitostekniikalla on saatu hiilidioksidin ominaispäästöt alenemaan noin neljänneksellä verrattuna 1970-luvun tekniikkaan. Sähkön ja lämmön yhteistuotannolla saadaan päästöistä pois noin kolmannes verrattuna erillistuotantoon. Hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia kuvataan jäljempänä sivuilla 15-17.

Kansainvälisen ilmastopoliittikan avulla pyritään vähentämään päästöjä kustannustehokkaasti

Kansainvälisessä politiikassa ilmastomuutokseen on kiinnitetty huomiota 1980-luvun lopulta lähtien. Vuonna 1992 solmittiin Riiossa YK:n ilmastopöytäkirja, jonka mukaan teollisuusmaat lupasivat jäädyttää hiilidioksidipäästönsä vuoden 1990 tasolle vuoteen 2000 mennessä. Sopimus ei kuitenkaan ollut laillisesti sitova, ja useimpien maiden päästöt ovat jatkaneet kasvuun.

Kehittyvä voimalaitostekniikka parantaa hyötysuhdetta ja pienentää hiilidioksidipäästöjä

CO₂ päästö (kg/MWh el)



Lauhdutusvoimalaitoksessa voidaan vähentää hiilidioksidin päästöjä siirtymällä poltossa korkeampiin lämpötiloihin ja korvaamalla osa kivihiihestä biomassalla.

Loppuvuodesta 1997 teollisuusmaat sitoutuivat Kiotossa, Japanissa yhteensä noin 5 % suuruiseen päästöjen vähennykseen vuosiin 2008-2012 mennessä. Sitovuutensa ja määrällisen päästötavoitteensa takia Kioton pöytäkirjaa pidetään historiallisena. Sopimus ei kuitenkaan riitä pysäyttämään päästöjen kasvua, koska suurimmista päästäjistä USA ei ratifioinut sopimusta, eivätkä kehittyvät maat kuulu sen päästövähennysten piiriin. Uusista tiukemmista tavoitteista vuoden 2012 jälkeiselle ajalle ryhdyttiin neuvottelemaan vuonna 2005. Tavoitteena on uuden sopimuksen solmiminen Kööpenhaminassa joulukuussa 2009.

Kiotossa sovittiin kasvihuonekaasujen rajoittamistavoitteiden lisäksi joustomekanismeista (ns. Kioton mekanismit), joiden avulla edistetään torjuntatoimien kustannustehokkuutta ja joustavuutta. Pöytäkirja edellyttää, ettei mikään maa voi täyttää päästövähennysvelvoitteitaan pelkästään

Kioton mekanismien avulla, vaan maiden on hoidettava merkittävä osa veloitteestaan kotimaisilla päästövähennystoimilla.

Suomen ilmasto- ja energiastategialla vähennetään kasvihuonekaasujen päästöjä ja energiankulutusta

EU:n valtionpäämiehet sitoutuivat vuoden 2007 maaliskuussa kunnianhimoisiin tavoitteisiin kasvihuonekaasujen leikkaamisessa sekä uusiutuvien energialähteiden edistämisessä. Tavoitteisiin liittyvät regulaatiot (päästökauppadirektiivi, uusiutuvan energian direktiivi, CCS-direktiivi, päästökaupan ulkopuolisten päästöjen taakanjakopäätös) hyväksyttiin joulukuussa 2008. EU:n uudet tavoitteet ovat lähtökohtana Suomen hallituksen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastategian laadinnassa, joka on annettu eduskunnalle marraskuussa 2008. Tavoitteena on määrittellä Suomen ilmasto- ja energiapolitiikan keskeiset tavoitteet ja keinot kymmeniksi vuosiksi eteenpäin.

Strategian tavoitteet vuodelle 2020

Energiatehokkuuden osalta hallitus on asettanut tavoitteeksi energian loppukulutuksen kääntämisen laskuun siten, että kun loppukulutus vuonna 2006 oli 313 terawattituntia (TWh, miljardia kilowattituntia), vuonna 2020 se olisi 310 TWh. Perusskenaariossa energian loppukulutus olisi vuonna 2020 381 TWh. Vuoden 2020 sähkönkulutuksen arvioidaan perusskenaariossa olevan 103 TWh ja tavoiteskenaariossa 98 TWh. Vuonna 2008 sähkönkulutus oli 87 TWh.

Päästökaupasektorin päästöille ei tarvita kotimaisia tavoitteita,

Kioton joustomekanismit

- yhteistoteutus (Joint Implementation, JI),
- puhtaan kehityksen mekanismi (Clean Development Mechanism, CDM) ja
- päästökauppa (Emissions Trading, ET).

Yhteistoteutuksessa

teollisuusmaa rahoittaa kasvihuonekaasujen päästöjä vähentäviä tai nieluja eli kasvihuonekaasujen sitoutumista (metsiin, maaperään tai meriin) lisääviä hankkeita toisessa teollisuusmaassa, käytännössä useimmiten siirtymätalousmaassa. Samalla teollisuusmaa saa siirtää käyttöönsä hankkeesta saatuja päästövähennyksiköitä.

Esimerkiksi Suomi on rahoittanut Virossa tuulipuiston rakentamista ja kaukolämpölaitosten uudistamista biopolttoaineelle sopiviksi. Suomi voi lukea hankkeesta saadut päästövähennykset hyväkseen täyttäessään Kioton pöytäkirjan velvoitettaan.

Puhtaan kehityksen mekanismissa

teollisuusmaa rahoittaa päästövähennyshankkeita tai nieluja lisääviä hankkeita kehitysmaassa ja saa siirtää käyttöönsä hankkeesta saadut päästövähennykset. Hankkeiden tulee samalla edistää kestävää kehitystä kohdemaassa.

Suomi on tukenut pienvesivoimalaa Hondurasissa ja voi näin käyttää tästä saadut päästövähennykset hyväkseen täyttäessään Kioto-velvoitettaan.

Puhtaan kehityksen mekanismi käynnistettiin muita mekanismeja aikaisemmin jo vuonna 2001.

Päästökaupassa

sallitun päästömääränsä ylittänyt teollisuusmaa voi ostaa toiselta, sallitun päästömääränsä alittaneelta teollisuusmaalta päästöyksiköitä. Tarkoituksena on luoda päästökauppajärjestelmästä väline kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä aiheutuvien kustannusten alentamiseksi. Järjestelmän mukaisesti ne maat ja toimijat, joilla on vain vähän mahdollisuuksia taloudellisesti järkeviin päästörajoituksiin, voivat päästöoikeuksia muilta ostamalla olla vähentämättä omia päästöjä ja siirtää tarvittavat päästövähennykset toteutettaviksi sen sijaan siellä, missä rajoitukset ovat vähemmällä kustannuksella toteutettavissa.

Päästökauppa hyödynnetään myös yritysten päästöjen vähentämiseksi. Tällöin yritykset käyvät kauppaa päästökiintiöistä eli oikeudesta päästää kasvihuonekaasuja ilmaan. EU:n päästökauppajärjestelmä on maailman laajin, ja se käsittää noin puolet EU:n hiilidioksidipäästöistä.



sillä jatkossa tälle sektorille sovelletaan joulukuussa 2008 hyväksytyn direktiivin mukaan ainoastaan EU:n laajuista päästökattoa. Päästökaupan ulkopuolisilla sektoreilla on tavoitteena vähentää päästöjä vuoden 2006 35 miljoonasta hiilidioksiditonniin 30 miljoonaan hiilidioksiditonniin.

Strategiassa asetetaan tavoitteeksi, että kotimaisella sähköntuotantokapasiteetilla pystytään kattamaan tarve myös kulutushuipun ja mahdollisten tuontihäiriöiden aikana. Uuden tuotantokapasiteetin tarpeeksi on arvioitu 4000 megawattia (MW) vuoteen 2020. Strategia toteaa myös, että uuden tuotantokapa-

siteetin osalta etusijalle asetetaan vähäpäästöiset ja päästöttömät laitokset, kuten uusiutuvia energialhteita hyödyntävät sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitokset ja ympäristöllisesti hyväksyttävät vesi- ja tuulivoimalaitokset. Hallitus varautuu lisäydinvoiman rakentamiseen.

Kivihiiltä tarvitaan turvaamaan sähkön ja lämmön saanti

Kivihiilen saatavuus on hyvä

Kivihiiltä on yli 70 maassa kaikilla mantereilla. Suurimmat hiilivarat ovat USA:lla, Venäjällä, Kiinalla ja Intialla. Hiiltä arvioidaan olevan jäljellä lähes 150 vuodeksi nykyisellä kulutuksella. Riittävyys voi osoittautua suuremmaksikin, kun käyttöä tehostetaan ja uusia löytöjä tehdään.

Kivihiiltä louhitaan kaupallisesti yli 50 maassa. Vuosituotanto on runsaat 5 miljardia tonnia, minkä lisäksi ruskohiiltä louhitaan noin 900 miljoonaa tonnia. Suurimmat kivihiilen tuottajat on esitetty oheisessa taulukossa. Tuotannon arvioidaan nousevan 7 miljardiin tonniin vuonna 2030, eniten louhinnan arvioidaan kasvavan Kiinassa.

Ruskohiilen suurin tuottaja on Saksa. Kivihiilen tuotanto EU-maissa vuonna 2005 oli 280 miljoonaa tonnia, kysyntä puolestaan oli 460 miljoonaa tonnia. Suurin osa louhittua hiilestä käytetään tuottajamaissa, vain noin 16 % tuotannosta viedään. Suomessa käytetään vuosittain noin 5-7 miljoonaa tonnia hiiltä, joka tuodaan pääasiassa Venäjältä.

Kivihiilellä varmistetaan energian saatavuutta

Yhteiskunta on tullut entistä riippuvammaksi energian saatavuudesta ja energiajärjestelmien luotettavasta toiminnasta. Tältä osin vaatimukset ovat kasvaneet oleellisesti siitä, mitä pidettiin hyväksyttävänä vielä vuosikymmen aiemmin. Polttoaineiden,

Kivihiilen suurimmat tuottajat, viejät ja tuojat vuonna 2007

Suurimmat tuottajat		Suurimmat viejät		Suurimmat tuojat	
Maa	Tuotanto, milj. t	Maa	Vienti, milj. t	Maa	Tuonti, milj. t
Kiina	2 549	Australia	244	Japani	182
USA	981	Indonesia	202	Korea	88
Intia	452	Venäjä	100	Taiwan	69
Australia	323	Kolumbia	67	Intia	54
Etelä-Afrikka	244	Etelä-Afrikka	67	Iso-Britannia	50
Venäjä	241	Kiina	54	Kiina	48
Indonesia	231	USA	53	Saksa	46
Puola	90	Kanada	30	USA	33
Kazakstan	83	Vietnam	30	Italia	25
Kolumbia	72	Kazakstan	23	Espanja	24
Muu maailma	277	Muu maailma	47
				Suomi	5,7
				Muu maailma	267
Yhteensä	5 543	Yhteensä	917	Yhteensä	892

Lähde: IEA, Tilastokeskus

sähkön ja lämmön hankinnan turvaaminen on energiapolitiikan keskeisiä tavoitteita. Suomi on erittäin riippuvainen energian tuonnista, sillä enemmän kuin kaksi kolmasosaa energiasta tuodaan maamme rajojen ulkopuolelta.

Suomen energian hankinta on kansainvälisesti katsottuna hyvin monipuolista ja tasapainoista. Polttoaineita, maakaasua lukuun ottamatta, tuodaan kansainvälisiltä markkinoilta monista eri lähteistä.

Energiapolitiikan tavoitteena on säilyttää myös tulevaisuudessa monipuolinen, hajautettu ja tasapainoinen energiajärjestelmä.

Kivihiiltä käyttävät voimalaitokset turvaavat sähkön saantia

Laajat sähkökatkokset Euroopassa ja USA:ssa ovat herättäneet suurta huomiota ja osoittaneet, kuinka tär-



keää nyky-yhteiskunnassa on sähkön jakelun häiriötön toiminta. Tätä silmälläpitäen sähköhuollon varautumista poikkeusaikojen ja häiriöiden varalle on tehostettu. Energiahuollon varmistamiseksi Suomen oman tuotantokapasiteetin tulisi olla riittävää sellaisissakin tilanteissa, joissa sähkön tuonti naapurimaista ei olisi mahdollista poikkeuksellisten sää- tai muiden olosuhteiden vuoksi.

Vuoden 2008 lopulla julkaistun hallituksen energia- ja ilmastopoliittisen selonteon mukaan sähkön hankinta tulee ensisijaisesti perustaa Suomen omaan tuotantokapasiteettiin, vaikka yhtenäisillä sisämarkkinoilla sähkökauppaa käydäänkin yli rajojen. Laajamittainen ja pysyvä tuonti vähentää halukkuutta riittävän oman tuotannon rakentamiseen ja olemassa olevien voimalaitosten pitämiseen käyttökuntoisina. Tavoitteena tulee olla, että mahdolliset tuontihäiriöt huippukulutuksissa pystytään kattamaan riittäväällä omalla tuotannolla. Riittävän tuotantokapasiteetin säilymiseksi on ensiarvoisen tärkeää, että kivihiiiltä käytäviä voimalaitoksia voidaan käyttää sähkön tuotannossa normaaleinakin aikoina vara- ja huipputehotarpeisiin.

Energiahuollon varmistaminen on ensiarvoisen tärkeää

Tuontipolttoaineiden - kivihii, maakaasu, öljytuotteet - mahdollisten saantiongelmien takia ja Suomen huoltovarmuuden turvaamiseksi polttoaineita varastoidaan huoltovarmuusvarastoihin. Huoltovarmuuden kannalta on oleellista, että tarvittavaa polttoainetta voidaan varastoida teknisesti ja taloudellisesti Suomessa ja että varastoitua polttoainetta voidaan käyttää olemassa olevissa voimalaitoksissa. Lisäksi on tärkeää, että polttoainetta on helppo kuljettaa.

Suomessa varastointivaroja on asetettu sekä suurille energiankäyttäjille että maahantuojille. Nykyisin huoltovarmuuspolttoaineena käytetään yleisimmin öljytuotteita. Niillä katetaan 80 % huoltovarmuudesta. Öljytuotteita voidaan käyttää nykyisissä voimalaitoksissamme polttoaineena, usein täyteen tehoon asti.

Polttoaineiden saatavuusnäkömät

Kansainvälisesti suurin huoli on ollut öljyn saatavuuden varmistamisesta. Maailman öljyvarat ovat rajalliset ja vähitellen on siirrytty tuottamaan öljyä yhä vaikeammassa olosuhteissa. Samanaikaisesti öljyntuotannon painopiste on yhä enemmän siirtynyt poliittisesti epävakaille alueille.

Myös maakaasun saannin varmuus on noussut aiempaa suuremman huomion kohteeksi. Pitemmällä aikavälillä EU:n ja muun Euroopan kaasuhuolto joutuu tukeutumaan yhä enemmän kaasun tuontiin. Kaasun tuonnin monipuolistamiseksi EU:lla ja sen jäsenmailla sekä yrityksillä on

useita hankkeita rakentaa uusia putkiyhteyksiä Kaakkois-Euroopassa ja Välimeren alueella. Merkittävimmät tuontilähteet ovat jatkossakin Venäjä ja Pohjois-Afrikka. Maakaasun käyttö huoltovarmuuspolttoaineena ei ole mahdollista ilman mittavia investointeja maakaasuvarastoihin, joita ei ole suunniteltu Suomeen.

Turvetta käytetään jossain määrin korvaamaan biopolttoaineita kovilla pakkasilla ja vaikeina talvina, kun biopolttoaineiden saanti metsästä vaikeutuu. Turpeen heikkouksia ovat pieni energiatiheys, varastotappiot sekä riippuvuus sääoloista tuotannossa. Turvetta ja biopolttoaineita käytävillä voimalaitoksilla pitää olla varapolttoaineina kivihiiiltä tai polttoöljyä siltä varalta, että turpeen tai biomassan saanti loppuu. Hiilellä on mahdollisuus korvata turvetta useimmissa turvetta käyttävissä voimalaitoksissa, osassa täyteen tehoon asti.

Kivihiihisähkön tuotantojärjestelmän ylläpito poikkeusolojen varalta edellyttää, että tuotantojärjestelmän on oltava toiminnassa normaaleinakin aikoina riittäväällä tasolla. Kivihiihi sopii erinomaisesti varmuuspolttoaineeksi.

Kivihiihen edut

- *Kivihiihen varannot ovat suuria ja niitä on myös poliittisesti vakaille alueille.*
- *Kivihiiiltä löytyy lähes kaikkialta maailmasta niin teollisuusmaista - myös EU-maista - kuin kehittyvistäkin maista.*
- *Kivihiihellä on toimivat maailmanmarkkinat.*
- *Kivihiihi on ominaisuuksiltaan ylivoimainen reservipolttoaine ja nopeasti käyttöönotettavaa kivihiiivoimaa tarvitaan paitsi Suomessa, myös koko pohjoismaisella sähkömarkkina-alueella vastaamaan vesija tuulivoimantuotannon vaihteluun.*
- *Kivihiiiltä tarvitaan biopolttoaineita käytävillä yhteistuotantolaitoksilla huoltovarmuuspolttoaineena.*
- *Kivihiiiltä kuljetetaan pääasiassa laivoilla ja junilla. Sen kuljettaminen maasta toiseen ei tapahdu kriisiherkkiä putkilinjoja pitkin.*
- *Kivihiihen varastointi hiilikaivoksilla ja käyttöpaikoilla on helppoa eikä aiheuta vaaraa ympäristölle.*

Kivihiihi

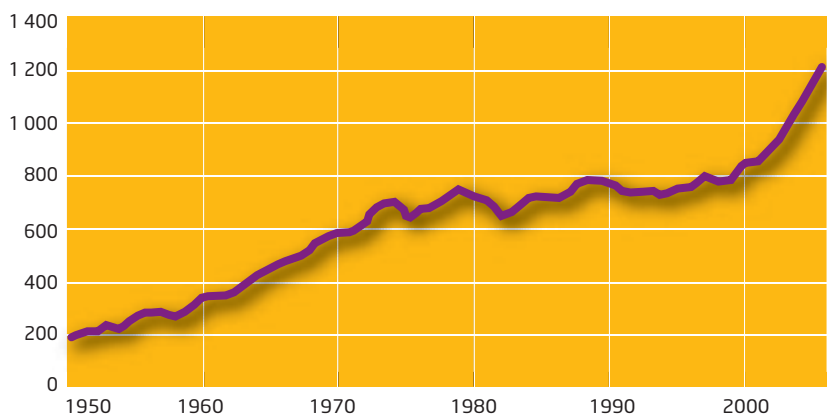
raudan ja teräksen valmistuksessa

Maailman teräksen tuotannosta lähes kaksi kolmannesta tuotetaan raakauradasta, jota tuotetaan kivihiilestä valmistettua koksia käyttävissä masuuneissa. Noin kolmannes teräksestä tuotetaan sähköä käyttävissä valokaariuuneissa, joissa raaka-aineena on kierrätysteräs. Teräksessä on noin 98 % rautaa, loppuosa on hiiltä ja muita seosaineita. Hiili on teräksen tärkeimpiä seosaineita.

Teräksen käyttö on ollut voimakkaassa kasvussa 2000-luvulla ja vuosituotanto on kasvanut kymmenessä vuodessa yli 50 %.

Teräksen tuotanto maailmassa 1950-2006

Miljoonaa tonnia



Lähde: World steel in figures

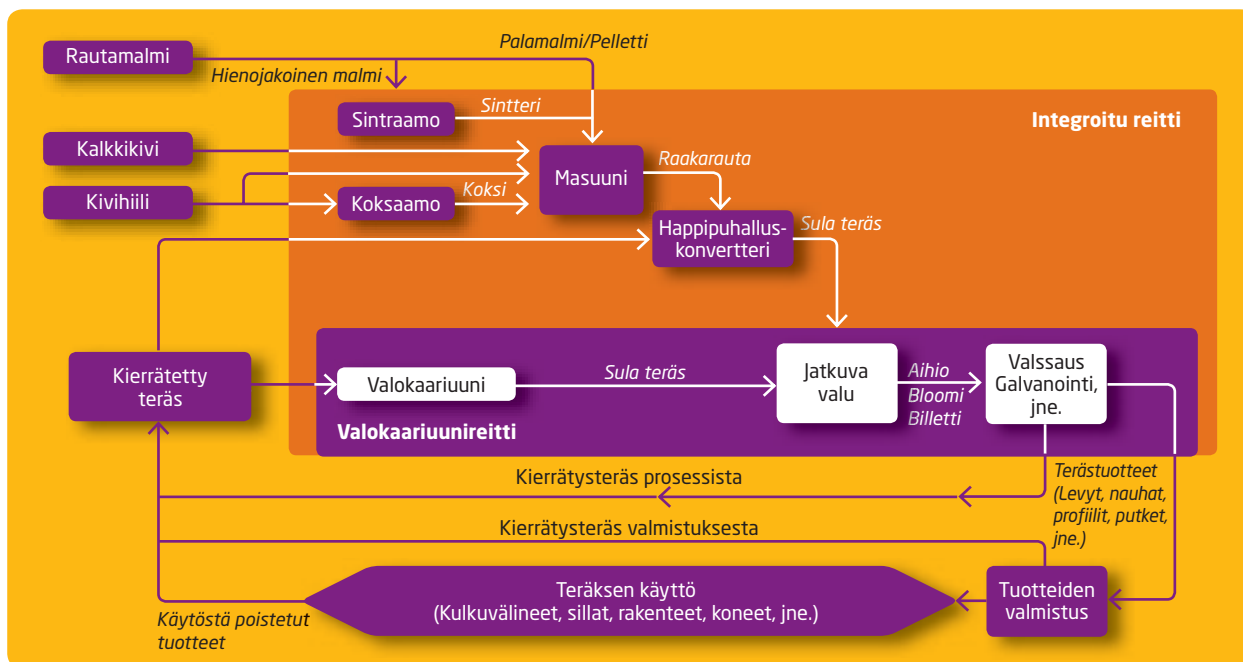
Tuotanto on kasvanut voimakkaasti 2000-luvulla.

Rautaa valmistetaan masuunissa rautamalmin jalosteista koksien avulla

Masuuniin syötetään rautapellettiä tai rautapitoista sintrattua malmia, koksia ja kuonanmuodostajia kuten kalkkikiveä. Masuuniprosessiin sopivan koksien valmistuksessa tarvitaan kivihiiltä, jolla on erityisiä ominaisuuksia, muun muassa alhainen rikki- ja fosforipitoisuus. Koksien raaka-aineena hyödynnetään erityyppisten kivihiilien ominaisuuksia, joiden avulla saadaan laatuvaatimukset täyttävää koksia. Tyypillisesti koksiin käytetään 3-7 eri hiililajia, jotka valitaan masuunin tuottavuutta ja toimintavarmuutta ajatellen. Hiilen lämpöarvolla ei ole merkitystä koksautuvissa kivihiilissä.

Koksaus on kuivatusprosessi, jossa kivihiiltä kuumennetaan

Kivihili teräksen valmistuksessa ja teräksen kierrätys



Lähde: World Steel Association

Teräksen valmistus happipuhalluskonvertterissa masuunin raakarautasta ja kierrätysteräksestä valokaariuunissa.

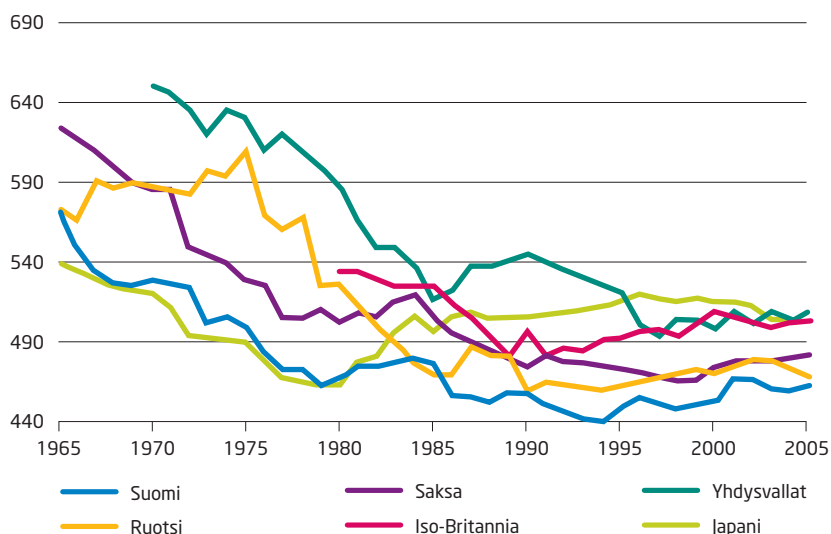
hapettomassa tilassa. Koksi sisältää hiiltä noin 88 %, loppu on käytännössä tuhkaa (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO).

Metallurgiselta koksilta vaadittavat ominaisuudet

- suuri kappalekoko (lisää kaasunläpäisevyyttä masuunissa)
- riittävä lujuus (kylmä- ja kuumalujuus, joka lisää kaasunläpäisevyyttä ja vähentää koksien kulutusta)
- masuuniolosuhteisiin sopiva reaktiivisuus (masuuniolosuhteissa koksien tulee säilyä kappalemuodossa mahdollisimman pitkään)
- alhainen tuhkapitoisuus (lisää kapasiteettia ja vähentää koksien kulutusta)
- alhainen kosteus

Masuuniprosessin tehostuminen 1965-2005

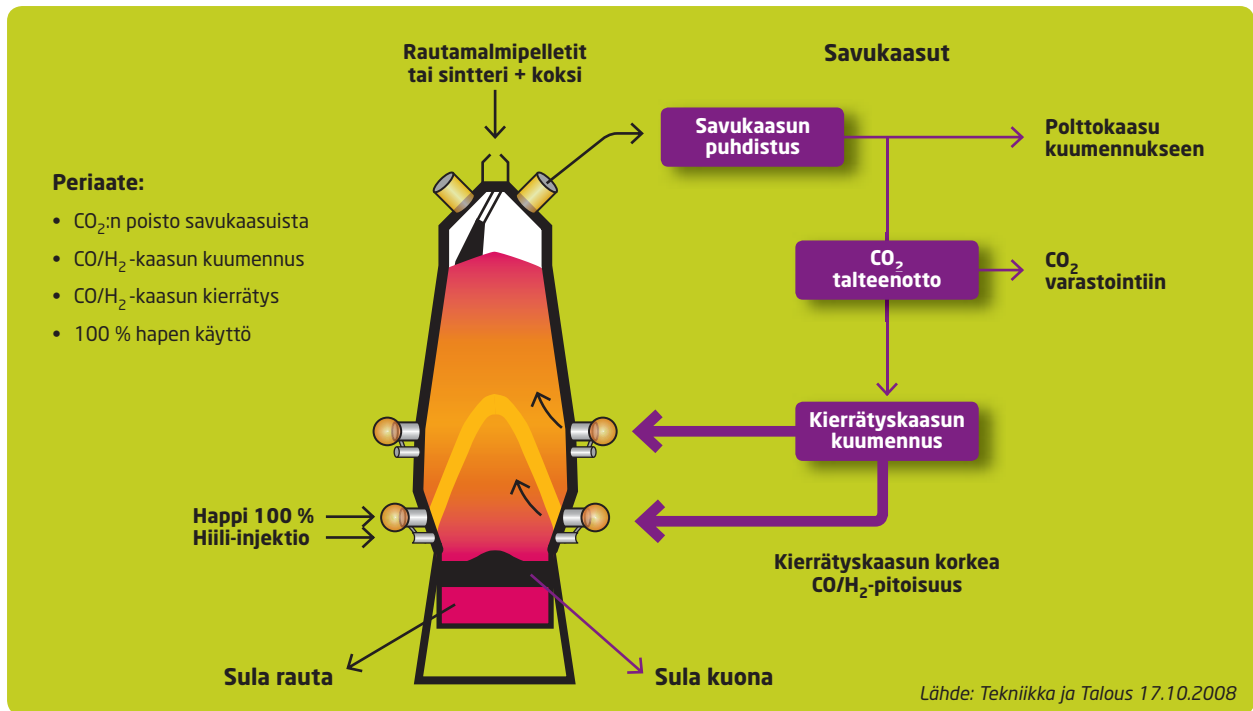
Koksi + öljy + kivihilli, kg/t raakarautaa



Lähde: Metallinjalostajat ry

Masuuniprosessin tehostuminen 40 vuoden aikajaksolla näkyy 20-30 %:n laskuna pelkistysaineen (koksi + öljy + kivihilli) käytössä.

Masuunikaasun kierrätys happimasuunissa



Masuunikaasun kierrätysten avulla tapahtuvan prosessin tehostamisen lisäksi ULCOS-ohjelmassa selvitetään muun muassa maakaasun, biomassan ja vedyn käyttöä teräksen tuotannossa kivihiilen sijasta. Myös hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia tutkitaan hiileen perustuvassa teräksen valmistuksessa.

Masuunissa raaka-aineet kuumennetaan, jolloin koksista vapautuu hiilimonoksidia, jolla rautaoksideista muodostunut malmi pelkistetään. Pelkistymisreaktiossa koksissa sisältämä hiili riistää metallioksideista hapen hapettuen itse ensin hiilimonoksidiksi ja edelleen hiilidioksidiksi ja pelkistäen oksidit vapaiksi metalleiksi. Yhteen tonniin rautaa tarvitaan noin puoli tonnia hiiltä. Prosessien kehittyminen on pienentänyt hiilen kulutusta noin 20 % viime vuosikymmeninä. Raudan lisäksi masuunissa muodostuu kuonaa, joka voidaan hyödyntää sementin valmistuksessa tai maanrakennuksessa.

Teräksessä on noin 98 % rautaa, loppuosa on hiiltä ja muita seosaineita. Hiili on teräksen tärkeimpiä seosaineita. Suuri hiilipitoisuus nos-

taa teräksen lujuutta ja maksimilujuus saavutetaan noin 0,6 %:n pitoisuudella, mutta matala hiilipitoisuus parantaa teräksen sitkeyttä. Teräksen lujuudella on vaikutusta lopputuotteiden energiankulutukseen ja hiilidioksidipäästöihin. Korkealujuusteräksen käytöllä voidaan esimerkiksi rakentaa kuljetusvälineitä kevyempiä ja näin alentaa niiden polttoaineenkulutusta.

Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi terästeollisuudessa

Terästeollisuus tuottaa lähes 4 % maailman hiilidioksidipäästöistä. EU:ssa myös terästeollisuus kuuluu päästökaupan piiriin. Terästeollisuus on energiankäyttöä tehostamalla pystynyt vähentämään hiilidiok-

sidipäästöjä noin 50 % 40 vuoden takaisesta. Lisävähennyksiä haetaan yhteistyössä ULCOS-ohjelmassa (Ultra Low CO₂ Steelmaking), jossa on mukana 48 yritystä, myös Suomen terästeollisuus. Ohjelma on käynnistetty vuonna 2004 ja tähtäimessä on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen jopa puoleen. Tavoitteena on tehdä demonstraatioprojekti ainakin yhteen terästehtaaseen vuoteen 2012 mennessä.

Potentiaalisin hiilidioksidipäästöjen vähentämiskeino on masuunissa syntyvän masuunikaasun kierrättäminen uudestaan prosessiin pelkistämään rautaa. Kaasun ominaisuuksia voidaan parantaa erottamalla siitä hiilidioksidi. Jos tämä voidaan tehdä taloudellisesti, päästään masuuniprosessissa hiilidioksidipäästöjen puolittamiseen.

Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (carbon capture and storage, CCS)

Hiilidioksidi on teollisuuskaasu, jonka erottaminen ja talteenotto on yleistä petrokemian teollisuudessa ja joissakin kemianteollisuuden prosesseissa. Hiilidioksidin erotus pumpattua maakaasusta on ollut normaalia toimintaa jo pitkään. Joillain kaasukentillä erotettu kaasu on pumpattu takaisin. Tässä hyötynä on kaasukentän paineen säilymisen takia parempi kaasun saanto. Tätä tekniikkaa on käytetty Pohjanmerellä, Kanadassa ja Algeriassa.

Myös voimalaitosten savukaasujen hiilidioksidi on mahdollista ottaa talteen polttoaineesta riippumatta. Jo kaupallisessa käytössä olevissa talteenottomenetelmissä palamisprosessissa syntynyt hiilidioksidi joko nesteytetään savukaasupesurissa tai sidotaan kemiallisesti sopi-

vaan mineraaliin. Vastaavasti kaasutusprosesseissa polttoainekaasun hiilidioksidi voidaan poistaa pesurissa ennen palamisprosessia.

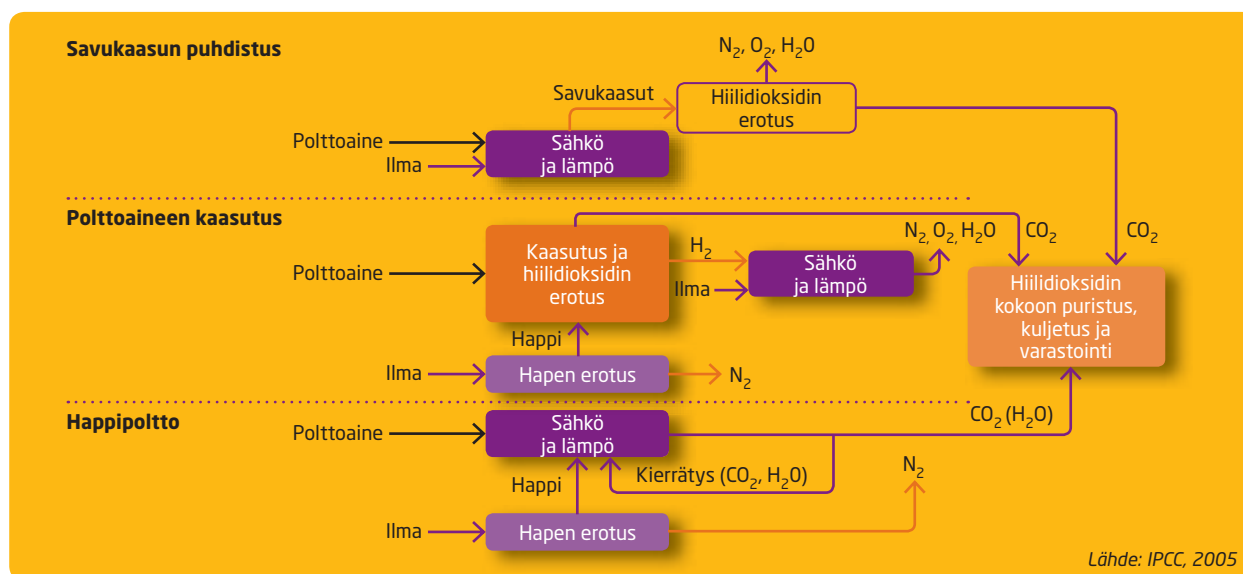
Hiilidioksidin erottamisen voimalaitoksen savukaasuista tekee ongelmalliseksi käsiteltävien kaasujen suuri määrä ja hiilidioksidin pieni pitoisuus savukaasuissa. Erottaminen vaatii paljon energiaa ja pienentää siten saatavaa hyötynä energiaa. Erottamisen lisäksi ratkaistavana on myös loppuvarastoinnin menetelmiin liittyviä teknisiä ja pitkäaikaisvarastoinnin turvallisuuteen liittyviä ongelmia. Teknisten ongelmien lisäksi on ratkaistava joukko hallinnollisia ongelmia ennen kuin hiilidioksidin erottaminen voi muuttua normaaliksi toiminnaksi. Hiilidioksidin talteenotolle ja varastoin-

nille on tarkoitus saada vastaava asema hiilidioksidin vähentämistoina kuin Kioton pöytäkirjassa vahvistetuilla joustomekanismeilla.

EU on luomassa ohjelmaa hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin

EU on julkistanut ohjelman, jolla pyritään lähes päästöttömään hiilivoimaan vuoteen 2020 mennessä. Ohjelmaan kuuluu erotus- ja varastointimenetelmien demonstrointi. Suunnitelmissa on aloittaa kymmenestä kahteentoista suurta kokeiluprojektia vuoteen 2015 mennessä. Suomessa pyritään saamaan Meri-Porin voimalaitos yhdeksi näistä koelaitoksista. Vuoden 2020 jäl-

Hiilidioksidin erotus voimalaitosprosessissa



Periaatteellisia menetelmiä hiilidioksidin erottamiseksi; savukaasun puhdistus, fossiilipolttoaineen kaasutusprosessi ja happipolttu.

keen rakennettavien uusien hiiltä käyttävien voimalaitosten on määrä olla valmiita hiilidioksidin poistoon. Tähän valmiuteen kuuluu sopivien menetelmien selvittäminen, poistolaitokselle tarvittavat tilavaraukset sekä mahdollisten varastointivaihtoehtojen selvittäminen.

EU on päättänyt joulukuussa 2008 direktiivistä hiilidioksidin geologiseksi varastoinniksi. Direktiivi määrittelee geologisen varastoinnin tavoitteeksi hiilidioksidin pysyvän eristämisen ja kieltää varastoinnin merien syvänteisiin. Edelleen direktiivissä määritellään sijoituspaikan käyttöä koskevat ehdot ja niiden tutkimista koskevat säännökset.

Hiilidioksidin erottaminen - jälkipuhdistusta tai prosessimuutoksia

Periaatteessa menetelmät hiilidioksidin erottamiseksi voidaan jakaa ennen polttoa tapahtuviin ja polton jälkeen tapahtuviin. Polttoai-

neen käsittelyllä ennen polttoa saadaan käsiteltävien kaasujen määrää pienennettyä. Samaan tähtää ns. happipolttokonsepti, jossa ilmasta erotetaan happi ja sitä käytetään poltossa. Näin savukaasumäärät pienenevät ratkaisevasti ja hiilidioksidin pitoisuus kasvaa. Ennen polttoa tapahtuva erottaminen sopii paremmin uusille laitoksille ja polton jälkeen tapahtuva vanhoille laitoksille. Erityyppisille polttolaitoksille - pölypoltto, leijupeti, kombivoimalaitos, kaasuturbiini - sopivat eri menetelmät. Teräs- ja sementtiteollisuuden prosessit vaativat myös omat erotusmenetelmänsä.

Palamisprosessin jälkeisellä erottamisella on mahdollista saada talteen jopa noin 90 % hiilidioksidipäästöstä. Talteenotto pienentää voimalaitoksen hyötysuhdetta 11-14 prosenttiyksikköä verrattuna tilanteeseen ilman hiilidioksidin talteenottoa. Uuden voimalaitoksen rakentamisen kustannukset nousevat 50-80 % ja tuotantokustannukset 40-70 %. Jälkiasennuksessa

olemassa olevaan voimalaitokseen vaaditaan suuria muutoksia sekä savukaasu- että höyrypiiriin.

Kaasutusprosessiin liittyvässä polttoainekaasun konvertoinnissa voidaan tuottaa hiilidioksidia ja vetyä. Vety johdetaan polttoon kaasuturpiinille, kun taas hiilidioksidin loppusijoitetaan. Uuden voimalaitoksen rakentamisen kustannusten arvioidaan nousevan 30-80 %. Laitoksen hyötysuhde alenee noin 7-11 prosenttiyksikköä.

Mahdollisia loppusijoituspaikkoja ovat hyödynnetyt öljy- ja maakaasulähteet ja sopivat maaperän kerrostumat. Suurin varastointipotentiaali arvioidaan olevan syvällä maaperässä suolavesikerrostumissa, jotka voivat olla maan alla tai meren alla. Ympäristösyistä ei pidetä hyväksyttävänä hiilidioksidin sijoittamista merien syvänteisiin. Kuljetusvaihtoehtoina ovat putkikuljetus ja kuljetus laivoilla. Maailman mittakaavassa putkikuljetus tulee olemaan pääasiallinen kuljetusmuoto, Suomessa kyseeseen tulee lähinnä laivakulje-

Arvioidut hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kustannukset



Kallein vaihe on hiilidioksidin erotus savukaasuista, sen osuus kustannuksista on jopa yli puolet, kuljetus ja varastointivaiheen kustannukset ovat edullisimmissa tapauksissa noin 10 % kokonaiskustannuksista.



tus. Molemmassa vaihtoehdoissa hiilidioksidi kuljetetaan nesteytettynä kovan paineen alaisena.

Varastoinnissa maaperään hiilidioksidi pumpataan suuressa paineessa huokoiseen kerrostumaan, jossa se syrjäyttää raskaampaa suolavettä. Tällaiset kerrostumat ovat noin 1–3 km:n syvyydessä. Hiilidioksidin sijoittamiseen sopivissa kerrostumissa tulee huokoisen kiven päällä olla tiivis kerros esimerkiksi savea. Varaston pitävyys perustuu lyhyellä aikavälillä tähän läpäisemättömään kerrokseen ja hiilidioksidin sitoutumiseen huokoiseen kiveen. Tuhansien vuosien kuluessa hiilidioksidi liukenee veteen ja reagoi kemiallisesti mineraalien kanssa, jolloin varastoinnin varmuus paranee.

Hiilidioksidin erottamisella voidaan päästä merkittäviin kasvihuonekaasujen päästövähennyksiin globaalisti. IEA on arvioinut sen olevan kolmanneksi tehokkain tapa torjua ilmastonmuutosta. Sen mahdollinen osuus voi

näiden arvioiden mukaan olla noin 14 % vuonna 2030 tarvittavasta noin 8 miljardin CO₂-tonnin päästövähennyksestä ja lähes 20 % vuonna 2050 tarvittavasta noin 48 miljardin tonnin päästövähennyksestä.

Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin riskit

Keskeinen kysymys hiilidioksidin talteenotossa ja varastoinnissa on varastoidun hiilidioksidin vuotomahdollisuus, vuodon suuruus ja seuraukset. Riskien hallitsemiseksi EU:n direktiiviehdotus määrittelee tarkasti sijoituspaikalle asetettavat vaatimukset ja sijoituksen turvallisuuden selvittämiseksi tehtävät tutkimukset. Suurimmat tunnistetut riskit ovat:

- Pohjaveden saastuminen (vuotanut hiilidioksidi voi tehdä pohjavedestä happamampaa mikä voi johtaa raskasmetallien liukenemiseen).

- Vuotanut hiilidioksidi voi kerääntyä notkelmiin ja aiheuttaa vahinkoja ihmisille ja eläimille.
- Pitkäaikainen vuoto edistää ilmastonmuutosta.

Ympäristöriskien suuruus riippuu hiilidioksidin sijoituspaikan ominaisuuksista. Sijoituspaikkaselvitysten osana tehtävillä ympäristövaikutusarvioilla pyritään löytämään sopivimmat paikat. Teknisillä selvityksillä pyritään varmistamaan turvallisimmat ratkaisut. Näitä etsitään laajoissa tutkimusohjelmissa. Kokemuksia hiilidioksidin varastoinnista on 1990-luvun alusta Norjan kaasukentiltä.

Mahdollisten suorien ympäristövaikutusten lisäksi hiilidioksidin talteenotto ja varastointi lisää veden ja raaka-aineiden kulutusta ja kuljetuksia ja alentaa energiatuotannon hyötysuhdetta. Näitä vaikutuksia vähennetään valitsemalla kuhunkin tuotantotekniikkaan ja laitospaikkaan parhaiten soveltuvat ratkaisut.

Kivihiilen käytön muiden ympäristövaikutusten vähentäminen

Lupamenettelyt

Kivihiili sisältää alkuainehiilen lisäksi pieniä määriä rikkiä, typpeä, happea, vetyä ja raskasmetalleja. Hiilen poltossa lämmön lisäksi vapautuu hiilidioksidia, hiilivetyjä, typen ja rikin oksideja ja hiukkasia. Vapaasti ympäristöön päästettynä nämä aiheuttaisivat terveyshaittoja, maaperän ja vesistön happamoitumista ja rakenteiden korroosiota. Hiukkasten ja kaasumaisten päästöjen poistamiseksi on kehitetty tehokkaita menetelmiä, joilla hallitaan vaikutukset ilmanlaatuun, maaperään ja vesistöihin. EU-maissa on voimassa yhtenäiset vaatimukset epäpuhtauspäästöjen hallinnasta. Tässä keskeisiä ovat lupamenettelyt ja vaatimus parhaan käyttökelpoisen tekniikan käyttämisestä.

Viime vuosikymmenten aikana puhdistustekniikan kehittyminen on vähentänyt rikin ja typen oksidien teolliset päästöt murto-osaan entisestä. Näin myös metsien ja vesistöjen happamoitumisvauriot ovat vähentyneet.

YVA-menettely ja ympäristölupa

Uusien suurten ympäristöön vaikuttavien laitosten rakentamista suunnittelevien on tehtävä hankkeestaan ympäristövaikutusten arviointi ennen ympäristöluvan hakemista. YVA on tehtävä muun muassa kattila- tai voimalaitoksille, joiden suurin polttoainetehto on vähintään

300 MW. Lisäksi YVA-velvollisia hankkeita ovat kooltaan vastaavat nykyisten toimintojen muutokset. Polttoaineteholtaan yli 5 MW kattilaja voimalaitokset tarvitsevat ympäristöluvan toiminnalleen.

Suurten polttolaitosten direktiivi

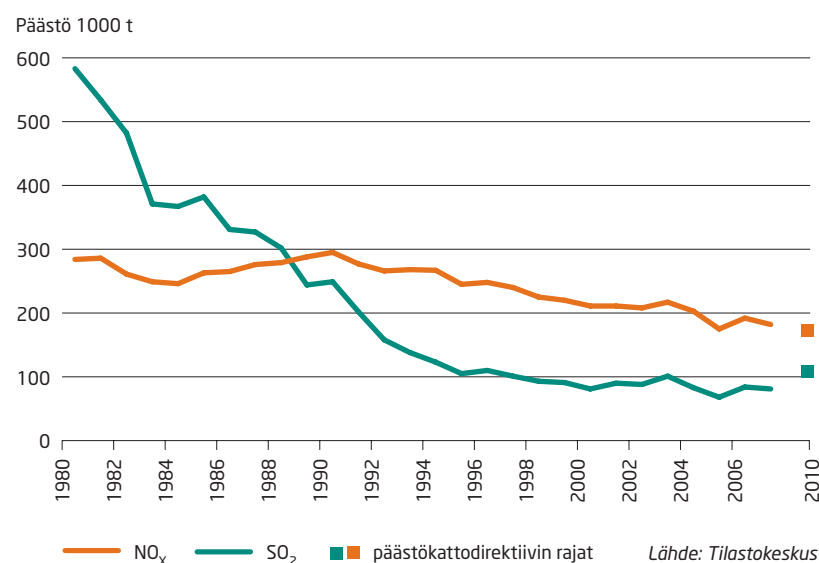
EU:n direktiivi suurien polttolaitoksien savukaasupäästöjen rajoittamisesta on Suomessa pantu täytäntöön vuonna 2002 suurien polttolaitoksia koskevalla LCP -asetuksella (Large combustion plant). Tässä asetuksessa annetaan polttoaineteholtaan

yli 50 MW polttolaitoksille rikkidioksidin, typenoksidien ja hiukkasten päästöraja-arvot sekä säädetään muun muassa savukaasupäästöjen tarkkailusta ja poikkeuksellisista tilanteista, kuten savukaasun puhdistinlaitteiden häiriöistä.

Paras käyttökelpoinen tekniikka, BAT (Best available technique)

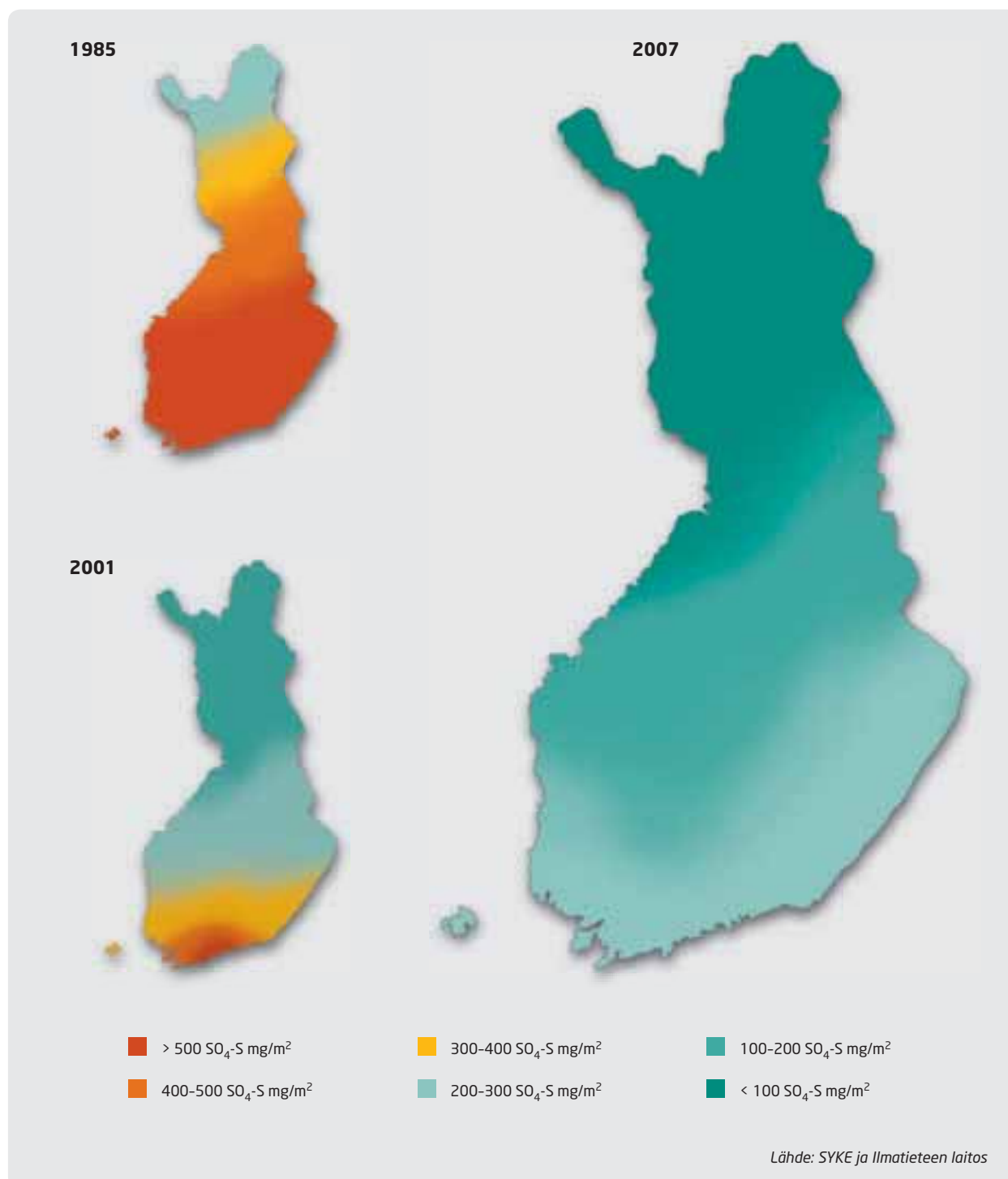
EU:n direktiivi ympäristön pilaantumisen ehkäisemisen ja vähentämisen yhtenäistämiseksi edellyttää parhaan käytettävissä olevan tekniikan käyttämistä toiminnoissa, jotka saat-

Rikin ja typen oksidien päästöt Suomessa 1980-2007



Rikin oksidit saatiin savukaasujen puhdistustekniikan kehittymisen vuoksi selvään laskuun jo 1980-luvulla, typenoksidit 1990-luvulla.

Sulfaattirikin laskeuma Suomessa 1985, 2001 ja 2007



tavat aiheuttaa ympäristön pilaantumista. Direktiivi on pantu täytäntöön Suomessa pääosin ympäristönsuojelulailla, jonka mukaan päästöraja-arvoa sekä päästöjen ehkäisemistä

ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan, mutta lupamääräyksissä ei kuitenkaan saa velvoittaa käyttämään vain tiettyä

määrättyä tekniikkaa. LCP-asetukseen on vuonna 2005 tehty muutos, jonka mukaan lupamääräys voi olla asetuksessa säädettyä vähimmäisvaatimusta ankarampi, jos parhaan



käyttökelpoisen tekniikan noudattaminen sitä edellyttää. BAT-ohjeistuksena annetaan päästörajoitusten lisäksi myös tavoitteet energiantuotantolaitosten hyötysuhteelle.

Happamoittavia päästöjä on vähennetty

Happamoittava laskeuma muodostuu ilmaan päässeistä rikin ja typen oksideista (SO₂ ja NO_x) sekä ammoniakista (NH₃). Näistä rikin ja typen oksidit muodostavat suoraan rikki- ja typpihappoa reagoiessaan veden kanssa ilmassa tai viimeistään maan kosteudessa. Ammoniakki ei itsessään ole hapan yhdiste, mutta se hapettuu herkästi nitriiteiksi (NO₂) tai nitraateiksi (NO₃) ja muuttuu sitä kautta happamaksi.

Energiantuotannossa rikki on otettu talteen

Rikkipäästöjen vähentämistä koskeva ensimmäinen kansainvälinen sopimus allekirjoitettiin 1985. Euroopan rikkipäästöt vähenivät 60 % vuosina 1980-2000. Kaukokulkeuman vähentyessä rikkilaskeuma on selvästi pienentynyt niin Suomessa kuin muuallakin Euroopassa. Suomen mittausase-

milla rikin laskeuma on vähentynyt 1980-luvun lopulta 50-60 %.

Typpiyhdisteiden kohdalla päästöjen vähennys ei ole ollut yhtä suurta. Typen päästöistä yli puolet aiheutuu liikenteestä. Typen oksidien ja ammoniakkin päästöt ilmaan olivat Euroopassa korkeimmillaan 1980-luvun lopussa, mistä ne vähenivät vuoteen 2000 mennessä 25 ja 13 %. Sähkön ja lämmön tuotannossa käyttöönotetut Low-NO_x-polttimet ovat vähentäneet energiantuotannon typpioksidipäästöjä. Suomen typpilaskeuma on pienentynyt 1980-luvun lopulta 30-40 %. Etelä- ja Keski-Suomessa typen oksidien ja ammoniakkin yhteenlaskettu laskeuma on nykyisin suurempi kuin rikin laskeuma.

Pienhiukkas- ja raskasmetallipäästöt kurissa

Suomessa sähkön ja kaukolämmön tuotannon pienhiukkaspäästöt ovat alle kymmenesosa kaikista Suomen pienhiukkaspäästöistä, koska hiukkasten erotus on keskitetyssä energian tuotannossa erittäin tehokasta. Merkittävimmät pienhiukkasten lähteet ovat liikenne ja puun pienpoltto. Osa hiukkasista kulkeutuu Suomeen kauempaa. Pienhiukkaset altistavat hengityselin- ja sydänsairauksille.

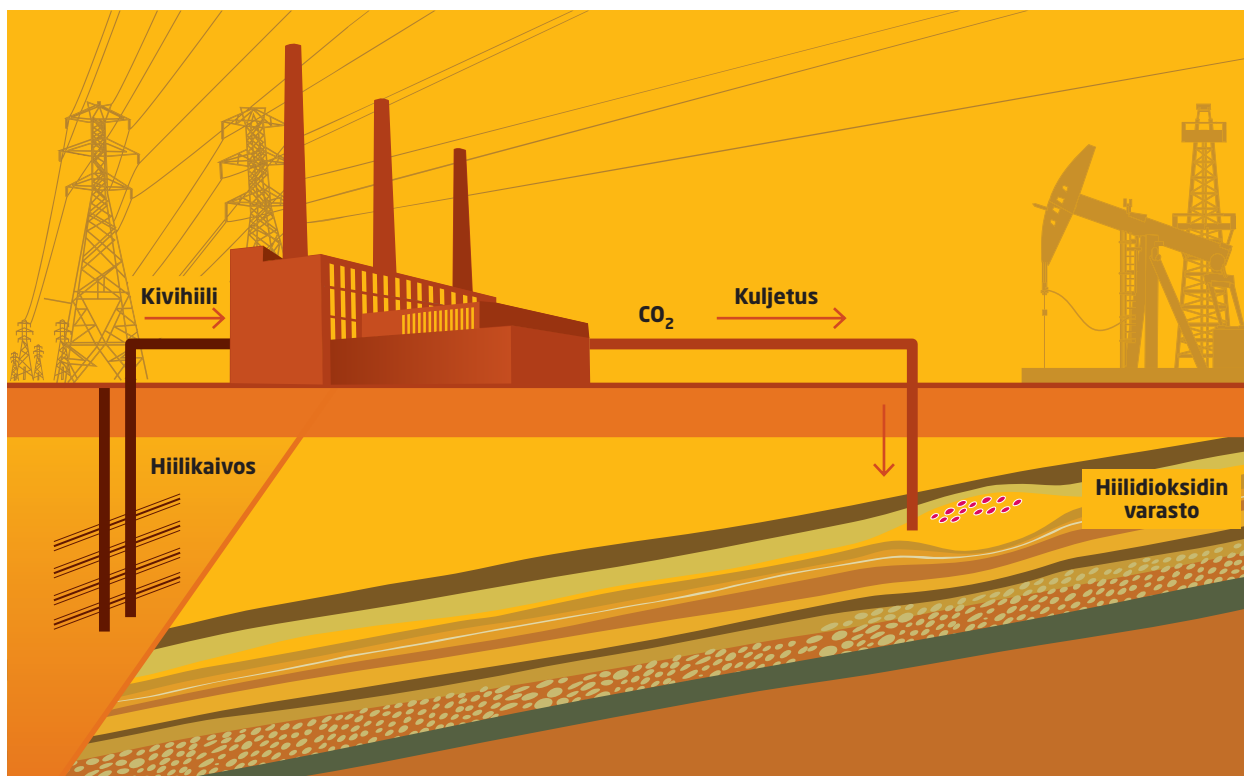
Nykyisen tietämyksen mukaan vaarallisimpia ovat tuoreet polttoperäiset hiukkaset, joille altistutaan esimerkiksi liikenteessä ja pienpolttolaitteiden välittömässä läheisyydessä. Hiukkaspäästöjen vähentämiseksi Suomen kivihiltä käyttävissä polttolaitoksissa on laitteet - sähkösuodattimet, letkusuodattimet tai pesurit - joilla hiukkaset saadaan tehokkaasti poistettua savukaasuista.

Sivutuotteet käytetään hyödyksi

Kivihillen poltossa syntyy pohjatuuhkaa ja -kuonaa sekä lentotuhkaa. Rikinpoistossa syntyy muun muassa kipsiä, johon rikkidioksidi on sitoutunut. Kipsi käytetään lähes kokonaan hyödyksi rakennuslevyjen raaka-aineena sekä kenttien ja teiden rakenteissa ja kaivosten ja luolien täyttömateriaalina.

Pohjatuuhka on kivihillikattilassa painovoiman vaikutuksesta alas putoavaa tuuhkaa. Lentotuuhka taas tarkoittaa savukaasujen mukana leijuvia palamattomia hiukkasia. Suomessa tuhkasta, kipsistä ja kuonasta hyödynnetään 60-80 % maarakennuksessa sekä betonin, sementin, kipsilevyteollisuuden ja asfaltin raaka-aineena. Tuhkan hyötykäyttöä kehitetään jatkuvasti.

Hiilenkäytön tulevaisuus



Hiilen kierto suljetaan, kun hiilidioksidin talteenotto ja varastointi saadaan yleiseen käyttöön.

Kivihiilen käytön jatkaminen tulevaisuudessa ilmastohaittoja aiheuttamatta perustuu hiilidioksidin sitomiseen ja sijoittamiseen siten, että se ei pääse vapautumaan ilmakehään. Erotettu hiilidioksidi voidaan sijoittaa tyhjeneviin öljy- ja kaasukenttiin tai syväällä maaperässä oleviin suolavesikerrostumiin. Sijoituspaikat voivat olla maan alla tai meren alla.

Suomessa ei ole hiilidioksidin varastointiin sopivia vanhoja öljy- ja kaasulähteitä eikä suolavesikerrostumia. Erotettu hiilidioksidi joudutaankin todennäköisimmin kuljettamaan muualle loppusijoitettavaksi. Lähimmät

mahdolliset alueet sijaitsevat Latviasa, Tanskassa, Puolassa, Saksassa ja Pohjanmerellä. Näiden kapasiteetista ei vielä ole kattavia tietoja. Arvioiden mukaan sijoitusmahdollisuuksia näillä alueilla voi olla muutamalle tuhannelle miljoonalle tonnille hiilidioksidia.

Maaperän kerrosten lisäksi hiilidioksidi voidaan sitoa teollisuuden sivutuotteisiin, kuten terästehtaiden kuonaan ja kaivosteollisuudesta syntyviin jättekiviin. Tässä menetelmässä sivukivistä ja kuonasta voidaan tuottaa magnesium- ja kalsiumkarbonaattituotteita. Ne ovat vaarattomia mineraaleja, jotka muodostuvat

hiilidioksidin sitoutuessa lähtöaineisiin. Menetelmää on tutkittu myös Suomessa. Hiilidioksidin sitomisessa mineraaliin on ongelmana prosessien toistaiseksi huono hyötysuhde, karbonaattien valmistus tuottaa hiilidioksidia enemmän kuin hiilidioksidia saadaan talteen. Toisena ongelmana on raaka-aineena tarvittavien ja prosessissa syntyvien mineraalien määrä. Näistä syistä sitominen mineraaleihin onkin käyttökelpoisinta pienkehöissä laitoksissa ja vain jos tarvittavien mineraalien ja hiilidioksidia sitovan lopputuotteen kuljetusmatkat eivät ole pitkiä.

Sanastoa

Fossiiliset polttoaineet	ovat muodostuneet eloperäisistä aineista. Tärkeimpiä fossiilisia polttoaineita ovat kivihiili, öljy, maakaasu ja ruskohiili.
Kivihiili	on palavaa orgaanisesta aineksesta sedimentoitunutta kiveä ja koostuu pääasiassa hiilestä, vedystä ja hapestä. Kivihiili on muodostunut kasviaineksesta joka on paineen ja lämmön vaikutuksesta kivettyynyt vuosimiljoonien kuluessa. Ruskohiili ja antrasiitti ovat kivetymisprosessin eri vaiheista peräisin olevaa hiiltä.
Koksi	saadaan kuumentamalla kivihiilestä hapettomassa tilassa eli kuivatislaamalla. Koksi on kivihiiltä puhtaampaa ja lämpöarvoltaan parempaa polttoainetta. Tärkein koksen käyttömuoto on teräksen valmistus.
Puuhiili	eli sysi on kiinteä lopputuote, jota saadaan kun puuta kuivatislataan. Länsimaissa puuhiiltä käytetään grillihiilenä. Puuhiilen voi edelleen jatkojalostaa aktiivihieksi , jolla on kasvava käyttö lääke- ja ympäristöteollisuudessa.
Hiilikuitu	on hiilisäie tai hiilisäikeitä sisältävä kudos. Materiaali on lujaa ja kevyttä, mutta myös suhteellisen kallista.
Hiilidioksidi	(CO ₂) syntyy hiilipitoisten aineiden palamisprosessissa ja soluhengityksessä. Kasvit käyttävät hiilidioksidia yhteyttämisen orgaanisten aineiden raaka-aineena. Ilmakehässä hiilidioksidi edistää maapallon lämpenemistä eli kasvihuoneilmiötä.
Kasvihuonekaasu	Kasvihuonekaasut ovat kaasuja, jotka edistävät ilmakehässä ollessaan kasvihuoneilmiötä. Tärkeimmät ihmisen toiminnan aiheuttamat kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi CO ₂ , metaani CH ₄ , typpioksiduuli N ₂ O, kloorifluorihilivedyt eli freonit sekä rikkiheksafluoridi SF ₆ .
Hiilidioksidiekvivalentti	käytetään yhteismitallistamaan eri kasvihuonekaasujen ilmastomuutosvaikutukset. Seurannan ja rajoitustoimien yksinkertaistamiseksi kaikkien kasvihuonekaasujen päästöt muunnetaan ekvivalenttikertoimilla vastaamaan hiilidioksidipäästöä.
Hiilijalanjälki	kuvaava jonkin toimijan, tapahtuman tai tuotteen kasvihuonekaasupäästöjä vastaavaa ekvivalenttista hiilidioksidipäästöä.
Hiilivuoto	on tilanne jossa energiaintensiivinen teollisuus ei menesty päästökaupan kohottaman energian hinnan takia globaalissa kilpailussa ja muuttaa alueelle, jossa hiilidioksidille ei ole asetettu hintaa.
Lauhdevoimalaitos	(lauhdutusvoimalaitos) on voimalaitos, jossa tuotetaan sähköenergiaa polttoainetta polttamalla. Tavallisesti lauhdevoimalaitokset ovat suuria halpaa polttoainetta polttavia nk. peruskuormalaitoksia. Myös ydinvoimalaitokset ovat lauhdevoimalaitoksia, mutta yleensä ne erotetaan polttoainetta polttavista voimaloista.
Vastapainevoimalaitos	on sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitos. Voimalaitosta ei optimoida maksimaaliseen sähköntuotantoon kuten lauhdevoimalaitosta. Osa kattilaan syötetystä energiasta hyödynnetään prosessihöyrynä tai kaukolämpönä. Tämän vuoksi laitoksen kokonaishyötysuhde saadaan jopa yli 90 %:iin. Hyötysuhde on yli kaksinkertainen lauhdevoimalaitoksiin verrattuna.
Kombivoimalaitos	on voimalaitos, jossa kaasuturbiini ja höyrykattila on yhdistetty sähköntuotannon hyötysuhteen parantamiseksi; pelkällä kaasuturbiinivoimalaitoksella hyötysuhde on korkeintaan 35 %, johtamalla savukaasut höyrykattilaan päästään noin 60 % sähköntuotantohyötysuhteeseen.

Lisätietoja

- **Hiilitieto ry** www.hiilitieto.fi
- **Energia.fi - energia-alan tietopankki** www.energia.fi
- **Energia.fi kivihillisivut** www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/kivihilli
- **Energiaa Suomessa - opetussivusto nuorille** www.energiaasuomessa.net
- **Huoltovarmuuskeskus** www.nesa.fi
- **Tilastokeskus** www.tilastokeskus.fi
- **Työ- ja elinkeinoministeriö** www.tem.fi
- **Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu** www.ymparisto.fi
- **Coal Industry Advisory Board - CIAB** www.ciab.org.uk
- **European Association for Coal and Lignite - EURACOAL** www.euracoal.org
- **International Energy Agency - IEA** www.iea.org
- **IEA Clean Coal Centre** www.iea-coal.org.uk
- **IEA Greenhouse Gas Programme** www.ieagreen.org.uk
- **IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change** www.ipcc.ch
- **Svenska Kolinstitutet** www.kolinstitutet.se
- **Verein Deutsche Kohlenimporteure e.V.** www.verein-kohlenimporteure.de
- **World Coal Institute - WCI** www.worldcoal.org
- **World Energy Council - WEC** www.worldenergy.org
- **World Steel Association** www.worldsteel.org



Energiateollisuus ry ja Hiilitieto ry ovat julkaisseet tämän esitteen tavoitteenaan lisätä tietoa hiilen käytöstä, sen merkityksestä maailmassa ja Suomessa sekä hiilen käytön ympäristövaikutuksista ja tulevaisuudennäkömistä. Energiateollisuus ry (www.energia.fi) on energia-alan yritysten toimialajärjestö ja Hiilitieto ry, Kolfakta rf (www.hiilitieto.fi) toimii yhdyssiteenä yrityksille, joiden toiminta liittyy kiinteisiin fossiilisiin polttoaineisiin.



Energiateollisuus

Energiateollisuus ry

Fredrikinkatu 51-53 B, 00100 Helsinki
PL 100, 00101 Helsinki
Puhelin (09) 530 520, faksi (09) 5305 2900
www.energia.fi

HIILITIETO RY
KOLFAKTA RF



www.hiilitieto.fi