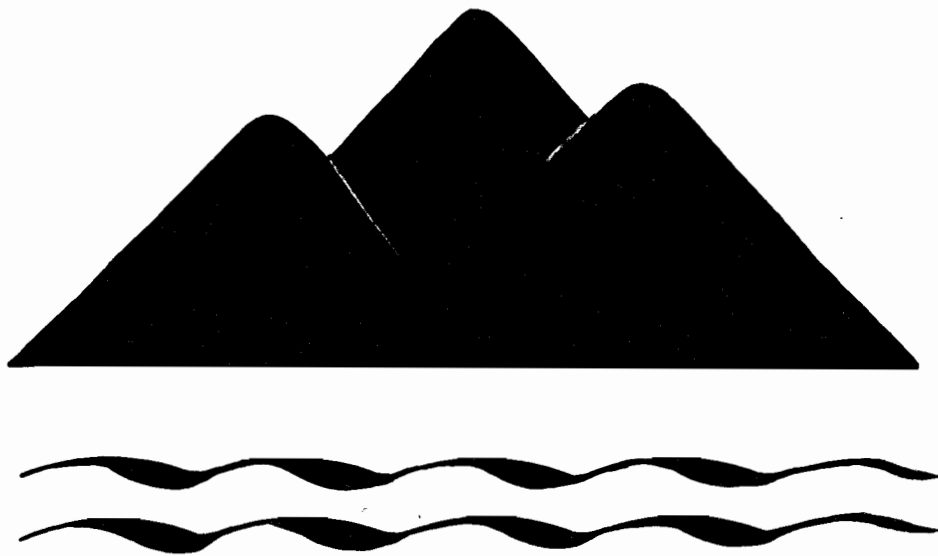




International Conference on Coal Fired Power Plants and
the Aquatic Environment – Copenhagen 1982

Jorma Havukainen

**MATKAKERTOMUS KIVIHIILITUHKIEN
YMPÄRISTÖVAIKUTUSKONFERENSSISTA**

Geoteknisen osaston tiedote 35

Jorma Havukainen

MATKAKERTOMUS KÖÖPENHAMINASSA 16...18.8.1982
PIDETYSTÄ KIVIHIILIVOIMALAITOSTEN TUHKIEN
YMPÄRISTÖVAIKUTUKSIA KÄSITTELEVÄSTÄ KONFERENS-
SISTA JA KOKEMUSTEN SOVELTAMINEN HELSINGIN
KAUPUNGIN TARPEISIIN

Geoteknisen osaston tiedote 35

ALKUSANAT

Geotekninen osasto käynnisti vuonna 1979 tuhka-projektin, joka selvittää Helsingin kaupungin energiantuotannon sivutuotteena syntyvien kivihiilituhkien soveltuvuutta kunnallisteknisten maarakenteiden tekemiseen. Tutkimuksesta on julkaistu kaksi väliraporttia geoteknisen osaston tiedotteina 18 (27.1.1981) ja 23 (1.7.1982) sekä käytännön suunnittelu-, rakentamis- ja valvontaohjeet 15.2.1983. Tutkimuksen aikana on noussut keskeisenä esiin myös tuhkien mahdollisesti ympäristölle haitallisten vaikutusten selvittäminen sekä menetelmien kehittäminen näiden poistamiseksi. Koska asiaa ei ole Suomessa paljoakaan selvitetty ja alan tutkimus on muuallakin maailmassa vasta alussa, katsottiin tärkeäksi osallistua viimeisimmän tiedon hankkimiseksi tuhkien ympäristövaikutuksia käsittelevään kansainväliseen konferenssiin, joka pidettiin Kööpenhaminassa 16...18.8.1982.

Tämän matkakertomuksen on laatinut konferenssiin osallistunut Jorma Havukainen geoteknisessä osastossa. Matkasta saatu tieto palvelee tuhkatutkimusta ja sen yhteydessä Helsingissäkin käynnistyneitä alustavia ympäristövaikutusselvityksiä sekä osaltaan auttaa päättämään mahdollisen jatkoseurannan tarpeellisuudesta. Tiedot tuhkaprojektin yhteydessä tehdyistä selvityksistä julkaistaan myöhemmin erillisessä raportissa.

Helsingissä 15.9.1983



Usko Anttikoski
osastopäällikkö

SISÄLLYSLUETTELO

sivu

	ALKUSANAT.....	1
1.	JOHDANTO.....	3
2.	KONFERENSSIN OHJELMA JA OSANOTTAJAT.....	4
3.	YLEISKATSAUS KONFERENSSIN AIHEISIIN.....	4
4.	TUTUSTUMINEN ASNÄSIN VOIMALAITOKSEEN.....	8
5.	YHTEENVETO.....	10
6.	SAADUN KOKEMUKSEN SOVELTAMINEN HELSINGIN KAUPUNGIN TARPEISIIN.....	10

LIITE

1. JOHDANTO

Matkakertomuksessa selostetaan Kööpenhaminassa 16...18.8.1982 pidettyä kansainvälistä konferenssia "THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COAL FIRED POWER PLANTS AND THE AQUATIC ENVIRONMENT", jonka järjesti Tanskan veden laatua tutkiva laitos VKI the Commission on Water Quality of the International Union of Pure and Applied Chemistry:n (IUPAC) aloitteesta. Konferenssi kuului the International Association on Water Pollution Research:in (IAWPR) erikoiskonferenssien sarjaan sekä Pohjoismaiden sovelletun tutkimuksen yhteistyöjärjestön (NORDFORSK) vedentutkimussymposium-sarjaan, joista jälkimmäisessä se oli järjestyksessä 18.

Konferenssissa käsiteltiin kivihiilivoimalaitosten tuhkien, lauhdevesien ja savukaasujen epäpuhtauksien haittavaikutuksia ympäristön maavesi-systeemissä sekä keinoja niiden vähentämiseksi. Matkakertomuksessa pyritään tekemään lyhyt yhteenveto mielestäni maarakentamisen kannalta kiinnostavimmista esitelmistä. Lisäksi esitetään näkemyksiä konferenssista saatujen tietojen soveltamisesta Helsingin kaupungin tarpeisiin, jotta täällä käyntiin saadussa kivihiilituhkien hyödyntämisessä voitaisiin entistä paremmin ottaa taloudellisten ja teknisten näkökohtien ohella huomioon myös ympäristön vaatimukset.

Geoteknisen osaston tuhkaprojektin työryhmä on kääntänyt konferenssista saadusta yli 600 sivun kirjallisesta aineistosta maarakentamisen kannalta tärkeimmät esitelmät suomeksi. Käännöksistä sekä muusta konferenssiaineistosta (liite 1) on haluttaessa saatavissa kopioita geoteknisestä osastosta.

2. KONFERENSSIN OHJELMA JA OSANOTTAJAT

Konferenssin pitopaikkana oli Kööpenhaminan suurin näyttely- ja konferenssikeskus Bella Center. Tapahtuma oli alan tämänhetkisen tutkimuksen tärkeä informaatiotilaisuus, johon oli ilmoittautunut 157 osanottajaa 22 maasta. Pohjoismaalaisia oli noin 60 % osanottajista. Muita suurehkoja ryhmiä oli Pohjois-Amerikasta, Alankomaista ja Isosta Britanniaasta. Suomesta osallistuivat Björn Federley NORDFORSK:sta, Matti Jantunen Kuopion Yliopistosta, Runo Savisaari ja Jorma Lameranta Vesihallituksesta, Erkki Mikkola ja Leena Nurmento Imatran Voima Oy:stä, Veijo Pohjola VTT:n Kemian laboratoriosta sekä Jorma Havukainen Helsingin kaupungin geoteknisestä osastosta.

Konferenssin avauksen suorittivat Tanskan energiaministeri Poul Nielson ja ympäristöministeri Erik Holst. Kirjoituksia oli lähetetty 13 maasta yhteensä 55 (liite 1). Ne oli muutamia lukuunottamatta koottu konferenssin alussa osanottajille jaettuun julkaisuun. Suomesta ei mukana ollut yhtään kirjoitusta. Suurin osa kirjoituksista esitettiin suullisesti kolmena päivänä. Pääteemojen (lauhdevedet, tuhkat ja savukaasut) kirjoitukset esitettiin yhtäaikaaisesti eri saleissa. Neljäntenä päivänä tehtiin bussilla tutustumiskäynti Tanskan suurimpaan kivihiilivoimalaitokseen, Asnäsvärketiin, joka sijaitsee Själlandin länsirannikolla Kalundborgissa.

3. YLEISKATSAUS KONFERENSSIN AIHEISIIN

Konferenssin johdantona selvitti Luciano Botta International Energy Agency:sta (IEA) energian tuotannon näkymiä. Hänen mukaansa kivihiilen merkityksen ennustetaan kasvavan lähitulevaisuudessa teollisuusmaiden energiataloudessa. Maailman kivihiilivarat ovat suunnattomat verrattuna öljy- ja kaasuvaroihin. Kivihiiliesiintymät ovat jakautuneet melko tasaisesti kaikkialle maailmassa, joten maailmanpoliittiset kysymykset eivät pääse vaikuttamaan kivihiilen saatavuuteen siinä määrin kuin öljyn. Myöskään ydinvoiman ei odoteta lisääntyvän merkittävästi maailmassa vuoteen 2000 mennessä. IEA:n arvioiden mukaan kivihiilen käyttö lisääntyy vuoden 1980 tasoon nähden yli kaksinkertaiseksi vuoteen 2000 mennessä. Tämän kehityksen mukaan myös kivihiilientuotanto kaksinkertaistuisi 20 seuraavan vuoden kuluessa. Kivihiiltä käytävien maiden on pystyttävä sijoittamaan kasvavat tuhkamäärät alueilleen muiden ympäristöä kuormittavien jätteiden ja sivutuotteiden ohella.

Konferenssin kirjoituksista 19 käsitteli kivihiilituhkien sijoittamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Maarakentamisen kannalta mielenkiintoisia olivat muun muassa D. Goldenin (EPA, USA), J. Brownin ja N. Rayn (CEGB, Iso Britannia), J. Hartlenin ja T. Lindgrenin (KHM, Ruotsi), D. Doddin (Kanada) sekä J. Lyngvigin (Tanska, ympäristöministeriö) esitykset.

Golden jaotteli mahdolliset tuhkien ympäristövaikutukset seuraavasti:

- 1 vaikutukset paikallisen ilman laatuun
- 2 vaikutukset maa-aineksiin ja kasvillisuuteen
- 3 vaikutukset pohjaveteen
- 4 vaikutukset pintavesiin
- 5 eroosio sijoituspaikalla.

Hänen mukaansa kivihiilituhkan koostumus on lähellä saven koostumusta. Lentotuhkan ja maa-aineksen alkuainepitoisuudet ovat verrattavissa toisiinsa, lukuunottamatta booria (B), molybdeeniä (Mo) ja seleeniä (Se) joita on selvästi enemmän kivihiilituhkissa. Yhdysvalloissa luokitellaan kivihiilituhkat kuitenkin vaarattomiksi, koska niiden ei tutkimustulosten valossa katsota merkittävästi aiheuttavan haittaa ympäristölle. Tästä huolimatta painotetaan, että hyötykäytön suunnittelijan on otettava huomioon ympäristölliset riskit ja tarvittaessa hänen tulee laatia näiden vähentämiseksi toimenpidesuunnitelma. Haittavaikutusten vähentämiseksi voidaan käyttää hyväksi luonnon omia mekanismeja sekä rakentamistoimenpitein aikaansaatuja haittavaikutusten vähentämismenetelmiä. Rakennettaessa esimerkiksi maaperälle, joka sisältää runsaasti savea, hivenmetallien kulkeutuminen on vähäistä, koska saviaineksilla on voimakas yhtymistäipumus eräisiin raskasmetalleihin sekä koska hienoaaines vähentää vedenläpäisykykyä. On todettu myös, että kun maaperän pH-arvo on korkea, hivenmetallit liukenevat heikosti uutosvesiin. Rakennettavia haitallisten ympäristövaikutusten vähentämismenetelmiä ovat:

- eristävien materiaalien käyttö
- uutoksen keräysjärjestelmät
- tuhkan huolellinen tiivistäminen/stabilointi
- pinnan muotoilu
- tuhkan pinnan peittäminen
- pinta- ja pohjavesien laadun valvonta.

Kivihiilituhkassa esiintyy tunnetusti vähäistä, luonnollista alkuperää olevaa radioaktiivisuutta. Sen suuruutta tarkasteltaessa on tärkeää suhteuttaa tiedot tavanomaisten materiaalien luonnolliseen radioaktiivisuuteen, jolle ollaan aina alttiita. Kivihiilituhkan sijoittamisesta johtuvan säteilyannoksen on arvioitu olevan 0,1 % luonnollisen taustaradioaktiivisuuden tuloksena olevasta säteilystä, kun otetaan huomioon koko väestö.

Brown kertoi CEGB:n 1960-luvun alussa käynnistämistä tutkimuksista, joissa selvitetään kivihiilituhkista rakennettujen kerrosten läpi suotautuvan veden ympäristövaikutuksia. Sen yhteydessä on laboratoriossa tehty uutoskokeita kolonnimenetelmällä sekä luonnon olosuhteissa, joissa sadevesi on suotautunut tuhkerakroksen läpi säiliöihin ja näin syntynyt uutosvesi on analysoitu. Tuloksena on havaittu muun muassa, että uutosveden laatu on huonointa suotautumisen alkuvaiheessa. Liuenneiden aineiden määrät vähenivät selvästi, kun tuhkerakroksen huokostilan suurin vesimäärä oli virrannut rakroksen läpi. Vain noin 100-kertainen laimentaminen riittää pahimman hivenainekonsentraation saamiseksi juomavedeksi kelpaavalle tasolle.

Hartlen ja Lindgren kertoivat vuonna 1979 Ruotsin hallituksen käynnistämästä Pohjoismaiden mittavimmasta kivihiilituhkaselvityksestä, KHM (= Kol-Hälsa-Miljö)-projektista, jonka keskeisiä osaluueita on juuri kivihiilituhkien ympäristövaikutusten selvittäminen. Koko projektin kustannusarvio on noin 35 milj. SEK. Projektin loppuraportin julkaisuajankohdaksi ilmoitettiin 1.4.1983. Siinä jaetaan mahdolliset ympäristövaikutukset lyhytaikaisiin ja pitkäaikaisiin. Pääasiallisina uuttautumiseen vaikuttavina tekijöinä pidetään hivenainekoostumusta, tuhkerakroksen hydraulisia ominaisuuksia, puskurointikapasiteettia, aikaa ja sijoitusalueen vesitasetta.

Dodd'in esitelmä käsitteli Ontarion voimalaitosten 1970-luvulla käynnistämää laajaa kivihiilituhkien ympäristövaikutustutkimusta. Laboratorio- ja kenttäkokeissa on todettu, että tuhkien alkuaainekoostumus on hyvin samanlainen kuin luonnollisten geologisten materiaalien, etenkin savi- kiviin, joita on louhittu Etelä-Ontariossa. Ontariossa tuotetut tuhkat ovat riittävän emäksisiä tuottaakseen emäksistä uutosta, jotka yleensä sisältävät vähemmän liuenneita haitallisia aineita kuin happamat.

Viiden sijoituspaikan veden laatua valvotaan 72 kaivosta ja viidestä maanpäällisestä näytteenottopisteestä, joista otetaan näytteitä 1...5 kertaa vuodessa. Näytteistä analysoidaan 10...30 alkuainetta. Uutosta on luonnehdittu sanoilla "juomakelvoton" tai "epämiellyttävä" johtuen niiden korkeasta emäksisyydestä ja kaliumsulfaattipitoisuudesta, mutta ei koskaan sanoilla "vaarallinen" tai "erittäin vaarallinen".

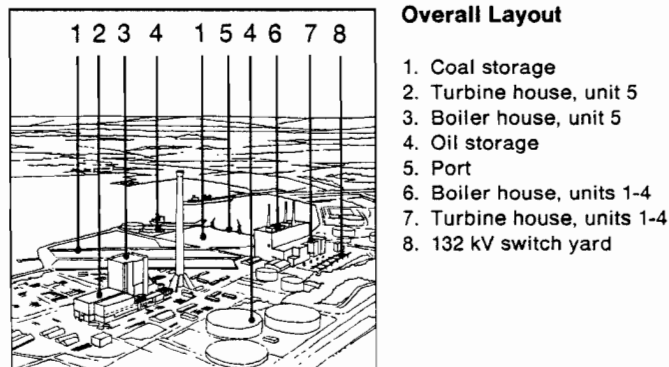
Tanskan ympäristöministeriön luonnonsuojeluosaston edustaja Lyngvig käsitteli lentotuhkan käyttöä lainsäädännön ja kansantalouden kannalta. Kivihiilen käytön voimakkaan lisääntymisen seurauksena on suurista lentotuhkamääristä muodostunut ongelma, joka pyritään ratkaisemaan yhteiskunnan kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. Lyngvig mainitsi ympäristön kannalta haitallisimmiksi raskasmetallien, kloridien ja sulfaattien mahdollisen uuttautumisen pohjavesiin. Lentotuhkan käyttämistä luonnonkiviainesten korvaajana on pidettävä eräänä lentotuhkan sijoittamistapana, jonka avulla säästetään rajoitettuja kiviainesvaroja sekä edistetään rakennustoimintaa sekä taloudellisesti että teknisesti.

Tanskassa on lentotuhkan käyttö tutkimus- ja kokeiluasteella. Vaikka näyttääkin selvältä, että lentotuhkan käyttämisellä luonnonkiviainesten korvaajana saavutetaan sekä puhtaasti taloudellista että luonnonvarojen säästöä, ei sijoittamisongelman ratkaiseminen ole ilman muuta joustavasti toteutettavissa. Ympäristönsuojelun vaatimusten lisäksi vaaditaan

- 1 yhteistyötä lentotuhkan tuottajien, suunnittelijoiden, rakentamisviranomaisen, rakentajien, sementinvalmistajien jne. välillä
- 2 yhteistyötä ympäristöviranomaisten ja lentotuhkan tuottajien ja käyttäjien välillä
- 3 läheistä yhteistyötä tutkimuslaitosten ja kaikkien mainittujen osapuolten kesken.

4. TUTUSTUMINEN ASNÄSIN VOIMALAITOKSEEN

Konferenssin päätyttyä tehtiin bussilla tutustumiskäynti Tanskan suurimpaan ja nykyaikaisimpaan voimalaitokseen Asnäsiin, joka sijaitsee Länsi-Själlandissa Kalundborgin lähistöllä. Se kuuluu voimalaitosyhtymään IFV, johon kuuluu myös Kundbyn voimalaitos. Voimalaitos käsittää kaksi erillistä laitosta (kuva 1), joista vanhempaan kuuluvat yksiköt 1...4 (v. 59...68) ja uudempaan yksikkö 5 (v. 80). Niiden kokonaisenergiantuotantokapasiteetti on 1 440 MW. Vuotuinen tuhkan tuotanto lieenee noin 150 000 t, mistä noin 85 % on lentotuhkaa ja loput pohjatuhkaa.



Kuva 1. Asnäsin kivihiilivoimalaitos.

Ekskursion isäntinä toimivat Själlandin, Lollandin, Falsterin ja Amagerin saarten voimalaitosten yhteistyöorganisaatio ELKRAFT ja Asnäsin voimalaitos. Sen yhteydessä selostettiin voimalaitoksen historiaa, tuhkan tuotantoa ja erityisesti tuhkan sijoittamistapoja ja näiden ympäristövaikutusten valvontaa.

Tuhka on 60-luvun lopulle saakka sekoitettu veteen Kalundborg-joessa, mistä se on huuhdottu laskeutumisaltaisiin. Tuhkan tuotannon lisäntyessä 1970-luvulla on aikaisemmin jätteenä pidettyä materiaalia ryhdytty määrätietoisesti hyödyntämään rakentamisessa. Lentotuhkan tuotannosta osa menee sementtiteollisuudelle ja loput, samoin kuin pohjatuhka, maarakentamiseen.

Voimalaitosalueella on toteutettu kaksi huomattavaa rakentamisprojektia käyttäen lentotuhkaa. Vuosina 1966...67 perustettiin 40 000 m³:n, pohjahalkaisijaltaan 56,5 m, teräksinen öljysäiliö kuivatetun lentotuhkan laskeutumisaltaaseen, johon oli 8 vuoden kuluessa kerrostunut tuhkaa noin 5 metrin paksuinen kerros. Pohjamaana oli savensekainen moreeni. Säiliö voitiin perustaa tuhkan hyvien kantavuusominaisuuksien vuoksi suoraan tuhkakerroksen varaan. Säiliön rakentamisen jälkeen suoritettua painumaseurannan mukaan suurin osa säiliön vaipan painumasta tapahtui käyttötilassa muutamassa vuorokaudessa. Tällöin mitattiin keskimääräiseksi painumaksi 159 mm, vuoden kuluttua 184 mm ja 8 vuoden kuluttua 200 mm.

Myönteisten kokemusten seurauksena päätettiin 1970-luvun lopulla käyttää aikaisemmin huuhtoutunutta lentotuhkaa patomateriaalina, kun rakennettiin uusi hiilenkuljetusalusta vesialueelle voimalaitoksen viereen. Padon pituus oli noin 400 m, leveys noin 15 m ja korkeus 9...12 m mistä veden yläpuolella noin 3 m. Suunniteltu luiskakaltevuus oli 1:1,5. Käytännössä luiska asettui kuitenkin veden alla huomattavasti loivempaan (1:3...1:4) luiskaan. Pato jouduttiin rakentamaan täyteen korkeuteensa yhdellä kertaa ja sen jälkeen tiivistettiin puskutraktorilla ja maansiirtoautolla. Rikki menneitä padon osia täytyi rakentaa uudelleen ja vahvistaa pohjatuhkalla tai soralla. Pato verhoitti 0,2...0,3 m paksulla sorakerroksella. Patoon käytettiin lentotuhkaa kaikkiaan noin 150 000 m³. Kiinnostavaa projektissa oli, että lentotuhkasta onnistuttiin rakentamaan stabiili pato huolimatta vesitason yläpuolella tapahtuneesta, vain osittaisesta tiivistämisestä. Kokemukset padosta ovat kuitenkin melko lyhytaikaisia.

Voimalaitos ja VKI ovat tutkineet voimalaitoksen vesialueen laatua ja tutustumiskäynnillä kuulun perusteella ei ole havaittu mitään hälyttävää. Voimalaitosalueelle oli muun muassa rakennettu kala-altaita, joiden vesi oli ollut tuhkan kanssa kosketuksissa. Kalat viihtyivät hyvin ja niille tehtyjen tutkimusten tulosten mukaan kalat olivat täysin syötäväksi kelpaavia.

5. YHTEENVETO

Konferenssin esitelmien valossa sai yleiskuvan, että kivihiilituhkat soveltuvat hyvin maarakentamiseen vähäisistä ympäristöhaitoista huolimatta. Maa-vesi-systeemiin tuhkasta irtoavien aineiden määrä on yleensä pienempi voimakkaasti emäksisillä tuhkillä kuin niillä, joiden pH-arvo on alhainen. Kuitenkaan kaikkia pitkän ajan vaikutuksia ei vielä tunneta. Tästä syystä on tuhkia sijoitettaessa ja suunnitelmia tehtäessä aina otettava huomioon mahdolliset ympäristöhaitat. Pölyämisiongelma voidaan hoitaa kasvatella ja suojaustoimenpitein, mutta tuhkarakenteesta mahdollisesti uuttautuvien haitallisten aineiden vaikutukset on pyrittävä minimoimaan sijoittamalla tuhkat mieluummin huonosti vettäläpäiseville pohjamaille tai käyttämällä erityisiä vesisulkurakenteita. Lentotuhkan lujuuttuminen vähentää lisäksi uuttautuvien aineiden määrää. Yleisesti ottaen maailmalla ei kivihiilituhkaa pidetä ympäristölle vaarallisena rakennusmateriaalina.

6. SAADUN KOKEMUKSEN SOVELTAMINEN HELSINGIN KAUPUNGIN TARPEISIIN

Geoteknisen osaston vuonna 1979 käynnistämän kunnallisteknistä maarakentamista palvelevan kivihiilituhkien hyötykäyttötutkimuksen yhteydessä pyrittiin käynnistämään myös tuhkien ympäristövaikutuksia selvittävä kasvualustatutkimus. Tätä ei ole kuitenkaan suunnitellussa laajuudessa käynnistetty. Vuosien 1982 ja 1983 aikana on rakennusviraston katuosaston vesilaboratorio tehnyt kivihiilituhkilla uutoskokeita, joiden tulosten perusteella tuhista liukenevien raskasmetallien uuttautuminen on vähäistä. Lisäksi on puisto-osasto aloittanut tuhka-alueille istutetun tai muuten juurtuneen kasvillisuuden seurannan. Konferenssista saatujen tietojen perusteella voidaan sanoa, että Helsingin kaupungin tuhkien hyötykäyttöaste on korkea, kun otetaan huomioon taloudelliset ja tekniset näkökohdat. Sen sijaan ympäristövaikutusten tutkiminen ei ole edistynyt toivotulla tavalla. Onneksi näyttää kuitenkin siltä, että ympäristöriskit ovat vähäiset tai olemattomat. Tilannetta parantaa vielä se, että uudisrakentaminen on nykyisin suuntautunut pakon sanelemana savialueille, joiden tuhista veteen mahdollisesti liukenevien aineiden sitomiskyky on hyvä.

Konferenssin aihepiiriin ei kuulunut tuhkien rakennusmateriaaleja syövyttävien vaikutusten käsitteleminen. Sain kuitenkin kanadalaiselta D. Doddilta kopion tuoreesta tutkimuksesta, jossa oli selvitetty kivihiilituhkien metalle- ja syövyttäviä vaikutuksia. Siinä esitetyt tulokset olivat hyvin samansuuntaisia kuin tuhkaprojektin työryhmän tekemissä käytännön ko-keissa on todettu. Hiiliteräs, valurauta ja alumiini voivat syöpyä kivihiilituhkassa suo-jaamattomana melko voimakkaasti, joten ne on syytä suojata ennen tuhkarakenteeseen sijoittamista korroosiolta. Galvanoitu ja kuumasinkitty teräs syöpyvät myös jonkin verran. Sen sijaan kuparin ja lyijyn syöpyminen on vähäistä tai olematonta.

Helsingissä jo alulle saatujen pienimuotoisten ympäristövaikutusselvitysten toivotaan laajentuvan voimalaitosten rikkipäästöjen seurannan tavoin pysyväksi tuhkarakenteiden uutosvesien laadun seurannaksi niin pitkäksi aikaa, kunnes on saatu varmuus, että ympäristöriskit ovat hallinnassa. Tästä on tehty jo suunnitelma, joka on esitetty tuhkaprojektin 2. väliraportissa ("Kivihiilivoimalan tuhkien hyötykäyttöselvitys kunnallistekniikassa", Geoteknisen osaston tiedote 23, 1.7.1982).

MAIN LECTURE

<i>Overrein, L.N.:</i> Acid Precipitation - An International Environmental Problem	2
---	---

SESSION A: COOLING WATER

<i>Cairns, J., and Cherry, D.S.:</i> A Site-Specific Field and Laboratory Evaluation of Fish to Coal Fired Power Plant Discharges	10
<i>Gras, R.A.:</i> Impact of Thermal Power Plant on Aquatic Ecosystem: The French Experience	30
<i>Neuman, E.:</i> Thermal Discharges and Fish Fauna in Sweden	41
<i>Moeller, B. and Dahl-Madsen, K.I.:</i> Biological Monitoring of Thermal Effects of Cooling Water Discharge from Danish Power Plants (abstract)	62
<i>Heimbigner, B.E.:</i> Zero Liquid Discharge Control in United States Coal Fired Steam Electric Stations	63
<i>Sweers, H.E.:</i> Heat Discharge Regulations and the Problem of Variability of Natural Water Temperature	84
<i>Shapiro, M.A. et al:</i> The Role of Free-Living Amoebae Occurring in Heated Efflu- ents as Causative Agents of Human Disease	99
<i>Gosse, Ph.:</i> Predicting the Impact of Power Plant Discharges on the Water Quality of a River with the Aid of a Mathematical Model	112
<i>Nielsen, T.K. and Rasmussen, J.:</i> On the Definition of a Mixing Zone	124
<i>Nielsen, J.B.:</i> Monitoring of Excess Temperature Fields	128
<i>Malmgren-Hansen, A. and Dahl-Madsen, K.I.:</i> Modelling the Consequences of Cooling Water Discharge from the "Vendsyssel" Power Plant	139
<i>Lutz, P. and Merle, G.:</i> Discontinuous Mass Chlorination of Natural Draft Cooling Towers (abstract)	159
<i>Bell, T.L. et al:</i> Decomposition and Transport of Monochloramine in Fresh- water (abstract)	161
<i>Venkateswarlu, K.S., and Viswanathan, R.:</i> Environmental Aspects Concerning the Large-Scale Use of Chlorine to Combat Biofouling	164
<i>Ajmal, K., Nomani, A.A., and Khan, M.A.:</i> Thermal Pollution of the Upper Ganga Canal by Kasimpur Thermal Power Plant	171
<i>Dockal, P.:</i> Screening Methods for Biocides	181
<i>Soeraas, P., Thendrup, A., and Tryggstad, S.:</i> Near-Field and Far-Field Evaluations of Excess Tempera- tures Due to the Discharge of Cooling Water in Stratified Coastal Water	200

SESSION B: SOLID WASTE

<i>Brown, J. and Ray, N.J.:</i> The Handling and Disposal of Coal Ash in the CEGB in Relation to the Aqueous Environment	217
<i>Goetz, L:</i> Radiochemical Techniques Applied to Laboratory Studies of Water Leaching of Heavy Metals from Coal Fly Ash	231
<i>Hartlén, J. and Lundgren, T.:</i> Disposal of Waste Material - Evaluation in the KHM Project of Short and Long-Term Effects	254
<i>Dodd, D.J.R.:</i> Coal-Fired Power Generation in Ontario - A 60 Year Phenomenon, Coal Ash Disposal in Ontario - A 1000 Year Legacy?	269
<i>Parker, J.H. et al:</i> Ocean Disposal and Construction with Stabilized Coal Waste Blocks	287
<i>Donnelly, J.R. et al:</i> Ocean Disposal of Consolidated Spray Dryer Flue Gas Desulfurization Wastes	300
<i>Hjelmar, O.:</i> Marine Disposal of Fly Ash from Coal Fired Power Plants	311
<i>Bjerkeng, B. and Knutzen, J.:</i> Seawater Scrubber Effluent - An Evaluation of Possible Ecological Consequences	312
<i>Ruane, R.J. et al:</i> Aquatic Effects of Wet Ash Disposal and Wet Limestone Scrubber Systems (abstract)	327
<i>Lizdek, A.M. and Kowal, A.L.:</i> Treatment of Alkaline Wastewater from Lignite-Fired Power Plants	330
<i>Liem, H. et al:</i> Studies on the Leaching and Weathering Processes of Coal Ashes	338
<i>Reuss, M.:</i> Comparison of Different Methods for Estimating the Leaching of Heavy Metals from Coal Combustion Waste	367
<i>Andersen, L.J. and Madsen, B.:</i> Use of "The Capillary Barrier" as a Shield Against Ground- water Pollution from Fly-Ash Deposits	377
<i>Varughese, C.K. and Chakraverty, C.:</i> Ash Disposal at Super Thermal Power Stations in India (abstract)	383
<i>Mortensen, L:</i> Fly-Ash Production, Utilization and Disposal (abstract)	384
<i>Lyngvig, J.:</i> Prevention of Water Pollution by the Use of Fly-Ash as a Substitute for Extracted Raw Materials	385
<i>Morgan, E.L. and Yehl, T.C.:</i> Toxicity of Coal Combustion Waste to a Simplified Microcosm Consisting of <i>Daphnia</i> spp., <i>Hexagenia</i> spp., and <i>Lirceus</i> spp. (abstract)	395
<i>Waslenchuk, D.G.:</i> Application of Ultraclean Sampling and Analytical Tech- niques to an Investigation of the Impact of Power-Plant Derived Heavy Metals on the Environment, Bottom Sediments and Benthic Organisms	396

SESSION C: AIR-BORNE POLLUTANTS

<i>Kallend, A.S.:</i>	
Chemical Pathways from Stack Emissions to Surface Water	412
<i>Falster, H.:</i>	
Dust Emission, its Quantity and Composition Depending on Dust Collector, Coal Quality, etc.	425
<i>Bache, B.W.:</i>	
The Role of Soil in Determining Surface Water Composition	434
<i>Chester, P.F.:</i>	
Acid Rain, Catchment Characteristics and Fishery Status	447
<i>Brakke, D.F. and Davis, R.B.:</i>	
The Timing of Acidification-Induced Biological Changes in Lakes and the Relationship to Predator-Prey Interactions (abstract)	459
<i>Brosset, C.:</i>	
Transport of Airborne Mercury Emitted by Coal Burning into Aquatic Systems	460
<i>Howells, G.D.:</i>	
Fishery Status and Water Quality in Areas Affected by Acid Deposition	468
<i>Hultberg, H., Grennfelt, P., and Olsson, B.:</i>	
Sulphur and Chloride Deposition and Ecosystem Transport in a Strongly Acidified Lake Watershed	481
<i>Ramberg, L.:</i>	
The Effects of Coal Combustion and Acidification on the Cadmium Exposure of the Swedish Population	504
<i>Quellet, M. and Jones, H.G.:</i>	
Historical Changes in Acid Precipitation and Heavy Metals Deposition Originating from Fossil Fuel Combustion in Eastern North America as Revealed by Lake Sediment Geochemistry	513

PAPERS NOT PRESENTED AT THE CONFERENCE

<i>Thakre, R., Ramteke, D.S. and Thergaonkar, V.P.:</i>	
Thermal Power Plant Emission: Effect on Ecosystem	530
<i>Sriraman, A.K.:</i>	
Chlorination of Cooling Waters-Mechanism	543
<i>Laczny, M.J., Krop, E. and Polak, M.:</i>	
Model of Ion Equilibrium in Aqueous Solutions of Fly Ash in the Context of Prediction of Ground and Surface Water Conta- mination	554
<i>Kmiecik, J., Wilgusiewicz, and Laczny, M.J.:</i>	
Disposal of Fly Ash and Wastewater Using Low-Water Hydraulic Transport Technique as a Method for Protection of Surface and Underground Water from Contamination	563
<i>Kleczkowski, A.S., Laczny, M.J. and Marolewska, B.:</i>	
Effect of Coal Burning on Contamination of Regional Resources of Underground Water	565

GEOTEKNISEN OSASTON TIEDOTTEET

1. Anttikoski, U., Geoteknilliset kartat ja niiden käyttäminen. 1973. 30,-
2. Anttikoski, U., Kaupunkisuunnittelun geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu. 1973. 50,-
3. Anttikoski, U., Kunnallistekniikan geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu. 1973. 50,-
4. Mäkinen, R., Täyttömäkien rakentaminen kaupunkialueella. 1974. 50,-
5. Saarelma, M., Melusuojarakenteiden perustamistapaselvitys. 1974. 30,-
6. Saarelma, M., Kitkapaalujen kantavuus. 1976. 30,-
7. Petäjä, J., Putkijohtojen pohjarakenteiden mitoittaminen. 1977. 50,-
8. Raudasmaa, P., Metrotunneleiden injektointi. 1977. 120,-
9. Anttikoski, U., Kalliotunnelien käyttö varastointiin. 1977. 50,-
10. Tikkanen, H., Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa. 1978. 70,-
11. Arkima, O., Kluuvin ruhjeen jäädytys. 1978. 120,-
12. Raudasmaa, P., Puiset perustusrakenteet. 1979. 50,-
13. Havukainen, J., Voimalaitostuhkan ja polttolaitoskuonan hyötykäyttö rakentamisessa. 1979. 50,-
14. Vähäaho, I., Pehmeikölle perustettavan pientalon painumien laskeminen. 1979. 50,-
15. Raudasmaa, P., Pohjavesitarkkailu -80. 1980. 50,-
16. Anttikoski, U., Katsaus tunnelien rakentamistekniikan nykytilaan Atlantan kansainvälisen tunneli-konferenssin kokemusten perusteella. 1979.
17. Roinisto, J., Matkakertomus tutustumismatkalta Tukholman yhteiskäyttötunneleihin. 1981. 50,-
18. Havukainen, J., Kivihiilivoimalan tuhkan käyttö maarakenteissa. 1981. 50,-
19. Roinisto, J., Yhteiskäyttötunneleiden teknis-taloudellinen selvitys. 1981. 50,-
20. Vuola, P., Talonrakennuksen maarakenteet ja niiden laadunvalvonta. 1981. 50,-
21. Havukainen, J., Korhonen, O., Tonttialueiden maarakenteet. 1981. 30,-
22. Havukainen, J., Esimerkkejä jätteen hyötykäytöstä raaka-aineena ja energianlähteenä. 1981.
23. Havukainen, J., Kivihiilivoimalan tuhkien hyötykäyttöselvitys kunnallistekniikassa. 1982. 50,-
24. Latvala, A., Rakennusjätteen alustava hyötykäyttöselvitys. 1982. 30,-
25. Havukainen, J., Hämäläinen, A., Sulamäki, A., Alustava selvitys polttolaitoskuonan hyötykäyttö-mahdollisuuksista maarakentamisessa. 1982. 30,-
26. Halkola, H., Kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyvät koerakentamiskohteet Torpparinmäessä. 1982.
27. Paavola, P., Kunnallistekniikasta tunneleiden louhintakustannus selvitys. 1982. 50,-
28. Vähäaho, I., Maarakennusta koskeva mallityöselitys. 1982. 70,-
29. Gulin, K., Rakentamisen vaikutus pohjaveden tasoon ja rakennusten painumiin Helsingin Puistolassa. 1982. 50,-
30. Halkola, H., Syvästabiloinnin laadun ja lujuuden valvontamenetelmät. 1982. 50,-
31. Havukainen, J., Kivihiilituhkan käyttö maarakentamisessa, tekniset ohjeet. 1983. 30,-
32. Havukainen, J., Användning av stenkolsaska vid anläggningsarbeten, tekniska anvisningar. 1983. 30,-
33. Havukainen, J., The utilization of coal ash in earth works, technical guidelines. 1983. 30,-
34. Salmelainen, J., Helsingin kallioperän geologiasta ja kivilajien lujuusominaisuuksista porattavuuden kannalta. 1983. 50,-
35. Havukainen, J., Matkakertomus kivihiilituhkien ympäristövaikutuskonferenssista. 1983.