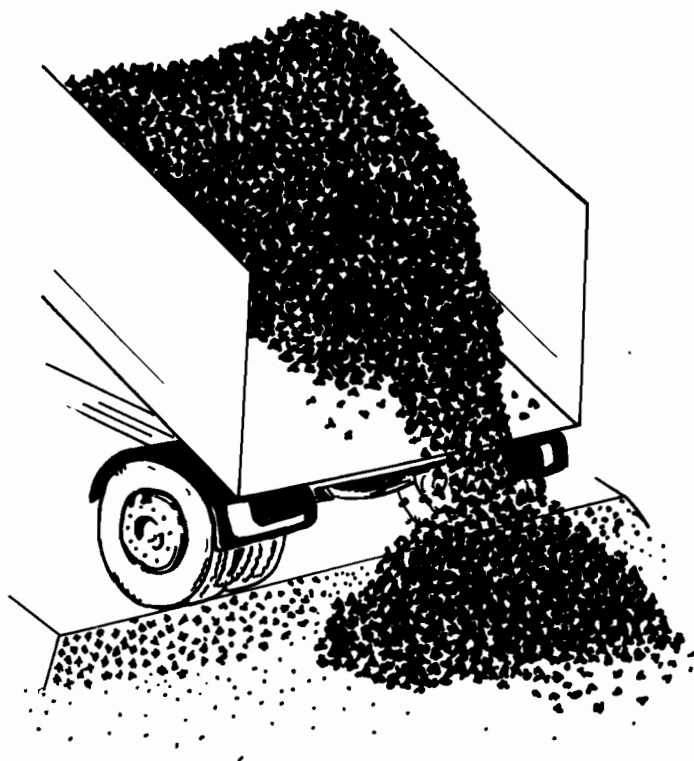




J.Havukainen, A.Hämäläinen, A.Sulamäki

**ALUSTAVA SELVITYS POLTTOLAITOS -
KUONAN HYÖTYKÄYTTÖMAHDOLLI -
SUUKSISTA MAARAKENTAMISESSA**

Geoteknisen osaston tiedote 25 1.8.1982

Jorma Havukainen, Alpo Hämäläinen, Antti Sulamäki

A L U S T A V A S E L V I T Y S P O L T T O -
L A I T O S K U O N A N H Y Ö T Y K Ä Y T T Ö -
M A H D O L L I S U U K S I S T A M A A R A -
K E N T A M I S E S S A

ALKUSANAT

Geotekninen osasto käynnisti kiinteistö-
lautakunnan kehotuksesta vuonna 1979
kivihiilivoimalan tuhkien hyötykäyttö-
selvityksen. Tuhkaprojektin henkilöiden
toimesta on kivihiilituhkien hyötykäytön
selvittämisen lisäksi suoritettu myös
alustavia selvityksiä rakennusjätteen
ja polttolaitoskuonan hyötykäyttömah-
dollisuuksista.

Alustavaa polttolaitoskuonien ominaisuuksien selvitystyötä on johtanut DI Jorma Havukainen ja työhön ovat osallistuneet myös insinööri Alpo Hämäläinen, DI Antti Sulamäki, DI Reijo Kurki ja tutkimussihteeri Yeasmine Blomqvist.

Tämä raportti koostuu ulkomailla tehtyjen tutkimusten kirjallisuusselvityksestä sekä Kyläsaaren kuonille tehdyistä alustavista kokeista. Kirjallisuusselvitysosassa esitetään eräiden ulkomaisten tietojen rinnalla vertailun vuoksi myös Kyläsaaren kuonatutkimusten tuloksia. Loppuosa käsittelee pelkästään Kyläsaaren kuonille tehtyjä selvityksiä.

Polttolaitoskuonan alustava hyötykäyttöselvitys on ensimmäinen ja luonteeltaan suuntaa-antava polttolaitoskuonan hyötykäytön järjestämiseksi Helsingissä. Siitä on hyötyä myöhemmin käynnistettävissä jatkoselvityksissä.

Helsingissä 1.8.1982



Usko Anttikoski
Osastopäällikkö

SISÄLLYSLUETTELO

sivu

1..	JOHDANTO	4
2.	YLEISTÄ POLTTOLAITOSKUONASTA	5
2.1	<u>Poltettavan jätteen koostumus</u>	5
2.2	<u>Kuonatyypit</u>	5
2.3	<u>Kuonan koostumus</u>	6
3.	GEOTEKNISIÄ OMINAISUUKSIA	7
3.1	<u>Rakeisuus</u>	7
3.2	<u>Kiintotiheys ja irtotiheys</u>	7
3.3	<u>Tiivistyvyys</u>	8
3.4	<u>Routivuus</u>	8
4.	POLTTOLAITOSKUONAN MAARAKENTAMISEEN KÄYTÖN EDELLYTYKSIÄ	9
5.	POLTTOLAITOSKUONAN KÄYTTÖKOKEMUKSIA MAARAKENTAMISESSA ULKOMAILLA	10
6.	KYLÄSAAREN POLTTOLAITOSKUONASTA TEHDYT TUTKIMUKSET	12
6.1	<u>Tutkimusten taustaa</u>	12
6.2	<u>Geoteknisiä ominaisuuksia</u>	12
6.3	<u>Alustavia kokeita polttolaitoskuonan ympäristövaikutuksista</u>	14
7.	POLTTOLAITOSKUONAN KÄYTÖN EDELLYTYKSET HELSINGISSÄ	17
7.1	<u>Teknisiä ja ympäristöllisiä näkökohtia</u>	17
7.2	<u>Taloudellisia näkökohtia</u>	18
8.	JATKOSELVITYSTARPEET	18
	LÄHDELUETTELO	19
	LIITE	

1. JOHDANTO

Teollisuusmaissa syntyy vuosittain suuria määriä eri tyyppisiä jätteitä. Yhdyskunta-jätteiden yleisin hävittämistapa on kaatopaikalle sijoittaminen. Joissakin tapauksissa, muun muassa kaatopaikkatilan puutteen vuoksi, jätteet on edullista polttaa. Näin saadaan jätteiden tilavuus pienenemään 10...40 %:iin alkuperäisestä. Polttolaitoksessa syntyvä lämpöenergia voidaan käyttää esimerkiksi asutustaajamien lämmittämiseen.

Jätteenpolttolaitoksessa syntyy lopputuloksena polttojätettä, jota tässä esityksessä nimitetään polttolaitoskuonaksi tai kuonaksi. Tämä tuote on havaittu monissa yhdyskunta-jätteitä polttavissa maissa kelvolliseksi maarakennusaineeksi. Polttolaitoskuonan käyttö maarakentamisessa etenkin suurissa kaupungeissa on perusteltua, koska näissä on useinkin pulaa kaatopaikka-alueista sekä rakentamiseen käytettävästä luonnonkivi-aineksesta.

Suomessa jätteenpolttolaitoksia on ainoastaan kolme; Helsingissä, Turussa ja Lahdessa. Polttolaitoskuonan soveltuvuutta maarakentamiseen ei maassamme ole tutkittu aikaisemmin. Kuonan ominaisuuksien on täytettävä tietyt tekniset ja ympäristölliset vaatimukset ennen kuin niiden käyttöä maarakennusmateriaalina voidaan harkita. Mikäli Helsingissä tuotetaan lähivuosina nykyistä homogeenisempaa ja paremmin palanutta polttolaitoskuonaa, tämä on mahdollista käyttää maarakenteiden tekemiseen. Nykyisinkin Kyläsaaren polttolaitoksen lajittelematonta ja osin melko heikosti palanutta kuonaa, jonka vuosituotanto on 20 000...25 000 t, käytetään läheisen ranta-alueen täyttöön. Siitä on tehty myös maarakenteita Kyläsaaren puhdistamon alueella.

Ulkomailla polttolaitoskuonaa on tutkittu jo toistakymmentä vuotta ja niiden käytöstä on laadittu yleisiä ohjeita. Muun muassa Yhdysvalloissa, Ranskassa, Saksan Liittotasavallassa, Itävallassa, Sveitsissä ja Tanskassa niitä käytetään katujen alusrakenteissa. Esimerkiksi Saksan Liittotasavallassa käytetään vuosittain noin 1 milj. tonnia polttolaitoskuonaa teiden rakennusmateriaalina, mikä on noin 60 % maan noin 40 polttolaitoksen kokonaiskuonantuotannosta.

2.

YLEISTÄ POLTTOLAITOSKUONASTA

2.1

Poltettavan jätteen koostumus

Polttolaitoskuonaa, kiinteän yhdyskuntajätteen palamistulosta, tuotetaan useimmissa teollisuusmaissa. Polttolaitoksissa poltettava kiinteä jäteaine muodostuu suurimmaksi osaksi palavasta aineksesta yhdessä vaihtelevien metalli-, lasi- ja muitten ainemäärien kanssa, taulukko 1 (10, 7, 1).

Taulukko 1. Kiinteän yhdyskuntajätteen koostumus.

Komponentti	Yhdysvallat % 1977	Saksan Liitto- tasavalta % 1978	Helsinki % 1981
Paperi	50	27	55
Ruoka	12	30	17
Puu ja puutarha- jäte	10	} 14	3
Nahka, lumput, muovi, kumi, tuhka, multa	10		10
Metallit	9	5	4
Lasi	9	11	3
Muu	-	13	8

2.2

Kuonatyyppit

Polttolaitoskuonat voidaan karkeasti jakaa palamisasteen mukaan kolmeen luokkaan. Palamisaste voidaan määritellä palaneen jätteen painon suhteena jätteen palavan osuuden painoon (4). Päätyypit ovat:

- 1 Hyvin palanut
- Tämän tyyppin kuonat ovat korkean asteen arinakiihdyttimillä varustetuista jatkuvasyöttöisistä polttouuneista syntyvää kuonaa. Niitä syntyy yleensä laitoksissa, joissa on kiertouunit ja vastasyöttö- tai keinuvarinat. Ne ovat noin 10 tilavuusprosenttia ja 20...30 painoprosenttia syötetyn jätteen määrästä.

- 2 Keskinertaisesti palanut
- Suurin osa polttolaitoskuonasta kuuluu tähän luokkaan. Sitä syntyy liikkuvilla arinoilla varustetuissa jatkuvasyöttöuuneissa. Palamista on joko kiihdytetty vähän tai ei lainkaan. Kuonan osuus syötetystä määrästä on noin 20 tilavuusprosenttia ja 25...30 painoprosenttia.
- 3 Heikosti palanut
- Tähän luokkaan kuuluvat kuonat ovat eräsyöttöuunien tai hyvin heikosti toimivien jatkuvasyöttöuunien sivutuotteita. Palamisajan vaihtelu vaikuttaa merkittävästi palamisasteeseen, minkä seurauksena syntyy huomattavia määriä palamatonta tai osittain palanutta materiaalia. Poltetun kuonan osuus syötetystä määrästä on noin 30...40 tilavuus- ja painoprosenttia.

2.3

Kuonan koostumus

Polttolaitoskuonan koostumus vaihtelee polttolaitteista ja menetelmistä riippuen. Useista maista saatujen raporttien mukaan polttolaitoskuonat ovat kuitenkin peruskoostumukseltaan samankaltaisia (4).

Taulukko 2. Polttolaitoskuonan fysikaalinen koostumus painoprosenteina (Yhdysvallat).

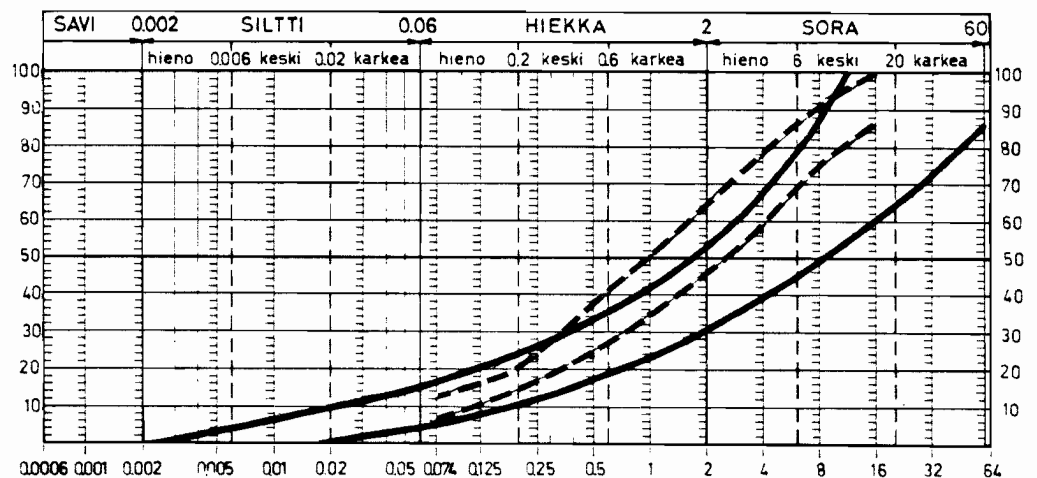
Komponentti	Hyvin palanut	Keskinertaisesti palanut	Heikosti palanut	Keskimääräinen koostumus
Lasi	39,9	51,5	45,7	48,0
Mineraalit	39,5	17,5	13,1	21,0
Rauta	13,6	16,0	8,7	14,2
Raudattomat metallit	3,3	4,3	4,3	4,1
Palava ja orgaaninen aines	3,5	10,7	28,2	12,0
Yhteensä %	100,0	100,0	100,0	100,0

3. GEOTEKNISIÄ OMINAISUUKSIA

Polttolaitoskuona on ulkonäöltään harmahtavaa, hyvin kosteaa varastoimishetkellä tuotantopaikalla. Kuonarakeilla on terävät särmät ja karkea pinta. Materiaalilla on yleensä karvas haju, joka heikkenee joitakin päiviä varastoimisen jälkeen.

3.1 Rakeisuus

Karkeiden rakeiden poistamisen jälkeen polttolaitoskuonan rakeisuus on yleensä hyvä. Rakeisuudeltaan se vastaa lähinnä hienoa tai keskikarkeaa soraa (9).



Kuva 1. Polttolaitoskuonan rakeisuusalue.

— Saksan Liittotasavalta
- - - Helsinki

3.2 Kiintotiheys ja irtotiheys

Kuonan heterogeenisuus ja koostumuksen vaihtelu aiheuttavat vaihtelua kiintotiheydessä, joka on $2,3...2,9 \text{ t/m}^3$ ja karkeiden rakeiden poistamisen jälkeen $2,3...2,6 \text{ t/m}^3$. Tiivistämättömänä irtotiheys on kuivana $0,8...1,2 \text{ t/m}^3$, mikä on suhteellisen alhainen verrattuna luonnonmaiden vastaaviin arvoihin (9).

Proctor-sullonnalla saavutetaan suhteellisen alhaisia kuivairtoteiheyksiä huolimatta hyvästä raekoostumuksesta. Arvot vaihtelevat 1,2 ja 1,8 t/m³ välillä. Kyläsaaren kuonilla tehdyissä kokeissa viiden näytteen maksimikuivairtoteiheys on vaihdellut proctor-sullontaa käytettäessä 1,2....1,7 t/m³. Kuonat ovat siten kevyempiä kuin sorat ja hiekat, joiden vastaavat arvot vaihtelevat 1,8...2,2 t/m³.

3.3 Tiivistyvyys

Tanskassa tehdyissä tutkimuksissa tulokset osoittavat, että lajiteltu kuona tiivistyy yhtenäisesti ja tiiviys kasvaa tasaisesti jyrän ylityskertojen määrän kasvaessa.

Kuonan hyvien lujuusominaisuuksien johdosta on tiivistämissyvyys rajoitettu, mutta kasvaa tärytystä käyttämällä. Optimitiheyteen tiivistettäessä kuonarakeet murskautuvat jonkin verran. Tämän vuoksi ne eivät ilman stabilointia sovellu sellaisten maarakenteiden pintamateriaaliksi, jotka joutuvat suurten dynaamisten kuormitusten alaiseksi. Lajittelemattomalle kuonalle on tiivistämisessä tapahtuvat painumiset suurempia ja epäsäännöllisempiä, ja täryttävän tiivistämisen vaikutukset hyvin merkittäviä (2).

Kyläsaaren kuonilla ei ole tehty valvottuja kenttätiivistämiskokeita. Laboratoriossa tehdyissä proctor-kokeissa on todettu, että kuonat tiivistyvät parhaiten kun vesipitoisuus on 15....20 % kuivapainosta. Rakeiden murskautumista on havaittu tiivistämisen yhteydessä.

3.4 Routivuus

Kuonan hienoainespitoisuuden perusteella se voidaan laskea kuuluvaksi routimattomaan tai lievästi routivaan ryhmään. Saksan Liittotasavallassa tehdyissä tutkimuksissa on todettu, ettei routanousua tapahdu. Tämän arvellaan selittyvän sillä, että huokoinen tuhka estää täydellisen vedellä kyllästymisen ja jättää riittävästi tilaa jäälinssien muodostumiselle (9).

Kyläsaaren kahdella kuonanäytteellä tehtyjen 20 kapillaarisen nousukorkeuden h_c määrittelyssä saadut h_c :n arvot vaihtelivat 0,7 ja 1,1 m välillä. Erään routivuuskriteerin mukaan maa-aines on routivaa, kun sen $h_c > 1,0$ m. Rakeisuus viittaa myös lievän routimisen mahdollisuuteen, kuvat 1 ja 2.

4.

POLTTOlaitosKUONAN MAARAKENTAMISEEN
KÄYTÖN EDELLYTYKSIÄ

Ulkomaisten kokemusten mukaan voidaan polttolaitoskuonaa käyttää maarakennustekniikassa hiekan ja soran korvaajana, etenkin kaupunki-alueilla, missä maa-aineksista on pulaa.

Tärkeimmät täytemateriaalille asetettavat vaatimukset ovat:

- hyvät tiivistysominaisuudet
- lujuus staattista ja dynaamista kuormitusta vastaan
- vähäinen routivuus
- vähäinen saastevaikutus.

Polttolaitoskuonilla ulkomailla tehdyt tutkimukset antavat aiheen olettaa, että hyvälaatuisia kuonia voidaan käyttää esimerkiksi penkereissä, täytteissä, teiden päällysrakenteen alaosassa sekä mahdollisesti kantavassa kerroksessa (10).

Kuonan käyttö vaativiin rakenteisiin edellyttää yleensä ylisuurten (> 100 mm) esineiden poistamista. Toivottavaa on poistaa myös useimmat metallit ennen kuin materiaalia käytetään runkoaineksen korvaajana. Lisäksi suositellaan, että kuona tulisi varastoida muutamaksi kuukaudeksi palavan aineksen vähentämiseksi (10).

Polttolaitoskuonat sisältävät yleensä melko runsaasti palamatta jääneitä aineksia. Kuonaraakeet ovat yleensä melko hauraita, niillä on pieni iskunkestävyys ja ne ovat taipuvaisia lujittumaan alkalisessa ympäristössä. Vanhenemisella kosteuden läsnäollessa on taipumus vähentää reaktiivisuutta ja palamatta jääneiden ainesten määrää. Luonnon runkoainesten kanssa sekoittaminen parantaa polttolaitoskuonia sisältävien seoksien stabiliteettia ja puristuslujuutta (10).

Tutkimukset osoittavat että polttolaitoskuonaa voidaan käyttää ilman esikäsitteilyäkin maarakennustekniikassa, kuten vähälukuisilla kenteisillä teillä sekä tukimuurien taustatäyttöihin. Suurten paineiden alaisena rakkeiden hajoamisesta johtuen voi kuitenkin syntyä painumia (8).

Itävallassa laboratoriossa suoritettujen liuotuskokeiden (Schwab, 1978) mukaan kuonan saastuttamispotentiaali on hyväksyttävissä rajoissa edellyttäen, että kuona pysyy pohjavedenpinnan yläpuolella (8).

Kyläsaaren kuonalla tehty alustavat ympäristövaikutuskokeet esitetään luvussa 6. Kyläsaaren polttolaitoskuonasta tehty tutkimukset.

5. POLTTOLAITOSKUONAN KÄYTTÖKOKEMUKSIA MAARAKENTAMISESSA ULKOMAILLA

Yhdysvallat

Yhdysvalloista on lukuisia esimerkkejä polttolaitoskuonan käytöstä. Floridassa sijaitseva Tampan kaupunki on käyttänyt kiertouuneilla varustetun polttolaitoksen kuonaa maantietäyttöihin ja pysäköintipaikkojen pohjarakenteisiin.

On saavutettu tyydyttäviä tuloksia 0,3 metrin paksuilla kerroksilla tiivistettynä teräsvalssijyrällä. Pohjakerroksissa käytetty päälimmäinen tiivistetty jätekerros sidottiin pölyämisen ja pintaveden pääsyn estämiseksi (4).

Noin 50 000 tonnia Philadelfiassa, Pennsylvaniassa olevista kahdesta polttouunista peräisin olevaa säiliössä ollutta ja seulottua kuonaa on levitetty Montgomery Countyn lähellä sijaitsevan viemäritäytteen päälle. Sitä on käytetty sekä peite- että työmaatiemateriaalina. Käsitelty jäte on täyttänyt kaikki sille asetetut vaatimukset. Se leviää ja tiivistyy helposti, sillä ei ole vastenmielistä hajua, ei aiheuta pölyongelmaa eikä vahingoita tiivistyslaitteita eikä kuljetuskalustoa. Jätteen on todettu olevan melko hyvä kuljetusteiden stabilointimateriaali (4).

Yhdysvalloissa on tutkittu useita polttolaitoskuonan hyväksikäyttönäkökohtia valta-ten rakentamisessa. Tutkimukset kalkilla käsitellyillä polttolaitoskuonilla osoittavat, että seoksella on hyviä mahdollisuuksia olla kantavan kerroksen aineksena. Seos, jossa on 88 % polttolaitoskuonaa ja 12 % kalsiumoksidisivutuotetta tiivistettynä optimikosteudessa, levitettiin pysäköintialueen kantavaksi kerrokseksi lokakuussa 1974 St. Charles'issa, Illinoisissa. Mitään rakentamisvaikeuksia ei kohdattu ja osan käyttäytyminen on ollut tyydyttävä. Kalkilla käsiteltyyn kuonaan liittyvät menetelmät ja koostumukset pohjamateriaalina on Gnaedinger patentoinut (4).

Texasin kuljetusinstituutti (Texas Transportation Institute) on kehittänyt koemiellessä mustan kantavan kerroksen materiaalin, joka koostuu 91 painoprosentista polttolaitoskuonaa ja 9 painoprosentista bitumia. Tätä seosta käytettiin erään koeosuuden menestyksellisessä rakentamisessa (4).

Saksan Liittotasavalta

Saksassa käytetään likimain puolet polttolaitoskuonan tuotannosta metsäteiden, tilusteiden ja penkereiden rakentamiseen. Kun palamatta jääneen aineksen liiallista määrää valvotaan sopivaa varastointia ja vanhenevista käyttäen, kuonat käyttäytyvät erinomaisesti. Niitä käytetään näissä sovelluksissa ilman sideainetta ja tarvitaan vain vähän tai ei ollenkaan murskausta tai lajittelua (9).

Ranska

Kotitalousjätteiden polttamismenetelmissä vähän toistakymmentä vuotta sitten alkanut kehitys sai Pariisin seudun silta- ja tielaboratorion (Les Laboratoires des Ponts et Chaussées de la Région Parisienne) kiinnostumaan polttolaitoskuonista ja tutkimaan niiden käyttömahdollisuuksia soran korvaajana tienrakentamisessa (3).

Kaksi Pariisin seudun tärkeintä polttolaitosta, Ivry-sur-Seine ja Issy-les-Moulineaux, tuottavat vuosittain yhteensä noin 350 000 t kuonaa. Sitä on käytetty menestyksekkäästi ajoratojen jakavassa kerroksessa ja työmaateiden rakennusmateriaalina (3).

Tanska

Tanskassa suoritettiin kokeiluprojekti, missä kantavat kerrokset rakennettiin käyttämällä polttolaitoskuonaa runkoainesmateriaalina. Kaksi erillään olevaa koeosuutta rakennettiin ja kerrokset sisälsivät 25 ja 50 % polttolaitoskuonaa, 75 ja 50 % tavanomaista runkoainesta ja bitumia. Päällysrakenteen alaosa oli sitomatonta polttolaitoskuonaa. Kokeilu oli teknisesti menestys, mutta se oli epäkäytännöllinen taloudellisista ja ympäristöllisistä näkökulmista katsottuna; liian korkeat kosteuspitoisuudet edellyttivät ylimääräisen kuivaamisenergian käyttöä, ja jäteaineen hieno osa aiheutti ympäristön saastumista (2).

Sveitsi	Sveitsiläinen R. Hirt on tehnyt huomattavaa tutkimus- ja kokeilutyötä. Näiden tutkimusten tulokset osoittavat, että polttolaitoskuonaa voidaan käyttää menestyksellisesti kantavan kerroksen sovellutuksissa (6).
Iso-Britannia	Englannissa ovat tutkimukset osoittaneet, että suurinta osaa polttolaitoskuonasta voidaan menestyksellisesti käyttää täytemassana maanrakennustöissä ja jotkut ovat sopivia rakeisena kantavan kerroksen aineksena (10).

6.

KYLÄSAAREN POLTTOLAITOSKUONASTA TEHDYT TUTKIMUKSET

6.1

Tutkimusten taustaa

Geoteknisen osaston vuonna 1979 käynnistämän kivihiilivoimalaitosten tuhkien tutkimusprojektin suunnitelman mukaan oli tarkoitus tehdä kivihiilituhkien tavoin selvitys myös Kyläsaaren polttolaitoskuonan soveltuvuudesta maarakennusaineeksi. Koska lajittelematon kuona sisältää silmämääräisten havaintojen perusteella niin paljon suuria komponentteja, muun muassa polkupyörän runkoja ja muita metalliesineitä sekä vain osittain palaneita aineksia, että sen ei voida katsoa soveltuvan vaativaan maarakentamiseen ilman erottelutoimenpiteitä, on kuonan tutkiminen rajoittunut eräiden kuonabunkkerista ja täyttöalueelta otettujen melko homogeenisten ja hyvin palaneiden näytteiden tutkimiseen.

Geoteknisiä ominaisuuksia ovat selvittäneet tuhkaprojektin tutkijat katurakennusosaston tielaboratoriossa Kyläsaarella. Alustavia ympäristövaikutusselvityksiä ovat tehneet katurakennusosaston Kyläsaaren vesilaboratorio sekä VTT:n kemian laboratorio. Seuraavassa on koottu tuhkaprojektin toiminnan aikana kuonasta tehdyt tutkimukset ja niiden tulokset.

6.2

Geoteknisiä ominaisuuksia

Alustavissa kokeissa on määritetty

- vesipitoisuus w
- maksimikuivairtoteiheys ρ
- optimivesipitoisuus w_{opt}

- kapillaarinen nousukorkeus h_c
- rakeisuus alle 64 mm aineksesta
- rakeisuuden muuttuminen tiivistettäessä kuonaa maksimitiiviyteen alle 16 mm aineksesta
- routivuus.

Vesipitoisuus Tuoreilla, kuonabunkkereista otetuilla näytteillä vesipitoisuus w on ollut 35...50 %. Täyttöalueelta 0,5 m syvyydeltä otettujen näytteiden vesipitoisuus w on ollut 20...30 %. Kasaan varastoitaessa kuonan ylimääräinen vesi poistuu, jolloin sen käsiteltävyys ja stabiliteetti paranee.

Maksimikuivairtoteiheyys ja optimivesipitoisuus

Kuonan maksimikuivairtoteiheyys ρ on vaihdellut 1,2 ja 1,7 t/m³ välillä. Kuona on siten kevyempää kuin sorat ja hiekat joiden ρ on 1,8...2,2 t/m³. Kuona tiivistyy parhaiten kun sen vesipitoisuus on 15...20 % kuivapainosta. Hyvin tiivistetyn kuonan ρ on käytännössä (märkänä) 1,8...2,0 t/m³. Vastaavasti soran ja hiekan ρ on märkänä ja hyvin tiivistettynä 2,0...2,3 t/m³. Kuona on siten luonnonkiviainesta jonkin verran kevyempää.

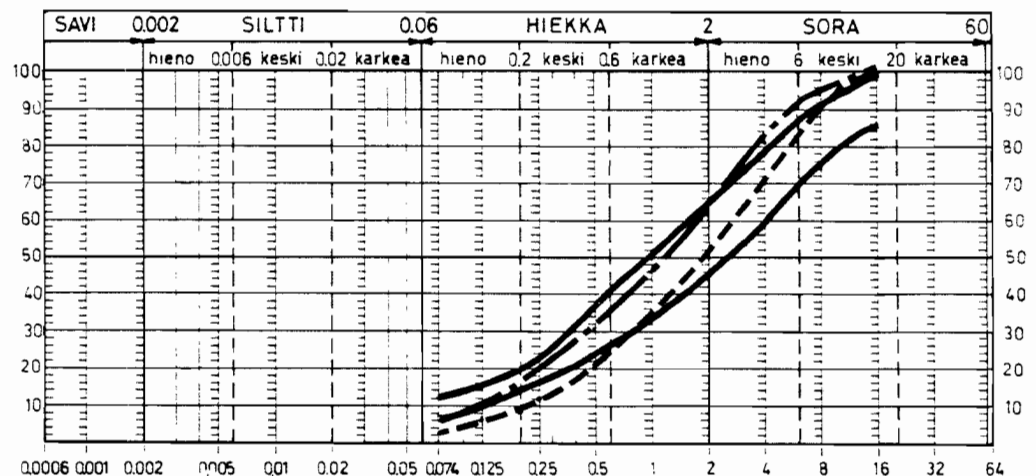
Kapillaarinen nousukorkeus

Tutkituilla kuonanäytteillä on kapillaarinen nousukorkeus h_c ollut 0,7...1,1 m.

Rakeisuus

Näytteiden rakeisuusmääritysten mukaan kuonat ovat joko karkeaa hiekkaa tai hienoa soraa. Ne ovat melko hyvin suhteistuneita, minkä vuoksi ne tiivistyvät hyvin.

Tiivistettäessä hauraat kuonarakeet murtuvat minkä seurauksena hienoainespitoisuus kasvaa. Tästä voi olla seurauksena kapillaarisen nousukorkeuden kasvu ja routimisvaaran lisääntyminen. Samanlaista rakeiden hienontumista voi tapahtua kun kuonasta tehtyyn rakenteeseen kohdistuu dynaamista kuormitusta. Kuvassa 2 esitetään yhdeksän näytteen alle 64 mm kuonafraktion rakeisuusalue (vrt. kuva 1) sekä erään näytteen alle 16 mm kuonafraktion rakeisuus ennen proctor-tiivistämis-koetta ja sen jälkeen.



Kuva 2. Kyläsaaren polttolaitoskuonan rakeisuus

- rakeisuusalue alle 64 mm fraktiolla
- rakeisuuskäyrä
- ennen proctor-koetta ja
- proctor-kokeen jälkeen alle 16 mm fraktiolla.

Routivuus

Kapillaarisen nousukorkeuden ja rakeisuuden perusteella Kyläsaaren kuona on routimatonta tai lievästi routivaa (vrt. kohta 3.4).

6.3

Alustavia kokeita polttolaitoskuonan ympäristövaikutuksista

Katurakennusosaston vesilaboratorio on tehnyt touko-...kesäkuussa 1982 alustavan polttolaitoskuonan koostumuksen määrittämisen. Kyläsaaren jätteenpolttolaitoksen kuonakasasta otettiin 25.5.1982 muutamia päiviä kuonakasan tasauksen jälkeen kuusi näytettä. Näytteet otettiin eri puolilta kasaa pinnasta siten, että mukaan ei tullut mitään suurempia kapaleita. Näytteet kuivatettiin ja seulottiin 10 mm silmäkoon seulan läpi. Näytteiden hienosta jakeesta tehtiin vesilaboratoriossa joukko määrittäksiä käyttäen liete ja maa-analytiikkaan kehitettyjä esikäsittely- ja analyysimenetelmiä.

Tulokset on esitetty taulukossa 3, jossa on lisäksi vertailuarvoina lääkintöhallituksen yleiskirjeessä n:o 1637/3.8.1977 esitetyt Suomen asumajätevesilietteen raskasmetallien "normaalipitoisuudet" sekä maanviljelyskäyttöön kelpaavan lietteen suurimmat sallitut pitoisuudet (5).

Koska maahan sijoitetun pölyämiseltä suojatun polttolaitoskuonan sisältämät haitalliset ainekset aiheuttavat suurimman ympäristövaaran silloin, kun ne liukenevat veteen, saadaan vesiuutosanalyysillä edellistä koetta luotettavampaa tietoa kuonien ympäristövaikutuksista. Tuhkaprojekti teetti huhti-...kesäkuussa 1982 Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kemian laboratoriossa alustavan selvityksen tuoreen kuonan satunnaisnäytteen kemiallisesta koostumuksesta ja eräiden ympäristölle haitallisten aineiden vesiliukoisuudesta. Tutkimusselostus esitetään liitteenä 1 (11).

Tehtyjen tutkimusten tulokset ovat tietenkin vain suuntaa-antavia, koska näytemäärä on suppea ja kuonan laatu voi vaihdella suurestikin. Parhaiten kuonan ympäristövaikutuksia voitaisiinkin ilmeisesti selvittää todellisissa olosuhteissa, joissa sade- ja meriveden liuottavat vaikutukset voitaisiin todeta.

Taulukko 3. Kyläsaaren polttolaitoksen kuonanäytteiden koostumus; kertänäytteet 25.5.1982

	pH	Sätkör. joht. mS/m	Henkutus- jäännös %	Henkutus- näyte %	Hilli g/kg	Kok.P g/kg	Kok.N g/kg	Fe g/kg	Cu mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
Polttolaitos															
1	8.1	55	79.0	21.0	130	5.6	0.9	31	13.5	27	92	1300	87	3300	5900
2	8.5	30	79.0	21.0	85	4.8	0.9	31	11.5	25	81	1200	87	2400	4000
3	8.4	205	83.2	16.8	130	5.9	0.5	34	11.3	25	65	1400	120	1300	6200
4	8.4	270	82.2	17.8	130	6.6	0.6	38	15.6	25	31	1200	81	3300	4400
5	8.3	380	83.0	17.0	120	4.4	0.5	27	10.2	21	74	870	77	4000	3400
6	10.1	200	71.0	29.0	240	4.3	0.3	22	13.5	23	88	1700	62	2500	4300

Lätkintöhallituksen yleiskirje n:o 1637

Asumajätevesilietteiden raskasmetallien normaalipitoisuudet Suomessa

Maanviljelyskäyttöön kelpaavan lietteen suurin sallittu pitoisuus

3-11	12-43	10-310	140-680	30-100	89-340	530-1600
30	100	1000	3000	500	1200	5000

7.
POLTTOLAITOSKUONAN KÄYTÖN EDELLYTYKSET
HELSINGISSÄ

7.1
Teknisiä ja ympäristöllisiä näkökohtia

Nykyisestä Kyläsaaren polttolaitoksen tuot-
tamasta kuonasta vain noin puolet, 10 000...
15 000 t on geoteknisessä mielessä hyvä-
laatuista maarakennusmateriaalia. Muu osa
on liian suuria esineitä, metalliromua yms.
sekä heikosti palaneita aineksia. Koska
kuonaa ei nykyisin kuitenkaan lajitella
eikä esierottelua ennen jätteen polttamista
suoriteta, sitä ei voida käyttää vaativaan
maarakentamiseen.

Mikäli tulevaisuudessa tuotetaan joko uuteen
paikkaan rakennetussa tai korjatussa nykyi-
sessä polttolaitoksessa kuonaa, jossa seuraa-
vat seikat otetaan huomioon, voidaan pala-
mistuotetta käyttää penkereiden, katujen
alusrakenteiden ja muiden sen tyyppisten
maarakenteiden tekemiseen.

- Esierottelu.
- Poltto tehdään nykyistä tehokkaam-
maksi.
- Poltettavaa jätettä ja kuonan laa-
tua tarkkaillaan jatkuvasti, jolloin
huonosti palanut ja orgaaninen ai-
nes poistetaan kuonasta.
- Kuonasta seulotaan yli 100 mm ainek-
set pois.
- Kuonasta liukenevia aineksia tark-
kaillaan laboratoriossa ja maastossa
tehtävillä kokeilla jotta ympäristö-
vaikutukset pysyvät sallituissa
rajoissa.

Koska palamistuotteen koostumus ja laatu
muuttuvat todennäköisesti muutostoimenpi-
teiden johdosta, tarkempi hyötykäyttöselvi-
tys olisi käynnistettävä heti, kun uuden
kuonan tuotanto mahdollisesti alkaa.

7.2

Taloudellisia näkökohtia

Nykyisellä polttolaitoskapasiteetilla, 80 000...90 000 t/a, kuonantuotanto on melko pieni, jos tarkastellaan kuonan hyötykäytön taloudellista merkitystä Helsingille yksinomaan kiviainessäästönä. Tämän hetkiselällä kuonantuotannolla pystyttäisiin tekemään nykyistä käyttömuotoa (rantatäyttö) vaativampia maarakenteita vuosittain noin 10 000 m³. Tämä vastaa esimerkiksi 2,5 km pituista pengertä, jonka leveys on 8 m ja korkeus 0,5 m. Sorarakenne maksaa Helsingissä kuljetus, levitys ja tiivistystyö mukaanlukien noin 40 mk/m³. Vastaava rakenne maksaisi polttolaitoskuonaa käytettäessä enintään 20 mk/m³, joten vuosittain saavutettava materiaalikustannussäästö olisi noin 200 000 mk.

Kuonien hyötykäytön taloudellisuutta tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon myös, että rakentamiseen ohjattu kuona ei kuormita kallista kaatopaikkatilaa.

Kuonasta osa olisi ilmeisesti tarkoituksenmukaista ohjata kaatopaikan peitemateriaaliksi ja työmaateiden rakentamiseen sekä loput muihin maarakennuskohteisiin.

8.

JATKOSELVITYSTARPEET

Polttolaitoskuonan soveltuvuutta maarakentamiseen on tarpeen selvittää lähemmin koe-rakentamisella eri kohteissa samalla tavalla kuin tuhkaprojekti on tehnyt kivihiilivoimalaitosten tuhkien hyötykäyttöselvityksessä.

Kyläsaaren polttolaitoksen mahdollisen saaneerauksen suunnittelussa tulee myös polttolaitoskuonan hyötykäytön tarpeet ottaa huomioon, jotta kuona voitaisiin käyttää maa-rakentamisessa.

LÄHDELUETTELO

1. Anttila R., Lindström, K. E., Tutkimus Helsingin asuma-, liike- ja työpaikkajätteen laadusta, Helsingin kaupungin jätehuoltokomitea, 1981
2. Baltzen, G., Burchardt, K. H., Slagger og genbrug, I/S Vestforbränding, 1977
3. Bauchard, M., Utilisation des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères en technique routière, Colloque international sur l'utilisation des sous-produits et déchets dans le génie civil, Volume II, Pariisi 1978
4. Collins, R. J., Ormsby, W. C., Utilization of incineration residue in the United States, International Conference on the use of by-products and waste in civil engineering, Volume II, Pariisi 1978
5. Helsingin kaupungin rakennusviraston katurakennusosaston vesilaboratorion analyysituloksia, Helsinki 4.6.1982
6. Hirt, R., Emploi des scories d'incinération des ordures comme matériau routier, Colloque international sur l'utilisation des sous-produits et déchets dans le génie civil, Volume II, Pariisi 1978
7. Kohlhammer, W., Was Sie schon immer über Abfall und Umwelt wissen wollten, Bundesministerium des Innern, Berliini 1981
8. Schwab, E. F., Pregl, O., Incineration refuse as fill material, International Conference on the use of by-products and waste in civil engineering, Volume II, Pariisi 1978
9. Toussaint, A., Use of incinerator residue in earthworks and road construction, International Conference on the use of by-products and waste in civil engineering, Volume II, Pariisi 1978
10. Use of waste materials and by-products in road construction, OECD Road Research Group, 1977
11. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen kemian laboratorio, tutkimusselostus n:o KEM 214104

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

TUTKIMUSSELOSTUS N:o

KEM214104

STATENS TEKNISKA FORSKNINGSCENTRAL

FORSKNINGSRAPPORT

Nr

Kemian laboratorio

1(2)

Tilaaaja Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto, HKR-vesilaboratorio, Kyläsaarenkatu 10, 00550 Helsinki 55

Tilaus 6.4.1982, Jorma Havukainen

Näyte Kyläsaaren polttolaitoksen kuona

Tehtävä Esitutkimus kuonan sijoittamiseksi

Tutkimuksen tulokset Näytteen koostumuksen selvittämiseksi suoritettiin puolikvantitatiivinen röntgenfluoresenssianalyysi. Menetelmällä saadaan määritettyä fluoria raskaampien alkuaineiden likimääräiset pitoisuudet. Tulos:

% -alue

Natriumia, Na	0,69-2,9
Magnesiumia, Mg	0,61-2,1
Alumiinia, Al	1,7-13
Piitä, Si	n. 30 %
Fosforia, P	0,17-0,90
Rikkiä, S	0,056-0,50
Klooria, Cl	0,060-0,56
Kaliumia, K	1,2-5,1
Kalsiumia, Ca	1,9-9,0
Titaania, Ti	0,21-2,0
Kromia, Cr	0,013-0,13
Mangaania, Mn	0,056-0,16
Rautaa, Fe	n. 10 %
Nikkeliä, Ni	0,0076-0,063
Kuparia, Cu	0,11-0,59
Sinkkiä, Zn	0,33-1,5
Strontiumia, Sr	0,036-0,46
Tinaa, Sn	0,038-0,30
Antimonia, Sb	0,018-0,066
Bariumia, Ba	0,085-1,5
Volframia, W	0,048-0,099
Lyijyä, Pb	0,51-1,3
Arseenia, As	selviää jälkiä
Elohopeaa, Hg	heikkoja jälkiä

Tutkimus suoritettiin käyttäen Philips PW 1410 röntgenspektrometriä ja menettelyä VTT-5060-80, joka on esitetty julkaisussa: Asko Visapää, Röntgenspektrien ajo ja puolikvantitatiivinen tulkinta, VTT, kemian laboratorio, tiedonanto 3(1974), 181 s.

Röntgenfluoresenssianalyysin perusteella tutkittiin ns. kolonnitestin avulla alumiinin, bariumin, lyijyn, arseenin, elohopean liukoisuutta näytteestä. Kaatopaikkaoloja kuvaavassa kolonnitestissä valutettiin tislattua vettä näytekerroksen läpi. Näytekerroksen paksuus oli 20 cm. Kolonnin halkaisija oli n. 10 cm. Veden virtausnopeus oli n. 2 ml/min. Jätekerroksen läpi suotuneen veden pH ja metallipitoisuudet olivat:

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
STATENS TEKNISKA FORSKNINGSCENTRALTUTKIMUSSELOSTUS N:o KEM214104
FORSKNINGSRAPPORT Nr

Kemian laboratorio

2

jättemäärä	1,6 kg ₃
suotovesimäärä	1,1 dm ³ (vastaa sademäärää 140 mm)
pH	8,0
aluminium	< 0,10 mg/l
barium	0,14 mg/l
lyijy	< 0,02 mg/l
arseeni	< 0,15 mg/l
elohopea	< 0,0001 mg/l

Suoritettujen määritysten mukaan näytteestä ei liukene suotoveteen haitallisia pitoisuuksia tutkittuja raskasmetalleja.

Käsityksemme mukaan näytteen kaltainen jäte voidaan sijoittaa viranomaisten suositusten mukaiselle kaatopaikalle.

Jätteen muu sijoittaminen (esim. täytemaaksi) vaatii jatkotutkimuksia.

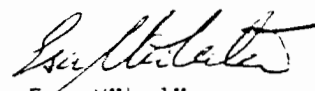
Espoo 10.6.1982

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
Kemian laboratorio

Laboratorionjohtaja


Eero Avela

Tutkija


Esa Mäkelä

4/MF/LR

GEOTEKNISEN OSASTON TIEDOTTEET

N:o			Hinta
1	15. 1.1973	GEOTEKNILLISET KARTAT JA NIIDEN KÄYTTÄMINEN	30,-
2	1.11.1973	KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU	50,-
3	1. 3.1974	KUNNALLISTEKNIIKAN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU	50,-
4	1. 8.1974	TÄYTTÖMÄKIEN RAKENTAMINEN KAUPUNKIALUEELLA	50,-
5	1.12.1974	MELUSUOJARAKENTEIDEN PERUSTAMIS-TAPASELVITYS	30,-
6	12. 1.1976	KITKAPAALUJEN KANTAVUUS	30,-
7	15. 2.1977	PUTKIJOHTOJEN POHJARAKENTEIDEN MITOITTAMINEN	50,-
8	1. 4.1977	METROTUNNELEIDEN INJEKTOINTI	120,-
9	15.11.1977	KALLIOTUNNELIEN KÄYTTÖ VARASTOINTIIN	50,-
10	10.10.1978	RAKENTAMISEN VAIKUTUS POHJAVETEEN HELSINGIN KESKUSTASSA, Heikki Tikkanen	70,-
11	15.10.1978	KLUUVIN RUHJEEN JÄÄDYTYS, Olli Arkima	120,-
12	20. 1.1979	PUISET PERUSRAKENTEET, Pekka Raudasmaa	50,-
13	1. 3.1979	VOIMALAITOSTUHKAN JA POLTTOLAITOSKUONAN HYÖTYKÄYTTÖ RAKENTAMISESSA	50,-
14	1. 6.1979	PEHMEIKÖLLE PERUSTETTAVAN PIENTALON PAINUMIEN LASKEMINEN, Ilkka Vähäaho	50,-
15	1. 5.1980	POHJAVESITARKKAILU -80	50,-
16	1. 9.1979	KATSAUS TUNNELIEN RAKENTAMISTEKNIIKAN NYKYTILAAN ATLANTAN KANSAINVÄLISEN TUNNELIKONFERENSSIN PERUSTEELLA	-
17	30. 3.1981	MATKAKERTOMUS TUTUSTUMISMATKALTA TUKHOLMAN YHTEISKÄYTTÖTUNNELEIHIN, Jarmo Roinisto	50,-

N:o	Hinta
18 27. 1.1981	KIVIHIILIVOIMALAN TUHKAN KÄYTTÖ MAARAKENTEISSA, Jorma Havukainen 50,-
19 30. 3.1981	YHTEISKÄYTTÖTUNNELEIDEN TEKNIS- TALOUDELLINEN SELVITYS, Jarmo Roinisto 50,-
20 11. 9.1981	TALONRAKENNUKSEN MAARAKENTEET JA NIIDEN LAADUNVALVONTA, Pekka Vuola 50,-
21 23. 9.1981	TONTTIALUEIDEN MAARAKENTEET, Osmo Korhonen, Jorma Havukainen 30,-
22 11.12.1981	ESIMERKKEJÄ JÄTTEIDEN HYÖTYKÄYTÖSTÄ RAAKA-AINEENA JA ENERGIANLÄHTENÄ, Jorma Havukainen -
23 1. 7.1982	KIVIHIILIVOIMALAN TUHKIEN HYÖTYKÄYTTÖ- SELVITYS KUNNALLISTEKNIKKASSA, Jorma Havukainen 50,-
24 1. 8.1982	RAKENNUSJÄTTEEN ALUSTAVA HYÖTYKÄYTTÖ- SELVITYS, Ahti Latvala 30,-
25 1. 8.1982	ALUSTAVA SELVITYS POLTTOLAITOSKUONAN HYÖTYKÄYTTÖMAHDOLLISUUKSISTA MAARAKENTAMISESSA, Jorma Havukainen, Alpo Hämäläinen, Antti Sulamäki 30,-