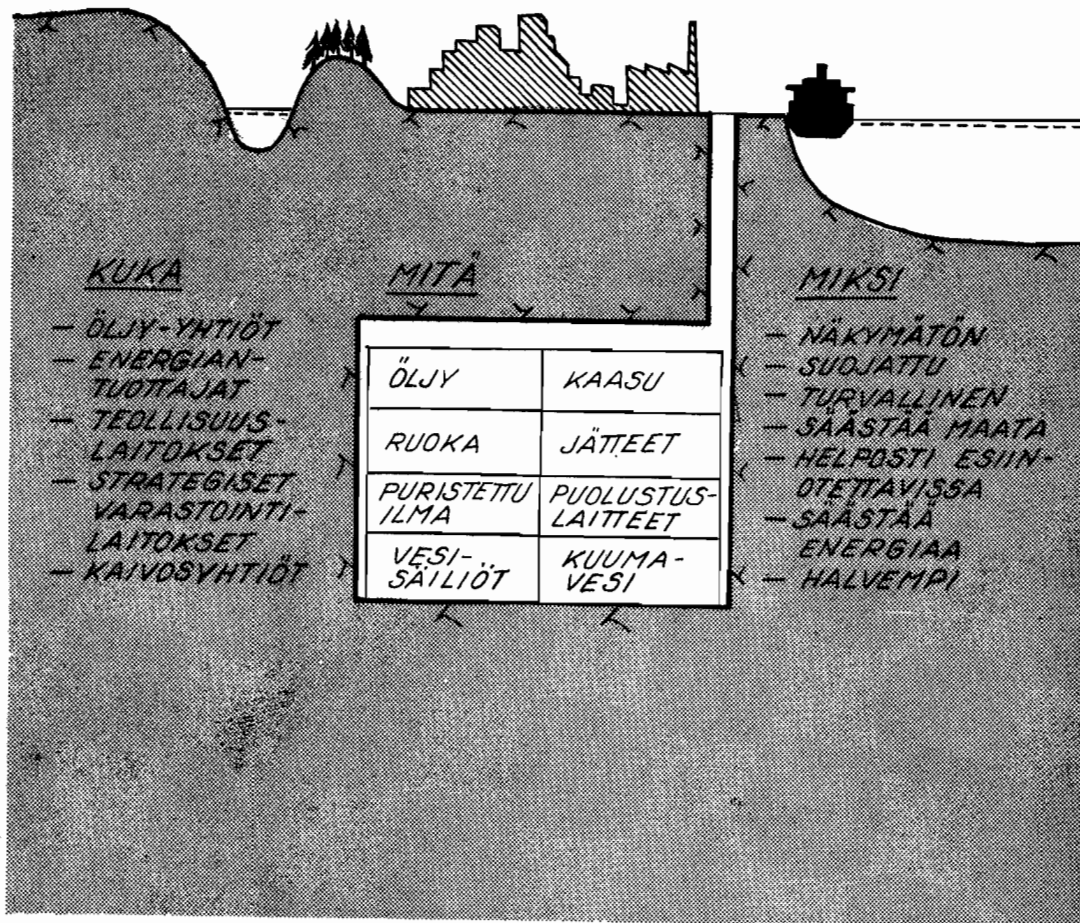


HELSINGIN KAUPUNGIN GEOTEKNILLINEN TOIMISTO



KALLIOTUNNELIEN KÄYTTÖ VARASTOINTIIN

Geoteknillisen toimiston
tiedote 9 15.11.1977

HELSINGIN KAUPUNGIN
KIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

MATKAKERTOMUS TUKHOLMASSA PIDETYSTÄ KALLIOVARASTOINTIA
KÄSITTELEVÄSTÄ SYMPOSIUMISTA ROCKSTORE-77 5.-8.9.1977

S I S Ä L L Y S L U E T T E L O:

	sivu
YLEISTÄ	1
SYMPOSIUMIN OHJELMA.....	2
SYMPOSIUMIN KESKEISIÄ AIHEITA	3
Kehitys	3
Kylmävarastot	5
Jäteveden puhdistamot	9
Tunnelivarastointi	10
Radioaktiiviset jätteet	13
MATKA RUOTSIN LÄNSI-RANNIKOLLE	14
Göteborg	14
Stenungsund	14
Uddevalla	14
Lysekill	16
TUTUSTUMINEN TUKHOLMAN KIINTEISTÖVIRASTON	
SANEERAUSOSASTON PERUSTUSJAKSEEN 8.9.	17
LOPPUTOTEAMUKSET	19

MATKAKERTOMUS TUKHOLMASSA PIDETYSTÄ KALLIOVARASTOINTIA
KÄSITTELEVÄSTÄ SYMPOSIUMISTA ROCKSTORE-77

YLEISTÄ

Rockstore-77 symposiumi 5.-8.9.1977 oli ensimmäinen kansainvälinen kokous, missä käsiteltiin laajasti kalliovarastointia. Symposiumin järjestäjinä toimivat seuraavat järjestöt:

Kuninkaallinen ruotsalainen insinööritieteiden akatemia IVA,

Insinööri-geologian kansainvälinen yhdistys IAEG,
Kalliomekaniikan kansainvälinen yhdistys ISRM ja
Kansainvälinen tunnelinrakentamisyhdistys ITA.

Symposiumiin osallistui noin 1100 asiantuntijaa ja 170 seuralaista 42:sta eri maasta. Suomesta osallistui 45 henkilöä. Helsingin kaupungilta osallistuivat geoteknillinen asiantuntija, DI Usko Anttikoski ja geologi, FM Ahti Saraste. Kokoontumispaikkana oli St.Eriks Mässan. Symposiumin avasi HM Kuningas Kaarle XVI Kustaa.

Symposiumin yhteyteen oli järjestetty tunnelin suunnittelun ja rakentamisen näyttely. Näyttelyjä oli sisätiloissa sekä ulkotiloissa. Ulkona oli myöskin työkoneiden työnäytöksiä. Näytteillepanijoita oli noin 50 kpl. Joukossa oli suomalainen Finncavern, joka on Neste Oy:n, Lohja Oy:n, Vesto Oy:n ja Ekono Oy:n muodostama kalliovarastojen suunnittelua ja rakentamista harjoittava yhtymä ja Roxon Oy, joka esitteli kallion rusnauslaitteita. Näyttelyssä oli ruotsalaisilla yrityksillä ylivoimaisesti näyttävin edustus.

Symposiumin neljästä päivästä oli yksi päivä varattu kymmeneen vaihtoehtoiseen tutustumismatkaan Tukholmassa ja lähiympäristössä. Symposiumin jälkeen oli järjestetty viisi vaihtoehtoista tutustumismatkaa, joista kolme suuntautui Ruotsiin, yksi Norjaan ja yksi Suomeen. Usko Anttikoski osallistui Länsi-Ruotsiin tehtävään tutustumismatkaan. Suomeen suuntautuneeseen matkaan osallistui 103 henkilöä. Kohteena Suomessa olivat Helsingin metro, Temppeliaukion kirkko, Päijänne-tunneli, Lahden Kariniemen jäteveden puhdistamo ja Sköldvikin öljyjalostamo.

Symposiumiin oli jätetty yli 100 kirjoitusta, joista noin 60 valittiin esitettäväksi symposiumin aikana. Suomalaisia kirjoituksia oli neljä, joista kolme oli hyväksytty esitettäväksi, joiden joukossa myöskin Usko Anttikosken ja Ahti Sarasteen selostus.

SYMPOSIUMIN OHJELMA

Ennen varsinaista symposiumia oli sunnuntai-iltana 4.9. kansainvälisen tunneliyhdistyksen 3. vuosikokous, jossa valittiin yhdistykselle uudeksi puheenjohtajaksi ruotsalainen professori H-C. Fischer. Vuosikokouksen jälkeen oli esitelmää aiheesta "tunnelien turvallisuus- ja varmuuskysymykset, tunnelien pitkäaikaisessa käytössä".

Maanantaina 5.9. käsiteltiin tarvetta maanalaiseen rakentamiseen. Iltapäivällä selviteltiin kokemuksia, joita eri maissa oli saatu maanalaisten varastojen käytöstä. Maanantai-illaksi oli Tukholman kaupunki järjestänyt vastaanoton kaupungintalolle.

Tiistaina 6.9. käsiteltiin kallioluolien geo-suunnittelua. Esitelmät käsittelivät kallioperätutkimuksia sekä erilaisia suunnittelukysymyksiä. Tällöin käsiteltiin sellaisten luolastojen suunnittelua, joissa varastoidaan erikoislaatuja aineita, kuten paineenalaisia hiilivetyjä, kuumia tai kylmiä aineita ja kooltaan poikkeuksellisen suuria luolastoja. Kalliotilojen luolakokojen vaihtelusta saa käsityksen kuvasta 1. Tiistaina myöhään illalla oli erikoisistunto, missä käsiteltiin radioaktiivisten jätteiden varastointia kallion sisälle.

Keskiviikkona 7.9. käytiin erilaisilla kenttä-exursioilla Tukholmassa ja lähiympäristössä. Ahti Saraste osallistui Atlas Copcon tehtaille ja tutkimuslaitokseen suuntautuvaan matkaan ja tutustui kahteen öljysäiliöluolastoon, joista toisessa oli maailman vanhin kalliosäiliö ja toisessa maailman suurin kallioluolasto öljyvarastointia varten. Usko Anttikoski tutustui kallioon rakennettuun jäätelön varastointia varten tehtyyn kylmävarastoluolaan sekä tutustui Tukholman puolustusvoimien kalliomekaaniseen tutkimuslaitokseen, jossa selvitettiin kallion lujituksessa käytettävän ruiskubetonoinnin laadunvalvontakokeita sekä kallioluolien käyttöä erittäin alhaisten lämpötilojen noin -200°C tarvitsevien nesteiden varastointiin. Keskiviikkona illalla oli symposiumin banketti Björknäsin paviljongissa Tukholman lähellä. Tilaisuuden isäntänä toimi Atlas-Copcon tehtaas. Tilaisuus oli al-

kuaan tarkoitus pitää Grand-hotellissa, mutta symposiumin osanottajamäärä ylitti arvioidun niin paljon, etteivät kaikki olisi mahtuneet Grand-hotellin tiloihin.

Torstaina 8.9. käsiteltiin kallion rakentamiskysymyksiä. Tällöin kuultiin myöskin kolme suomalaista esitelmää. DI Gösta Diehl Tampella-Tamrockista piti esitelmän pienreikäporauksen käytöstä kalliovarastojen louhinnassa. Usko Anttikoski piti esitelmän Helsingissä todetun voimakkaan horisontaalisen kalliojännityksen vaikutuksesta Salmisaaren öljyluolien rakentamiseen. Esityksessä kerrottiin myöskin muista Helsingin suurista kalliorakennuskohteista ja suoritetuista mittauksista. Ilta-päivällä käsiteltiin case-historioita toteutetuista luolarakennuskohteista. Esitysten joukossa oli myöskin DI Rauno Puskalan YIT:stä esitys Rauman öljyluolien rakentamisessa saaduista kokemuksista, jossa esityksessä hän mainitsi mm., että luolasto pystytään suunnittelemaan ja rakentamaan rakentamispäätöksestä 20 kuukaudessa täysin valmiiksi kokonaisvastuurakentamismenetelmää käytettäessä.

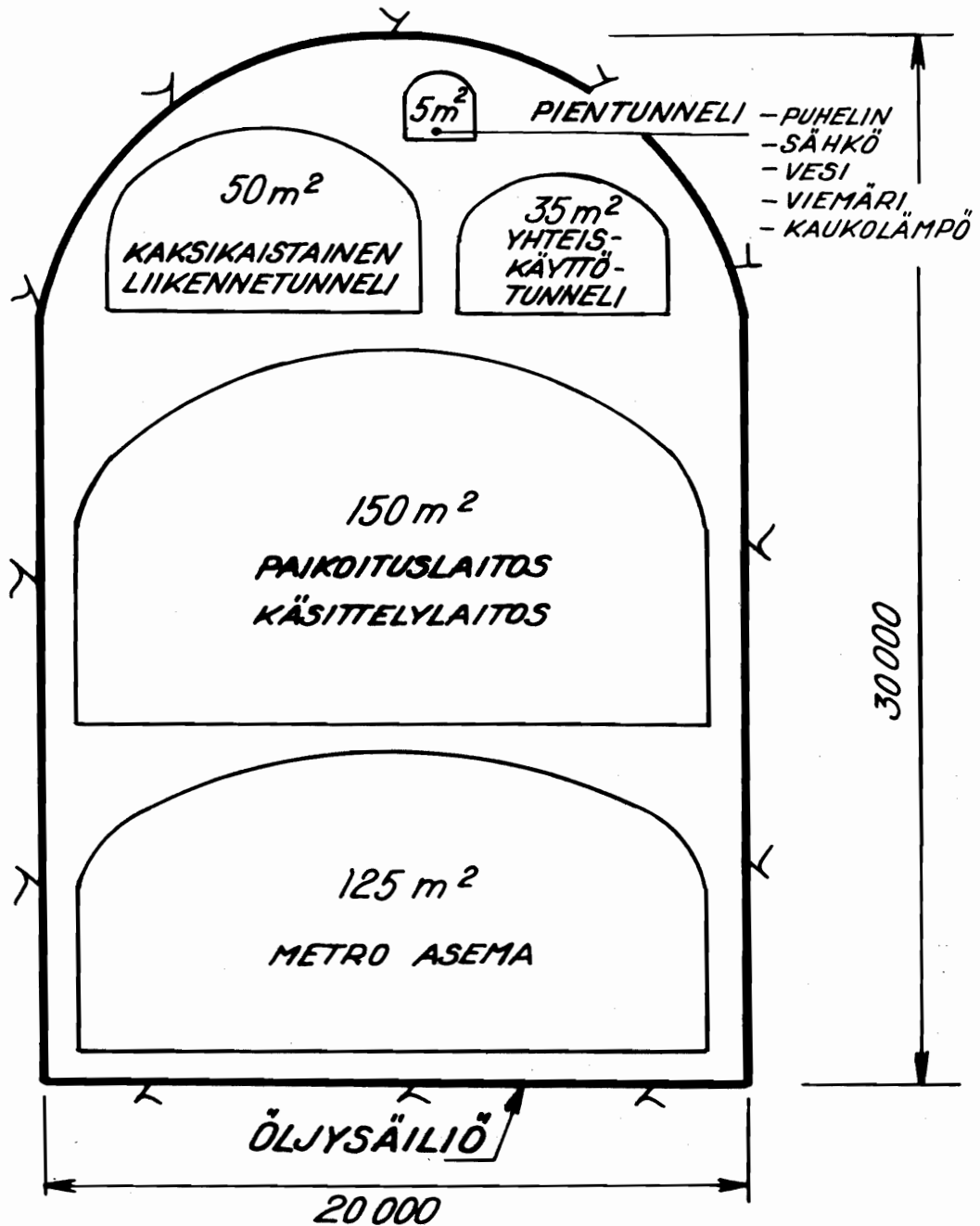
Kansainvälisen kalliomekaniikan yhdistyksen presidentti B. Habib Ranskasta kiitti lopuksi järjestäjiä ja osanottajia ja päätti symposiumin.

Symposiumin esitelmistä oli koottu 3-osainen ennakkopainos ja se käsitti yli 700 sivua. Lopullinen julkaisu lähetetään osanottajille keväällä 1978. Osanottajille jaettiin myöskin kansio, jossa oli esitteitä tutkimus- ja tarkkailulaitteista sekä konsulttoivista ja urakoivista liikkeistä. Saadun kirjallisen aineiston paksuus oli noin 20 cm.

SYMPOSIUMIN KESKEISIÄ AIHEITA

Kehitys

Kalliotunnelien rakentaminen on lisääntynyt eri maissa viime vuosina siten, että tunnelitilojen määrä on kaksinkertaistunut kymmenessä vuodessa. Tehtyjen ennusteiden mukaan saman kasvuvauhdin on oletettu jatkuvan. Tunnelien poikkileikkausala on jatkuvasti kasvanut. Suurimmat poikkileikkausalat tehdään öljyluolissa, joissa poikkipinta-ala on jopa 600 m². (kuva 1)

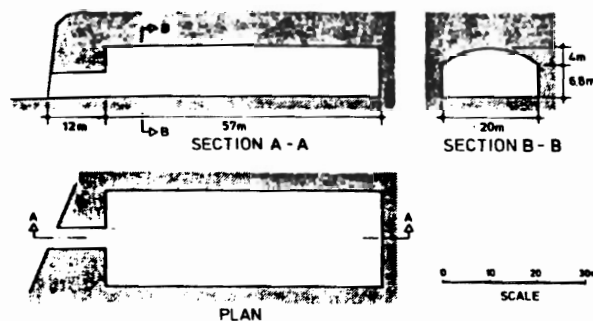


Kuva 1. Eri tarkoitukseen rakennettujen kalliotunnelien poikkileikkauksia sijoitettuna öljyluolan sisälle.

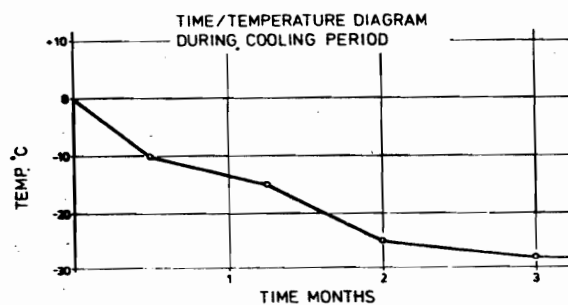
Ruotsissa on käynnissä erittäin voimakas tunnelin rakennusalan tutkimustoiminta, jota julkinen ja yksityinen sektori taloudellisesti tukevat. Erinomaista kallioperää, samanlaista kuin Pohjoismaissa, on myöskin Kanadassa ja USA:n pohjoisosissa, joissa on myöskin käynnistynyt laajoja kallioperän käyttämistä, lähinnä öljyn ja lämpöenergian varastointiin, koskevia kehitysprojekteja. Kun Suomessa ei ole aloitettu vastaavaa tutkimustoimintaa, me joudumme hankkimaan viimeisimmät tiedot muualta, lähinnä Ruotsista ja Norjasta.

Kylmävarastot

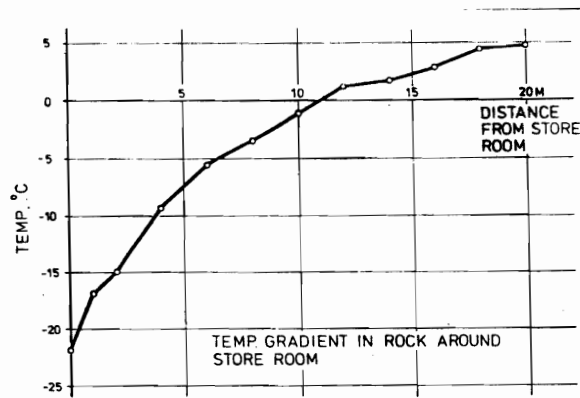
Kallioperän kykyä varastoida lämpöä tai kylmää voidaan käyttää hyödyksi. Norjalaisten ja ruotsalaisten kokemusten mukaan kallioluoliin sijoitetut kylmävarastot ovat varsinkin käyttökustannuksiltaan maanpäällisiä edullisemmat (kuvat 2-5).



Kuva 2. Norjalaisen kylmävaraston mitat.



Kuva 3. Kallion lämpötilan lasku jäähdytysvaiheen aikana.

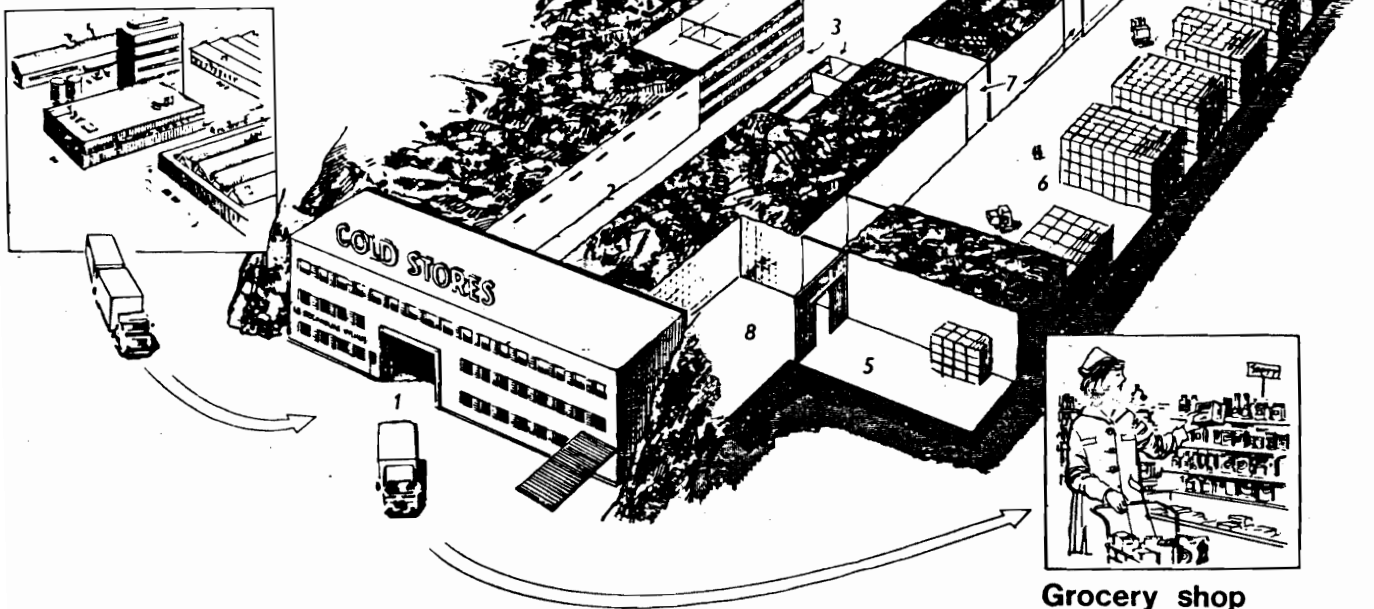


Kuva 4. Lämpötilan muutos kallioperässä kylmävaraston ympärillä.

Kun kallion lämpötila muuttuu hitaasti, eivät kylmävarastot ole herkkiä mahdollisille koneiston häiriöille. Mm. Tukholman Årstadalissa sijaitsevassa jäätelön kylmävarastossa (kuva 5) olivat kerran jäädytyskoneet rikki yhden viikon, jolloin varasto oli silti jatkuvassa käytössä, mutta lämpötila nousi -28°C lämpötilasta vain 7°C .

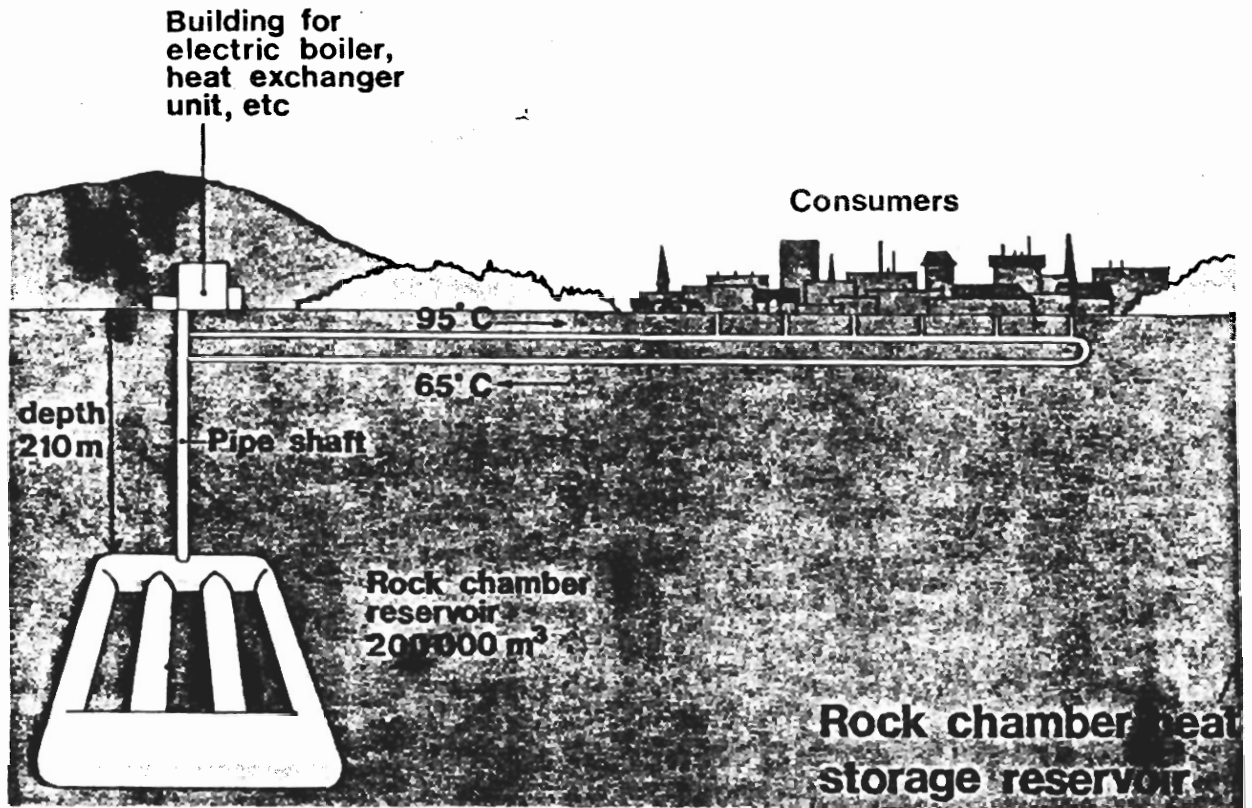
Cold store building at Årstadal;
1 service building, 2 entrance tunnel,
3 works and staff area, 4 transport
shed, 5 stores, 6 refrigerated store,
7 locks, 8 cold store, 9 future extension.

Factory

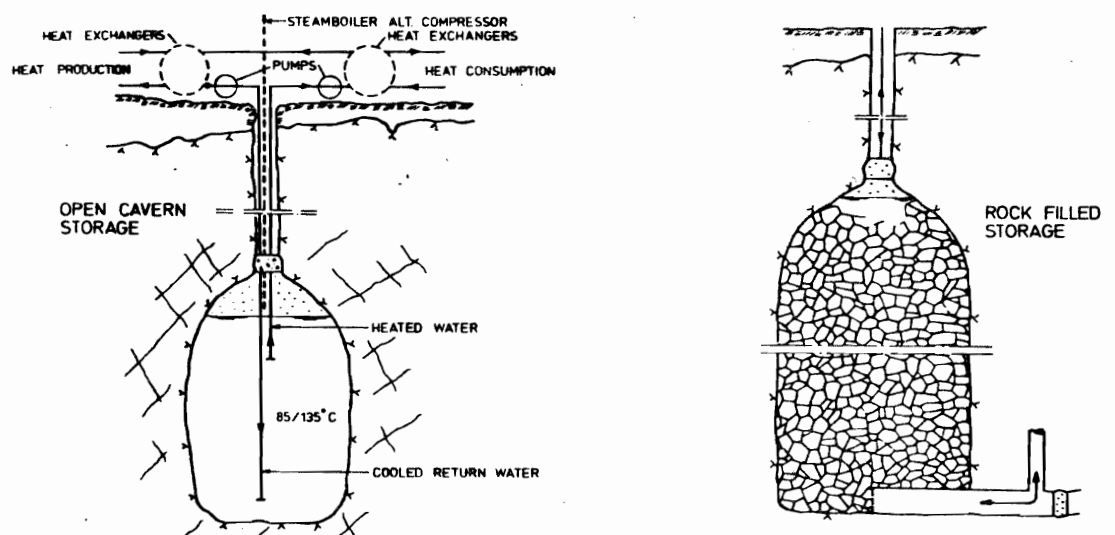


Kuva 5. Tukholman Årstadalissa sijaitsevan kylmävaraston toiminta (tilavuus $16\,000\text{ m}^3$)

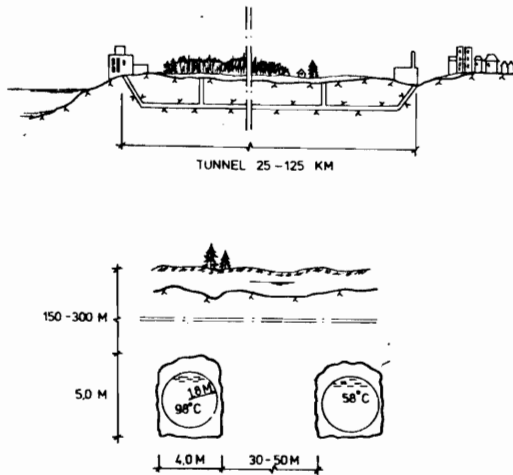
Ruotsissa on tutkittu jo muutaman vuoden aikana vuoraamattomien kalliotunnelien käyttämistä kuuman veden siirtämiseen ja varastointiin (kuvat 6-10. Kallioluoliin varastoitua kuumaa vettä voidaan siirtotunnelissa ohjata kaupunkialueelle käyttöön. Kun kalliooperä on lämmennyt, on siirtotunnelissa lämpöhäviö vain 1-5 %, joten siirtotunnelien lämpötalous on edullinen.



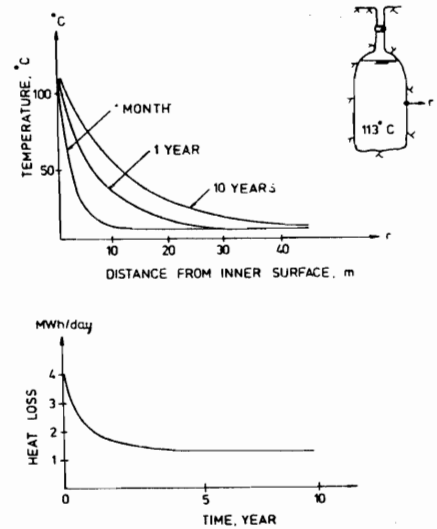
Kuva 6. Kuuma vesi varastoidaan kallioon ja kuljetetaan tunneleissa kaupunkialueelle.



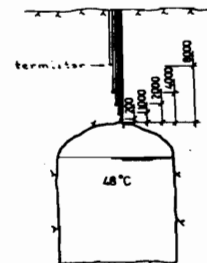
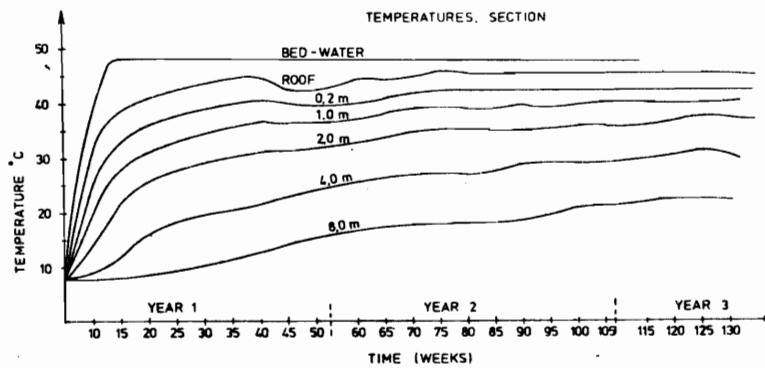
Kuva 7. Kuuman veden varastoinnin periaate avoimessa luolassa ja louheella täytetyssä luolassa.



Kuva 8. Kuuman veden siirto-periaate vuoraamattomassa kalliotunnelissa.



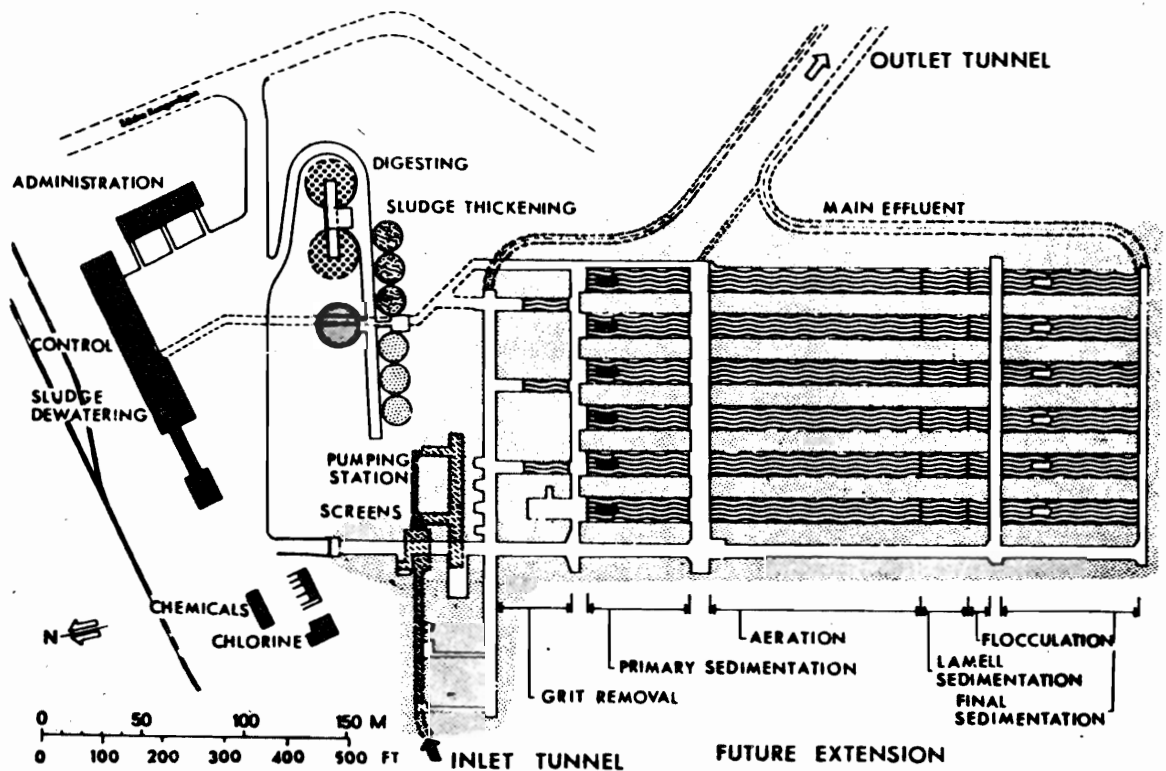
Kuva 9. Lasketut lämpötilan arvot kalliotunnelin ympärillä, joka on täytetty kuumalla vedellä 85 - 135°C.



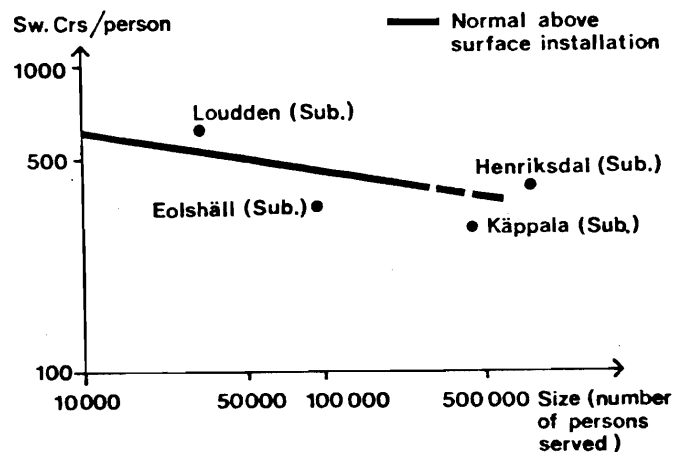
Kuva 10. Mitattuja lämpötilan arvoja kalliossa Marvikin öljysäiliön ympärillä.

Jäteveden puhdistamot

Suomessa on rakennettu kallion sisään vain kaksi jätevedenpuhdistamoa, toinen Lahteen ja toinen Raisioon. Ruotsalaisten kokemukset kallion sisään sijoitetuista puhdistamoista ovat olleet erittäin positiivisia (kuvat 11-12). Tämän vuoksi siellä pyritäänkin nämä ympäristölle paljon haittaa tuottavat laitokset sijoittamaan ensisijaisesti kalliotunneleihin. Jos puhdistamo sijoitetaan kalliotunneliin, alenee tavallisesti puhdistamon korkeus-taso, jolloin voidaan vastaavasti viemärit rakentaa helpommin kalliotunneleihin. Jätevesilaitoksen koko toiminta voi muodostua tällöin maanpäällistä vaihtoehtoa edullisemmaksi.

Underground Sewage Treatment Plants

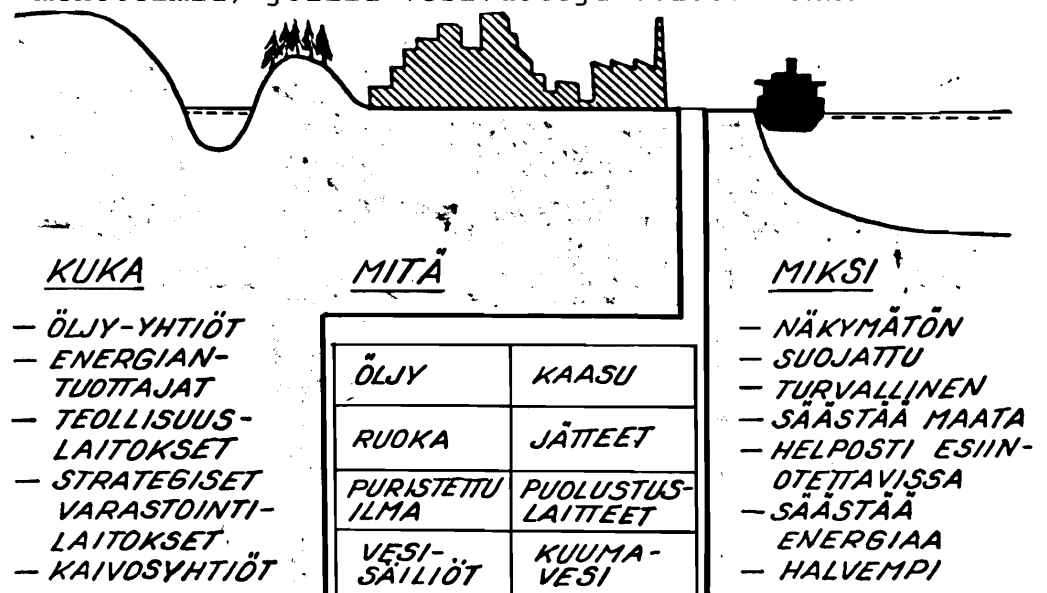
Kuva 11. Kallioon sijoitetun Käppalan jätevedenpuhdistamon (500 000 asukkaalle) yleiskuva.



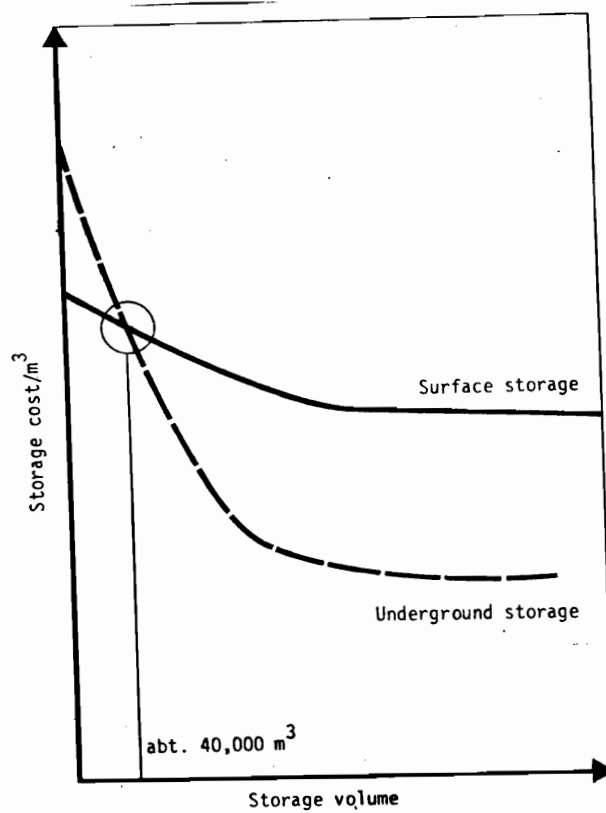
Kuva 12. Kallioon sijoitettujen puhdistuslaitosten hintoja Ruotsissa (hintataso 1970).

Tunnelivarastointi

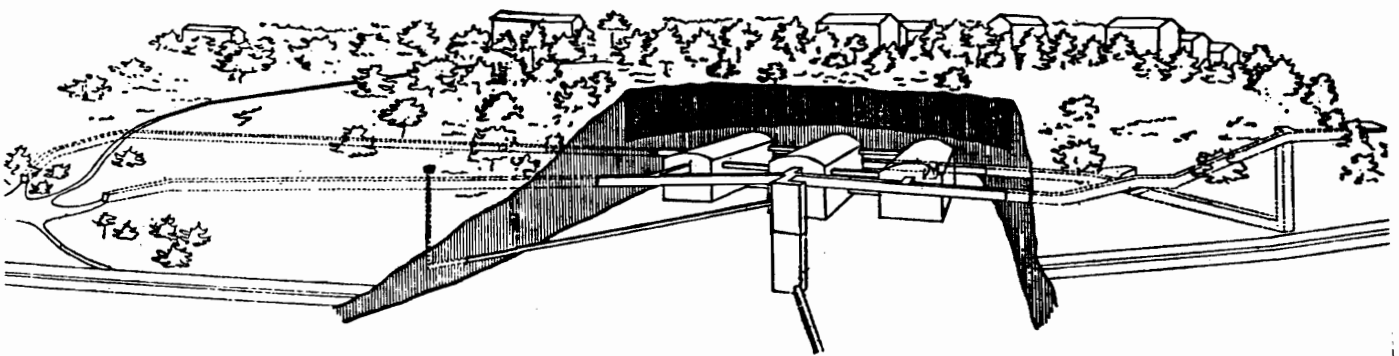
Symposiumin aikana valittivat useat eri maiden asiantuntijat, ettei heillä ole tarjolla niin erinomaista kallioperää kuin Pohjoismaissa ja tämän takia tunnelivarastointia ei heillä voida laajassa mitassa toteuttaa. Pohjoismainen luja kallioperä tarjoaakin poikkeuksellisen edulliset olosuhteet tunnelivarastointiin (kuvat 13-17). Laitoksen tulee kuitenkin olla riittävän suuri, vähintään noin 40 000 m³ (kuva 14), ennenkuin tunnelivarastointi on edullisempaa kuin maanpäällinen varastointi. Tunnelivarastoinnin eräitä ainoita haittapuolia Pohjoismaissa on kallioperässä tapahtuvien vesivuotojen aiheuttamat haitat kalliotiloissa sekä mahdollisesti ympäristössä. Tästä aiheesta oli ruotsalaisia esityksiä, joissa näytettiin myöskin menetelmiä, joilla vesivuotoja voidaan ehkäistä.



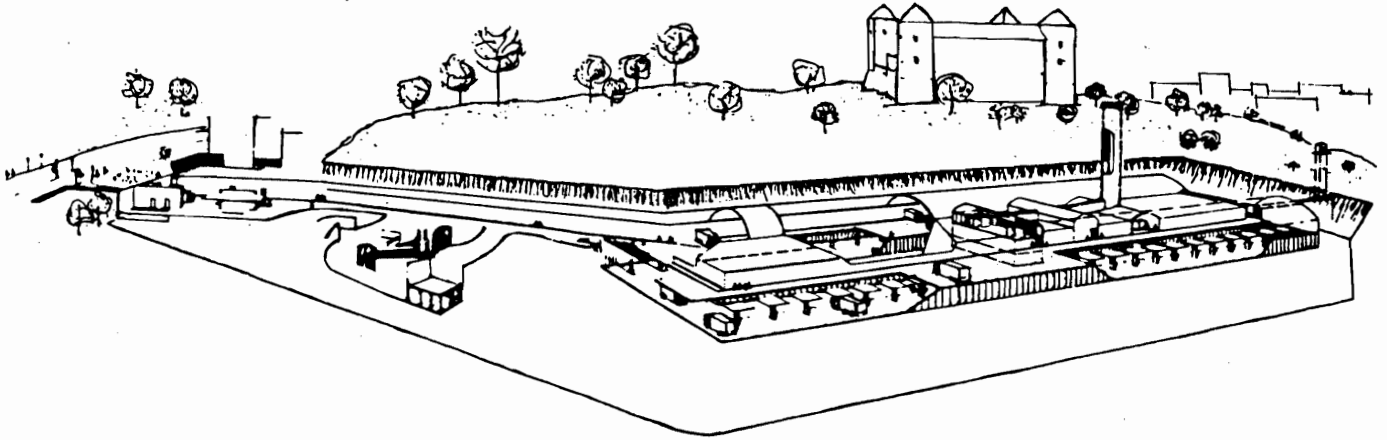
Kuva 13. Kaavio tunnelivarastoinnin periaatteista.



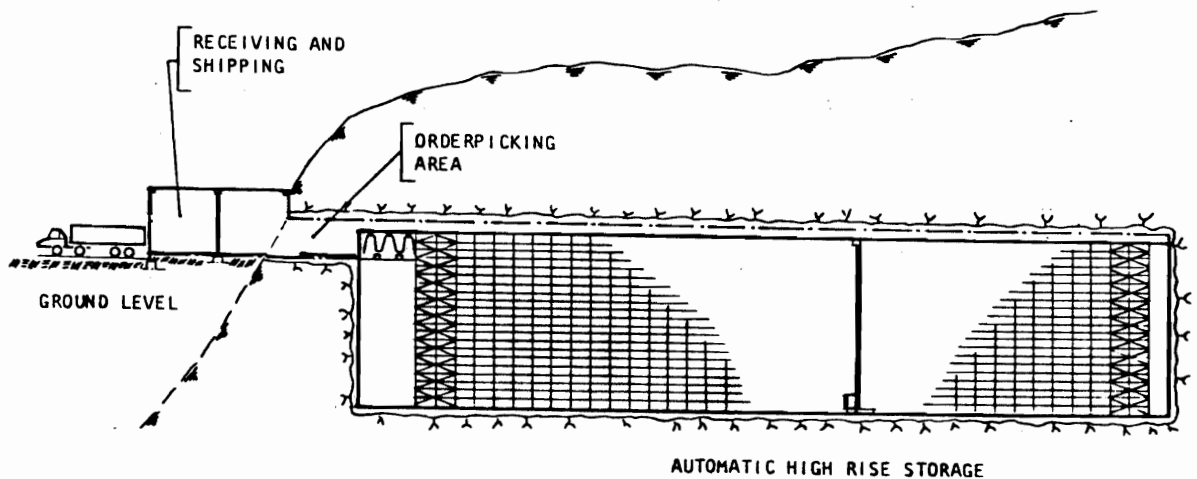
Kuva 14. Tunnelivarastointi on suurissa tiloissa ruotsalaisten kokemusten mukaan maanpäällistä edullisempi.



Kuva 15. Eräs pääpuhelinkeskus sijoitettuna kallioon kaupunkialueella. Saadaan paras suoja sabotaasin tai sodan varalta.



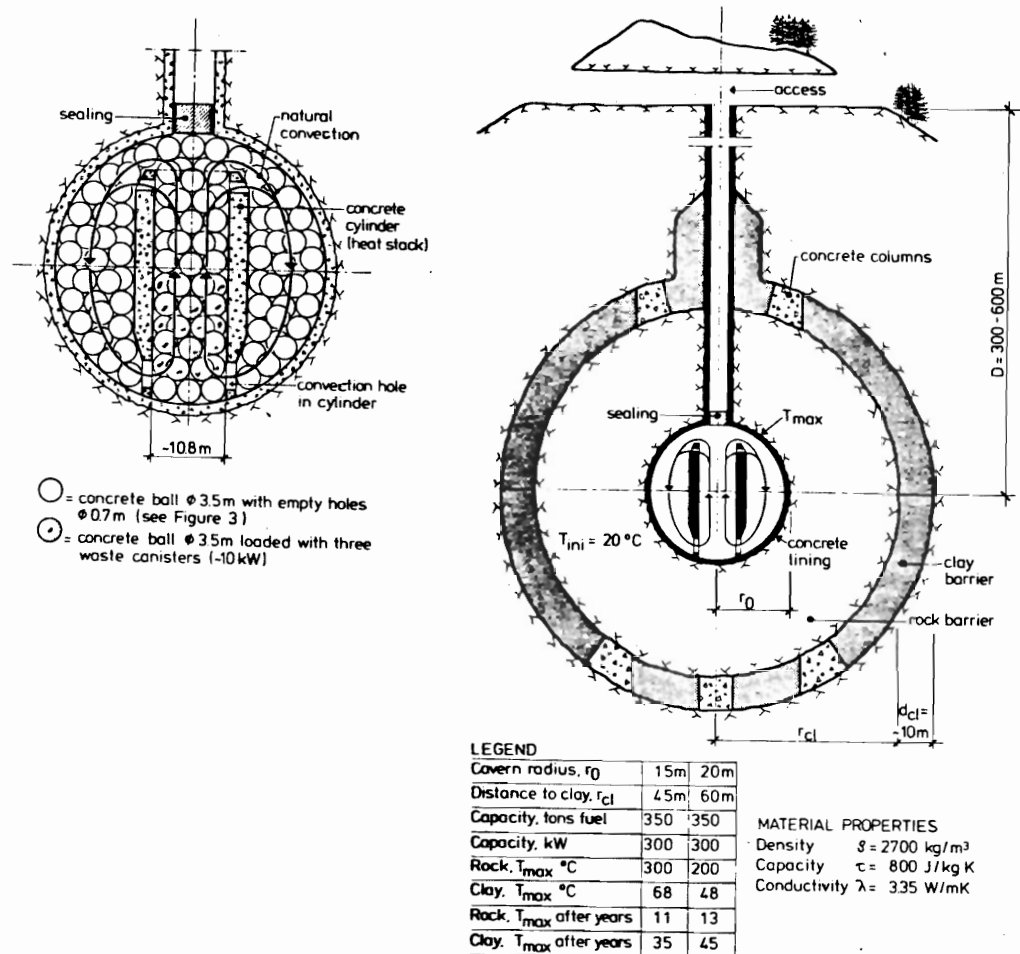
Kuva 16. Kunnan puhtaanapitolaitos ratkaisi pysäköinti-ongelmansa rakentamalla $100\,000\text{ m}^3$ tilat kallioon Tukholman keskustassa. Kallion murskausasema kuvassa vasemmalla, jossa voidaan murskata maan alla myös laajennuksessa syntyvä louhe.



Kuva 17. Esimerkki automaattisesta kallioon sijoitetusta korkeasta varastosta. Mitat $23 \times 20 \times 115\text{ m}$. Vaihtoehto Hankkijan ja Alkon varastoille Helsingissä.

Radioaktiiviset jätteet

Uusimpia tunnelivarastointimenetelmiä oli ruotsalaisten ehdotus atomivoimalan radioaktiivisten jätteiden sijoittaminen saviverhouksella suojattuun kallio-onkaloon (kuva 18). Radioaktiiviset jätteet sijoitetaan betonipalloihin, jotka sijoitetaan syvällä kalliossa olevaan tilaan. Paksu saviverho estää vahingollisten aineiden tunkeutumisen itse kallioperään ja kallioperä voi lauhduttaa kehittyvän lämmön. Tämä varastointikysymys saattaa kiinnostaa tiettyjä Helsingin kaupunginkin asiantuntijoita, varsinkin kun päätös tulevasta pääkaupunkiseudun ydinvoimalahankkeesta on edessä. Eräällä suomalaisella asiantuntijalla oli erikoistehtävänä perehtyä juuri tähän varastointikysymykseen symposiumin aikana.



Kuva 18. Ruotsalainen ehdotus atomivoimalan radioaktiivisten jätteiden sijoittamiseksi kallioperään.

MATKA RUOTSIN LÄNSI-RANNIKOLLE

Göteborg

Matkalle osallistui noin 90 henkilöä eri maista. Matka Tukholmasta Göteborgiin tehtiin lentäen. Perjantaina 9.9. tutustuttiin kahteen varmuusvarastointiin liittyvään raskasöljyluolaan Göteborgin lähistöllä. Luolissa oli yläpumppaamot. Luolien leveys oli 20 m, korkeus 30 m ja pituus 50 m sekä kokonaistilavuus 1,2 milj. m³. Kokonaisrakennuskustannukset olivat 72 milj. RKr, keskimäärin 60 RKr/m³, josta kalliolujituksen osuus oli 2 RKr/m³. Katto oli ruiskutettu ja systeemipulttitettu työturvallisuuden ja mahdollisten kaasuvuotojen takia. Tutkimuskustannukset olivat 2 milj. RKr ja suunnittelukustannukset 2 milj. RKr. Vesivuoto toisessa luolassa oli 20 m³/vrk ja toisessa 70 m³/vrk.

Stenungsund

Ruotsin valtion voimayhtiö (Vattenfall) oli rakentanut neljä öljyä käyttävää voimalaitosta kallion sisään vuosina 1955-1969. Kokonaisteho oli 860 MW. Kallion sisään rakentaminen tapahtui lähinnä turvallisuussyistä. Maan päällä näkyi vain neljä savupiippua sekä ilmanottolaitteet. Laitosta esiteltiin paikallisessa hotellissa, sen sijaan laitokseen ei turvallisuussyistä vierailijoita päästetty.

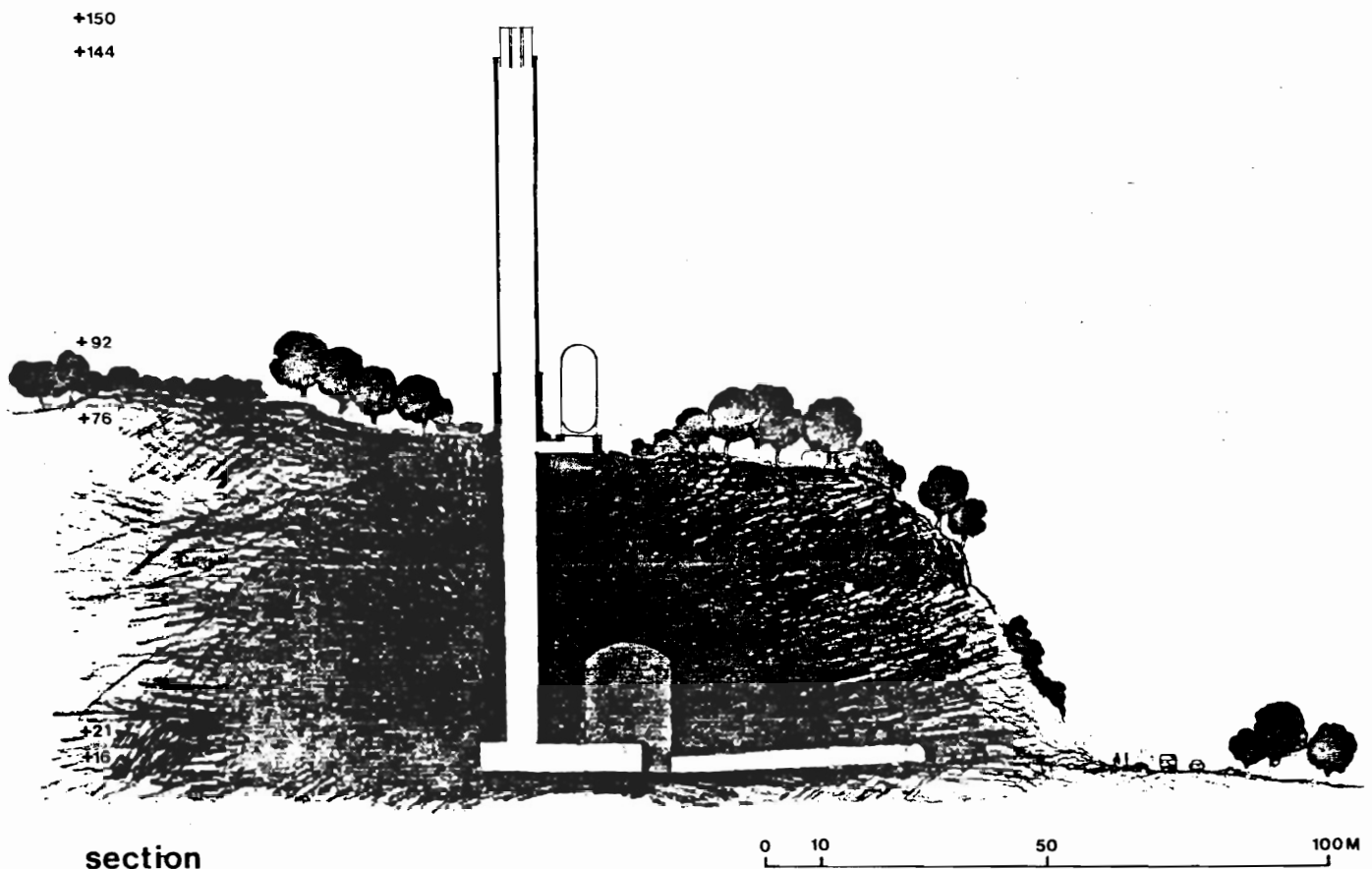
Esso Chemical Ab on rakentanut myöskin kalliosäiliöitä voimalaitosaluetta lähellä sijaitsevaa öljyjalostamoaan varten. Yksi luola on tehty myöskin LPG-kaasua varten. Vesivuoto luolaan on pienempi kuin 10 m³/vrk. Louhittu kallio murskattiin paikan päällä ja murske myytiin Länsi-Saksaan. Pohjavedenpintaan kiinnitettiin luolaston ympäristössä erittäin suurta huomiota tarkkailemalla sitä pohjavesihavaintoputkista. LPG-kaasu säilytetään nestemäisessä olotilassa miinusasteisena. Jäähdytyskustannukset ovat pienet. Jääkerroksen paksuus on kalliossa noin 10 m. Kalliotutkimuksia tehtiin luolahankkeita varten liian vähän ja yksi säiliö osui kallioruhjevyyhykkeeseen, jolloin rakennuskustannukset tulivat huomattavasti suuremmiksi kuin mitä oli arvioitu.

Uddevalla

Uddevallan kaupunki rakensi vuosina 1972-1974 150 000 ihmiselle tarkoitettun jäteveden puhdistamon kallion sisään. Laitoksen kokonaistilavuus

on 105 000 m³. Laitoksessa on mekaaninen, biologinen ja kemiallinen puhdistus. Laitoksesta tuleva metaanikaasu pyörittää dieselmoottorin avulla generaattoria, mikä tuottaa laitokselle sähkövirran. Kokonaiskustannukset olivat 47 milj. RKr, mistä 7 milj. RKr saatiin valtiolta. Luolien jännemitat ovat 8 m, 12 m ja 20 m. Kalliota ei ole tarvinnut injektoida. Jossain määrin on käytetty pulttitusta ja kallion katto ja seinämät on ruiskubetonoitu. Uddevallan kaupunki on erittäin tyytyväinen ratkaisuun. Laitos sijaitsee keskellä kaupunkia ja siitä ei ole hajuhaittoja. Kun aikaisemmin pieni laitos oli ulkona, syntyi ympäristöön melkoiset hajuhaitat.

Uddevallan kaupunki rakentaa parhaillaan kaukolämpölämmityslaitosta (Brattäsverket) kallion sisään (kuva 19).



Kuva 19. Kaukolämpölaitos kallion sisällä Uddevallassa. Vastaavanlainen laitos on rakennettu 1965 Alppilan kallioon Helsingissä.

Laitokseen kuuluu neljä 80 MW kuumentajaa, joista jokainen pystyy lämmittämään noin 800 000 asuin-m². Luolatilan mitat ovat pituus 70 m, leveys 16 m, korkeus 25 m. Kokonaiskustannukset ovat kahdella "boilerilla" 34 milj. RKr, mistä louhintakustannusten osuus on noin 6 milj. RKr (30 000 m³) eli noin 200 RKr/m³. Huonosta kallion laadusta johtuen rakentamiskustannukset tulivat korkeammiksi kuin arvioitiin. Kalliota jouduttiin lujittamaan pulttuksilla ja ja ruiskubetonoimalla arvioitua huomattavasti enemmän. Luolatilaan tihkui paikoittelun vettä kalliosta, mikä osoitti, että kallion tiivistämisessä ei oltu riittävän hyvin onnistuttu ja kallioperän rakenne ei ilmeisesti täysin hyvin soveltunut näin suuren luolatilan rakentamiseen.

Lysekill

Perjantai-iltana matkustimme laivalla Uddevallasta Lysekilliin. Kaupunki oli järjestänyt tutustumiskäynnin Lysekillin uuteen urheilulaitokseen, missä olivat tekojäärata, palloiluhallit ja uimahallit saman katon alla. Yövyimme hotelli Lysekillissä.

Lauantaina 10.9. tutustuimme Skandinaviska Raffinaderi Ab:n (Scanraff) uuteen öljyjalostamoalueeseen. Laitos vastaa Neste Oy:n Sköldvikin jalostamo, mutta on toistaiseksi kapasiteetiltaan pienempi. Rakentaminen aloitettiin v. 1971 ja 1. vaihe tuli valmiiksi v. 1974. Koska alue on Ruotsin kuuluisaa saaristoaluetta, missä turisteja käy hyvin runsaasti varsinkin kesäaikana, on öljyjalostamon suunnittelussa kiinnitetty erityistä huomiota ympäristön suojeluun. Öljyjalostamon kapasiteetti on 8,3 milj. tonnia vuodessa ja se tuottaa raskasöljyä, kevytöljyä, petrolia ja kaasuoöljyä. Raskasöljy on varastoitu neljään säiliöön, joiden tilavuus on 200 000 m³/kpl. Säiliöt toimivat kiinteän vesipatjan periaatteella. Öljytuotteille on neljä luolaa kokonaistilavuutena 280 000 m³, joista kaksi on tarkoitettu raskaalle öljylle ja kaksi kevyelle öljylle ja dieselöljylle. Jalostamossa käytettävä butaani on varastoitu öljyluolaan, jonka tilavuus on 10 000 m³ ja se on 75 m merenpinnan alapuolella.

Alueella tarkkaillaan pohjavedenpintaa säännöllisesti ja kaasusäiliön ympäristössä jopa kerran viikossa. Pohjavesivuoto luolatiloihin on 15-50 m³/vrk ja luola. Kiinteätä vesipatjaa ei enää juuri käytetä. Öljyn on todettu liikkuvan säiliöstä toiseen kalliopilareiden läpi. Pohjavedenpintaa

tarkkaillaan ympäristössä. Annettujen määräysten mukaan pohjavesi saa laskea alimmillaan tasolle -5.00. Laitoksessa oli käytetty alapumppaamoja, joilla saadaan tehokkaampi pumppaus aikaan. Mukana olleiden ruotsalaisten keskuudessa oli kuitenkin erimielisyyttä siitä, onko alapumppaamotyyppi parempi kuin yläpumppaamo.

Lysekillistä palasimme Göteborgiin. Illalla oli järjestetty yhteinen illallinen Älvsborgin linnassa. Yövyimme hotelli Euroopassa ja palasimme sunnuntaina 11.9. lentäen Helsinkiin.

TUTUSTUMINEN TUKHOLMAN KIINTEISTÖVIRASTON SANEERAUSOSASTON PERUSTUSJAAKSEEN 8.9.

Tukholmassa on geoteknillistä henkilöstöä rakennusvirastossa (gatukontor) ja kiinteistövirastossa. Olen aikaisemmin jo käynyt muutaman kerran rakennusviraston geoteknillisessä toimistossa. Siksi päätin ottaa yhteyden kiinteistövirastoon. Symposiumin esitelmien välillä kävin haastattelemassa Tukholman kiinteistöviraston saneerausosaston perustusjaoksen päällikköä Håkan Bohmia.

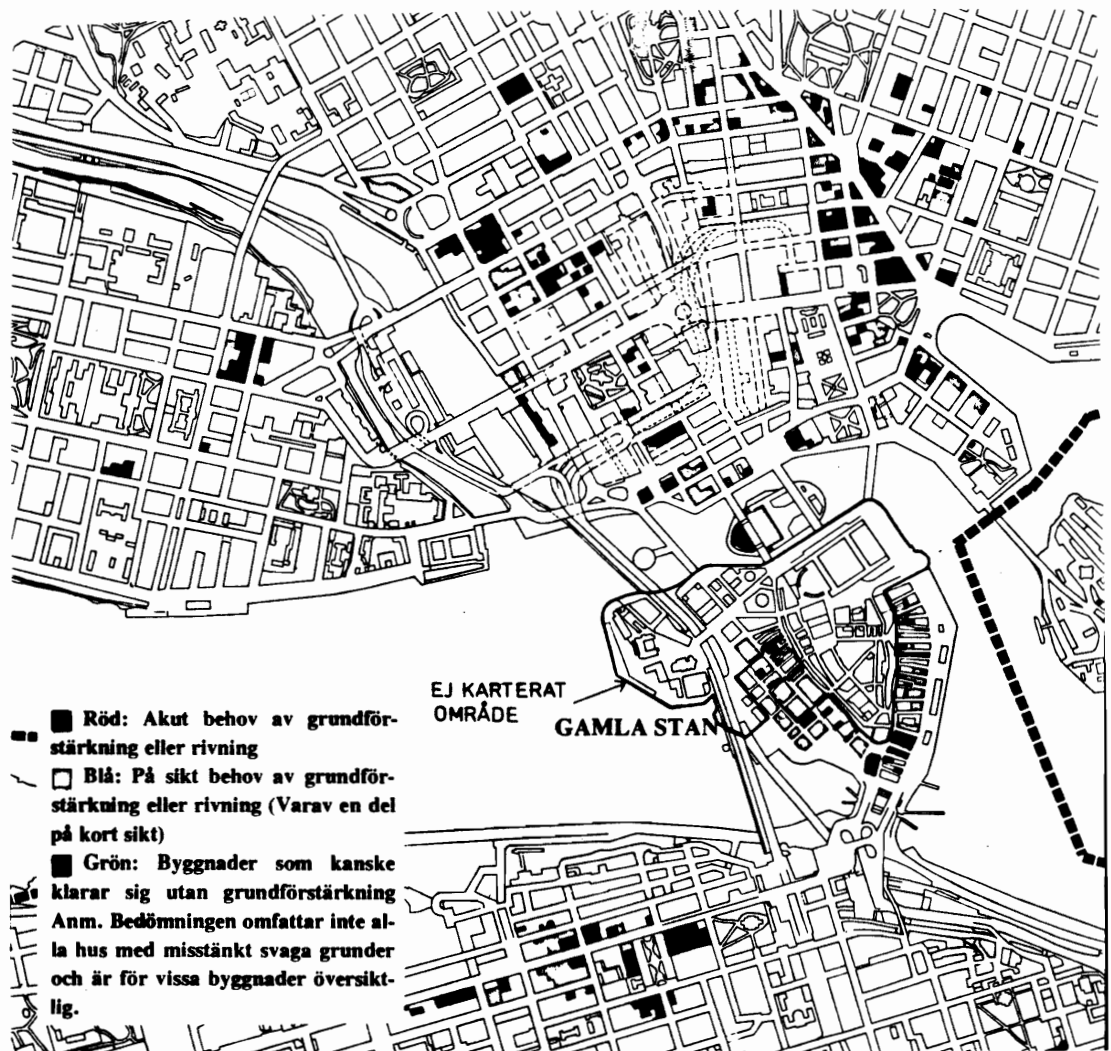
Perustusjaoksessa on kuusi insinööriä ja muuta avustavaa henkilökuntaa. Lisäksi jaoksessa työskentelee konsulttien henkilöitä perustusjaoksen työnjohdolla. Jaoksen budjetti on 3,5... 4 milj. RKr vuodessa. Jaos osallistuu Tukholman alueen kaavasuunnitteluun laatimalla maaperäkarttoja, antamalla neuvoja perustamiskysymyksissä ja laskemalla rakennusalueiden perustamiskustannuksia kaavoittajille.

Perustusjaos laskee kiinteistövirastolle perustamiskustannukset niistä tonteista, mitkä kaupunki vuokraa rakentamiskäyttöön. Vuokran määrää pienennetään, jos perustamisolosuhteet ovat huonot.

Perustamisajaos on teettänyt ruotsalaisilla konsulttitoimistoilla erittäin laajat perustusten kuntoselvitykset Tukholman keskusta-alueella ja esikaupunkialueella. Nämä selvitykset liittyvät Tukholman saneeraussuunnitelmiin. Selvitysten perusteella on laadittu karttoja, missä talot on jaettu kolmeen ryhmään: (kuva 20)

1. Taloissa on välitön tarve perustusten vahvistamiseksi tai talot on purettava.
2. Talojen perustukset joudutaan lähitulevaisuudessa vahvistamaan tai talot puretaan.
3. Talot ilmeisesti selviävät ilman perustusten vahvistamista.

Perustusten vahvistamiskustannus Tukholman keskustassa on noin 200 milj. RKr (kohta 1).



Kuva 20. Tukholman keskustassa on perustusten kuntoselvityksessä talot ryhmitelty perustusten saneerauksen kannalta kolmeen luokkaan.

Perustusjaos on tutkinut pientalojen kuntoa myös esikaupunkialueella pehmeillä savialueilla. Selvityksessä on tutkittu 3000 saven varaan laatalla perustettua pientaloa. 500:ssa niistä on jouduttu perustukset vahvistamaan jälkeinpäin. 800:ssa pientalossa näyttää olevan painumavahinkoja, jotka paikoitellen ovat hyvin suuria, jolloin niiden perustukset joudutaan lähitulevaisuudessa vahvistamaan. Perustusten vahvistaminen maksaa pientaloa kohti 60 000 - 80 000 RKr. Selvitysalueella jo tehtyjen perustusten vahvistamiskustannukset ovat olleet suuruusluokkaa 50 milj. RKr ja edessä on vielä noin 50 milj. RKr:n vahvistamistyöt.

Kun perustamisolosuhteet Helsingissä ja Tukholmassa ovat suuressa määrin samanlaiset saattavat vastaavanlaiset ongelmat olla Helsingissäkin 10 vuo-

den kuluttua edessä. Pyysin Håkan Bohmia alustavasti tulemaan Helsinkiin vierailulle ja esittämään meille tukholmalaisia saneerausselvitystuloksia. Suomen Geoteknillinen yhdistys järjestää tammikuussa 1978 talojen perustusten saneerauksia käsittelevän tilaisuuden, mihin Håkan Bohmia on pyydetty esitelmöimään ja jossa eräät suomalaiset asiantuntijat pitävät myös esitelmiä.

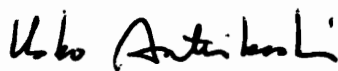
LOPPUTOTEAMUKSET

Helsingin kaupungin alle on tehty tunnelitiloja kaikkiaan noin 65 km. Kalliotilojen kokonaismäärä on noin 2,3 milj. m³. Jos tämä jaetaan Helsingin asukkaiden määrällä saadaan tunnelitiloja noin 4,7 m³/asukas. Muiden kaupunkien tunnelitiloissa Suomessa ei ole tehty selvityksiä. Ruotsissa on useissa kaupungeissa vastaava tunnelitilan määrä jopa 10 m³/asukas. Tukholman kaupunki on rakentanut kalliotunneleita yli 500 km.

Rockstore-77 symposiumissa sai erittäin monipuolisen kuvan kalliotilojen käyttömahdollisuuksista. Eri maiden asiantuntijat ylistivät pohjoismaista korkeatasoista kalliorakennustekniikkaa ja kadettivat meidän erinomaista kallioperäämme. Kalliotilat ovat käyttövarmoja ja ne ovat rakenteina "ikuisia". Rakennuskustannuksetkin ovat monesti halvemmat kuin maahan tehdyissä tiloissa.

Kun Helsingissä on vielä jopa keskusta-alueellakin hyvää kallioperää käyttämättä, pitäisi tulevissa laitoshankkeissa kallioperävaihtoehtoja aina ottaa mukaan tarkasteluihin.

Helsingissä marraskuun 2 päivänä 1977



Usko Anttikoski

Geoteknillinen asiantuntija



A. Saraste

geologi