



25 års hydrauliska erfarenheter från Sveaborg
Nordisk kalkforum, Visby 23.8.2019 / Sampo Ahola, Tuija Lind / Sveaborgs förvaltningsnämnd

Linnoitustekniikan kehitys

The development of fortress construction techniques

Aika ennen 1500-lukua

Keskiaikaiset linnoitukset sijaitsivat usein kukkuloilla, josta ne hallitsivat ympäristöään. Niiden puolustusoperaatio oli ollut sama arkipäivästä lähtien. Asevoimista perustuivat mekaaniseen työköön kuten kivin linnoitusten katapulttien, voimalla liikutettujen talttojen sekä kivi- ja puukappojen ja telaksien käyttöön. Linnoit



Katapultti oli tunnettu jo muinaisissa Rooman valtakunnassa. Catapults were known to the ancient Romans.

1500- ja 1600-luvut

Tulivoimat, etenkin tykit yleistivät 1500-luvun lopulla. Alkuaikojen kivet palloammukset vaihtuivat ajan myötä raskaisiin pikavirtakivisiin. Ammusvalikoiman laimantu myös muutartuistylytisiä palloammuksesta linnoitusseinien muurein muuttamiseen käytettiin nyt raskaiden tykkien, mauninmurtajien, räjähdysainien ja kiviheitin käyttöä. Linnoitusten puolustusta palloammuksilla. Usei aseenäkinä muuttivat nyt linnoitusmateriaalin rakenteet



Raskaiden palloammus ja pikavirtakivi, kantama 100-150 m. Roundshot and a ball grenade, range 100 m to 150 m.

Before 1500

Medieval fortresses were often positioned on hills where they controlled the surrounding area, and their defence principle had been the same since antiquity. Armaments were based on mechanical artillery such as catapults hurling stones, ballista launching spears, longbows, crossbows and edged weapons. Castle and fortress walls were thick and high, and the stone ammunition of the catapults could not breach them. Gunpowder did not arrive



Hämnen linna vuonna 1500 Hämeen Castle in 1500

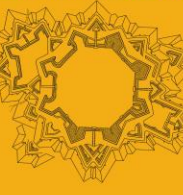
1500- ja 1600-luvut

Europe until the 15th century. Modest firearms, cannon and small arms gradually appeared on battlefields with the advent of black powder. The first fortresses in Finland date from the 15th century.



Hämnen linna vuonna 1500 Hämeen Castle in 1500

The 16th and 17th Centuries



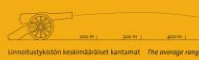
Sääksmäen bastionilinnostus. A regular bastion fortress

Firearms, especially cannon, became more prevalent in the late 15th century. Spherical stone ammunition was gradually replaced with spherical iron bullets. Ball grenades filled with black powder also made an appearance in the ammunition arsenal. Massive roundshot for heavy cannon was now used for breaching the walls of fortresses. Meanwhile, ball grenades, crossbows and different kinds of shot were used as anti-personnel weapons. The wooden parts of fortresses were set alight with iron cannonballs heated until they were red-hot. The new weapons technology revolutionized fortification technology: structures were changed from vertical to horizontal. In Italy, a

system emerged where pentagonal, salient works called bastions were constructed in the curtain walls. From the bastions it was possible to fire onto the flank of an enemy attacking the fortress. There would be a moat and protective rampsarts in front of the bastions and the curtain walls between them. To begin with, fortress constructions were simple, but by the end of the 17th century other types of fortifications and moats were being added to give them greater depth. Fire power was strengthened by equipping several levels with embrasures and loopholes. Such fortresses could pack a formidable amount of fire power.

1700-luku

Bastionilinnostuksen kausi kesti aina 1700-luvun jälkipuoliväli asti. Järjestelmällisesti otettiin huomioon linnoitettavien paikkojen muuttaminen. Suomessa linnoitettiin esimerkiksi, josta rakentamisen aloitettiin vuonna 1748, on tyypillinen, epäsymmetrinen, kalliollisuudella rakennettu bastionilinnostusmuunnos, sen tehtävänä oli muodostaa Ruotsin Suomentamisen aikakauden suojaksi kirkkoja ja Suomenlinnan vahvistaminen linnoitettuihin kohtiin suojasti vahvistajia ja telaksia, niinin liittyviä huoltoasennuksia sekä linnoituksen hallinnollista



Linnoituskytkön keskimääräiset kantamat. The average range of fortress artillery.

muuttuivat vertikaalisista horisontaalisiksi. Italianissa kehitettiin erityinen bastionijärjestelmä, jossa puolustustalon rakennettiin rakennettiin ulkonevia rakennelmia, bastioneita, josta kehitettiin oivasta tulkittuun. Bastionin ja niiden väliset kurtinmuurein edessä oli kapeat ja syvät välit. Aika linnoituksen rakenne oli yksikerroksinen, mutta vanhimpiin 1600-luvun lopulla sitä kehitettiin vahvataa suoyyngänsä erillisen etuvuorustusta ja kannon. Tuulimaista liitetin vastustamaksi oivat taseet tykkien ja kiväärin ampumaa aukiolla. Linnoitukset olivat parhaimmillaan todellisia tulipöytäkäbiä.

The 18th Century

The age of bastion fortresses lasted until the late 18th century. The system developed so that it was possible to adapt the shape of the fortress to the terrain in a specific site. In Suomeina (Finland), construction of which started in 1748, is a typical irregular bastion fortress complex built on rocky islands. The purpose of the fortress was to create a sheltered base for Sweden's squadrons in the Gulf of Finland. The most strongly fortified sections of Suomenlinna protected the shipping lanes and the dock, the maintenance buildings connected with them and the administrative centre. The fortress was built chiefly from stone extracted at the site.

The main armaments of the fortress comprised muzzle-loading cannons and mortars, while for close defence there were light cannon and small arms. Alongside solid bullets and ball grenades, the ammunition arsenal now included flares and incendiaries, different projectiles using grapeshot, barbed and chainshot meant for sea targets, i.e. for destroying ships' rigging.



Suomenlinnan puolustusreitit. Defensive fronts of Suomenlinna

1800-luku

Vuosisadan alusta vanhoja bastionilinnostuksia joko vahvistettiin tai niiden läheisyyteen ajettiin rakentaa entisiä, parempia tulivoimaisia linnoituksia, jotka ajettiin linnoitettujen rakennusten päälle. Toisen maailmansodan aikana ammuksen ja lennokkien käyttöä voimistui ja niiden luuri, että ainoastaan pakuu telaksien rakentaminen laajasti rittään suojin. Ensimmäisen maailmansodan loppuvaiheella Helmingin puolustus



Linnoituskytkin 1850- ja 1890-luvulla. Fortress artillery in the 1850s and the 1890s

parantuneen putkimateriaalin myötä kierre- eli rihmuttu putket ja 1800-luvun puolivälissä otettiin käyttöön ensimmäiset takavälitavut tykit. Ammuksen tuhoonain kassu pakotti nyt aivan uuteen linnoitustavotitaan. Suomenlinnan ja Helmingin edustalla rakennettiin 1860-luvulta lähtien massiivisempiin maavallien ja kivimuurien yhdistelmästä yhtenäisen, vahvan tykkien puolustusjärjestelmän, johon liitettiin laajasti ja hoitotilan lehdille.

The 19th Century



Helmingin puolustus. Defence of Helsinki

At the beginning of the century, old bastion fortresses were strengthened or separate, smaller forts with great fire power were built in close proximity, usually within firing range of each other. In the 19th century, many bastion fortresses became outdated soon after they had been built. Smoothbore muzzle-loading cannons began to disappear during the latter half of the century as improvements in gunmetal allowed

rifled bores to be introduced, and the first breech-loading cannon appeared mid-way through the 19th century. The increase in ammunition firepower forced development of completely new construction techniques. From the 1860s, a solid, combined defence front of massive earth rampsarts and stone walls was built in front of Suomenlinna and Helsinki, creating a line of defence with the heavy artillery. The bastion system was consigned to the pages of history.

1900-luku

Linnoitusten eli kantalinnoitettujen keskeseksi rakennusmateriaaliksi tuli 1800- ja 1900-luvun välillä betoni, sittemmin teräsbetoni. Toisen maailmansodan aikana ammuksen ja lennokkien käyttöä voimistui ja niiden luuri, että ainoastaan pakuu telaksien rakentaminen laajasti rittään suojin. Ensimmäisen maailmansodan loppuvaiheella Helmingin puolustus



Kraasien kantama tykkien suojan on yli 40 km. Depending on the type of gun, artillery shells can have a range of over 40 km.

perustu yhtenäiseen ja kiinteään maaja rakennusmateriaaliksi. Toisen maailmansodan aikana pakkapuhkeisuuden keskisenä tuomana oli voimakkas nimikkopuolustus lausakalusteine tykkineen sekä telaksia ja karttaa linnoitortita. Vuosisadan jälkipuolivälillä rannikon tykkilaitosten kantolinnoitteen renalle maunantaut. kuauskantien meri- ja linnoitortijuhukset.

The 1900s

At the beginning of the 20th century, concrete became the key building material for fortifications, specifically permanent fortifications, and later reinforced concrete. During the Second World War, the penetrative force of artillery shells and aerial bombs had become so great that only heavy structures of reinforced concrete provided sufficient protection. On the eve of the First World War, Helsinki's defence was founded on continuous

fixed land and coastal defences. During the Second World War, strong coastal defences with long-range artillery and effective and comprehensive air defence were the main defences of the metropolitan area. During the latter half of the 20th century, long-range anti-ship and anti-aircraft missiles have appeared alongside the permanently fortified coastal artillery.



Helmingin puolustus. Defence of Helsinki



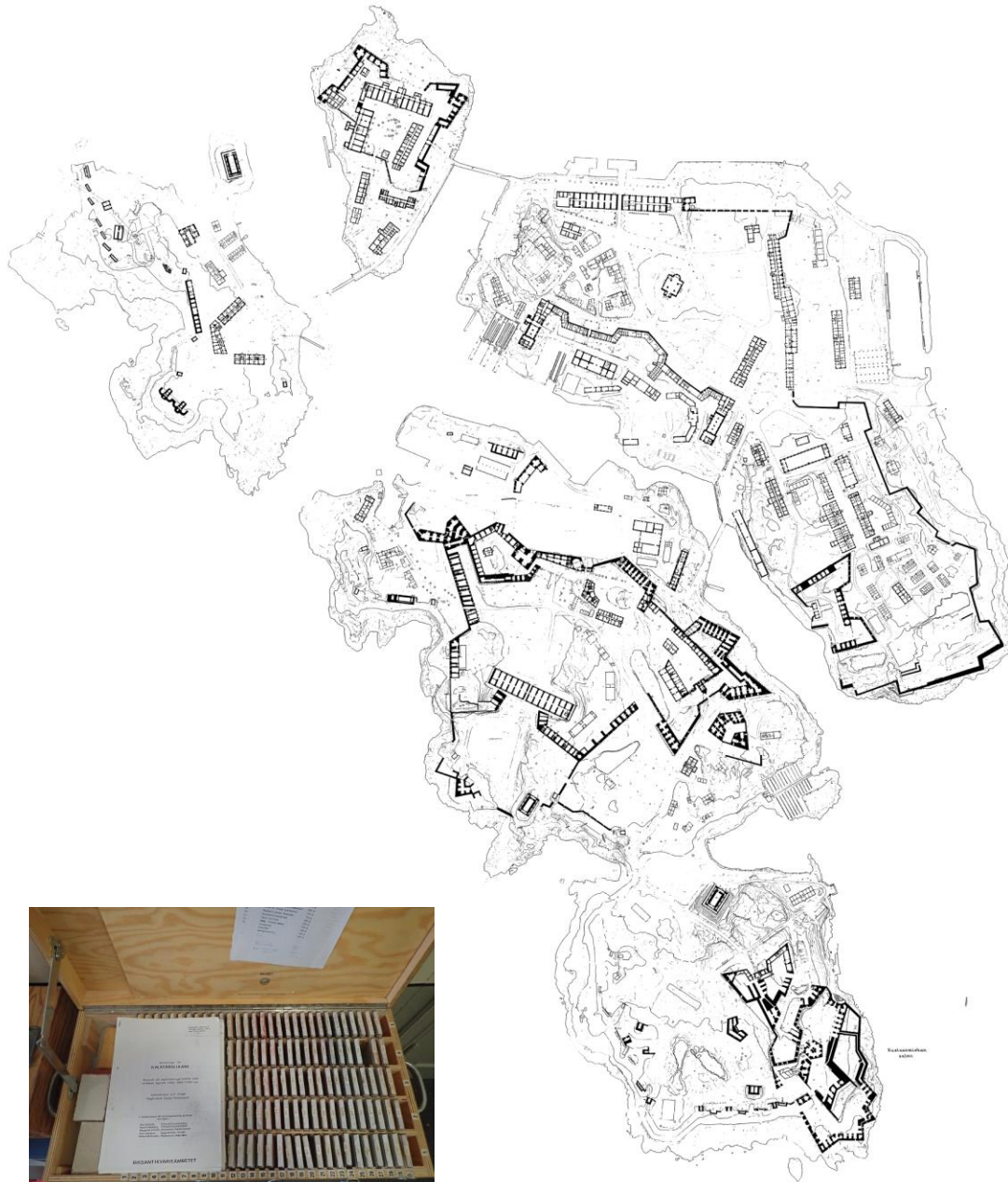
Tilanne helmikuussa 1944. Situation in 1944



Hämeenlinna, Finland. Hämeenlinna, Finland



Suomenlinna, Finland. Suomenlinna, Finland



30 000 m²



20 000 m²



20 000 m²

1920-1930-talet



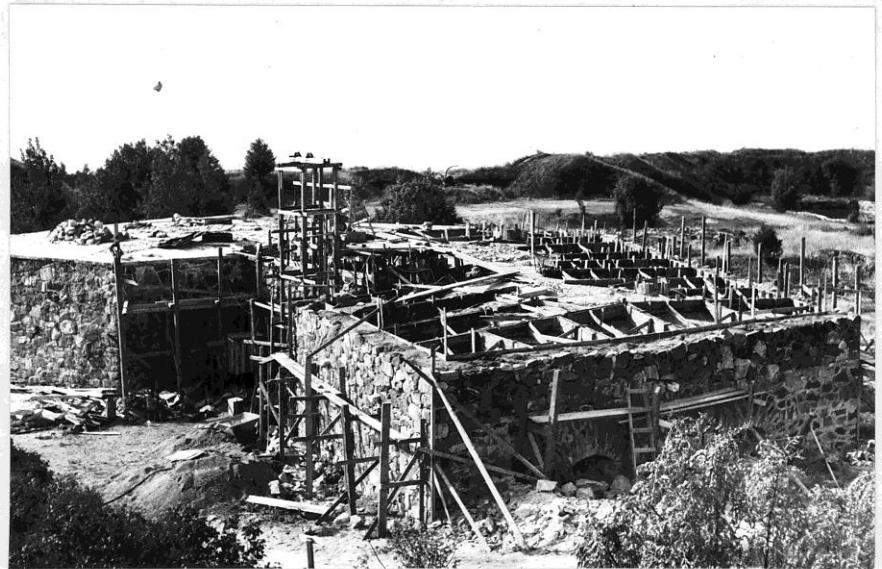
XVI:2

SUOMENLINNAN MUSEO
SVEABORGS MUSEUM

1950-1960-talet

XVI:2

1956-57



Suomenlinna, Kustaanmiekka, kapteeni Coyet. Työkuva.
Pohjoisrajan torjoustyöt ovat käynnissä: muurit on korotettu alkuperäiseen
korkeuteensa, laudoitus betonitason vakuamista varten on tekeillä.



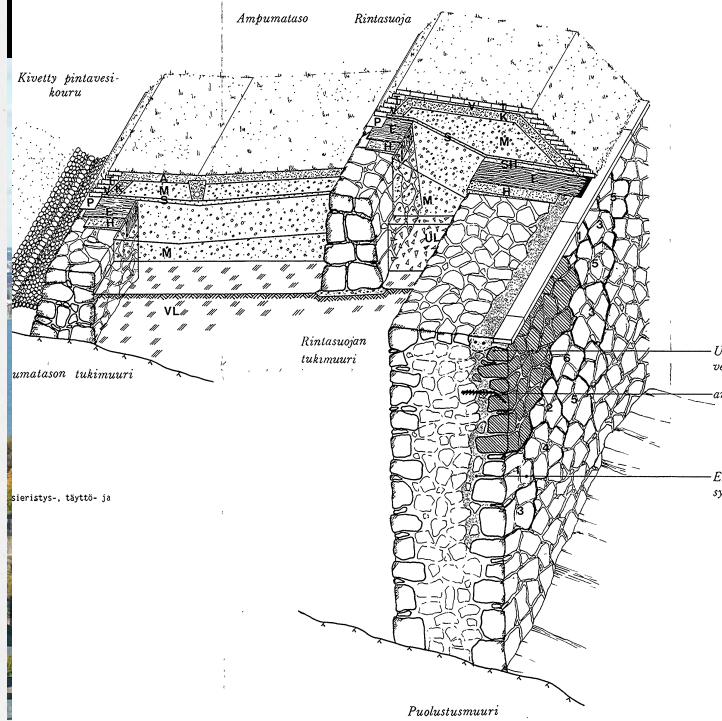
1960-talet

täyttö- ja turvetuskerrokset

MUURINKORJAUS

Aksionometria

Kasnio-Härö Arkkitehdit 1991 (yksityiskohta)



1970-1980-talet



TUREIDA, Thorborg von Konow

**PUMPED MORTAR
FOR GROUTING STONE MASONRY**

LLH 15/85/505 1 : 4.4 : 13

Measurements: parts by volume

		Litres
Binding agent	Wet lime (paste*)	10
	Hydraulic lime NHL 5 (1 sack)	44
Aggregate	Quartz filler (**)	6
	Tervakoski coarse sand 6 mm	126



USE RESPIRATOR MASK WHILE HANDLING QUARTZ FILLER

*) SL 90T dry lime, simmered for 2-3 months before use

**) Quartz filler, KV-NFQ

Sand: Tervakoski coarse 0-8 mm, screened with 6# sieve

Mixing instructions:

Mix NHL 5 and the filler with a quantity of sand (100 litres). Add approximately 20 litres of water and the wet lime. At this stage the consistency of the mortar is quite loose. Mix for 10 minutes.

Add the remaining sand (26 litres) and continue mixing for 10 minutes. The consistency of the mortar is fine-tuned by adding a small amount of water (1-2 litres).

The grout mortar must have an adequate plastic consistency; it should not be too loose!

Mixing time: 10 min + 10 min

Can be used for approximately 2 hours

Must be moistened with water (e.g. membrane curing) for at least 2 days.

A recipe for pumped mortar, hanging among other recipes on the wall of the Suomenlinna mixing plant.



Kari Helenius stands beside a pile of crushed, screened sand in Teräskivi. To find a suitable aggregate can be laborious. Often, sands with different grain sizes have to be mixed to give the desired aggregate distribution. Ideally, ready-proportioned factory-made sand mixtures would be available in which the finest aggregate (grain size less than 0.075 mm) has been screened by laser or wind sieve.

- Lean lime mortar
 - Lime 100 parts by weight
 - Aggregate more the 600 parts by weight
- Fat lime mortar
 - Lime 100 parts by weight
 - Aggregate less than 500 parts by weight

Bibliography, chapter 5:

Andreasen, A. & Andersen, J. 1930, Über die Beziehung zwischen Kornabstufung und Zwischenraum in Produkten aus losen Körnern. Kolloid-Zeitschrift 50/3, p. 217–228.

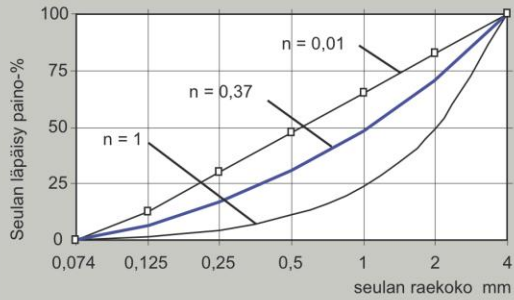
Högberg, E. 1963, Sandgradering och brukproportionering. Puts- och murbrukslaboratoriet. 29. maj 1963. Intern rapport till Nordiska putsmötet.

von Konow, T. 1997, Restaurering och reparation med puts- och murbruk. Doctoral thesis, Åbo Akademi.

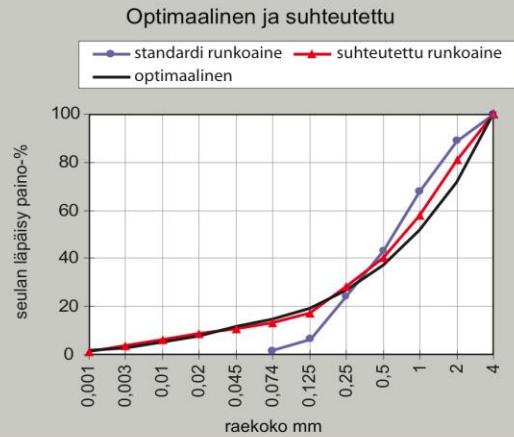
Kronlöf, A. 1994, Effect of very fine aggregate on concrete strength. RILEM, Materials and Structures vol. 27, p. 15–25.

Nycander, S. 1941, Provsputningar i samband med Södersjukhusets uppförande och de resultat, som därvid erhållits i samarbete med Cementföreningen och några av de större murbruksfabrikerna i Stockholm. – Teknisk Tidskrift 22 nov., p. 162–176.

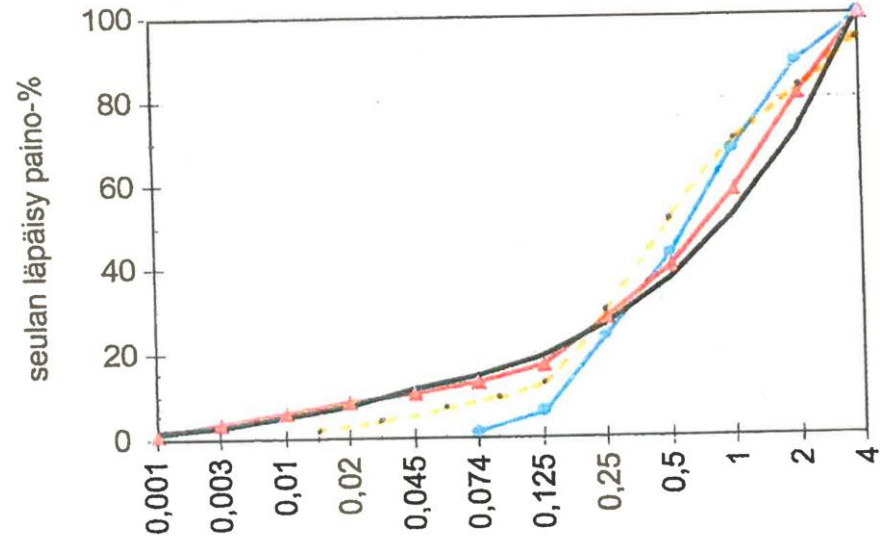
Piepenburg, W. 1954, So macht man guten Putz. Bauverlag, Gmbh, Wiesbaden-Berlin.

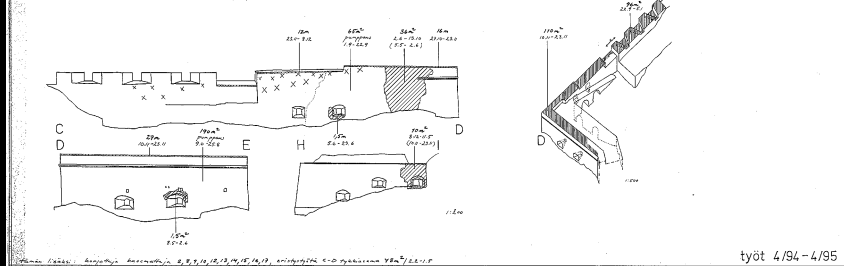
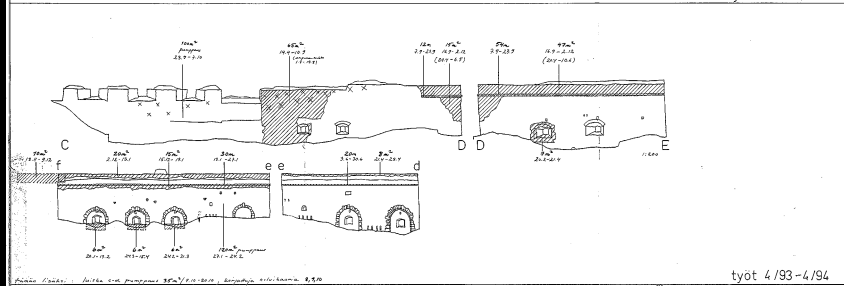
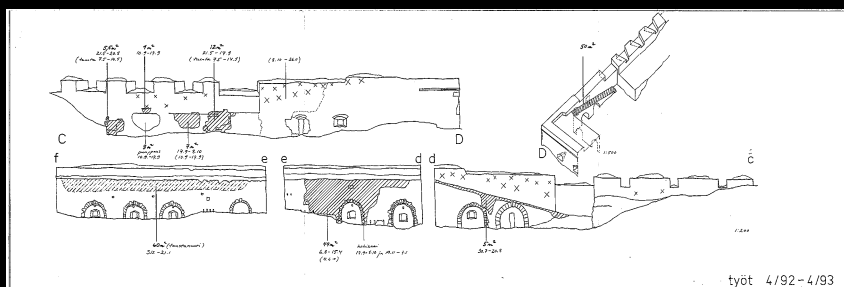


Raekokojen jakauma laskettu kaaviolla optimaaliselle pakkaantumiselle. Kuvassa on kolme esimerkkiä, miten n-vakio (eksponentti) vaikuttaa jakaamaan.



Kuvan musta käyrä on optimaalisen pakkaantumisen raekokojakauma, sininen käyrä on standardihiekan rakeisuuskäyrä ja punainen tutkimuksen yksi hyvin suhteutettu rakeisuuskäyrä.





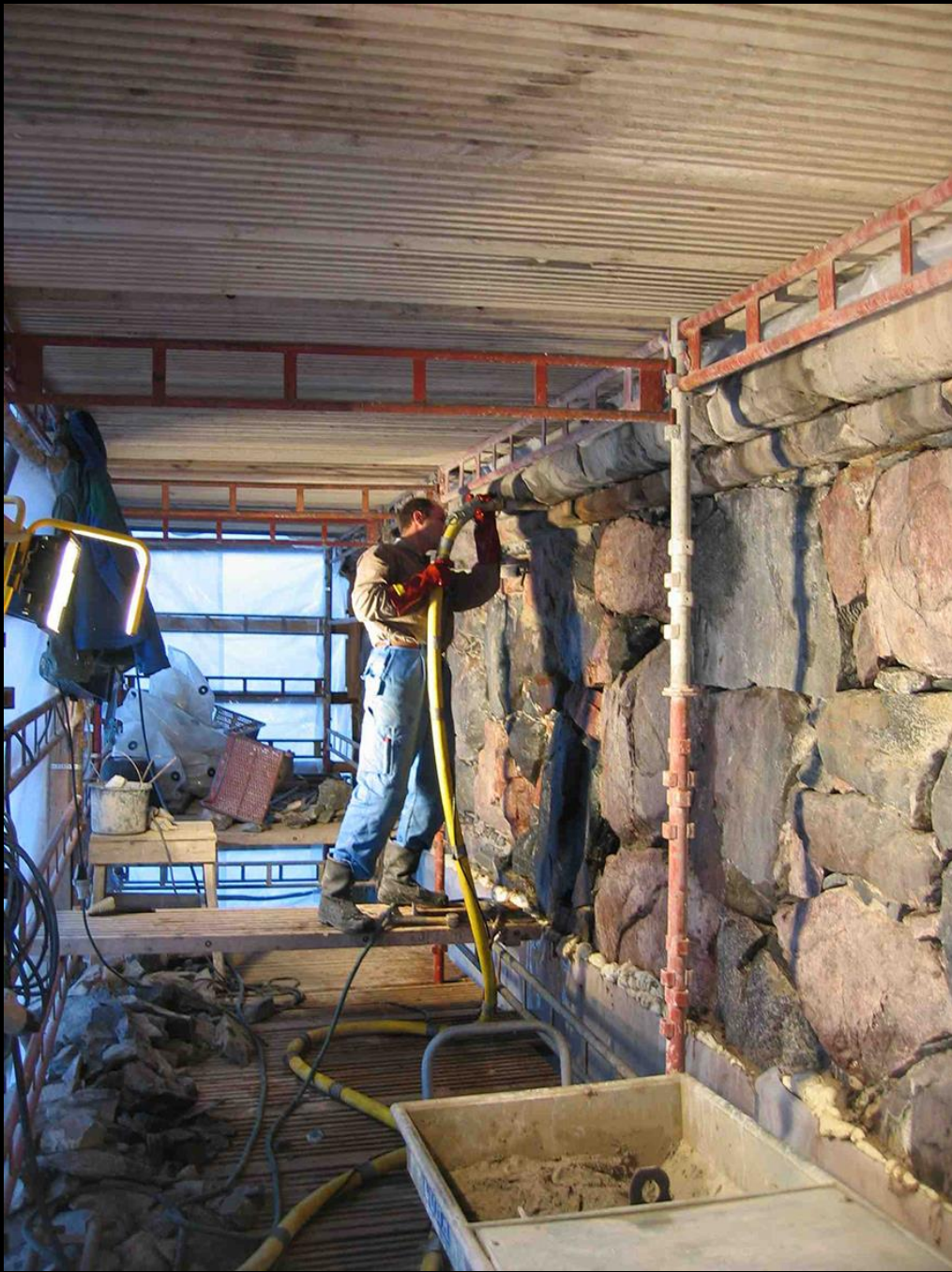






















Esko Sistonen

RESEARCH PLAN
25.09.2013

Knowledge and Skill based Repair Mortars – von Konow Academy



The Academy of Finland

Research plan, 25th September 2013

1. Principal investigator (PI), title of research project, site of research, duration of project (months)	3
2. Background	3
2.1 Significance of research	3
2.2 Previous research pertaining to the topic	3
2.3 Research project links to other research by the Principal Investigator	4
3. Objectives	5
3.1 Research objectives	5
3.2 Hypothesis	5
4. Research methods, materials and ethical questions	6
4.1 Research methods	6
Task 1: Literature survey and theoretical analysis	6
Task 2: Development of the archive database	6
Task 3: Laboratory and field research	6
Task 4: Suggestions for the national strategy of the repair works of the historic mortar and masonry structures exposed to Nordic exposures	6
4.2 Research material and materials management plan	7
4.3 Ethical issues	7
5. Implementation: timetable, budget, distribution of work	7
5.1 Timetable	7
5.2 Financial plan for the research	7
6. Researchers, research environment and mobility	8
7. Researcher training and research careers	10
8. Expected research results and possible risks	10
8.1 Expected scientific and social impact of the research	10
8.2 Potential for increasing the capacity for renewal of science and research	10
8.3 Risk assessment	10
8.4 Applicability and feasibility of the research results	11
8.5 Publishing of results and raising awareness among potential end-users, the scientific community and the general public	11
9. Bibliography	11

