

# **Pientalomuurauksen kehittäminen**

Hannu Koski & Juhani Nummi

VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-4910-4

ISSN 1235-0605

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 1996

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 42, 02151 ESPOO  
puh. vaihde (90) 4561, telekopio 456 4374, teleksi 125 175 vttin sf

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 42, 02151 ESBO  
tel. växel (90) 4561, telefax 456 4374, telex 125 175 vttin sf

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 42, FIN-02151 ESPOO, Finland  
phone internat. + 358 0 4561, telefax + 358 0 456 4374, telex 125 175 vttin sf

UCD 693.1:728.3:65.011.4

**Keywords** buildings, construction, small houses, masonry, bricks, brick construction, brick structures, productivity, competition, mortars (material), equipment

## TIIVISTELMÄ

Pientalomuurauksella on pitkät perinteet ja suuret potentiaaliset markkinat Suomessa. Rakennustuotanto ja pientalorakentaminen ovat tällä vuosikymmenellä kuitenkin vähentyneet selvästi. Pientalomuurauksen määrän ja sen markkinaosuuden kasvattamiseksi on muurattujen rakenteiden kilpailukykyä parannettava.

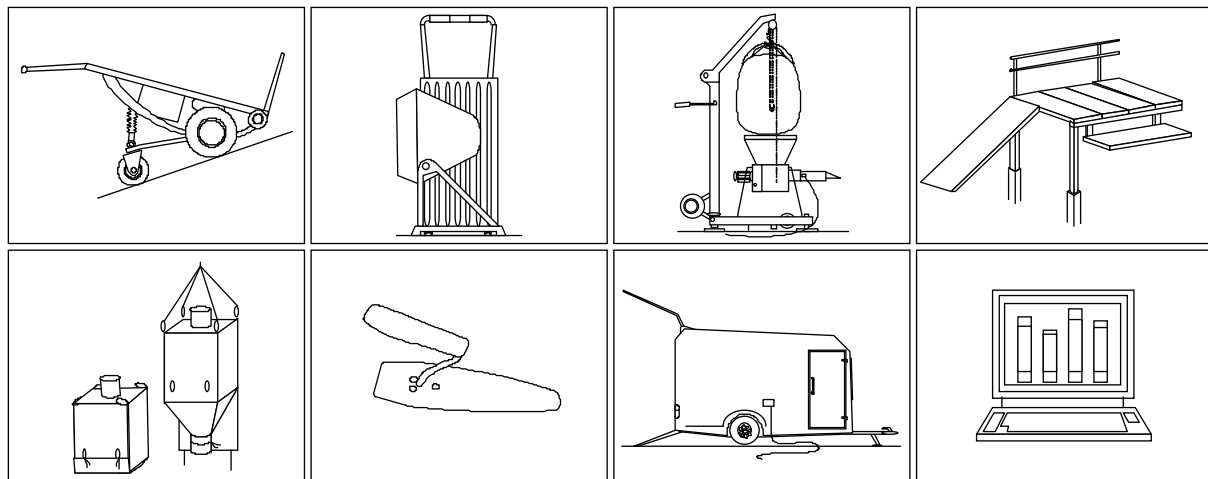
Projektin tavoitteeksi asetettiin paikallamuurauksen **tuottavuuden ja kilpailukyvyn parantaminen** muuraustyötä tehostamalla, aputyötä vähentämällä, aputyö-ammattityöjakoa lieventämällä, rakentamista nopeuttamalla sekä työtä keventämällä ja ergonomiia parantamalla. Keskeiseksi keinoksi tavoitteiden saavuttamiseksi valittiin koneiden, laitteiden ja työmenetelmien kehittäminen.

Kehityskohteiksi valittiin laastin valmistus, tiilien ja laastin siirrot, teline, työvälineet, kaluston kuljetusvaunu ja muuraustyön suunnittelumenetelmä.

Projektissa selvitettiin ulkomailla käytettäviä muuraustyömenetelmiä, koneita ja laitteita. Lisäksi projektin neljässä kehitysryhmässä etsittiin nykymenetelmien parannuksia ja kokonaan uusia ratkaisuja. Osa hyväksi arvioituista laitteista kehitettiin prototyypiksi.

Kehittyneen muurausjärjestelmän osia ovat moottoroitu tiilikärry (ruotsalainen tuote), tiilikärryyn liitettävä laastiastia (idea), suursäkin nostolaite (prototyyppi), pukkiteline konsolilla (suomalainen tuote, osittain prototyyppi), alta tyhjennettävä suursäkki (valmis tuote ja prototyypit), muurauskauha (tuotteistettu), kuljetus- ja taukotilavaunu (prototyyppi) ja atk-ohjelma Kusti (tuotteistettu).

Kehittyneitä koneita, laitteita ja työmenetelmiä käyttämällä muuraustyö kevenee ja nopeutuu. Kustannussäästöjä on mahdollista saavuttaa suunnittelemalla työ siten, että vapautuva työaika käytetään tehokkaasti. Tähän voidaan käyttää projektissa kehitettyä muuraustyön suunnittelumenetelmää ja siihen perustuvaa atk-ohjelmaa.



Koski, Hannu & Nummi, Juhani. Pientalomuurauksen kehittäminen [Development of the brickwork in house construction]. Espoo 1996, Technical Research Centre of Finland, VTT tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1755. 58 p. + app. 10 p.

UCD 693.1:728.3:65.011.4

**Keywords** buildings, construction, small houses, masonry, bricks, brick construction, brick structures, productivity, competition, mortars (material), equipment

## ABSTRACT

Finland has a long tradition of using brick in building houses and the potential market is large. Building production as a whole as well as house production have clearly decreased in this decade. In order to increase the use of brick in house construction and its market share, the compatibility of brickwork structures must be improved.

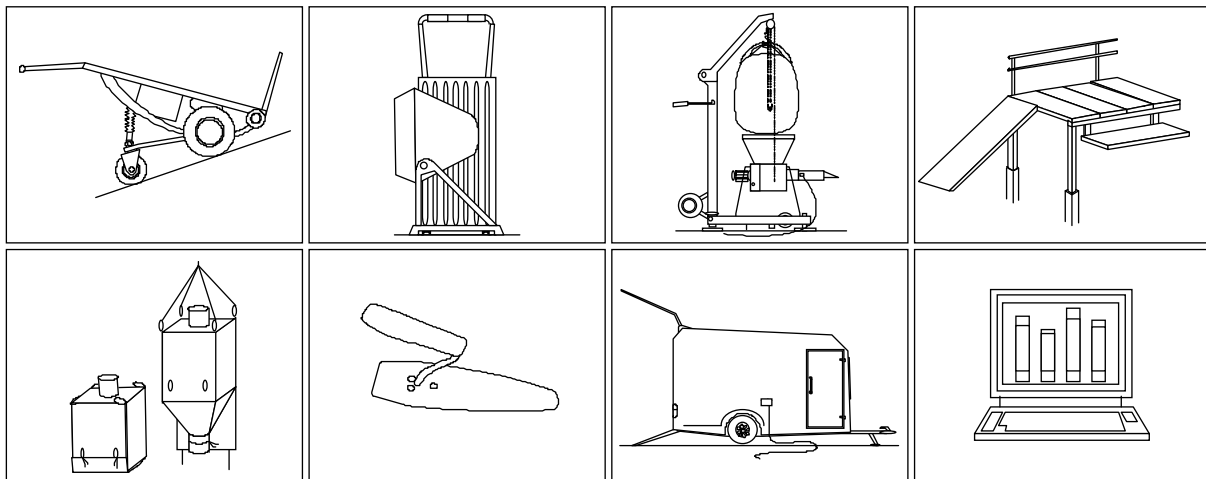
**Improved productivity and competitiveness** of on-site bricklaying was set as the goal of the project. It is to be achieved through more effective bricklaying, a reduction in unskilled labour, less rigid division between unskilled and skilled work, faster construction, and lighter and more ergonomic work methods. Development of machinery, equipment and work methods were selected as the key means of attaining the set goals.

The selected areas of development were: mixing of mortar, conveyances of bricks and mortar, the scaffold, tools, the equipment transport trailer and the brickwork planning method.

The project examined the bricklaying techniques, machinery and equipment used abroad. Moreover, four development groups of the project improved present methods and developed entirely new solutions. Some of the equipment found to be good were developed into prototypes.

The elements of an advanced bricklaying system are a motorized brick barrow (a Swedish product), a mortar tub that can be attached to the brick barrow (an idea), a 1000-kg bag lifter (prototype), a trestle stand with a cantilever bracket (a Finnish product, a partial prototype), a bottom-discharge 1000-kg bag (old product and new prototypes), a bricklayer's trowel (developed during project), a transport/rest trailer (prototype) and Kusti computer program (developed during project).

Utilization of advanced machinery, equipment and work methods makes bricklaying less strenuous and faster. Costs can be reduced by planning work so as to allow efficient use of saved time. The brickwork planning system developed during the project and the related computer program can be used to realize that goal.



## ALKUSANAT

Suomen Tiiliteollisuusliitto r.y. käynnisti kesällä 1993 Muuraustekniikan kehittäminen pientalorakentamisessa -projektin, jonka loppuraportti tämä julkaisu on.

Projektin tarkoituksena oli muurattujen rakenteiden kilpailukyvyn parantaminen pientalorakentamisessa aikaansaamalla käytännönläheisiä parannuksia työmenetelmiin ja kalustoon.

Julkaisussa kuvataan kehitystyön lähtökohdat, tavoitteet ja toteutus sekä muuraustyön nyky-menetelmät ja projektissa löydetty kehittyneet ratkaisut. Lisäksi ehdotetaan tarvittavia jatko-toimenpiteitä sekä esitellään muuraustyön suunnittelumenetelmää ja atk-ohjelma Kustia, jota on saatavana tämän julkaisun ohella.

Kehitystyötä ohjasi johtoryhmä, johon kuuluivat toimitusjohtaja Jukka Suonio Suomen Tiiliteollisuusliitosta, johtaja Pentti Ljunqvist Lohja Oy Ab:stä (30.6.1994 saakka), tuotepäällikkö Markku Laine Optiroc Oy:stä (1.7.1994 alkaen), toimitusjohtaja Leo Seppälä Seppälän Tiili Oy:stä, toimitusjohtaja Jaakko Raikonen Raikonen Oy:stä, rakennusinsinööri Timo Eloranta TAE-Muuraus Oy:stä ja erikoistutkija Hannu Koski VTT Rakennustekniikasta.

Projektin johtajana oli toimitusjohtaja Jukka Suonio ja projektipäällikkönä VTT:llä erikoistutkija Hannu Koski.

Projektissa muodostetuissa kehitysryhmissä työskentelivät rakennusinsinööri Pentti Jormalainen, projektipäällikkö Jorma Kalliola, erikoistutkija Hannu Koski, tuotepäällikkö Markku Laine, muurari Hannu Laitinen, tuotekehityspäällikkö Leena Lindqvist, rakennusinsinööri Aatto Määttä, toimitusjohtaja Onni Niemi, tutkija Juhani Nummi, myyntijohtaja Volker Paulus, markkinointipäällikkö Heikki Perkiö, tuotekehitysinsinööri Timo Rautanen, vastaava piiriasiamies Jorma Saarinen, toimitusjohtaja Markku Savolainen, toimitusjohtaja Jukka Suonio ja toimitusjohtaja Pauli Syrjänen.

Projektin rahoittivat Suomen Tiiliteollisuusliitto r.y. ja Teknologian kehittämiskeskus (TEKES).

Tampere 10.5.1996

Hannu Koski

Juhani Nummi

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
ALKUSANAT.....	5
1. RAKENTAMINEN JA PIENTALOMUURAUUS SUOMESSA.....	8
2. PIENTALOMUURAUKSEN KEHITYSTYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	9
2.1 Muurattujen rakenteiden kilpailukyky.....	9
2.2 Ergonomia.....	9
2.3 Muurarien saatavuus.....	10
2.4 Muuratun pientalon toteutusmuodot.....	10
2.5 Aiemmat tutkimukset.....	11
2.6 Muuraustryömenetelmät muissa maissa.....	11
3. KEHITYSTYÖN TAVOITTEET.....	12
4. KEHITYSTYÖN TOTEUTUS.....	13
4.1 Menetelmäkehityksen ongelmat.....	13
4.2 Osapuolet ja organisaatio.....	13
4.3 Kehitystyössä käytetyt menetelmät.....	14
4.4 Työn vaiheistus.....	16
5. PIENTALON MUURAUSSKALUSTON PERUSVAIHTOEHDOT.....	17
5.1 Työvaiheet ja kalusto.....	17
5.2 Nykyinen kalusto.....	18
5.3 Suuren kohteen kalusto.....	19
5.4 Automaatio.....	19
5.5 Kehittyneet koneet ja laitteet.....	20
6. PIENTALOMUURAUKSEN KEHITYSKOhteet.....	21
6.1 Kehitystyö eräissä maissa.....	21
6.2 Ongelmat ja kehitystarpeet.....	23
6.3 Tiilien siirto.....	27
6.3.1 Nykymenetelmät.....	27
6.3.2 Uudet ideat.....	27
6.3.3 Valitut ratkaisut.....	29
6.3.4 Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa.....	29
6.3.5 Moottoroitu tiilikärry.....	32
6.4 Laastin valmistus.....	34
6.4.1 Nykymenetelmät.....	34
6.4.2 Uudet ideat.....	35
6.4.3 Valitut ratkaisut.....	36
6.4.4 Suursäkin nostolaite.....	37
6.4.5 Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa.....	39

6.5	Laastin siirto.....	39
6.5.1	Nyky menetelmät.....	39
6.5.2	Uudet ideat .....	40
6.5.3	Valitut ratkaisut .....	41
6.5.4	Moottorikärryllä siirrettävä laastiastia.....	41
6.5.5	Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa .....	42
6.6	Teline .....	43
6.6.1	Telineelle asetettavat vaatimukset.....	43
6.6.2	Nykyisin käytettävät telineet.....	43
6.6.3	Erilaisia telinevaihtoehtoja .....	44
6.6.4	Pientalotyömaalle soveltuva pukkiteline .....	44
6.6.5	Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa .....	45
6.7	Työkalut ja muu kalusto.....	45
6.8	Kaluston kuljetus- ja taukotilavaunu.....	47
7.	MUURATUN PIENTALON TUOTANTOTAVAT.....	49
7.1	Tuotantotavan merkitys .....	49
7.2	Perinteinen tuotantotapa .....	50
7.3	Kehittynyt tuotantotapa .....	50
8.	MUURAUSTYÖN SUUNNITTELUMENETELMÄ.....	52
8.1	Muuraustyön suunnittelu.....	52
8.2	Atk-ohjelma Kusti .....	53
8.3	Laskentaesimerkkejä.....	55
9.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	57
9.1	Kokemukset työmailta .....	57
9.2	Tuotekehitystarve.....	57
9.3	Tuotteistettavat koneet ja laitteet.....	58
9.4	Vientimahdollisuudet.....	58
9.5	Jatkotutkimustarve .....	58

## LIITTEET

- Liite 1 MOOTTOROITU SIIRTOKÄRRY JA RAMPPI
- Liite 2 SUURSÄKIN NOSTOLAITE
- Liite 3 STEAMRATOR-PUKKITELINE
- Liite 4 MUURAUSSKAUHA JA SAUMARAUTA
- Liite 5 MUURAUSTYÖRYHMÄN KULJETUS- JA TAUKOTILAVAUNU
- Liite 6 VIDEO PROJEKTIN TULOKSISTA
- Liite 7 MUURAUSTYÖN SUUNNITTELUOHJELMA KUSTI
- Liite 8 MUURARIKYSelyn TIIVISTETYt TULOKSET
- Liite 9 YRITYSTEN YHTEYSTIETOJA

# 1 RAKENTAMINEN JA PIENTALOMUURAUS SUOMESSA

## Rakennustuotannon määrä

Rakentamisen arvo oli 1980-luvulla keskimäärin 80 miljardia markkaa vuodessa. Tästä maa- ja vesirakentamisen osuus oli noin neljännes, korjausrakentamisen osuus neljännes ja talonrakentamisen osuus noin puolet. Talonrakentamisesta oli vuonna 1990 asuntojen osuus lähes 50 %, josta pientalojen (varsinaiset pientalot ja rivitalot) osuus oli yli 70 %. Näin ollen pientalotuotannon arvo kyseisenä vuonna oli noin 14 mrd. mk. Pientalorakentaminen onkin merkittävä osasektori koko rakentamiskentässä ja sillä on erittäin suuri työllisyysvaikutus. Toisaalta käsitövaltaisuudesta johtuen pientalorakentamisessa on suuret mahdollisuudet tuotannon tehostamiseen ja kustannusten alentamiseen.

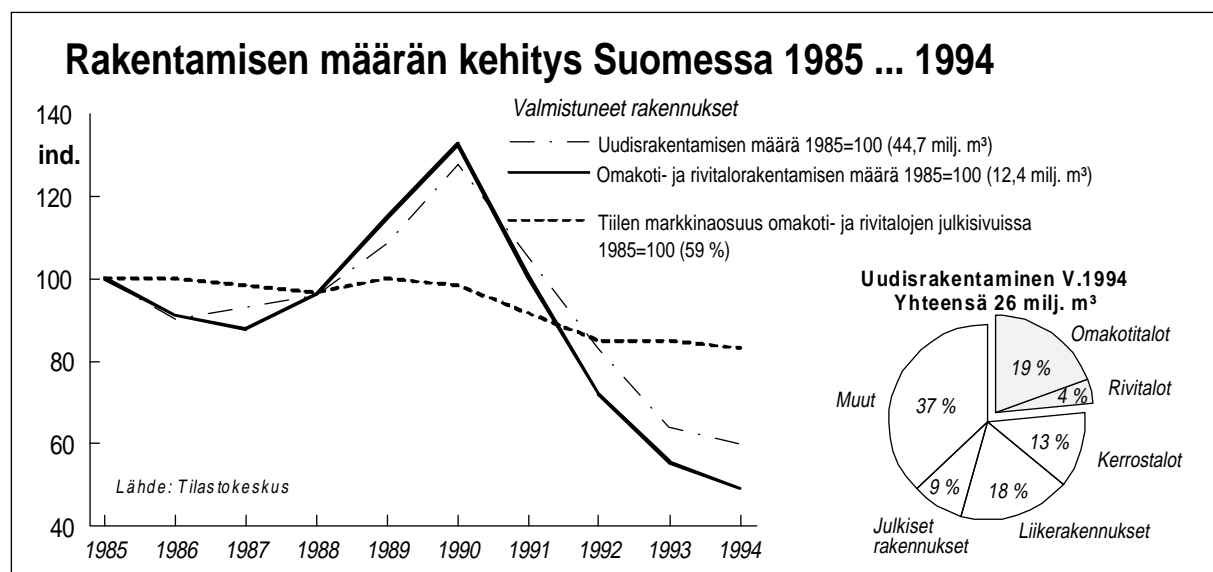
## Muurattujen rakenteiden käyttö

Muuratuista rakenteista valtaosa toteutetaan juuri pientaloissa ja erityisesti julkisivuissa suositetaan tiiltä. Koska valtaosa Suomen tiilituotannosta käytetään pientalorakentamisessa, kyseinen osasektori on myös tiiliteollisuuden kannalta tärkeä.

Viime vuosina rakennusalan useat intressipiirit ovat edistäneet puun käyttöä rakentamisessa. Osittain tämän takia muurattujen rakenteiden käyttö on vähentynyt suhteellisesti vielä enemmän kuin rakentaminen ja pientalotuotanto.

## Tiilirakentamisen edut

Tämän päivän asuntorakentamisessa ovat yksilöllisyys ja ympäristöystävällisyys nousseet tärkeiksi valintakriteereiksi. Paikalla rakentaminen tarjoaa suunnittelijalle monia mahdollisuuksia sekä erilaisten julkisivujen että tilaratkaisujen toteuttamiseksi. Tiili on perinteisesti ollut tuote, jolla voidaan monipuolisesti hyödyntää paikallarakentamisen etuja. Se on lisäksi kestävä ja palamaton tuote. Oikein toteutetut muuratut rakenteet ovat lämpö-, kosteus- ja ääniteknisesti hyviä.



Kuva 1. Rakentamisen määrän kehitys Suomessa 1985 - 1994.



## 2 PIENTALOMUURAUKSEN KEHITYSTYÖN TÖKOHDAT

LÄH-

### 2.1 MUURATTUJEN RAKENTEIDEN KILPAILUKYKY

Pientalon rakennuttavia henkilöitä haastatteleamalla on todettu, että ainoastaan pieni osa tiilitaloa haluavista päätyy siihen. Tiilitalo on hankintahinnaltaan jonkin verran kalliimpi kuin vastaava puurakenteinen talo, mutta kustannusero ei yksistään selitä edellä kuvattua ilmiötä.

Asiakkaan näkökulmasta tarkasteltuna muurattujen rakenteiden kilpailukykyyn vaikuttavat:

- subjektiiviset arvostukset
- muuraustyön saatavuus
- toteuttamisen helppous
- hinta.

Subjektiivisia arvostustekijöitä ovat mm. rakennuksen ulkonäkö, rakenteiden tekniset ominaisuudet, talon rakentamisnopeus ja imago (esim. ympäristöystävällisyys).

Muuraustyön saatavuuteen vaikuttavat alalla toimivien työntekijöiden ja yritysten lukumäärä, suhdanne- ja työllisyystilanne sekä paikalliset olosuhteet.

Muurattujen rakenteiden toteuttaminen ei aina ole tilaajan kannalta riittävän helppoa, vaan asiakas joutuu usein huolehtimaan esim. aputoista. Muurausliikkeiden yleistymisen on kuitenkin mahdollistanut muurattujen rakenteiden kokonaisvaltaisen tuotannon.

Muurattujen rakenteiden hinta koostuu materiaali-, työ- ja kalustokustannuksista sekä yrittäjän voitosta. Markkinatilanteen ja kilpailun ansiosta edellä mainitut kustannuserät ja voitto ovat varsin kohtuulliset eikä niistä tinkimällä tiilitalon hintaa voida merkittävästi alentaa. Pääasialliset keinot kustannusten alentamiseen ja sitä kautta hintakilpailukykyyn parantamiseen ovatkin työmenetelmien tehostaminen sekä tarkoituksenmukaisen kaluston valinta ja käyttö.

Muuraustyön saatavuuteen ja tiilirakentamisen imagoon voidaan vaikuttaa erilaisin markkinoinnin keinoin. Rakennuksen ulkonäköön ja teknisiin ominaisuuksiin voidaan puolestaan vaikuttaa materiaaleja ja rakenteita kehittämällä. Kilpailukykyyn kannalta keskeisiin tekijöihin, hintaan ja rakentamisnopeuteen, voidaan vaikuttaa menetelmiä ja tekniikoita kehittämällä, mikä on tämän kehitysprojektin tavoitteena.

### 2.2 ERGONOMIA

Muuraaminen on eräs raskaimmista rakentamisen työlajeista. Ergonomian ja työterveyden kannalta ongelmallisia työvaiheita ovat laastin valmistus, laastin ja tiilien siirrot sekä varsinainen muuraustyö.

Laastin valmistuksessa ja muuraustyössä työntekijät altistuvat laastipölylle ja -roiskeille. Lisäksi hiekan tai kuivalaastin lapioiminen kumartumalla ja kiertymällä rasittaa selkää.

Pientalotyömaalla laasti siirretään sekoituspisteestä työkohteeseen tavallisimmin kottikärryillä, joiden työntäminen epätasaisilla kärräysteillä on varsin raskasta. Mikäli laasti on siirrettävä työtelineelle, se useimmiten lapioidaan, jolloin työntekijän selkä rasittuu kierto- ja kumartumisliikkeistä.

Tiilien vaakasiirto nykyisillä menetelmillä (tiilikärryillä) on raskasta ja työlästä. Usein pientalotyömaalla ei ole tiilille soveltuvaa nostinta, joten telineeltä muurattaessa tiilet nostetaan sinne käsin. Eräät muurausurakoitsijat tosin käyttävät traktoria ja sen etukuormaajaa, hiab-nosturia, mastonostinta tai vinssiä materiaalien siirtoihin.

Myös varsinainen muuraustyö on raskasta ja ergonomisesti epäedullista. Optimaalinen korkeus kivien latomiseen olisi noin 70 cm, mutta muurari joutuu työskentelemään tätä alemmilla ja korkeammilla tasoilla. Kaikilla työskentelykorkeuksilla laastin ja tiilien ottaminen sekä asettaminen tiilivarville tapahtuu lisäksi kiertoliikkeellä, joka on haitallinen selälle ja polville pitkäaikaisessa työssä. Tasapainottamaton tai huonosti tasapainotettu muurauskauha on raskas käyttää ja rasittaa rannetta. Runko- ja julkisivumuurauksessa työn rasittavuutta lisäävät vielä säävaikutukset, kuten kylmyys, kosteus ja tuuli.

## 2.3 MUURARIEN SAATAVUUS

Mikäli muuraustyötä ja työympäristöä ei pystytä kehittämään, on uhkana työn imagon huononeminen ja alan koulutuspaikkojen täyttämättä jääminen. Pitkällä tähtäimellä tämä vaikeuttaa ammattitaitoisen työvoiman saantia, mikä edelleen heikentää muurattujen rakenteiden kilpailukykyä.

Muuraustyön imagon kohottaminen koneellistamalla raskaita työvaiheita ja kehittämällä uusia apuvälineitä varmistaa ammattitaitoisen työvoiman saannin myös tulevaisuudessa.

## 2.4 MUURATUN PIENTALON TOTEUTUSMUODOT

Muurarit työskentelivät 1960 - ja 1970-luvuilla Suomessa joko rakennusliikkeiden palveluksessa tai itsenäisinä muurareina. Erityisesti pientalorakentamisessa talon rakennuttaja palkkasi muuraustyötä tarvitessaan muurarin, jonka kanssa sovittiin työn tekemisestä. Sovittuun urakkaan sisältyi usein ainoastaan varsinainen muuraustyö ja talon rakennuttaja vastasi mm. hankinnoista, telineiden tekemisestä sekä tiilien ja laastin siirroista. Edellä kuvattu menettely vaatii rakennuttajalta voimakasta osallistumista itse työhön. Kun osapuolina tässä toteutusmuodossa ovat kertarakennuttaja ja muurari, ei tuotantomenetelmien kehittämisen ja tehokkaamman kaluston käyttöönotolle ole ollut suuria edellytyksiä.

1980-luvun loppupuolella aloitettiin muurausurakoitsijoiden verkoston järjestelmällinen kehittäminen. Suomen muurausalan yrittäjät ry:hyn kuuluu noin 100 muurausliikettä, jotka ovat 2 - 10 työntekijän yrityksiä. Muurausliikkeet pystyvät tarjoamaan erilaisten muurattujen rakenteiden kokonaistoimituksia. Lisäksi niiden harjoittama ammattimainen, jatkuva toiminta mahdollistaa ainakin jossain määrin tuotantomenetelmien kehittämisen vaatimat laiteinvestoinnit.

## 2.5 AIEMMAT TUTKIMUKSET

Muurattujen rakenteiden tutkimus- ja kehitystyö on kuluneina vuosikymmeninä kohdistunut lähinnä materiaali- ja rakennetekniikkaan. Materiaaliteknisessä kehitystyössä on keskitytty laastin ja tiilien fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin.

Rakenneteknisessä kehitystyössä on pyritty löytämään hyvät ja taloudelliset ratkaisut, jotka täyttävät mm. ääni- ja lämpötekniset sekä säänkestävyydelle asetetut vaatimukset. Tuotantotekninen kehitystyö on sotien jälkeen ollut lähinnä tiilitehtaiden tuotteiden ja tuotantomenetelmien parantamista.

Viimeisen vuosikymmenen aikana on muuraustekniikan kehittämässä kuitenkin ollut havaittavissa selvää aktivoitumista. Erityisesti tiiliteollisuudessa on paneuduttu myös työmaan tuotantomenetelmien kehittämiseen ja aloitettu sitä koskevia kehityshankkeita.

Muun muassa seuraavia tutkimus- ja kehityshankkeita on toteutettu

- Muuraustyötekniikan kehittäminen, Kalervo Orantie 1984
- Lämmitettävän telinetason kokeilu rakennustyömaalla, Hannu Kääriäinen et al. 1990
- Muuraustyön standardiaikajärjestelmä, Kari Linden 1991
- Muuraustyön Ratu-kortit 1991
- Muurauksen työmenetelmien kehittäminen, Pentti Jormalainen 1992
- Muuraustyön edistämiprojekti
- Eureka muurausjärjestelmä 1993 (korkeat julkisivut)
- Sääsuoja, Aatto Määttä 1994.

## 2.6 MUURAUSTYÖMENETELMÄT MUISSA MAISSA

Muuraustyömenetelmät ovat varsin samankaltaisia Pohjoismaissa ja keskeisissä Euroopan maissa. Lähinnä alueellisten rakentamiskulttuurien eroista johtuen myös käytettävät muuraustekniikat vaihtelevat jonkin verran maittain, mutta missään ei ole käytössä kehittyntä kokonaisvaltaista järjestelmää, jota voitaisiin sellaisenaan soveltaa Suomen olosuhteissa.

Esimerkiksi Belgiassa pientalot ovat usein kaksikerroksisia ja työmaalla käytetään moottoroi-tua lavanostinta. Muurauslaasti sitä vastoin valmistetaan työmaalla alkeellisesti hiekasta ja kalkkilaastista sekoittamalla. Ks. kohta 6.1 Kehitystyö eräissä maissa.

### 3 KEHITYSTYÖN TAVOITTEET

Muuraustekniikan kehittäminen pientalorakentamisessa -projektin tavoitteena oli parantaa muuraustyön tuottavuutta ja sen soveltuvuutta teolliseen talonrakentamiseen kehittämällä konkreettisesti ja käytännönläheisesti paikallamuurauksen työmaatekniikkaa. Projektin osatavoitteiksi määriteltiin

- muurauksen tuotantokustannusten alentaminen
- aputyön määrän vähentäminen
- aputyö - ammattityöjaon vähentäminen
- rakentamisajan lyhentäminen
- työn keventäminen ja ergonomian parantaminen
- sää- ja muiden häiriöiden vaikutusten vähentäminen.

Tuottavuuden paraneminen ja muut tavoitteet on pyritty saavuttamaan kehittämällä sekä muurauksen työmenetelmiä että niissä käytettäviä koneita, laitteita ja työvälineitä. Tavoitteena oli lisäksi, että kehitettävät menetelmät ja kalusto soveltuvat sekä täystiilitalon tekemiseen että pelkkään julkisivumuuraukseen. Robotiikka rajattiin kuitenkin tutkimuksen ja kehitystyön ulkopuolelle.

Tuotantokustannusten alentaminen on keskeinen tavoite muurattujen rakenteiden kilpailukyvyyn parantamisessa ja markkinaosuuden kasvattamisessa. Työvoimakustannusten noustessa on koneita, laitteita ja työmenetelmiä kehittämällä mahdollista vähentää käsityövaltaisia ja raskaita työvaiheita.

Aputyö on luonteeltaan ns. ei-jalostavaa työtä, jonka hallittu ja järkevä vähentäminen parantaa muurattujen rakenteiden kilpailukykyä.

Aputyö - ammattityö jakoa ei monissa maissa esiinny samalla tavalla kuin Suomessa. Mikäli työryhmissä pystyttäisiin tekemään kaikkia töitä, olisi ryhmän toiminta joustavaa ja tehokasta, odotusajat minimoituisivat ja kalusto olisi tehokkaassa käytössä jatkuvasti.

Rakentamisajan lyhentäminen on ollut eri syistä tavoitteena koko rakennusosalalla viime vuosikymmeninä. Pientalon runko- ja julkisivumuurauksen nopeuttamiseen on kaksi erityistä syytä: mahdollisten säähäiriöiden vaikutusajan lyhentäminen ja siihen perustuva tuotantokustannusten aleneminen sekä kilpailijoiden tuotantonopeuteen pääseminen, joka helpottaa tiilitalon markkinointia.

Työn keventäminen on välttämätöntä kehitettäessä työsisältöä ja -olosuhteita nykypäivän vaatimuksia vastaaviksi. Se on tärkeätä myös muurauksalan imagon parantamiseksi, joka pitkällä aikavälillä vaikuttaa ammattitaitoisen työvoiman saantiin alalle.

Säähäiriöitä aiheutuu lähinnä pakkasesta sekä lumi- ja vesisateesta. Pientalon muuraustyössä käytettävää sääsuojaa on kehitetty erillisessä projektissa (ks. kohta 6.7), joten se rajattiin tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

## 4 KEHITYSTYÖN TOTEUTUS

### 4.1 MENETELMÄKEHITYKSEN ONGELMAT

Menetelmien ja tekniikoiden kehittämisessä on omat erityiset ongelmansa verrattaessa niitä esimerkiksi toimintatapojen muuttamispyrkimyksiin. Kun tarkasteltavana toimialana on rakentaminen ja pitkät perinteet omaava muuraus, kohdataan lisävaikeuksia. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti ongelmia, joita esiintyy tämänkaltaisessa kehittämisprojektissa.

#### *Investointitarve*

Tuotantotekninen kehittäminen ja uusien laitteiden käyttöönotto edellyttävät aina investointeja, joista päättäminen on lyhytjänteisesti toimiville yrityksille vaikeata. Investointipäätöksen edessä voi olla kolme erilaista estettä: tietämättömyys investoinnin tuotoista, rahoitusvaikeudet ja epävarmuus tulevaisuudesta.

Vaikka investoinnin kannattavuudesta ollaan varmoja ja luottamus tulevaisuuteen on hyvä, rahoitus voi muodostua ongelmaksi, jos tarvittava pääoma on yrityksen kokoon nähden liian suuri. Ratkaisuna voisi tässä tapauksessa olla se, että investoinnin tekee konevuokraamo. Uusien menetelmien käyttöönotto tällöin kuitenkin useimmiten hidastuu, koska laitteen ja investoinnin kannattavuudesta on vakuutettava kaksi osapuolta: uutta konetta käyttävä urakoitsija ja investoinnin tekevä konevuokraamo.

#### *Hyötyjen kohdentuminen*

Toinen menetelmäkehitykseen liittyvä ongelma on hyötyjen kohdentuminen sellaisille osapuolille, jotka eivät ole osallistuneet kehitystyöhön tai sen vaatimiin kustannuksiin. Esim. rakennusliikkeet eivät tue muurauskaluston kehittämistä, koska ne kokevat, että tuotantomenetelmien tehostumisesta aiheutuvat hyödyt koituvat aliurakoitsijoina toimivien muurausurakoitsijoiden hyväksi.

#### *Yrityskentän pirstoutuneisuus*

Rakennushanke toteutetaan Suomessa ja monissa muissakin maissa nykyään useina erillisinä urakoina. Työhön osallistuvat yritykset ovat tavallisesti varsin pieniä eikä niillä ole taloudellisia tai teknisiä resursseja eikä henkilöstöä merkittävään menetelmäkehitykseen. Pääurakoitsija on yleensä taloudelliselta asemaltaan vahva yritys, mutta erityisesti menetelmäkehityksen hyötyjen kohdentumattomuus (vrt. edellinen kappale) jarruttaa tuotantotekniikoiden kehittämistä.

### 4.2 OSAPUOLET JA ORGANISAATIO

#### *Osapuolet*

Kehitysprojektin keskeisenä tavoitteena on ollut konkreettisten parannusten aikaansaaminen koneisiin, laitteisiin ja työmenetelmiin. Jotta kehitystavoitteet olisivat olleet riittävän käytännönläheisiä ja toteuttamiskelpoisia, oli hankkeeseen tärkeitä saada mahdollisimman laaja edustus koko muurausalalta.

Kehitystyöhön ovat osallistuneet seuraavat osapuolet:

- Suomen Tiiliteollisuusliitto r.y.
- Lammin Muurarit Ky
- Steamrator Oy
- Optiroc Oy
- Amutek Ky
- Oy Robonic Ltd
- Tiileritehtaat
- E. Vuorio Ky
- Tampereen Agent Oy
- Karaatti Rakenne Ky
- RTK Lahti-Kymen piiri
- VTT Rakennustekniikka
- Niemen Takka Oy
- Pentti Jormalainen

Lisäksi kehitystyöhön ja kokeiluihin osallistui useita muita koneita ja rakennuslaitteita valmistavia ja maahantuovia yrityksiä. Yritysten yhteystiedot esitetään liitteessä 9.

### *Organisaatio*

Tutkimuksen organisaation muodostivat johtoryhmä ja neljä erillistä kehitysryhmää. Johtoryhmään kuuluivat toimitusjohtaja Jukka Suonio Suomen Tiiliteollisuusliitosta, johtaja Pentti Ljunqvist Lohja Oy Ab:stä (30.6.1994 saakka), tuotepäällikkö Markku Laine Optiroc Oy:stä (1.7.1994 alkaen), toimitusjohtaja Leo Seppälä Seppälän Tiili Oy:stä, toimitusjohtaja Jaakko Raikonen Raikonen Oy:stä, rakennusinsinööri Timo Eloranta TAE-Muuraus Oy:stä ja erikoistutkija Hannu Koski VTT Rakennustekniikasta.

Varsinainen kehitystyö toteutettiin seuraavissa neljässä kehitysryhmässä:

1. Nostot ja siirrot sekä telineet
2. Laastin valmistus
3. Käsityökalut
4. Kokonaisjärjestelmä ja kuljetusvaunu.

Kehitysryhmiin kuului yhteensä 13 henkilöä, mutta ryhmäjakoja soveltamalla ideointiin ja ratkaisujen etsimiseen osallistui kerrallaan 4 - 5 henkilöä. Ryhmät kokoontuivat aluksi erillisinä, mutta myöhemmin, kun muurauksjärjestelmä oli muotoutunut, ryhmien työskentely yhdistettiin. Ryhmien koordinoinnista vastasi VTT Rakennustekniikka. Projektin johtajana oli toimitusjohtaja Jukka Suonio ja sihteerinä erikoistutkija Hannu Koski.

### 4.3 KEHITYSTYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT

Projektin tehtävänä ongelmaprojektin lisäksi oli ideoida ja kehittää käytännönläheisiä ja tuotteistettavia ratkaisuja muurauksessa käytettäviin menetelmiin, koneisiin ja laitteisiin. Vaikka käytännönläheisyys oli keskeinen lähtökohta, ei kehitystyöstä rajattu etukäteen mitään ulkopuolelle robotiikkaa lukuun ottamatta. Tämän vuoksi uusia ratkaisuja haettiin varsin laajasti ja työssä käytettiin lukuisia erilaisia tutkimus- ja kehittämismetodeja, joista seuraavassa luetellaan keskeisimmät.

**Tupla-tiimi.** Tupla-tiimi-menetelmää käytettiin muurauksien ja sen osatehtävien ongelmien selvittämisessä sekä alustavien ratkaisujen esiintuomisessa. Menetelmää sovellettiin projektin käynnistysvaiheessa, kun kehitysryhmät oli muodostettu. Tupla-tiimi osoittautui varsin tehokkaaksi ja siihen oltiin yleisesti tyytyväisiä. Tupla-tiimillä saavutettuja tuloksia on tarkemmin kuvattu kohdassa 6.2.

**Idegen atk-ohjelma.** Idegen on luovan työskentelyn apuvälineeksi kehitetty suomalainen atk-ohjelma. Sitä käytettiin VTT:ssä projektin alkuvaiheessa ongelmakentän hahmottamisessa sekä myöhemmin yksittäisten osaongelmien, mm. laastin valmistuksen ideoinnissa.

**Kirjallisuus.** Kehitystyössä hyödynnettiin muurausalan suomenkielistä kirjallisuutta, kansainvälisissä seminaareissa laadittuja esitelmiä ja ulkomailla tehtyjä muurausalan tutkimuksia (mm. Hollannin laaja Brik-tutkimus). Kuten aikaisemmin on jo todettu, muuraustyömenetelmien ja kaluston kehittäminen on ollut varsin vähäistä eikä kirjallisuudesta näin ollen saatu kovinkaan paljon apua.

**Työmaavierailut.** Projektin alkuvaiheessa tehtiin useita käyntejä täystiitalotyömaille, joilla käytettäviä työmenetelmiä tallennettiin mm. videolle myöhempää tutkimuskäyttöä varten.

**Messut.** Projektin aikana järjestettiin Euroopassa kaksi merkittävää messutapahtumaa: Batimat -93 (Pariisi) ja Bauma -95 (München). Perinteisen muurauskaluston lisäksi messuilla esiteltiin mm. laastin pumppauskalustoa, liikkuvia työlavoja ja erilaisia apuvälineitä. Olennaisia parannuksia keskeisiin ongelmiin, kuten siirtoihin, ei Suomen olosuhteisiin ollut löydettävissä.

**Kokoukset ja ideointipalaverit.** Kehitysryhmätyöskentely pyrittiin toteuttamaan siten, että ennen tiettyyn ongelmaan paneutumista VTT toimitti ryhmän jäsenille ongelmaa ja nykytilaa koskevia selvityksiä. Tämän jälkeen pidettiin ideointipalaveri, joka oli toisinaan avoin keskustelutilaisuus, toisinaan taas systemaattinen aivoriihi. Tilaisuuden päätyttyä VTT kiteytti kertyneet ideat ja ratkaisut sekä toimitti aineiston ryhmäläisille jatkoideointia varten. Tavallista oli, että ongelma ei ratkennut yhdessä kokouksessa vaan VTT:n laatiman yhteenvedon pohjalta ideointia jatkettiin edellä kuvatulla tavalla.

**Muurarikysely.** Ammatissa toimivilta muurareilta kysyttiin työmenetelmiin ja kalustoon liittyviä ongelmia, kehitystarpeita sekä ideavaiheessa olevia tai toteutettuja ratkaisuja. Kysely toteutettiin keväällä 1994 lähettämällä kysymys- ja vastauslomakkeet yli tuhannelle työntekijälle, joilta saatiin noin 60 vastausta. Yhtään merkittävästi muuraustyömenetelmää muuttavaa ehdotusta ei saatu, sillä sinänsä hyvät ratkaisut painoutuivat valtaosaltaan työkaluihin ja erilaisiin apuvälineisiin. Kyselyn keskeiset tulokset esitetään liitteessä 8.

**Laskelmat.** Ennenkuin ideoita tai ratkaisuja kehitettiin pienoismalli- tai prototyyppeille, niiden taloudellisuutta arvioitiin laskennallisesti. Laskelmat olivat luonteeltaan edullisuusvertailuja ja niissä analysoitiin uudesta menetelmästä tai laitteista saatavia hyötyjä suhteessa syntyviin pääoma-, käyttö- ja toimintakustannuksiin. Laskelmia tehtiin muun muassa laastin valmistuksesta ja materiaalien siirroista.

Myöhemmin tutkimuksessa havaittiin, että vertailuja tehtäessä on samanaikaisesti tarkasteltava koko työmaata ja siellä käytettäviä menetelmiä ja kalustoa. Koko työmaan mallintamistarve johti pientalotyömaan suunnittelumenetelmän ja atk-ohjelma Kustin kehittämiseen, joita on tarkemmin kuvattu luvussa 8.

**Pienoismallit.** Telineiden ja siirtovälineiden ideoinnissa käytettiin myös tekniikkalegoja. Työskentelytapa osoittautui hyväksi ja sen avulla nopeutettiin teknisesti toimivien ratkaisujen löytämistä.

**Prototyypit.** Prototyypeiksi kehitettiin suursäkin nostolaite, kuljetusvaunu, telineen konsolirakenne, suursäkin erilaisia tyhjennyslaitteita sekä käsityökaluja. Prototyypinä voitaneen pitää myös ruotsalaista ADC-tiilikärryä. Kärry oli ensimmäinen Suomeen hankittu ja sen sähkölaitteisiin ja voimansiirtoon tehtiin projektin aikana muutoksia.

**Laboratoriotestaus.** Nykyistä muuraukskalustoa ja kehitettyjä prototyyppejä testattiin VTT:n laboratoriossa Tampereella. Toiminnallisuuden arvioinnin lisäksi laboratoriossa mitattiin laitteiden teknisiä suoritusarvoja ja tehtiin telineiden kuormituskokeita.

**Työmaakäyttö.** Kehitetyt laitteita kokeiltiin useilla työmailla projektin aikana. Marraskuussa 1995 kaikki kehitetyt ja valmistetut laitteet vietiin Helsingin Laajasaloon ns. päätöstyömaalle.

**Tiedotus.** Kehitettyjen laitteiden järkevällä käytöllä on saavutettavissa todellisia säästöjä. Säästöjen selkeä esilletuonti edistää laitteiden ja uusien menetelmien yleistymistä ja se onkin tärkeydeltään verrattavissa itse kehitystyöhön. Projektista ja sen tuloksista tiedotetaan pääasiassa kevään 1996 aikana.

#### 4.4 TYÖN VAIHEISTUS

Tuotekehityshankkeet vievät yleensä paljon aikaa. Tämän vuoksi eri osa-alueiden kehitystyötä oli tehtävä ryhmissä miltei samanaikaisesti. Pääpiirteissään kehitystyö eteni kuitenkin siten, että ongelmien ja kehitystarpeiden selvittämisen jälkeen paneuduttiin nostoihin, siirtoihin ja telinetekniikkaan. Seuraavaksi pohdittiin laastin valmistusta, joka perustui edellä kehitettyihin ratkaisuihin sekä näistä riippumattomiin, ideointipalavereissa esiin tulleisiin ajatuksiin. Käsityökalujen kehittäminen oli varsin irrallaan muun kaluston kehitystyöstä ja ajoittui vuoteen 1994. Kun kehitetyn kaluston mitat ja paino olivat tiedossa, määritettiin kuljetusvaunun ominaisuudet. Eri laskentamallien pohjalta syntynyt suunnittelumenetelmä ja Kusti kehitettiin vuoden 1995 aikana. Oheisessa kuvassa 2 esitetään projektin keskeiset tehtävät ja niiden ajoittuminen.

Tehtävä	1993		1994				1995			
	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Ongelmat ja kehitystarpeet	■									
Siirrot ja teline		■								
Laastinvalmistus					■					
Käsityökalut				■						
Kontti						■				
Kusti								■		

Kuva 2. Projektin osatehtävien ajoittuminen.



# 5 PIENTALON MUURAUSSKALUSTON RUSVAIHTOEHDOT

PE-

## 5.1 TYÖVAIHEET JA KALUSTO

### *Työvaiheet*

Muuraustyö voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

- (suunnittelu)
- materiaalien vastaanotto ja varastointi
- valmistelevat työt (esim. telinetyöt, materiaalien siirrot)
- mittaustyöt
- muuraaminen
- lopetustyöt.

Taulukossa 1 esitetään perinteisen julkisivumuurauksen työvaiheita ja työn osavaiheita. Muuraustyön kehittämisessä on itse asiassa kysymys työn osavaiheiden koneellistamisesta tai korvaamisesta muilla menetelmillä sekä apuvälineiden kehittämisestä.

*Taulukko 1. Perinteisen pientalomuurauksen työvaiheita.*

<p><b>1. Materiaalin hankinta ja varastointi</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• varastointialueen kunnostus</li><li>• tiilien ja muurausseinän tai kuivalaastin vastaanotto, varastointi ja suojaus</li><li>• tiilien ja laastin lämmitys</li><li>• villan vastaanotto, varastointi ja suojaus</li></ul> <p><b>2. Valmistelevat työt</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• laastisekoittajan asennus</li><li>• vesiletkun ja -astian asennus</li><li>• välineiden hankinta</li><li>• telinemateriaalin hankinta ja varastointi</li></ul> <p><u>Työkohdekohtaiset tehtävät</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• käärrästeiden kunnostus</li><li>• seinustan tasaus</li><li>• tiilien siirto työkohteelle</li><li>• telinemuurauksessa tiilien nosto työtasolle</li><li>• koneiden ja laitteiden sijoitus, asennus, huolto ja purku</li><li>• telinemateriaalin siirto työkohteelle</li><li>• telineosien asennus</li><li>• tarvittavien sähköjohtojen asennus</li><li>• lämmitys- ja suojausvälineiden siirto ja asennus</li><li>• valaisimien siirto ja asennus</li><li>• muurausalustan puhdistus</li><li>• laastiastioiden siirto</li><li>• laastin valmistusaineiden annostelu sekoittajaan</li><li>• laastin sekoitus</li><li>• laastin siirto muurauspaikalle</li><li>• laastin lapiointi paljuihin</li><li>• tarvittaessa veden lisäys paljuun ja sekoitus lapiolla</li><li>• tiilien katkominen sirkkelillä tai leikkurilla</li><li>• terästen ja sidelankojen katkominen ja siirto työkohteelle</li><li>• kosteuseristysten asentaminen sokkelin päälle</li></ul>	<p><b>3. Mittaus ja merkitseminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• rakenteen sijainnin merkitseminen</li><li>• kulmajohteiden asennus ja tukeminen</li><li>• aukkokehikoiden ja apukarmien asennus</li><li>• muiden varausten asennus</li><li>• korkeusmerkkien merkitseminen</li><li>• tiilijaon sovittaminen ja merkitseminen</li><li>• alimman varvin tukeminen ja sokkelin tasaus tarvittaessa</li></ul> <p><b>4. Muuraus</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• villotus</li><li>• ensimmäisen varvin sovitus</li><li>• tiilien katkaisu vasaralla</li><li>• linjalangan laitto ja nosto</li><li>• kosteuseristysten asentaminen</li><li>• tartuntojen kiinnitys ja taivutus</li><li>• kivien latominen</li><li>• rakenteen pystysuoruuuden tarkastaminen</li><li>• seinän pään tukeminen hammastukselle</li><li>• raudoitusten asentaminen</li><li>• työnaikaisten tukien asentaminen</li><li>• liikuntasauvojen tekeminen</li><li>• LVIS-varausten ja tarvikkeiden asentaminen</li><li>• saumaus</li><li>• viimeistely</li><li>• puhdistus ja harjaus</li></ul> <p><b>5. Lopetus</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• välineiden pesu</li><li>• paljujen tyhjennys</li><li>• ylimääräisen laastin ja tiilipalojen siivous</li><li>• seinäpinnan pesu tarvittaessa</li><li>• valmiin rakenteen suojaaminen</li><li>• lämmittimien ja suojaimien purku ja siirto</li><li>• telinoiden purku ja siirto</li></ul>
---	---

## ***Kalustovaihtoehdot***

Tiilirakenteinen pientalo voidaan toteuttaa neljällä periaatteellisesti erilaisella menetelmä- ja kalustovaihtoehdolla. Ensimmäisenä vaihtoehtona on nykyisin käytettävä kalusto, joka on säilynyt lähes muuttumattomana vuosikymmenten ajan. Kalusto on sinänsä toimiva, mutta kasvaneiden teollistamis-, tuottavuus- ja ergonomiavaatimusten seurauksena huonosti nykypäivään sopiva.

Toisena perusvaihtoehtona on suuren kohteen menetelmä- ja kalustoratkaisu, jota voitaisiin soveltaa, kun pientaloja rakennetaan samanaikaisesti aluetyömaana. Kyseisessä menetelmässä on järkevää käyttää tehokasta nostokalustoa (esim. torni- tai ajoneuvonosturia), vaakasiirtokalustoa (esim. erilaisia kuormajia ja kurottajaa) ja laastinvalmistuskalustoa (esim. suursiiloa ja painesiirtoa).

Kolmantena vaihtoehtona on työn osavaiheiden automatisointi tai robotisointi. Robotiikka rajattiin kuitenkin tämän projektin ulkopuolelle, koska tavoitteena oli aikaansaada parannuksia, jotka ovat sovellettavissa käytäntöön lähivuosina.

Neljäs vaihtoehto on nykyisen kaluston ja työmenetelmän koneellistaminen hyödyntämällä myös olemassa olevaa tehokasta kalustoa, silloin kun se on taloudellisesti kannattavaa.

## **5.2 NYKYINEN KALUSTO**

Tyypillisellä pientalotyömaalla käytettävä muurauskalusto on varsin kehittymätöntä. Tiilet siirretään miesvoimin tiilikärryllä, laasti kottikärryillä ja lapioimalla, teline on usein hutera ja kunnollisia suojausmenetelmiä ei ole käytössä. Ainoa koneellistettu työvaihe on laastin valmistus, jossa käytetään tavallisesti vapaapudotussekoittajaa eli betonimyllyä. Laastin annostelu myllyyn tehdään kuitenkin lapioimalla.



*Kuva 3. Pientalotyömaan perinteinen muurauskalusto.*

## 5.3 SUUREN KOHTEEN KALUSTO

Suuressa kohteessa, esimerkiksi asuinkerrostalossa, materiaalmäärät ja siirtoetäisyydet ovat niin suuret, että on perusteltua käyttää tehokkaita laastinvalmistus- ja materiaalin siirtomenetelmiä. Kerrostalotyömaalla nosto- ja siirtokalusto, lämmityskalusto ja esim. suojauskalusto palvelevat usein monia eri työlajeja, kuten muurausta, muottityötä, betonointia ja vesikattotöitä.

Pientalorakentamisessa kerrostalotyypin menetelmä voi tulla kyseeseen silloin, kun useita pien- tai rivitaloja toteutetaan samanaikaisesti ns. aluetyömaana. Kyseistä kalustokokoonpanoa käytetään mm. Hollannissa, jolloin työmaalla on esim. kymmenen tonnin laastisiilo ja siihen yhdistetty ruuvisekoitin, tehokas ajoneuvonosturi ja tavarahissejä.

Kokonaisten pientaloalueiden rakentaminen tämän päivän Suomessa on kuitenkin niin harvinaista, ettei tätä kalustovaihtoehtoa nähty tarpeelliseksi ottaa kehitystyön lähtökohdaksi.

## 5.4 AUTOMAATIO

Rakentamisen automatisoinnissa on kaksi perusvaihtoehtoa:

- komponenttien tehdastuotannon automatisointi
- työmaatuotannon automatisointi.

### *Tehdastuotannon automatisointi*

Muurattujen rakenteiden, lähinnä seinien, automaattista valmistamista tehtaassa on mm. Tanskassa ja Saksassa kokeiltu tällä vuosikymmenellä. Kokeilut eivät kuitenkaan ole olleet lupaavia, koska valmistamalla muurattu elementtiseinä tehtaassa menetetään ne paikallarakentamisen edut, jotka nimenomaan tiilellä on mahdollista saavuttaa. Lisäksi kokonaisten tiiliseinien kuljettamisesta aiheutuu huomattavia lisäongelmia.

### *Työmaatuotannon automatisointi*

Paikallamuurausta voitaisiin ajatella automatisoitavan lähinnä neljällä osa-alueella:

- laastin valmistuksessa
- materiaalien siirroissa työkohteeseen
- laastin levityksessä tiilivarville
- tiilien latomisessa.

Lisäksi mm. mittausta voitaisiin automatisoida, mutta siitä saatava hyöty kehityspanokseen verrattuna jäisi todennäköisesti hyvin pieneksi.

Laastin valmistukseen on jo tällä hetkellä saatavissa kehittyneitä järjestelmiä. Laastin sekoittajalla varustettu kuivalaastisiilo ja siihen yhdistetyt sähkövirta ja painevesi toimivat lähes automaattisesti. Tästä edelleen kehitetyssä ns. painesiirtojärjestelmässä kuivalaasti siirretään kauko-ohjatusti lähelle työkohteeseen, jossa se sekoitetaan valmiiksi laastiksi. Kehittyneiden laastinvalmistusmenetelmien käytön taloudellisuus riippuu lähinnä kohteesta ja siinä tarvittavasta laastin määrästä sekä työn kestosta. Pientalotyömaalla kuivalaastisiilo tai painesiirtojärjestelmä mielletään usein kalliimmiksi menetelmiksi kuin ne todellisuudessa ovat kokonaiskustannuksiltaan.

Tiilien ja laastin automaattinen siirto välivarastosta työkohteeseen voisi olla periaatteessa mahdollista erilaisten kuljettimien tai siirtolaitteiden avulla. Pientalotyömaa on kuitenkin tavallisesti melko ahdas ja maastoltaan vaikeakulkuinen. Kun siirtomatkat ovat yleensä useita kymmeniä metrejä ja siirrettävien taakkojen painot nykyisillä pakkaustavoilla satoja kiloja, olisi sovelias siirtojärjestelmä erittäin raskas ja hinnaltaan kallis.

Laastin levitystä tiilivarville on kehitetty Saksan ja Ruotsin lisäksi myös Suomessa. Pelkkä laastin levityksen automatisointi ilman samanaikaista tiilien ladonnan automatisointia, ei kuitenkaan synnytä merkittäviä kustannus- tai aikasäästöjä.

Tiilien automaattinen ladonta merkitsisi jonkinlaisen muurausrobotin kehittämistä. Saksassa onkin parhaillaan käynnissä kaksi toisistaan riippumatonta hanketta, joissa kehitetään työmaaolosuhteisiin tarkoitettua muurausrobotia. Hankkeita on kuvattu lähemmin kohdassa 6.1. Tiilien latomiseen ja laastin levitykseen kykenevän robotin kehittäminen kestää arviolta 4 - 6 vuotta ja maksaa 5 - 10 milj. mk.

Valmiin robotin myyntihinta varustuksesta riippuen on 400 000 - 700 000 mk. Muurausroboti soveltuu mahdollisesti laaja-alaisiin, hallityyppisiin rakennuksiin silloin, kun laite voidaan sijoittaa tasaiselle alustalle. Periaatteessa Saksassa kehitettävä roboti voisi soveltua Suomessa ainakin runko- ja väliseinämuuraukseen. Ajallisesti tämä voisi tapahtua aikaisintaan vuosituhaten vaihteessa.

## 5.5 KEHITTYNEET KONEET JA LAITTEET

Kehittyneillä koneilla ja laitteilla tarkoitetaan tässä yhteydessä toisaalta nykyisen muurauskaluston kehittämistä ja koneellistamista sekä toisaalta muussa rakentamisessa ja teollisuudessa käytettävien koneiden käyttöönottoa muuraustyössä. Tältä pohjalta lähtevä kehittäminen ei välttämättä merkitse suurta teknologiaharppausta, mutta se takaa käytännönläheisen ja pienin askelin tapahtuvan kehitystyön sekä sen tulosten nopean käyttöönoton.

Yksinkertaistetusti koneiden ja laitteiden kehittäminen merkitsee esimerkiksi sitä, että käsi-käyttöiseen siirtovälineeseen lisätään moottori, vaakasiirtolaite muutetaan myös nostoihin soveltuvaksi tai laitteisiin ja kalustoon tehdään muita teknisiä parannuksia, jotka tehostavat niiden toimintaa tai parantavat käytettävyyttä. **Kehitystyö pienin, käytännönläheisin askelin koneita ja laitteita parantamalla valittiin tämän projektin strategiaksi.**

## 6 PIENTALOMUURAUKSEN KEHITYSKOhteet

### 6.1 KEHITYSTYÖ ERÄISSÄ MAISSA

Muurausalan kehitystyö on myös ulkomailla pitkään painottunut rakenteisiin ja materiaaleihin. Vasta viime vuosina on aloitettu tuotantomenetelmien ja kaluston aktiivinen kehittäminen. Selviä esimerkkejä tästä ovat laitekehitys Ruotsissa ja Hollannissa sekä saksalaisten robotiikkahankkeet.

Kehitysprojektin aikana on jatkuvasti pyritty olemaan selvillä myös muualla tehtävästä muuraustyömenetelmien, koneiden ja laitteiden tutkimus- ja kehitystyöstä. Käytännössä on seurattu ammattilehtiä ja muita alan julkaisuja, oltu yhteydessä muihin tutkimuslaitoksiin, tutustuttu kehitystyöhön ja käytännön muuraustyöhön eräissä maissa sekä vierailtu rakennusalan messuilla. Keski-Eurooppaan suuntautuneesta matkasta syksyllä 1993 on laadittu erillinen matkakertomus, jonka saa tarvittaessa VTT:stä.

#### *Ruotsi*

Ruotsissa on pitkät perinteet erilaisten työn apuvälineiden kehittämisessä. Muurausalalla kehitystyö on painottunut laastipumppuihin, tiilien ja laastin siirtovälineisiin, isojen tiilien käsittelyn helpottamiseen ja metallisiin muurauslangan ohjaimiin. Byggmästareföreningenin koordinoimana on kehitetty moottoroitu ADC-tiilikärky sekä siihen liitettävät laastiastia ja siirtoalusta.

#### *Tanska*

Tanskassa on kehitetty tiielementtiseinien paikallamuurausta tehtaassa. Elementit muurataan tehtaalla valmiiksi ja kuljetetaan kokonaisina työmaalle. Rakentamistapa ei ole tietävästi edennyt kokeilua pitemmälle.

#### *Hollanti*

Hollannissa on kehitystyön tärkeimmäksi alueeksi katsottu materiaalien siirto. Tiilien siirron tehostamiseksi on kehitetty uudenlainen pakkaustapa, jossa ei ole erillisiä letkoja alustoineen vaan tiilet on ladottu jo tehtaalla uudella tavalla. Ladoksesta voidaan nostaa halutun suuruinen osa tähän tarkoitettuun, tiilihäkkiä muistuttavalla nostolaitteella, joita on saatavana 125 - 240 cm:n levyisinä. Nostolaitteesta on valmistettu myös kehittyneempi versio, jossa taakkaa voidaan siirtää sivusuunnassa hydraulisesti. Näin tiililetkoja voidaan siirtää esim. torninosturilla alimmille telinetasoille yläpuolisten telinerakenteiden haittaamatta. Erityisvalmisteisella tiilikärryllä voidaan ladoksesta ottaa kerrallaan noin 50 tiiltä, jotka työnnetään kärryllä työkohteeseen ja nostetaan kärryssä olevalla moottorilla korotusalustalle 60 cm:n korkeuteen. Uudenlaista tiilien pakkaustapaa käyttää toistaiseksi kuitenkin vain muutama hollantilainen tiilitehdas, joten kehitetyt siirtolaitteet eivät vielä ole laajalti käytössä.

Telinettä kehitettäessä on nähty tarpeellisenä erillinen materiaalitaso, joka on työskentelytasoa korkeammalla. Kokeilukäyttöön valmistettiin sähköhydraulinen alusta, joka saksilava-periaatteella nosti letkan muurarin haluamalle korkeudelle. Lopulta kuitenkin päädyttiin yksinkertaiseen korotusalustaan, jonka varaan letka nostetaan paremman ergonomian saavuttamiseksi.

Laastin siirtoon on kehitetty uudentyyppinen laitteisto, jolla valmis märkäläästi siirretään paineilmalla sekoittajalta paljuun jopa sadan metrin etäisyydelle.

Lisäksi Hollannissa selvitetään pienehkön nosturin käyttöönoton mahdollisuuksia. Ajatuksena on, ettei tarvittaisi erityistä nosturinkuljettajaa, vaan muuraustyöntekijät käyttäisivät nosturia.

Delftin teknillisessä korkeakoulussa on kehitetty laboratorio-olosuhteissa toimiva muurausrobotti.

### ***Belgia***

CSTC:ssä (Centre Scientifique et Technique de la Construction) on käynnissä projekti, jossa analysoidaan muurarien työtä sekä kehitetään koneita tiilien nostamiseen työkohteeseen ja laastin levitykseen tiilillä. Projektin tavoitteina ovat kustannusten alentaminen ja työolosuhteiden parantaminen. Käytännön tulosten saavuttamiseen menee ilmeisesti vielä useita vuosia.

### ***Saksa***

Muuraustekniikoiden kehittäminen on ollut varsin vireätä viime vuosina Saksassa. Kehitystyö on kohdistunut laastiastioihin, laastin sekoittajiin, harkkomaisten kappaleiden nostamiseen, sähkökäyttöisiin työlavoihin ja muurausrobotiikkaan.

Laastinsekoittajissa on vahvasti keskitytty tasosekoittajiin. Sekoitusastiana näissä voidaan usein käyttää tavallista paljua, joka voidaan siirtää kärryillä suoraan sekoittajasta työkohteeseen. Laastipaljuja on saatavissa erikokoisina ja -muotoisina, myös lämpöeristettyinä.

Piennostureita on kehitetty useita erilaisia. Ne on pääasiassa tarkoitettu suurten tiilien ja harkkojen käsittelyyn. Niiden maksiminostokyky on 150 - 300 kg 4 - 5 m:n ulottumalla, eikä niillä näin ollen voida ratkaista suomalaisen pientalotyömaan siirtotarpeita.

Muuraustyöhön soveltuvia saksityölavoja on saatavana sekä nosturilla siirrettävinä että omilla pyörillä varustettuina. Pyörälliset työlavat voivat lisäksi olla moottoroituja, jolloin niitä voidaan ajaa työtasolta. Työlavat eivät sovellu julkisivun muuraukseen, mutta runko- ja väli-seinämuuraukseen niitä voitaisiin käyttää, kun lattiapinnat ovat tasaisia ja laitteelle on riittävästi tilaa.

Saksassa on yhtä aikaa käynnissä kaksi varsin samankaltaista, toisistaan riippumatonta kehitysprojektia, joiden tavoitteena on työmaalle soveltuvan muurausrobotin kehittäminen. Toinen roboteista (ROCCO) esiteltiin Bauma 95:ssä, mutta siinä on vielä monia ongelmia, joita ei ole käytännössä ratkaistu. Toista robottia kehitetään Stuttgartin yliopistossa, ja sen toimiva prototyyppi valmistunee vuoden 1996 alussa. Sen kaupallinen versio on valmis 2 - 3 vuoden kuluttua, ja se maksaa arviolta 400 000 - 700 000 Suomen markkaa.

Robotteja on käytetty myös Etelä-Saksassa sijaitsevassa tiilitehtaassa, jossa niillä valmistetaan 2 m pitkiä ja 36 cm paksuja täyskorkeita tiilisiä seinäelementtejä. Elementit kuljetetaan kokonaisina työmaalle, jossa ne rapataan. Tiedossa ei ole, paljonko kyseisiä elementtejä valmistetaan vuosittain ja minkälaisia käytännön kokemuksia tästä rakentamistavasta on saatu.

### ***Muut maat***

Muiden maiden muurausalan kehitystyöstä vastaaviin henkilöihin ei ole suoraan oltu yhteydessä. Lehtiä ja muita tietolähteitä seuraamalla ei ole kuitenkaan löydetty merkittäviä kehityshankkeita tai menetelmäparannuksia.

## **6.2 ONGELMAT JA KEHITYSTARPEET**

Projektia käynnistettäessä tavoitteeksi asetettiin muuraustyön kehittäminen siten, että tuottavuus paranee ja työskentely on mahdollista myös vaikeissa olosuhteissa. Ongelmaksi nähtiin erityisesti se, että laastin valmistukseen, materiaalien siirtoihin ja telinetyöhön kuluu paljon aikaa.

Siirtoihin liittyvät ongelmat aiheutuvat seuraavista seikoista:

- Materiaaleja on paljon ja ne ovat raskaita.
- Siirtomatkat ovat pitkiä.
- Maasto on vaikeakulkuista.
- Työmaa- ja sääolosuhteet haittaavat työtä.
- Siirtokalusto on kehittymätöntä.

Telineiden keskeiset ongelmat ovat puolestaan:

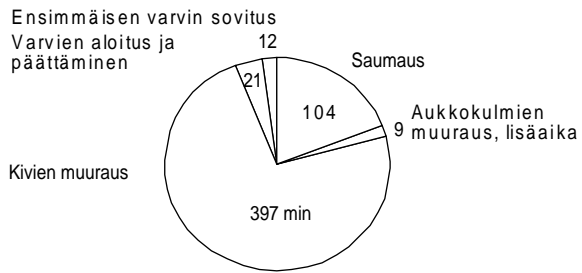
- korkeaksi koettu vuokrahinta
- pystytyksen hankaluus
- huterat ratkaisut, jotka eivät mahdollista tehokasta materiaalien siirtoa,
- huono ergonomia.

Kehitystarpeina nähtiinkin, että laastin valmistusta pitäisi helpottaa, materiaalien käsittelyä tehostaa, telineen pitäisi olla ergonominen ja ammattimaiseen työskentelyyn sopiva, mittaukseen kuluvaa aikaa pitäisi vähentää ja sääsuojauksella pitäisi parantaa työn kulkua.

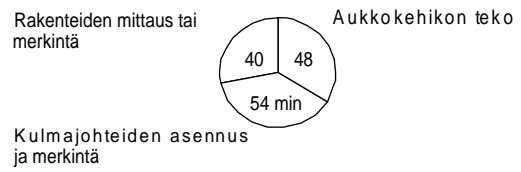
Projektin käynnistysvaiheessa muuraustyötä, sen tehtävien kestoa ja ajoittumista analysoitiin laskennallisesti. Tällöin havaittiin, että koko työstä oli muurauksen osuus noin 50 %, mittauksen osuus noin 10 % ja erilaisten aputöiden osuus noin 40 %. Aputöistä aikaa vievimmat olivat materiaalien siirrot ja telinetyöt. Kuvassa 4 esitetään muuraustyön jakautuminen aputyöhön, ammattityöhön ja mittaustyöhön sekä edelleen työn eri osavaiheisiin. Luvut ovat suuntaa-antavia ja ne perustuvat ns. esimerkkikohteesta tehtyihin laskelmiin, joita kuvataan kohdassa 6.3.4.

## Työajan jakautuminen ammattiryhmittäin

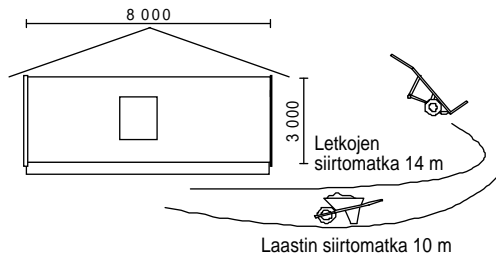
### MUURAUUS 49 %



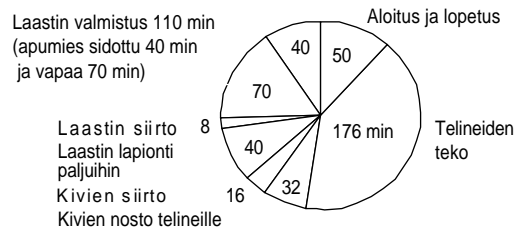
### MITTAUS 13 %



### Päätöseinä 22,5 m<sup>2</sup>



### APUTYÖ 38 %



Kuva 4. Muuraustyön jakautuminen esimerkkikohteessa.



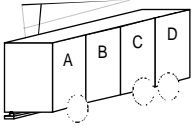
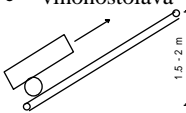
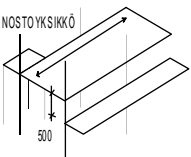
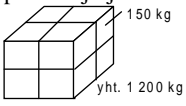
Projektin ensimmäisessä kehittämispalaverissa syksyllä 1993 käytettiin ns. tuplatiimi-menetettyä muuraustyöhön liittyvien ongelmien löytymiseksi. Keskeisiksi ongelmiksi havaittiin tällöinkin telinetyöt, suojaus ja materiaalien käsittely. Ongelmat ja niiden tärkeys-painotus esitetään taulukossa 2.

*Taulukko 2. Pientalomuurauksen ongelmat ja niiden painotus.*

A	B	C	D	E	F
Telinetyöt • hidasta • massiiviset • koko mestalle  ++++	Asenteet • epäjärjestys • suunnittelemattomuus • "tehdään niin kuin ennenkin"  ++++	Suojaus  ++	Tiilien siirrot ja nostot  ++	Tiilien käsittely  +	Aukkojen ylitykset
Telineet  ++	Huono järjestys	Olosuhteet • sade • pakkanen • tuuli • aurinko  ++	Siirrot • tiilet • laasti  +	Materiaalisiirrot	Roilotus/putkitus
Telinetyöt • aika • raskaus  +	Aikataulutus • lyhyt kesto • ei toistuvuutta (aloituslopetus) • liittyminen muihin töihin	Sääalittius  +	Materiaalin: • vastaanotto • varastointi • siirrot, erityisesti nostot  +	Laastin valmistus ja siirto	
Pientelineiden puute	Työn laatu jää tekijän vastuulle Laatukokonaisuus	Sääsuojaus  +	Materiaali • menekki-hävikki • väärinkäyttö • siirrot tai varastointi  +		
Työergonomia Työturvallisuus (telineet)	Puutteellinen toteuttamisorganisaatio >paljon seurauksia (usein kerta-rakennuttaja)		Laastin valmistus ja siirrot  +		
+ painotus					

Ongelma-analyysin jälkeen samassa tilaisuudessa ideoitiin alustavasti erilaisia ratkaisuja. Luopaaviksi kehityskohteiksi nähtiin pientaloteline, pientalotyömaan kuivalaastijärjestelmä, tiilien nosto- ja siirtolaite sekä kaluston modulaarinen kuljetusjärjestelmä. Alustavat ideat esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Pientalomuurauksen alustavat kehitysajatukset.

A	B	C	D	E	F
<p>Pientaloteline</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kevyt</li> <li>• nopea</li> <li>• helppo kuljettaa</li> <li>• 1/2 kerrosta</li> </ul> <p>◆◆◆+++</p>	<p>Pientalotyömaan kuivalaastijärjestelmä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 7 tn siilo</li> <li>• pumppaus</li> </ul> <p>◆◆◆+++</p>	<p>Tiilien/letkojen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nostolaite</li> <li>• siirtolaite</li> </ul> <p>◆◆◆+++</p>	 <p>◆+++</p>	<p>Luodaan järjestelmä</p> <p>Koulutetaan käyttäjät</p> <p>Parannetaan osapuolien yhteistyötä</p> <p>◆++</p>	<p>Hydraulinen tiilenkattaisija</p> <p>++</p>
<p>"Kevyttelineet"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pienempi mitoituskuorma ja jänneväli</li> <li>• lisävarusteet</li> </ul> <p>◆+</p>	<p>Laastin valmistus esim. tasosekoitin</p> <p>++</p>	<p>Siirrot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vinonostolava</li> </ul> 	<p>Kevytrakenteinen nostoyksikkö telineisiin</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sähkökäyttöinen</li> <li>• nosto 500 kg</li> </ul>	<p>Työn organisointi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• työn suunnittelu (aikataulu)</li> <li>• aloituspalaveri</li> <li>• työntekijöiden toimenkuvien muuttaminen</li> </ul> <p>++</p>	<p>Yhden työntekijän vaaitussysteemi</p>
<p>Telineet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pelkistetty</li> <li>• 1,5-2 m korkea telinemalli</li> </ul>	<p>Telinejärjestelmä:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• keveys</li> <li>• koottavuus</li> <li>• ergonomia</li> <li>• muunneltavuus</li> <li>• kuljetettavuus</li> <li>• liittyminen nostoihin?</li> </ul>	<p>Nostot ja siirrot</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 300 kg tasonosturi</li> <li>• kärkyt ja paljut</li> </ul> <p>+</p>		<p>Muurarin "työympäristön" muuttaminen/kehittäminen</p>	<p>Tiilenkattaisulaite</p>
<p>"Joustava" teline</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ei liian vaativa alustan suhteen</li> <li>• helppo korottaa</li> <li>• kevyt</li> <li>• sääsuoja</li> </ul> <p>Kehitettävä osaksi kokonaisuutta</p> <p>+</p>		<p>Välisiirtojen poistaminen</p>			<p>Lasertekniikka työn ohjaukseen</p>
 <p>+</p>		<p>Tiilien pakkausjärjestelmä</p> 			<p>Käsityökalut</p>
<p>+ painotus ensimmäisellä arviointikierroksella          ◆ painotus toisella arviointikierroksella</p>					

## 6.3 TIILIEN SIIRTO

Koska rakentaminen on pitkälti materiaalien siirtämistä, työmaan nosto- ja siirtokalusto on eräs tärkeimmistä talonrakennustyömaan kalustojärjestelmistä.

Siirtojen suunnittelun tulisi perustua ns. siirtoketjuun, jolla tarkoitetaan yhteensopivaa ja aukotonta siirtovälineistöä kuljetusautosta tai välivarastosta materiaalin asennuspaikalle. Siirtoketju muodostuu yhdestä tai useammasta osasta, joiden koneellisuusaste vaihtelee työmaittain. Täysin koneellistettuja siirtoketjuja ei Suomessa rakennustyömailla ole, vaan esimerkiksi taakan kiinnittämisessä ja irrottamisessa tarvitaan ihmistyötä.

Nykyisillä pientalotyömailla ei voida puhua siirtoketjuajattelusta vaan erillisistä lihasvoimaan perustuvista siirtotapahtumista, kuten tiilien työntäminen tiilikärryllä varastosta telineen viereen ja nostaminen käsin telineelle. Näin toteutetut siirrot ovat raskaita, paljon työtä vaativia ja niihin sisältyy erilaisia turvallisuusriskejä.

Siirtojen ja nostojen keskeisen merkityksen takia oikealla kaluston valinnalla voidaan olennaisesti nopeuttaa ja keventää siirtotyötä sekä säästää kustannuksia.

Kehitysprojektissa lähdettiin siitä, että tiilen koko ja pakkaustapa säilytetään nykyisellään. Näin ollen kehitettävillä siirtovälineillä tulee voida käsitellä noin 7 cm korkealla puulavalla olevaa, 300 - 400 kg:n painoista tiililetkaa tai sen osaa.

### 6.3.1 Nykymenetelmät

Tiililetkojen käsittelyyn soveltuvia siirtovälineitä ovat

- tiilikärry
- tiilihäkki (ajoneuvo- tai torninosturi)
- puomihaarukkatrukki eli kurrottaja
- trukki
- traktori (etukuormaajan tilalla trukkipiikit)
- mastonostin eli lavahissi.

Materiaalisiirtojen vähäisyydestä ja kustannussyistä johtuen pientalotyömaalla ei tavallisesti ole nosturia tai nostinta. Tämän vuoksi tiilet siirretään yleensä työntämällä tiilikärryllä ja nostetaan käsin telineelle. Mikäli rakennus on kaksikerroksinen, käytetään joko trukkipiikeillä varustettua traktoria tai materiaalien nostamiseen tarkoitettua pienikokoista lavahissiiä.

Tiilikärryn puutteita ovat:

- Kärryn "kaataminen" kuormattuna pystyasennosta työntöasentoon on raskasta.
- Kärryn työntäminen epätasaisella alustalla on raskasta ja ylämäessä lisäksi hidasta.
- Kärryllä ei voi kuljettaa laastia.
- Kärryä ei voi käyttää nostoihin.

### 6.3.2 Uudet ideat

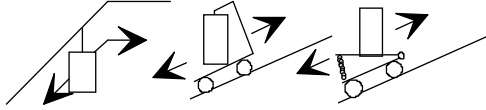
Nostojen ja siirtojen kehittämistä ideoitiin kehitysryhmässä samanaikaisesti telineen kanssa, koska niiden katsottiin liittyvän kiinteästi toisiinsa. Kehitystyön alussa ideoinnin tueksi ja herätteiden antamiseksi laadittiin ryhmän käyttöön laaja aineisto erilaisista nosto- ja siirtovälineistä. Siinä kuvattiin pienoisnostureita, tikasnostimia, hammastankohissejä, erilaisia vinssejä ja taljoja, mastonostimia ja nostopöytiä, kuljetusalustoja sekä siirtokärryjä ja -vaunuja.

## Telineiden ja siirtojen alustavat ideat

1. Tikasnostimen kehittäminen

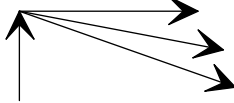
2. Kiskorata vaakasiirtoihin

- kaltevilla siirroissa taakka riippumaan
- vaakasiirroissa myös lihasvoimalla
- laasti suoraan myllystä paljuun -> palju mestalle

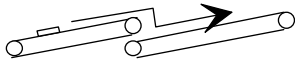


3. Letkan purkaminen kevyemmiksi liikuttavaksi

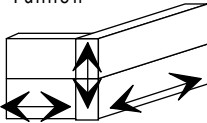
4. Vakiopaikassa materiaalin nosto ylös ja siitä jako tarvittaviin paikkoihin



5. Yksittäissiirrot hihnakuuljettimilla, joita useita peräkkäin -> mahdollisuus mutkitella



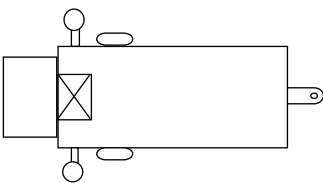
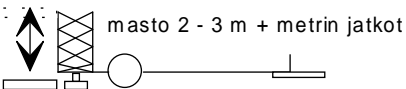
6. "Tunneli"



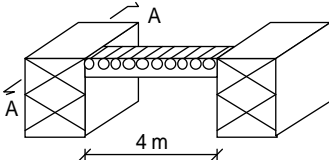
7. Tiilikärryn kehittäminen

- vääntävä moottori
- pyörät sivuille
- > kiipeää myös kaltevaa tasoa

8. Peräkärryalustalla oleva mastolava



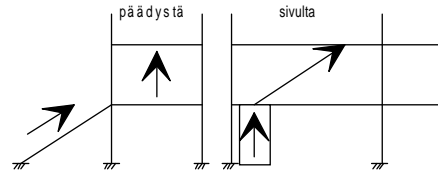
9. Rullarata telinetornien välissä



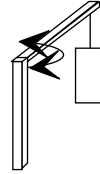
- rullarata kahden miehen nostettavissa
- 2 x 2 m tornit (nostoyksikkö) esim. HAKI

10. Tikasnostin, jossa mies siirtyy mukana (yhden miehen nostettavissa)

- sama (vetävä) siirtoapuväline alusta loppuun

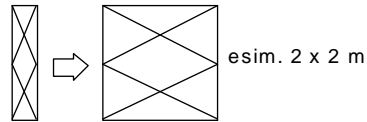


11. Sähkövinssi pystysiiroon



12. Piennosturi, jonka toimintasäde noin 15 m

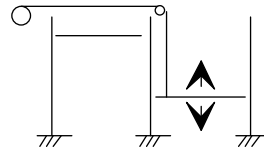
13. Telineen saranointi



esim. 2 x 2 m

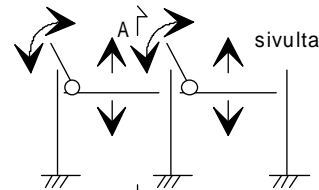
14. Tiilien purku suoraan autosta telineille

15. Telineen hyödyntäminen nostossa

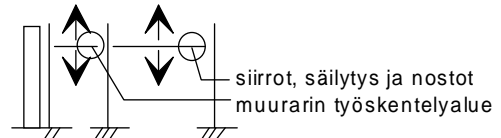


16. Telineen portaaton nosto mekaanisesti

- telineen tolissa hammastanko tms.



A  
A-A



- eri tahtiin liikkuvat puoliskot
- > muurarin ergonomia, leveämman puolen hyödyntäminen nostoissa

Kuva 5. Telineiden ja siirtojen alustavat ideat.

### 6.3.3 Valitut ratkaisut

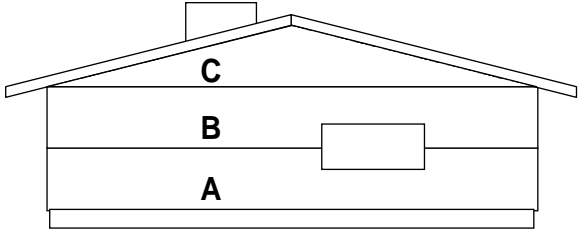
Siirtolaite ja -menetelmäideoita arvioitiin alustavasti seuraavilla kriteereillä:

- tarvittava kehitystyöpanos
- kehitettävän laitteen myyntihinta
- hyödyt ja säästöt nykyiseen menetelmään verrattuna
- tekniset toteuttamismahdollisuudet
- idean käytännöllisyys ja realistisuus.

Näillä perusteilla tiilien siirtämiseen syntyneistä ratkaisuista valittiin jatkoon piennosturi, lavahissi (mastonostin), telineeseen kiinnitettävä vinssi, traktori sekä moottoroitu tiilikärky ja ramppi.

### 6.3.4 Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa

Tiilien ja laastin siirtokustannuksia vertailtiin alustavasti laskennallisesti. Laskennassa käytettiin yhdestä seinästä koostuvaa työkohdetta, jonne materiaalit siirrettiin välivarastosta. Kuvissa 6 - 8 esitetään esimerkkikohteen ominaisuuksia ja laskennan oletusarvoja sekä vaihtoehtoisten siirtomenetelmien kustannuksia. Eri siirtomenetelmien vertailussa arvioitiin lisäksi niiden teknisiä ominaisuuksia, ergonomiaa ja soveltuvuutta erilaisiin olosuhteisiin.

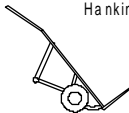
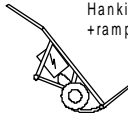

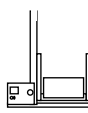
Esimerkkiseinä	
	<p>Vertailussa käytetyt oletusarvot:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vaakasiirto kärryillä 2,5 sek/m</li><li>• Tiilien nosto käsin telineille 7,5 sek / 2 tiiltä</li><li>• Moottoroidun kärryn nopeus rampilla 10 sek/m</li><li>• Rampin siirto 10 min (15 min toiseen tas.)</li><li>• Piennostimen siirto ja tuenta 20 min / kerta</li><li>• Lavahissin pystytys ja siirto 1 h</li><li>• Siirto nostureilla 3 min / siirto</li><li>• Pienkuormaimen nopeus 3,5 sek/m, nosto 4,3 sek/m</li><li>• Traktorin nopeus tyhjänä 1,5 sek/m, kuormattuna 2,5 sek/m, nosto 4,3 sek/m</li><li>• Letkan otto ja jätö traktorilla +12 sek</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kokonaispinta-ala 36,6 m<sup>2</sup></li><li>• Yhteensä 1 560 tiiltä = 22 letkaa [9(A)+9(B)+4(C)]</li><li>• Keskimääräinen vaakasiirtomatka tiilien varastoalueelta ~ 20 m</li><li>• Kaksi telinetasoa</li></ul>	

Kuva 6. Alustavissa laskelmissa käytetty kohde.

#### Piennosturi

Piennosturi on hankintahinnaltaan varsin kallis, eikä se sanottavasti vähennä siirtotyöhön kuluva työmäärää, koska itse nosturia on tyypillisellä pientalotyömaalla siirrettävä monta kertaa. Toisena vaihtoehtona on käyttää nostokyvyltään niin tehokasta konetta, että siirrot pystytään tekemään samasta paikasta nosturia siirtämättä. Tällaisen nosturin kustannukset muodostuvat kuitenkin liian suuriksi, vaikka sitä käytettäisiin pientalotyömaan kaikkiin siirtoihin puhumattakaan siitä, että se vuokrattaisiin ainoastaan tiilien ja laastin siirtämiseen.

## Tiilien siirtotyömenekit eri menetelmillä

<p><b>1. Perinteinen tiilikärry</b> Hankintahinta ~ 1 000,-</p> 	<p><b>2. Moottoroitu tiilikärry</b> Hankintahinta ~23 000,- +rampit ä - 3 000,-</p> 	<p><b>3. Piennostin</b> Hankintahinta ~ 175 000,- Vuokra - 590,-/tv</p> 	<p><b>4. Lavahissi</b> Hankintahinta ~ 49 200,- + tiilikärry ~ 1 000,-</p> 
---	---	--	--

### PÄÄTYSEINÄN TIILIEN SIIRTÄMISEEN KULUVA AIKA ERI SIIRTOVÄLINEILLÄ

<p><b>C</b> 42,7 min<sup>x)</sup></p> <p><b>B</b> 55,5 min<sup>x)</sup></p> <p><b>A</b> 15 min<sup>x)</sup></p> <p><b>YHTEENSÄ</b> 123 min 2,1 tth 4,7 s/tiili</p>	<p>Rampin siirtämiseen kuluva aika</p> <p><b>C</b> 21 min</p> <p><b>B</b> 31,2 min</p> <p><b>A</b> 15 min</p> <p><b>YHTEENSÄ</b> 92 min 1,5 tth 3,5 s/tiili</p>	<p>Nostimen siirtämiseen ja tiilien väliarastointiin kuluva aika</p> <p><b>C</b> 12 min</p> <p><b>B</b> 27 min</p> <p><b>A</b> 27 min</p> <p><b>YHTEENSÄ</b> 155 min 2,6 tth 6,0 s/tiili</p>	<p>Hissin siirtämiseen ja pystytykseen kuluva aika</p> <p><b>C</b> 18 min</p> <p><b>B</b> 28 min</p> <p><b>A</b> 15 min</p> <p><b>YHTEENSÄ</b> 106 min 1,8 tth 4,0 s/tiili</p>
--	---	--	--

A= Maasta muurattavien tiilien siirrot  
B= Ensimmäiseltä telinetasolta muurattavien tiilien siirrot  
C= Toiselta telinetasolta (päätykolmio) muurattavien tiilien siirrot

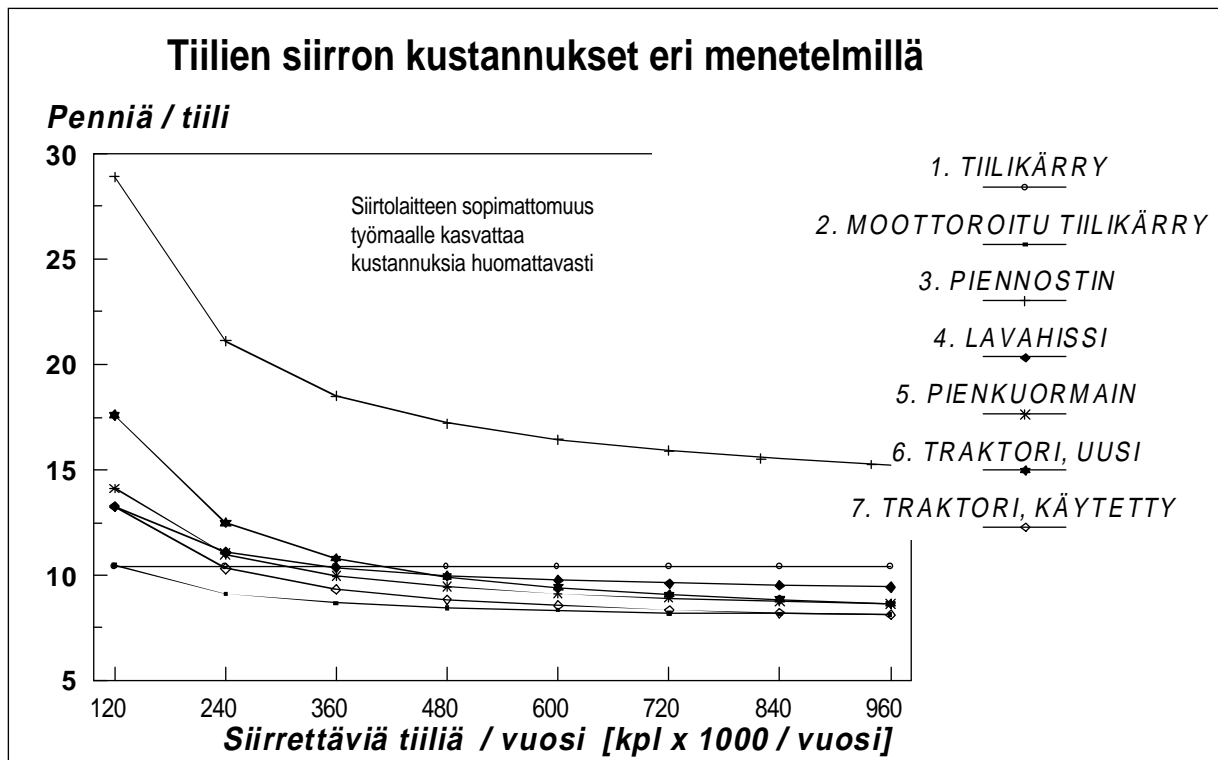
x) sisältää tiilien noston käsin telineille  
xx) oletuksena, että hissi asennetaan työn alussa ja siirretään koko työmaan aikana kerran

<p><b>5. Pienkuormain</b> Hankintahinta ~51 000,-</p> 	<p><b>6. Traktori</b> Hankintahinta ~140 000,- (~50 000,-) +- 25 000,- (~7 000,-)</p> 	<p><b>HUOM!</b></p> <p>Laskelmat on tehty esimerkin seinälle olettaen, että työmaan ja kohteen ominaisuudet eivät häiritse siirtotyötä. Sen vuoksi yksityiskohtaisemmissa tarkasteluissa on otettava lisäksi huomioon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• työmaan asettamat rajoitukset ja hidastukset siirtovälineen käytölle, kuten nostokorkeus ja kulkutilat</li> <li>• mahdollinen useampien työntekijöiden osallistuminen ainakin hetimitään siirtotyöhön</li> <li>• eri siirtovaihtoehtojen yhdistelmät</li> <li>• siirtolaitteen hyödyntäminen työmaan muissa siirroissa</li> <li>• siirtolaitteen käyttöaste</li> <li>• työturvallisuus</li> <li>• siirron rasittavuus ja mielekkyys työntekijän kannalta</li> <li>• käyttö- ja ylläpitokustannukset.</li> </ul> <p>Todellista työkuustannussäästöä syntyy vain, jos vapautuva työaika käytetään muuhun työhön.</p>
<p><b>C</b> 27,5 min<sup>xxx)</sup></p> <p><b>B</b> 22,9 min</p> <p><b>A</b> 21 min</p> <p><b>YHTEENSÄ</b> 83 min 1,4 tth 3,1 s/tiili</p> <p>Lisäaika pienkuormaimen käsittelystä</p>	<p>Lisäaika traktorin käsittelystä</p> <p><b>C</b> 7,8 min</p> <p><b>B</b> 24,3 min</p> <p><b>A</b> 11,1 min</p> <p><b>YHTEENSÄ</b> 63 min 1,1 tth 2,4 s/tiili</p>	<p>xxx) sisältää tiilien noston käsin ensimmäiseltä telinetasolta toiselle</p>
<p>A= Maasta muurattavien tiilien siirrot B= Ensimmäiseltä telinetasolta muurattavien tiilien siirrot C= Toiselta telinetasolta (päätykolmio) muurattavien tiilien siirrot</p>		

Kuva 7. Työmenekit eri tiilensiirtomenetelmillä.

### Mastonostin (lavahissi)

Mastonostin on hankinta- ja vuokrahinnaltaan melko halpa, mutta soveltuu ainoastaan nostoihin. Tämän vuoksi vaakasiirtoihin on käytettävä erillistä siirtolaitetta, jolloin kokonaisratkaisu on melko kallis. Mastonostinta on lisäksi siirrettävä usein, tai muuten tarvitaan runsaasti telinelakustusta. Rakennuspaikan maaston ja rakennuksen korkeuden mukaan mastonostin voi kuitenkin tietyissä tapauksissa olla edullinen ja järkevä vaihtoehto pientalotyömaallakin.



Kuva 8. Tiilien siirron kustannukset eri menetelmillä.

### Vinssi

Vinssityyppinen telinenostin palvelee niin ikään ainoastaan nostoissa. Kuten mastonostintakin käytettäessä materiaalit on lisäksi siirrettävä esim. kärryllä sekä maan tasolla että noston jälkeen telineellä. Helposti siirrettävän vinssin ja sen vaatimien tukirakenteiden kehittäminen ei vaikuttanut kovin lupaavalta.

### Traktori

Traktorin etukuormaajan tilalle voidaan asentaa trukkihaarukat, jolloin sekä tiiliä että laastia voidaan siirtää vaakasuunnassa ja nostaa telineille jopa viiden metrin korkeuteen. Traktori on kuitenkin hankinta- ja käyttökustannuksiltaan niin kallis, ettei sitä kannata hankkia uutena pelkästään muuraustyön siirtoihin. Mikäli traktori hankitaan käytettynä, sen kunnossapito ja huolto vaativat muurausurakoitsijalta varsin paljon työtä ja ammattitaitoa. Näin ollen traktori soveltuu ainoastaan osalle urakoitsijoista. Maastosta ja tontin muodosta johtuen traktorilla ei myöskään aina pystytä siirtämään materiaaleja haluttuun paikkaan, vaan on käytettävä myös tiilikärryjä.

### Moottoroitu tiilikärry ja ramppi

Moottoroidun tiilikärryn ja rampin avulla materiaaleja pystytään siirtämään sekä pysty- että vaakasuunnassa. Kärryä suunniteltaessa ideoitiin erilaisia, mm. hammastankoon ja -pyöriin perustuvia ratkaisuja, joilla kärry letkoineen olisi voitu nostaa pystysuoraan telineelle. Pystysuorasta nostotavasta kuitenkin luovuttiin ja päädyttiin kokeilemaan Ruotsissa kehitettyä moottorikärryä. Kärry on perusratkaisultaan oikeansuuntainen ja korkeasta hankintahinnastaan huolimatta taloudellisesti edullinen siirtolaite. Kärryn toiminnassa ilmeni kuitenkin puutteita ja ongelmia, joita selostetaan tarkemmin kohdassa 6.3.5.

### **6.3.5 Moottoroitu tiilikärky**

#### ***Lähtökohta***

Pyrittäessä löytämään pientalotyömaalle käyttökelpoinen ja taloudellinen siirtomenetelmä otettiin tavoitteeksi sekä siirtojen että nostojen hoitaminen samalla laitteella. Toisena päätaavoitteena oli kyetä siirtämään samalla kalustolla sekä tiilet että laasti. Alustava arvio oli, että mikäli edellä kuvatut tavoitteet saavutettaisiin, olisi löydetty kokonaisuuden kannalta edullinen järjestelmä.

#### ***Perusidea***

Ideoinnissa päädyttiin moottoroituun tiilikärkyyn, joka periaatteessa oli nykyisen tiilikärryn kehittyneempi versio. Täten vaakasiirrot keventyisivät ja tehostuisivat melko helposti ja keskeiseksi kehitystyön kohteeksi nousivatkin kärryn ja tiililetkan nostamiseen liittyvät ongelmat.

Vaakasiirroissa kärryn veto suunniteltiin järjestettävän sähkömoottorilla, joka pyörittää akselin välityksellä ilmatäytteisiä renkaita. Kärryn akselille olisi lisäksi kiinnitetty hammasratas, jonka avulla kärky nousisi telineelle hammastankoramppia pitkin. Laskelmissa kävi ilmi, että nousun aikana kärryn tehontarve on varsin suuri, mikä päätettiin ratkaista syöttämällä pienjännitettä suoraan rampista niin, että akkua ei kuormitettaisi nousun aikana. Kärky suunniteltiin siten, että sillä voitaisiin kuljettaa myös laastiastia.

#### ***Kärryn “kaataminen”***

Kärryn kaatamiseksi pystyasennosta työntöasentoon ideoitiin lukuisia eri vaihtoehtoja, joista lupaavimmalta vaikutti ns. kaatorauta. Lähelle kärryn nostolevyä suunniteltiin kaksi kaatorautaa, jotka muodostaisivat ympyrän kaaren (keskipisteenä kärryn painopiste). Alkukaadon aikaansaamiseksi ideoitiin eräänlainen mekaaninen vipuvarsi, joka kampeaisi kärryn alustalevyn kulman ympäri. Lisäksi tutkittiin sitä mahdollisuutta, että kaatamisessa käytettäisiin apuna kärryn sähkömoottoria. Tällöin kärky tunkattaisiin mekaanisesti kaadon ajaksi alustaansa ja moottorilla peruutettaessa kärky kaatuisi.

#### ***Ruotsalainen tiilikärky***

Kärryn ja sen yksityiskohtien ideoinnin aikana kävi ilmi, että Ruotsissa on kehitetty sekä poltto- että sähkömoottorilla varustetut tiilikärkyt. Kärkyissä ei ole tehokasta nostomenetelmää, vaan materiaalien siirto telineelle on ratkaistu pitkän rampin avulla. Sähkökäyttöinen kärky vaikutti kuitenkin niin lupaavalta, että se päätettiin hankkia projektin käyttöön jatkotutkimusta ja -kehittämistä varten.

Kärkyä kokeiltiin laboratorio-olosuhteissa ja useilla työmailla. Kokemukset olivat pääsääntöisesti hyviä ja työntekijät käyttivät laitetta mielellään. Siinä on kuitenkin monia teknisiä yksityiskohtia, joita on kehitettävä, ennen kuin sitä voidaan varauksettomasti suositella raskaisiin tiilisiirtoihin pientalotyömaan vaikeissa olosuhteissa.

Taulukossa 4 esitetään Ruotsalaisen ADC-kärryn teknisiä ominaisuuksia ja taulukossa 5 esiintulleita kehitystarpeita.



Taulukko 4. Moottoroidun tiilikärryn ADC EK 24-5 teknisiä tietoja.

Päämitat, letka kyydissä		Muut kulkuominaisuudet	
Pituus	1 650 mm	Kääntösäde kuormattuna (pyörien vaatima tila)	1 350 mm
Leveys (max)	660 mm	Kääntöön tarvittava tila aisoineen	2200 mm
Korkeus (max), "kaadettuna"	1170 mm		
Korkeus (min), "kaadettuna"	1050 mm	Maksimi sivukallistuma (tukijalan eri säädöillä)	9,1-11,1 °
<b>Päämitat, ilman letkaa</b>		Maksimi sivukallistuma perinteisellä	15,1 °
Pituus	1650 mm	Maksimi nousukaltevuus	220 : 600
Leveys	660 mm	Maksimi nousukaltevuus liikkeelle lähdeettäessä	220 : 600
Korkeus (max), "kaadettuna"	1020 mm	Täydellä nopeudella ylitettävä este (max)	25 mm
Korkeus (min), "kaadettuna"	770 mm	Nousuja maksimikaltevuuteen (6m rampilla alkup. akuilla)	5 kpl
Raideväli	415 mm	<b>Muut</b>	
Renkaiden ulkopintojen etäisyys	500 mm	Suosittelava ilmanpaine renkaissa (VTT)	4 bar
Letkan alimman pisteen korkeus kaadettuna	240-360 mm	Täyden letkan "kaatomomentti"	858 <sup>1)</sup>
<b>Paino</b>		Täyden letkan "kaatomomentti" perinteisellä kärryllä	515 <sup>2)</sup>
Paino akuilla	155 kg	Letkan otto	15 <sup>3)</sup> s
Rampin paino (jaettavissa kolmeen osaan)	100 kg	Letkan otto perinteisellä	5-8,5 s
<b>Nopeus, kuormattuna</b>		Letkan jättö	13 <sup>3)</sup> s
Tasaisella	1,03 s/m	Letkan jättö perinteisellä	5-8 s
Maksimi nousukaltevuudella (1:3)	1,96 s/m	1) 65 kg x 132 cm	
<b>Nopeus, tyhjänä</b>		2) 39 kg x 132 cm	
Tasaisella	1,03 s/m	3) harjaantumisen vähentää arviolta kaksi sekuntia	
Maksimi nousukaltevuudella	1,26 s/m		

Taulukko 5. Kehitysehdotuksia moottoroituun tiilikärryyn.

1. Pyöriin paripyöräpikaliitintä	10. Rampin katkaisu osiin
2. Pyöriin nastat tai ketjut talviolosuhteissa	11. Rampin runko työtelineessä käytettävistä osista
3. Takapyörä isommaksi	12. Pyörän akselille hammaspyörä ja ramppiin hammastanko vaikeissa olosuhteissa
4. Tasauspyörästäön korvaaminen (?)	13. Kärryyn sopivan kippaavan laastikuupan kehittäminen
5. Akut teollisuusakuiksi	14. Hallintalaitteiden parantaminen
6. Akkujen kapasiteettia osoittavan mittarin asentaminen	15. Voimansiirron vahvistaminen
7. Ajon mahdollistaminen myös verkkovirtaan kytkettynä	16. Turvakatkaisijoiden parantaminen / vaihtaminen
8. Letkan kaatoa helpottavan kaatoakaaren ja jalkatuen kehittäminen	17. Ulkonäköä ja käytettävyyttä parantavan teollisen muotoilun hyödyntäminen
9. Rampin kansi verkkomaiseksi	

## 6.4 LAASTIN VALMISTUS

### 6.4.1 Nykymenetelmät

Muurauslaasti voidaan tehdä joko työmaalla tai käyttää tehdasvalmisteista, ns. märkäläastia. Märkäläastian kuljetukseen, varastointiin ja käyttöön liittyy kuitenkin monia ongelmia eikä sitä tätä kirjoitettaessa saa kuin yhdeltä tehtaalta Suomessa. Näin ollen käytännössä ainoa vaihtoehto on laastin valmistaminen työmaalla.

Työmaalla laasti voidaan valmistaa joko sekoittamalla hiekasta, muuraussementistä ja vedestä tai käyttämällä valmista ns. kuivalaastia (sisältää runko- ja sideaineen), johon lisätään ainoastaan vesi. Ensin mainittu menetelmä todettiin ongelmalliseksi ja sen kehittäminen rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle. Laastin valmistuksessa päätettiinkin lähteä siitä, että työmaalla on käytettävissä kuivalaastia, jonka eri valmistus- ja siirtotapoja projektissa kehitetään.

#### *Suursäkki ja betonimylly*

Tavanomainen laastinvalmistusmenetelmä pientalotyömaalla on käyttää kuivalaastia, joka on pakattu 1 000 kg:n suursäkkeihin. Suursäkkistä laasti annostellaan lapioidulla betonimyllyyn, johon sekoitusvaiheessa lisätään vettä joko ämpärillä tai letkulla. Menetelmään liittyy seuraavia ongelmia:

- Kuivalaastin annostelu on hidasta ja työlästä.
- Annostelun tarkkuus riippuu työntekijästä.
- Laastia ei saada jatkuvasti vaan annoksina.

#### *Kuivalaastisiilo ja suursäkit*

Laastin valmistuksessa voidaan käyttää laastiasemaa, jossa ns. kolmen tonnin siiloon on yhdistetty ruuvisekoitin. Siiloon voidaan kerrallaan tyhjentää kolme suursäkillistä kuivalaastia. Kun laitteistoon yhdistetään sähkövirta ja painevesi, saadaan valmista laastia ruuvisekoittajasta nappia painamalla jatkuvasti. Kapasiteettinsa puolesta laitteisto sopisi hyvin pientalotyömaalle, mutta sen käytön yleistymistä haittaa suursäkkien nostamiseen tarvittavan kaluston puuttuminen tyypilliseltä pientalotyömaalta.

#### *Kuivalaastisiilo ja irtolaasti*

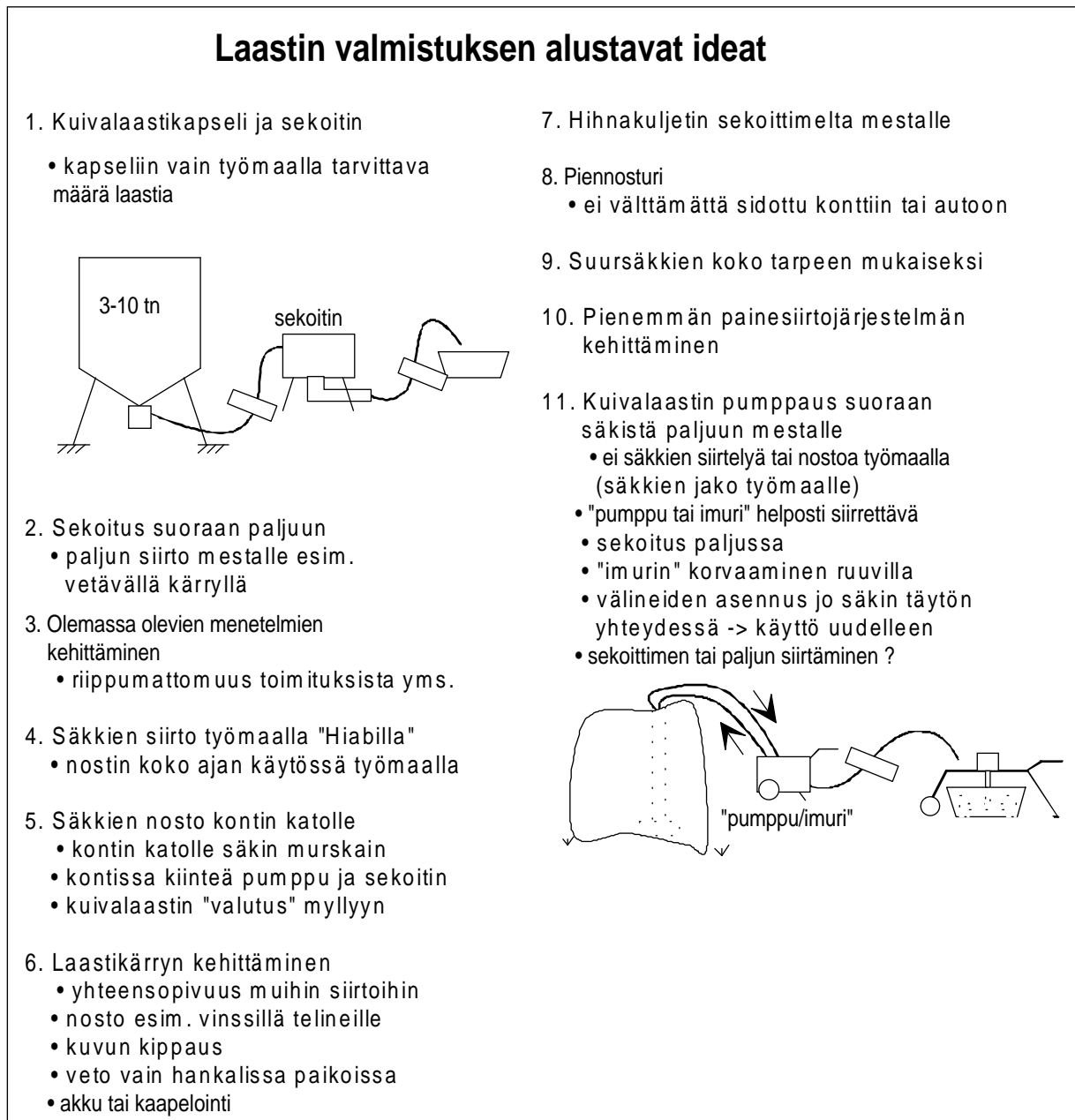
Kolmantena vaihtoehtona laastin valmistuksessa on käyttää esim. 10 tonnin kuivalaastisiiloa, joka täytetään paineletkuja pitkin laastinkuljetusautosta. Siiloon on yhdistetty samanlainen ruuvisekoitin kuin kolmen tonnin siiloonkin, eivätkä niiden sekoitusvaiheet poikkea toisistaan. Suurta irtolaastisiiloa käytettäessä työmaalla ei tarvita erillistä nostokalustoa, mutta kaluston korkeahko vuokra edellyttää sitä, että laastia käytetään lyhyessä ajassa varsin paljon.

#### *Laastin painesiirto*

Laastin painesiirtojärjestelmässä kuivalaasti varastoidaan suureen siiloon, josta se paineilman avulla siirretään letkuja pitkin tarvittaessa kymmenienkin metrien päässä sijaitsevaan sekoittimeen. Sekoitin on periaatteessa samanlainen kuin edellä kuvatuissa siiloratkaisuissa, ja se pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle työkohtetta. Laitteiston käytettävyyttä ja yleistymistä pientalotyömaalla heikentävät vaikea siirrettävyys ja korkeahko vuokrahinta.

## 6.4.2 Uudet ideat

Laastin valmistuksen edistämiseksi muodostettiin projektiin oma kehitysryhmä. Ryhmän työskentelyn lähtötiedoiksi kerättiin aineisto erilaisista laastisiloista, betoni- ja laastipumpuista, betonimyllyistä, tasosekoittajista, ruuvisekoittajista, sekoitusvispilöistä sekä laastin siirtämiseen ja varastointiin tarkoitetuista astioista. Kehitysryhmä löysi varsin paljon ideoita, joista eräät olivat nyky menetelmien parannuksia ja osa taas täysin uusia ajatuksia. Ideat esitetään lyhyesti kuvassa 9.

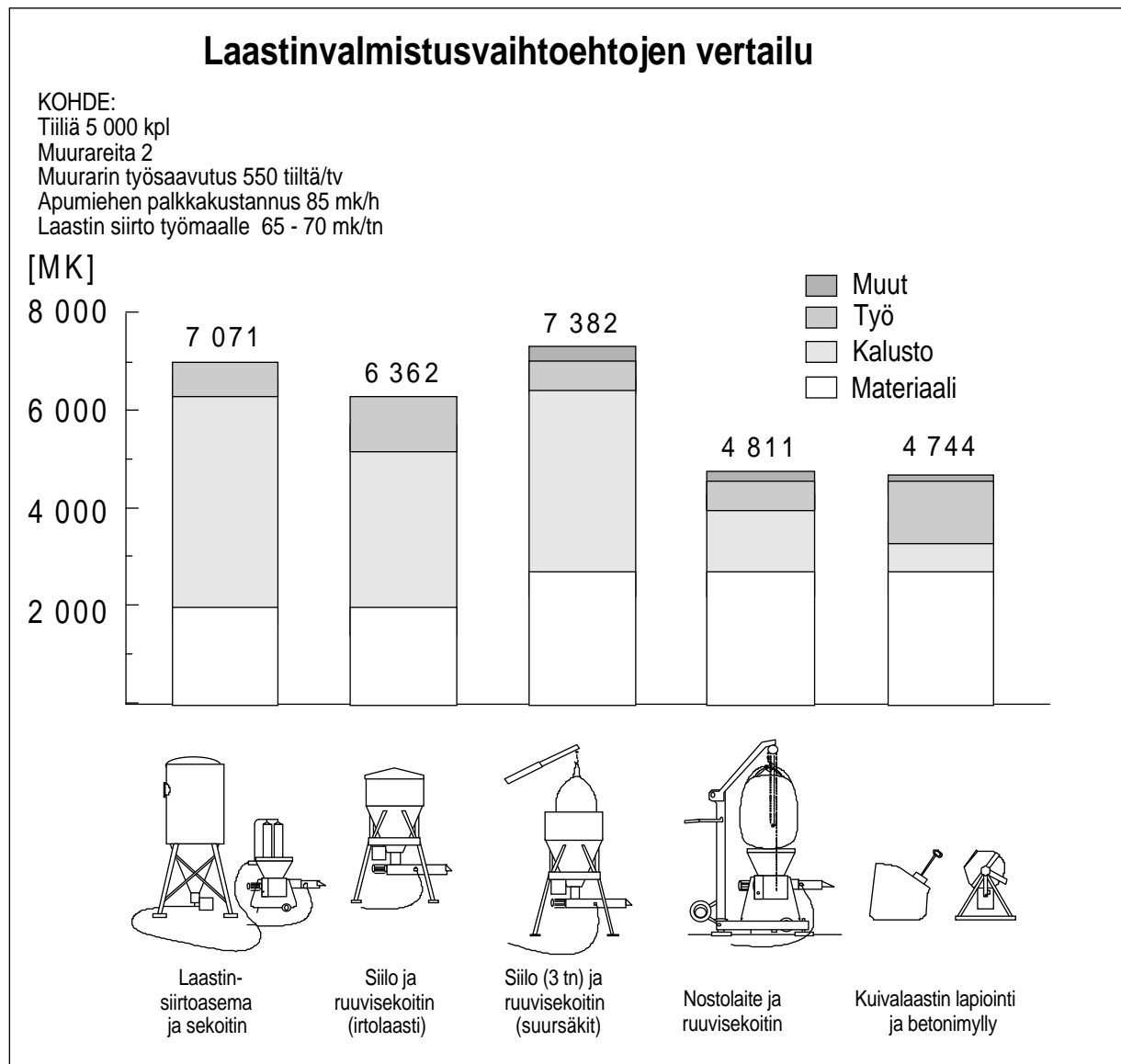


Kuva 9. Laastinvalmistuksen alustavat ideat.

### 6.4.3 Valitut ratkaisut

Ideoiden arvioimiseksi ja epärealististen ratkaisujen karsimiseksi tehtiin runsaasti erilaisia laskelmia ja selvityksiä. Pääkriteerinä idean jatkokehittämiselle oli sen arvioitu taloudellisuus sekä yhteensopivuus kehitettäviin materiaalinsiirtojärjestelmiin.

Edellä kuvatuin perustein jatkotarkasteluun otettiin lapiointi suursäkistä betonimyllyyn, erilaiset silovaihtoehdot, painesiirtomenetelmä sekä projektissa ideoitu suursäkin nostolaite ja sen yhteydessä käytettävä sekoitin. Laskelmien ja vertailujen perusteella nostolaite osoittautui keskimäärin edulliseksi ratkaisuksi ja sitä päätettiin kehittää edelleen. Nostolaitetta kuvataan tarkemmin seuraavassa kohdassa. Eri vaihtoehtojen kustannusvertailussa käytetyt oletusarvot ja tulokset esitetään kuvassa 10.



Kuva 10. Laastinvalmistusvaihtoehtojen kustannusvertailu.

## 6.4.4 Suursäkin nostolaite

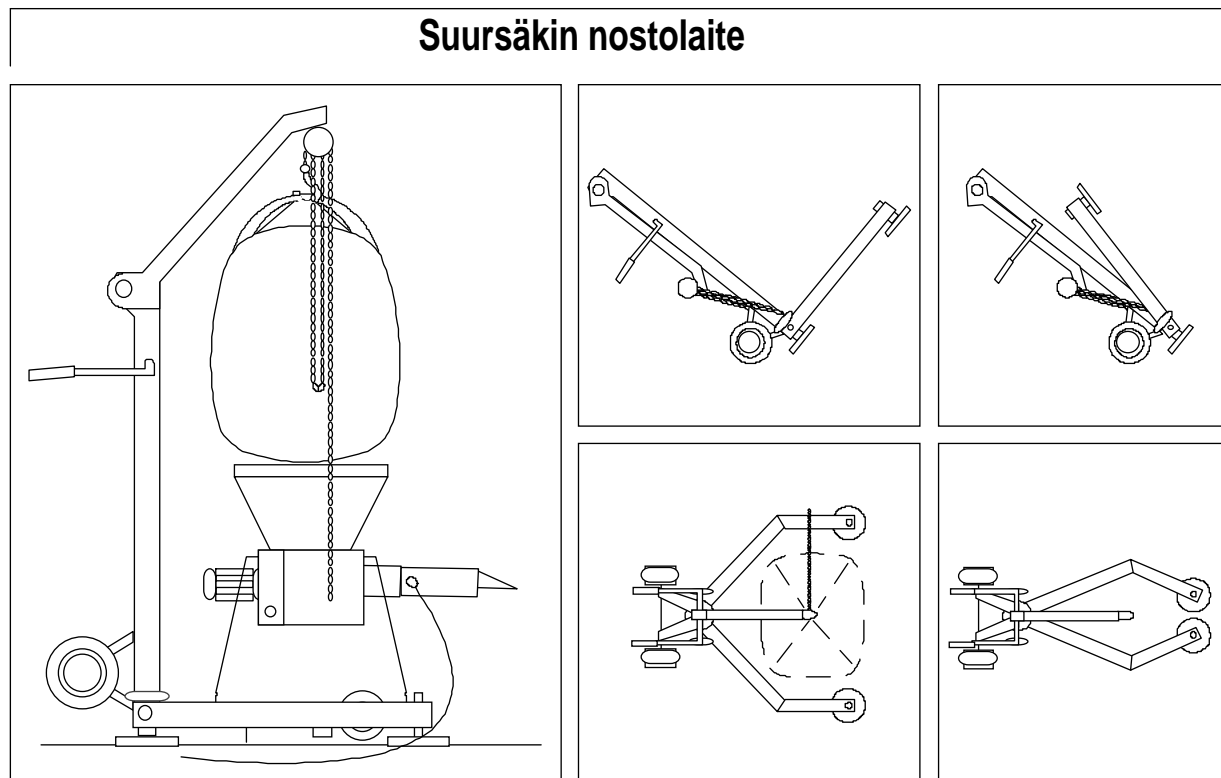
Suursäkin nostolaite on siirrettävä puominosturi, jonka puomi työnnetään suursäkin yläpuolelle. Nosturin avulla suursäkkiä nostetaan n. 150 cm ja sen alle työnnetään sekoitin, johon laastin annetaan valua omalla painollaan. Näin menetellen vältetään lapiointilta ja suursäkki itsessään toimii laastia suojaavana siilona. Suursäkin nostolaiteideaan liittyi kuitenkin kolme merkittävää ongelmaa:

- Mitkä olivat nosturin tekniset ja toiminnalliset vaatimukset?
- Minkälaista sekoitinta laitteen yhteydessä tulisi käyttää?
- Miten suursäkki saadaan tyhjennettyä?

### *Nostolaitteen ominaisuudet*

Nostolaite mitoitettiin siten, että sillä voidaan nostaa 1 000 kg:n suursäkki 1,5 metrin korkeuteen. Laitteesta kehitettiin kokoontaitettava, jotta se voitaisiin kuljettaa pienessä tilassa esim. pakettiautolla. Nostokoneistoksi valittiin käsikäyttöinen ketjunostin, mutta se voidaan tarvittaessa korvata sähkövinssillä.

Laitteesta valmistettiin prototyyppi, jota kokeiltiin laboratorio-olosuhteissa ja työmaalla. Prototyyppiin hankittu ketjunostin oli tarkoitettu 1 000 kg:n kuormalle ja sen käyttäminen oli liian raskasta. Vaihtamalla ketjunostin 1,5 tai 2 tonnin nostimeen olisi tarvittava lihasvoima ilmeisesti pienentynyt riittävästi. Suursäkin nostolaite esitetään kuvassa 11.



*Kuva 11. Suursäkin nostolaite.*

### *Sekoitin*

Suursäkin nostolaitteeseen perustuva laastinvalmistusmenetelmä suunniteltiin erilaisille sekoitintyypeille. Kokeiluissa osoittautui, että kaikkein helppokäyttöisin kuitenkin oli laastikaukalla varustettu jatkuvatoiminen ruuvisekoittaja.

## ***Suursäkin tyhjennys***

Nosturia käytettäessä suursäkki on tyhjennettävä pohjastaan. Tämä on mahdollista kahdella eri tavalla. Voidaan käyttää tavallisia suursäkkejä, joiden pohjaan tehdään reikä erityisellä tyhjennyslaitteella, tai säkin pohja rikotaan esim. puukolla. Toisena vaihtoehtona on käyttää erikoisvalmisteisia suursäkkejä, joiden pohjassa on ns. tyhjennysukka.

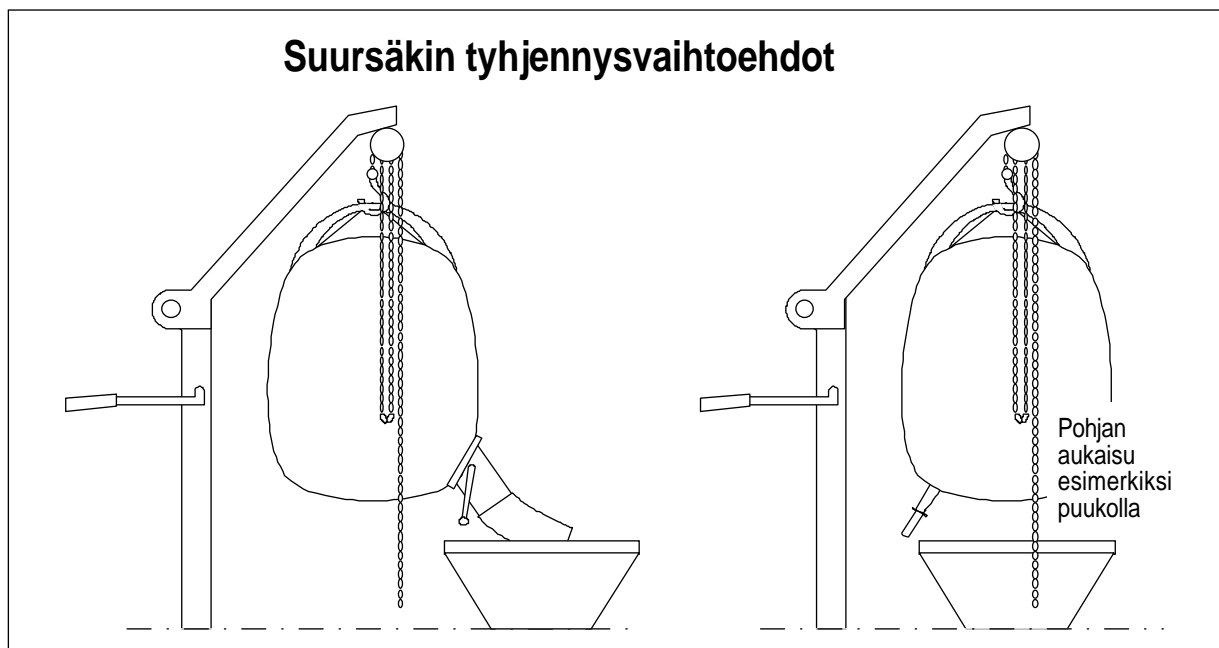
Tyhjennysukkaa käyttämällä säkki tyhjenee helposti ja täysin tyhjäksi. Sukka lisää hieman säkin hintaa ja tarvittavaa nostokorkeutta. Nosturi ja tyhjennysukallinen suursäkki ovat kuitenkin täysin realistisia vaihtoehtoja laastin valmistamisessa pientalotyömaalla. Laastiteollisuus ei kuitenkaan vielä pidä tyhjennysukallisia suursäkkejä varastotavarana.

Tyhjennettäessä karkearakeisia aineita suursäkeistä käytetään erilaisia metallisia tyhjennysputkia, joissa on sulkuluukku. Valmiita, markkinoilla olevia tyhjennysputkia kokeiltiin laastin tyhjentämiseen, mutta toimivia ratkaisuja ei löydetty. Tämä aiheutui lähinnä kahdesta syystä:

- Kuivalaasti oli niin tiivistynyttä, ettei tyhjennysputkea saatu helpolla säkkiin.
- Säkin sisällä oleva tyhjennysputken osa lisäsi huomattavasti laastin holvautumista.

Tehdasvalmisteisten tyhjennysputkien lisäksi kehitettiin ja valmistettiin useita erikokoisia ja -muotoisia tyhjennysputkia. Mikään ratkaisu ei kuitenkaan ollut riittävän luotettava ja helppokäyttöinen työmaaolosuhteisiin.

Parhaimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui reiän tekeminen suursäkin pohjaan esim. puukolla repimällä. Tällöin ei tarvita erillisiä lisälaitteita ja laasti ei holvaudu. Koska kuivalaastin valumista säkistä on pohjan rikkomisen jälkeen vaikea pysäyttää, on käytännössä ainoa mahdollinen sekoitinvaihtoehto laastikaukalolla varustettu ruuvisekoitin. Säättämällä suursäkin korkeus oikeaksi sekoittimen kaukalossa on jatkuvasti oikea määrä kuivalaastia, laastin jatkuva tuotanto on mahdollista ja säkki tyhjenee loppuun asti. Kuvassa 12 esitetään suursäkin erilaisia tyhjennysvaihtoehtoja.



*Kuva 12. Suursäkin tyhjennysvaihtoehtoja.*

## 6.4.5 Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa

Laastin valmistusmenetelmän valintaan vaikuttavat eniten muuraustyön aikataulu ja tarvittavan laastin määrä.

Pelkässä julkisivumuurauksessa laastin lapiointi suursäkistä myllyyn on halpa vaihtoehto. Menetelmällä on kannattavaa tuottaa laastia 1 - 2 muurarin tarpeeseen. Sähkökäyttöistä betonimyllyä varten työmaalla tarvitaan 220 voltin jännite. Polttomoottorikäyttöistä sekoitinta käytettäessä ei sähköä tarvita lainkaan. Menetelmään liittyy kuitenkin monia ongelmia, joten se ei ole kovin suositeltava.

Suursäkin nostolaitetta ja betonimyllyä voidaan käyttää, mikäli säkeissä on tyhjennysrukka. Laasti valmistetaan tässäkin menetelmässä kerta-annoksina, eikä sitä ole järkevää käyttää, jos työmaalla on yli kolme muuraria.

Suursäkin nostolaitetta ja ruuvisekoitinta käytettäessä laastin tuotanto on jatkuvaa. Taloudellisesti ja teknisesti menetelmä soveltuu julkisivukohteista hyvinkin laajoihin hankkeisiin, sillä se pystyy palvelemaan monia muurareita. Sekoitimen ominaisuuksien vuoksi työmaalla tarvitaan 3-vaihevirtaa sekä painevettä.

Laastin valmistaminen siilo-sekoitin-menetelmällä on jo täystiilitalotyömaalla edullisempaa kuin lapiointi suursäkistä myllyyn. Edullisuuteen vaikuttaa kuitenkin vahvasti joko irtotavarana tai suursäkissä ostettavan laastin hinta. Siiloja ja sekoitinta käytettäessä työmaalla tarvitaan 3-vaihevirtaa sekä painevettä. Lisäksi siilolle on varattava tasainen, painumaton alusta sekä laastiautolle riittävästi tilaa.

Kuvassa 10 on laastinvalmistusmenetelmien kustannusvertailua erilaisilla tiilimäärillä. Laskelmissa ei ole otettu huomioon laastin siirtämisestä aiheutuvia kustannuksia, jotka poikkeavat toisistaan eri menetelmillä. Eri työmenetelmistä aiheutuvia kokonaiskustannuksia tarkastellaan luvussa 8 Muuraustyön suunnittelumenetelmä.

## 6.5 LAASTIN SIIRTO

### 6.5.1 Nykymenetelmät

Laastin siirtämiseksi valmistuspisteestä työkohteeseen on käytettävissä seuraavat menetelmät:

- kottikärryt ja lapiointi paljuihin
- traktorin kauhassa tai kurottajan nostohaarukalla
- torninosturilla ja jassikalla
- painesiirtomenetelmällä (ks. kohta 6.4.1) ja esim. kottikärryillä.

Lisäksi on saatavana pyörällisiä laastiastioita, joiden vetoisuus on 50 - 70 litraa. Niitä ei ole varsinaisesti tarkoitettu laastin siirtämiseen vaan korvaamaan letkojen viereen sijoitettavat paljut. Ajatuksena on, että muurari siirtää astiaa muurauksen edetessä. Telineestä ja työskentelyolosuhteista riippuen tämä ei ole kuitenkaan aina mahdollista ja astian siirtäminen on hankalaa. Tietyissä paikkaus- tai korjaustöissä pyörällinen laastiastia voi kuitenkin olla hyvä vaihtoehto.

## 6.5.2 Uudet ideat

Laastin siirtämiseen on käytettävissä kolme periaatteellisesti erilaista menetelmää:

- astiasiirto (esim. kottikärryt)
- kuljetinsiirto (esim. hihnakuljetin)
- pumppusiirto (esim. ruuvipumppu).

Seuraavassa kuvataan lyhyesti projektissa ideoituja sekä jo aiemmin kehitettyjä, mutta harvemmin käytettyjä siirtomenetelmiä.

### *Kuivalaasti paljuun*

Ideassa kuivalaasti siirrettäisiin imulaitteistolla tai siirtoruuvilla pumppuun, josta se letkua pitkin kuljetettaisiin paljuun. Laasti sekoitettaisiin valmiiksi vasta paljussa esim. vispiläsekoittimella.

### *Moottoroitu tiilikärry*

Moottoroidulla tiilikärryllä laasti voitaisiin siirtää kahdella eri periaatteella. Ensimmäisessä vaihtoehdossa käytettäisiin suurikokoista, erikoisvalmisteista astiaa, josta laastia voitaisiin anostella esim. telineellä oleviin paljuihin. Toisessa vaihtoehdossa käytettäisiin kuljetusastiana tavallista laastipaljua.

### *Valmiin laastin pumppaus*

Laasti voitaisiin sopivalla laitteistolla pumpata letkuja pitkin joko suoraan tiilivarville tai seinän vieressä oleviin paljuihin. Sopivia pumppuja ja suuttimia on saatavana ja käytössä esim. Saksassa. Suomalaiset muurauslaastit soveltuvat kuitenkin huonosti pumpattaviksi. Laastin runkoaineen särmikkyys ja eri lisäaineet aiheuttavat suuren sisäisen kitkan, jonka seurauksena pumppu ja putkisto usein tukkiutuvat.

### *Hihnakuljetin*

Hihnakuljetin-ideassa useita kevytrakenteisia kuljettimia asetettaisiin peräkkäin. Laasti voitaisiin näin siirtää sekoittimelta hihnaston toisessa päässä olevaan laastiastiaan.

### *Kuppikuljetin*

Kuppikuljettimessa hihnalla on tasaisin välein pieniä kuppimaisia astioita, joiden avulla laitteella voidaan siirtää laastia myös pystysuunnassa.

### *Paineilmasiirto*

Aiemmin kohdassa 6.4.1 kuvatussa painesiirrosta laasti siirretään kuivana letkustoa pitkin lähellä työkohdetta olevaan sekoittimeen, jossa siihen lisätään vesi. Myös valmista märkälaastia on mahdollista siirtää paineilman avulla. Hollannissa on kehitetty laitteisto, jonka letku voi olla jopa sadan metrin pituinen. Laitteisto toimii siten, että letkussa on vuorotellen laastia ja paineilmaa.



Suomessa on vastaavaa laitteistoa käytetty lattiatasoitteiden siirtämisessä. Menetelmää ja pumppua kokeiltiin myös muurauslaastilla. Laasti kulkeutui letkun läpi ongelmitta, mutta menetelmää ei kuitenkaan nähty varteenotettavana vaihtoehtona. Sen huonoja puolia olivat laitteiston suuri koko, paino ja hinta sekä päivittäisen puhdistustyön määrä.

### *Laastinlevitin*

Projektin aikana ilmeni, että Suomessa on keksitty ja valmistettu prototyyppi yhden työntekijän käyttöön tarkoitettu, kannettava laastinlevitin. Laite koostuu metallisesta siirtoruuvista, moottorina toimivasta porakoneesta, muovisesta noin 15 litran vetoisesta laastisäiliöstä, lyhyestä siirtoletkusta ja erilaisista vaihdettavista suuttimista. Laitetta käytettäessä laastisäiliö täytetään ja ripustetaan eräänlaisilla valjailla muurarin hartioille. Porakonemoottorin, letkun ja suuttimen avulla laasti siirretään suoraan tiilivarville.

### **6.5.3 Valitut ratkaisut**

Edullisin laastinsiirtotapa määräytyy pitkälti sen perusteella, miten laasti valmistetaan sekä millä menetelmällä ja kalustolla tiilet siirretään. Ottamalla huomioon projektissa valitut laastinvalmistus- ja tiilensiirtomenetelmät päätettiin vertailla ja tarvittaessa kehittää seuraavia laastinsiirtotapoja:

1. kottikärryt ja lapiointi paljuihin
2. moottoroitu tiilikärry ja kippaava laastiastia
3. painesiirtomenetelmä
4. traktorin, kurottajan tms. käyttäminen.

### **6.5.4 Moottorikärryllä siirrettävä laastiastia**

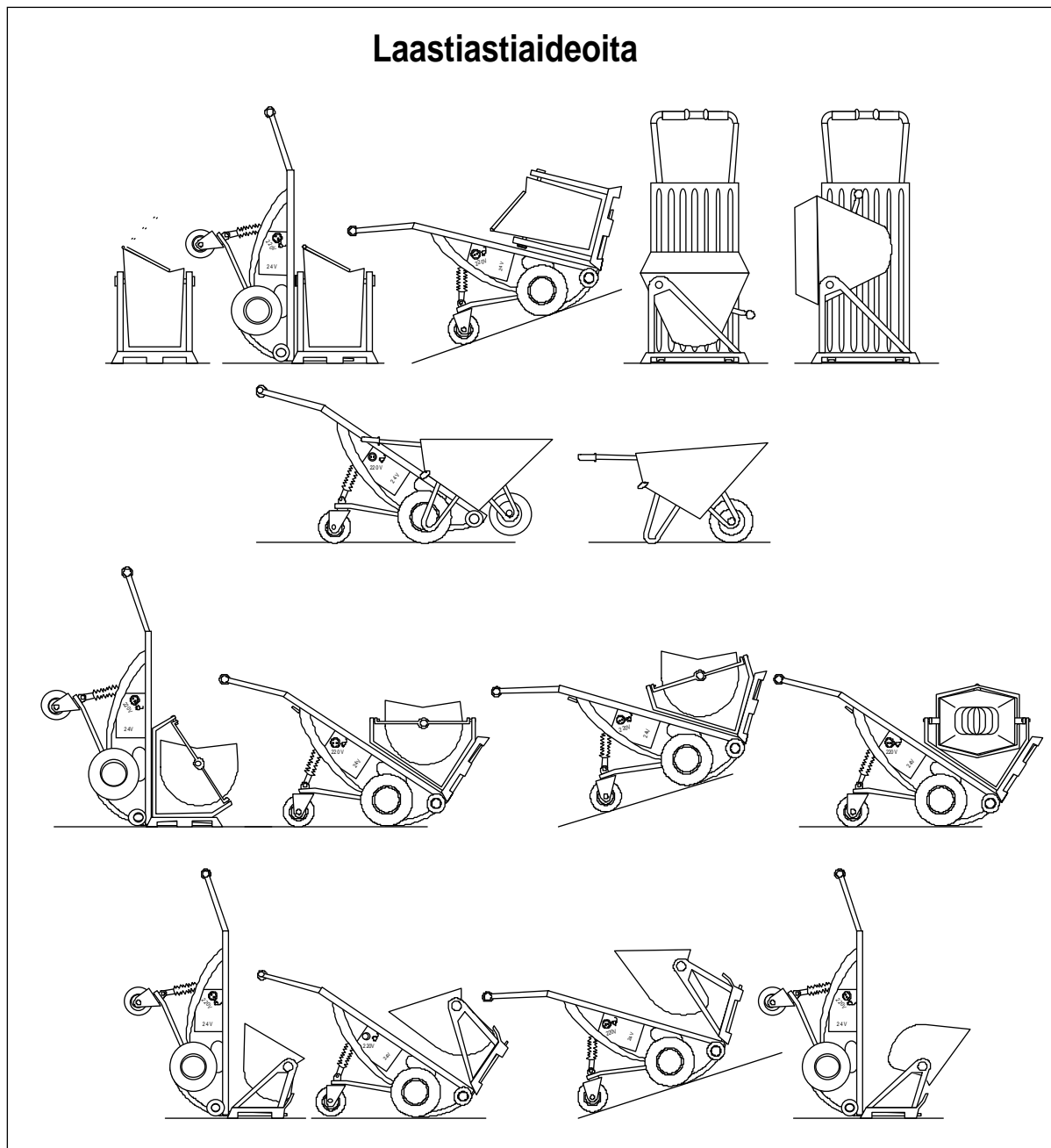
Valmiiksi sekoitettu laasti voidaan siirtää moottorikärryllä joko tavallisessa paljussa tai erikoisvalmisteisessa laastiastiassa. Muuraustyö etenee yleensä siten, että laastia tarvitaan samanaikaisesti useassa astiassa seinän vieressä. Tehdyt laskelmat osoittivat, että olisi edullista kuljettaa laastia sekoittajalta suuri määrä kerrallaan ja jakaa se paljuihin.

Ruotsalaisen ADC-kärryn valmistaja on kehittänyt myös kärryyn liitettävän laastivaunun, joka ei kuitenkaan sovellu laastin jakamiseen. Tämän vuoksi projektissa ideoitiin erilaisia kärryyn liitettäviä astioita, jotka täyttävät seuraavat vaatimukset:

- Astia voidaan täyttää suursäkin alla olevasta ruuvisekoittimesta.
- Astia voidaan kuljettaa moottorikärryllä.
- Laastia voidaan helposti esim. kaataa astiasta paljuun.
- Tyhjentämisen on onnistuttava myös korotettua paljua käytettäessä.

Siirtoastiasta tehtiin useita luonnoksia, mutta lopullista suunnitelmaa tai prototyyppiä ei tehty, koska moottorikärryyn mahdollisesti tehtävät muutokset vaikuttavat myös siirtoastiaan.

Moottorikärryllä voidaan tarvittaessa kuljettaa tavanomaisia muovisia laastipaljuja tai esim. tynnyrin puolikkaita. Mikäli laastia siirretään ramppia pitkin yläviistoon, astia kallistuu niin, että laastia valuu yli reunojen. Tämän estämiseksi valmistettiin alumiinista paljuun sopiva levy, joka mahdollistaa kallistamisen.



*Kuva 13. Moottorikärryllä siirrettävän laastiastian luonnoksia.*

### **6.5.5 Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa**

Laastin siirtomenetelmän valintaa ei kannata erottaa muusta muuraustyön suunnittelusta. Siirtomenetelmän taloudelliseen valintaan vaikuttavat voimakkaimmin kohteen materiaalmäärät, siirtomatkat ja muut ominaisuudet sekä työmaan olosuhteet. Näiden tekijöiden perusteella suunnitellaan ensisijaisesti laastin valmistuksen ja tiilien siirron menetelmät, jotka useimmiten määräävät laastinsiirtotavan.

Luvussa 8 esitetyllä suunnittelumenetelmällä on mahdollista tarkastella erilaisten laastinsiirtotapojen vaikutusta muurauksen työkokonaisuuteen.

## 6.6 TELINE

### 6.6.1 Telineelle asetettavat vaatimukset

Muuraustyössä käytettävien telineiden rakenteelle, suunnittelulle ja käytölle asetetaan yksityiskohtaisia vaatimuksia eri standardeissa. Sitovien määräysten lisäksi projektissa asetettiin pientalomuurauksessa käytettäville telineille seuraavat vaatimukset:

- ylimmän työtason korkeus vähintään 3 metriä
- mahdollisuus sijoittaa materiaalit työskentelytasoa korkeammalle
- helppo pystytettävyyden ja siirrettävyyden
- korkeuden säädettävyyden myös rinnetontilla
- vähäinen tilantarve kuljetettaessa
- keveys ja edullisuus.

Markkinoilla olevat telineet täyttävät yleensä vain osan edellä esitetystä vaatimuksista. Koska telineityöllä on merkittävä osuus aputoista, projektissa päätettiin kehittää pientalomuuraukseen paremmin sopivia telineratkaisuja.

### 6.6.2 Nykyisin käytettävät telineet

Tavallisimmat pientalomuurauksessa nykyisin käytettävät telineet ovat joko Haki-teline tai erilaiset kyhäelmät. Jonkin verran on käytössä myös pukkitalineita, joista osa on omatekoisia.

#### *Elementtitelineet*

Haki-teline on laajalti rakentamisessakin käytettävä ruotsalainen elementtiteline. Pientalomuurauksista ajatellen se on kuitenkin turhan massiivinen ja liian monista osista koostuva ja sen koostaminen vie paljon aikaa. Myös telineen korkeussäätö tukijalkaa kiertämällä on varsin aikaa vievää, etenkin, jos telinettä tarvitaan vähän.

#### *Pukkitalineet*

Muutamilla muurausrakoitsijoilla on käytössään tehdasvalmisteisia tai omatekoisia pukkitalineita. Niissä ei kuitenkaan ole erillistä työkonsolia tai mahdollisuutta rakentaa toista telineta-soa yli kolmen metrin korkeuteen.

#### *Kyhäelmät*

Valtaosa pientalotyömailla käytettävistä telineistä on erilaisia kyhäelmiä. Tavallista on, että lämmöneristeeksi tarkoitettujen polystyreenipakkaukset sijoitetaan muurattavan seinän viereen ja niiden päälle asetetaan työtasoksi lankut tai jonkinlaiset levyt. Polystyreenipakkausten tilalla näkee käytettävän myös pystyyn asetettuja puisia kuormalavoja. Kyhäelmätelineen rakentaminen on nopeata, mutta sen käytössä on monia puutteita ja epäkohtia:

- Teline ei ole vakaa.
- Kaiteita ei ole.
- Kuormitettavuus on huono.
- Ylin työtasokorkeus on ainoastaan 1 - 1,5 metriä.
- Teline ei mahdollista tehokkaiden materiaalin siirtomenetelmien käyttöä.

Huteran telineen käyttö ei myöskään voi olla vaikuttamatta työskentelyn mukavuuteen ja muuraustyön laatuun.

### **6.6.3 Erilaisia telinevaihtoehtoja**

Erilaisia telineitä on maailman ja Suomenkin markkinoilla runsaasti. Saatavana on mm. eri materiaaleista valmistettuja putki-, kehä-, elementti- ja pukkitelineitä. Lisäksi on runsaasti tarjolla kokoon taitettavia telineitä sekä ns. monikäyttötelineitä, joita on mahdollista käyttää joko telineenä tai esim. tikkaina.

Monipuolisesta telinetarjonnasta ja rakennusalan huonosta suhdannetilanteesta johtuen, täysin uuden telineen kehitystyötä ei nähty järkevänä eikä mahdollisenakaan. Tämän vuoksi pientalon muuraustyössä käytettävälle telineelle asetettiin selkeät vaatimukset ja markkinoilta pyrittiin löytämään teline, joka soveltuisi pientalomuuraukseen joko sellaisenaan tai pienin muutoksin. Periaatteessa mahdollisiksi telineratkaisuiksi katsottiin perinteinen elementtiteline ja pukkiline.

Perinteisten elementtitelineiden kehitystyötä ei nähty projektin kannalta hyödyllisenä. Kuten edellä on todettu, ne ovat myös pientalotyömaalla täysin käyttökelpoisia, mutta niihin liittyy tiettyjä ongelmia ja puutteita. Tapauskohtaisesti on ratkaistava, tarvitaanko järeätä elementtitelinettä vai riittääkö esim. kevyempi pukkiline.

Pukkitelineitä tutkittaessa Steamrator Oy:n jo 1980-luvun puolivälissä kehittämä teline osoitautui varsin hyväksi. Pukit ovat kokoontaitettavia ja niillä on mahdollista tasata maastosta johtuvat korkeuserot sekä pituus- että leveysuunnassa. Lisäosien avulla päästään yli kolmen metrin työtasokorkeuteen. Valmista konsolirakennetta ei telineessä kuitenkaan ole. Kyseistä telinettä kuvataan lähemmin seuraavassa kohdassa.

### **6.6.4 Pientalotyömaalle soveltuva pukkiline**

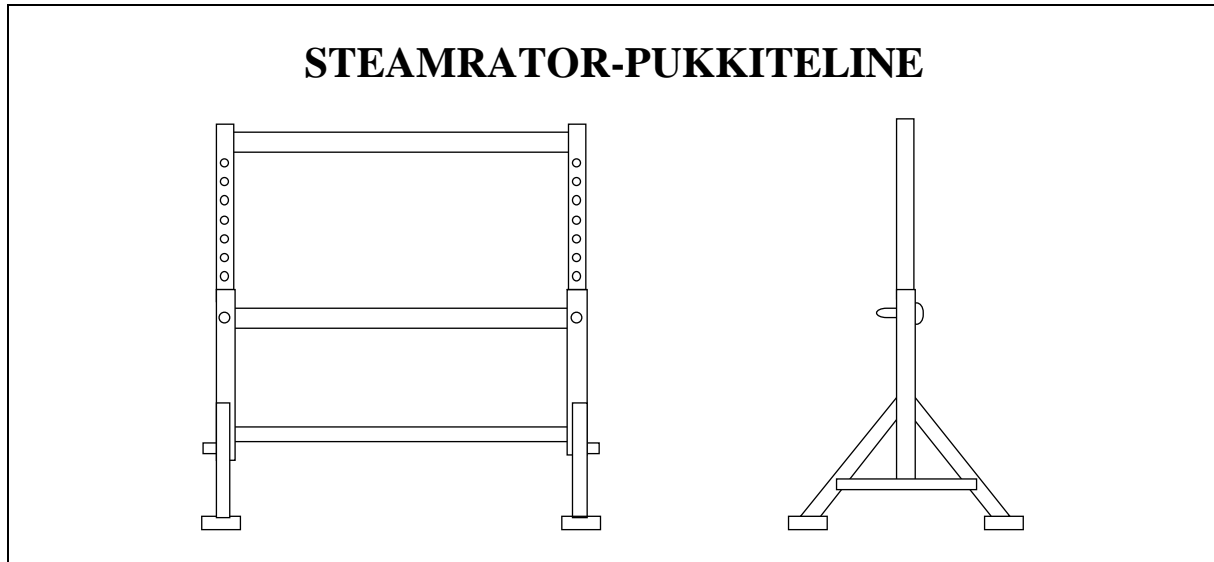
Steamrator Oy valmistaa kokoontaitettavaa terästelinepukkia, jota on saatavana 1,2 ja 1,5 metrin levyisenä. Pukki muodostuu kehästä ja kahdesta A-jalasta, jotka voidaan lukita halutulle kohdalle kehää. Näin saman pukin jalat on mahdollista säätää eri korkeuksille. Kaksi pukkia voidaan yhdistää joko neliöputkilla tai asettamalla työtasoina toimivat lankut kahden vierekkäisen pukin päälle. Kokeilussa käytettiin samantyyppisiä, mutta leveämpiä ns. ratsastajia kuin Haki-telineessä, jolloin vierekkäiset pukit yhdistettiin kahdella Haki-telineen juoksulla. Tällöin voitiin käyttää metallirunkoisia työtasoja, jotka asetettiin Haki-juoksujen varaan.

Telinepukilla päästään noin kahden metrin korkeuteen ja jatkokehillä yli kolmen metrin korkeuteen. Kehän päälle on mahdollista asentaa vielä toinen jatkokehä. Jatkokehiä käytettäessä teline on jäykistettävä vinotuilla ja putkiliittimillä.

Konsolirakennetta varten kehitettiin ja valmistettiin koukut, jotka asetettiin Haki-juoksun päälle. Koukkujen varaan puolestaan asetettiin samoja metallirunkoisia työtasoja, joista varsinainen telinetasokin tehtiin.

Steamratorin telinepukeista koottu teline täyttää varsin hyvin asetetut tavoitteet. Sillä päästään yli kolmen metrin työskentelykorkeuteen ja lujuus sekä vakavuus täyttävät muuraustelineen vaatimukset. Telineen kokoaminen on melko nopeata ja se vie kuljetettaessa vähän tilaa. Konsolirakenne on mahdollista aikaansaada varsin yksinkertaisilla lisäosilla. Telineen kehitystarve kohdistuu juuri konsolirakenteeseen:

- Halpoja konsolikoukkuja pitäisi olla saatavilla.
- Konsolin ja juoksun kiertyminen telinepukkiin nähden tulisi estää lukitustapeilla.
- Olisi valmistettava telinepukkiin sopivia ns. ratsastajia.



*Kuva 14. Steamratorin telinepukki*

### 6.6.5 Vaihtoehtojen ominaisuudet ja soveltuvuus eri tapauksissa

Telinekaluston valinta riippuu pitkälti kohteen ominaisuuksista. Kaksi tai useampikerroksissa rakennuksissa on käytettävä elementtitelinettä tai mastonostinta. Valinnan ratkaisevat kerroskorkeus, työn kesto, rakennuspaikan maasto-olosuhteet sekä pystytyskustannukset ja vuokrat hinnat.

1 - 1,5-kerroksisissa pien- ja rivitaloissa voidaan käyttää joko pukkittelintä tai elementtitelinettä. Vertailu eri telinevaihtoehtojen välillä on edelleen tehtävä tapauskohtaisesti. Kokoontaitettava pukkitteline ei ole hankintahinnaltaan kovin kallis ja se voidaan kuljettaa pakettiautolla tai kohdassa 6.8 kuvatulla kuljetusvaunulla. Pukkitteline on lisäksi elementtitelinettä nopeampi koota ja tasata myös epätasaisessa maastossa. Tämän merkitys korostuu erityisesti silloin, kun telinettä tarvitaan vain lyhyen aikaa.

## 6.7 TYÖKALUT JA MUU KALUSTO

Työkalujen, apuvälineiden ja muun kaluston kehittämiseen ei projektissa paneuduttu kovin syvästi. Tämä aiheutui pitkälti siitä, että vuonna 1987 käynnistetyssä Muuraustyön edistämishankkeessa kehitettiin myös laitteita ja työvälineitä. Tätä kehitystyötä on aktiivisesti jatkanut kouvolaalainen Amutek Ky jo viiden vuoden ajan. Tänä aikana on kaupallistettu muurausjohde, oviaukko-ohjain ja väliseinäohjain. Kehitystyön alla on lisäksi sääsuoja sekä mm. ikkuna-aukko-ohjain ja laastiastian alusta.

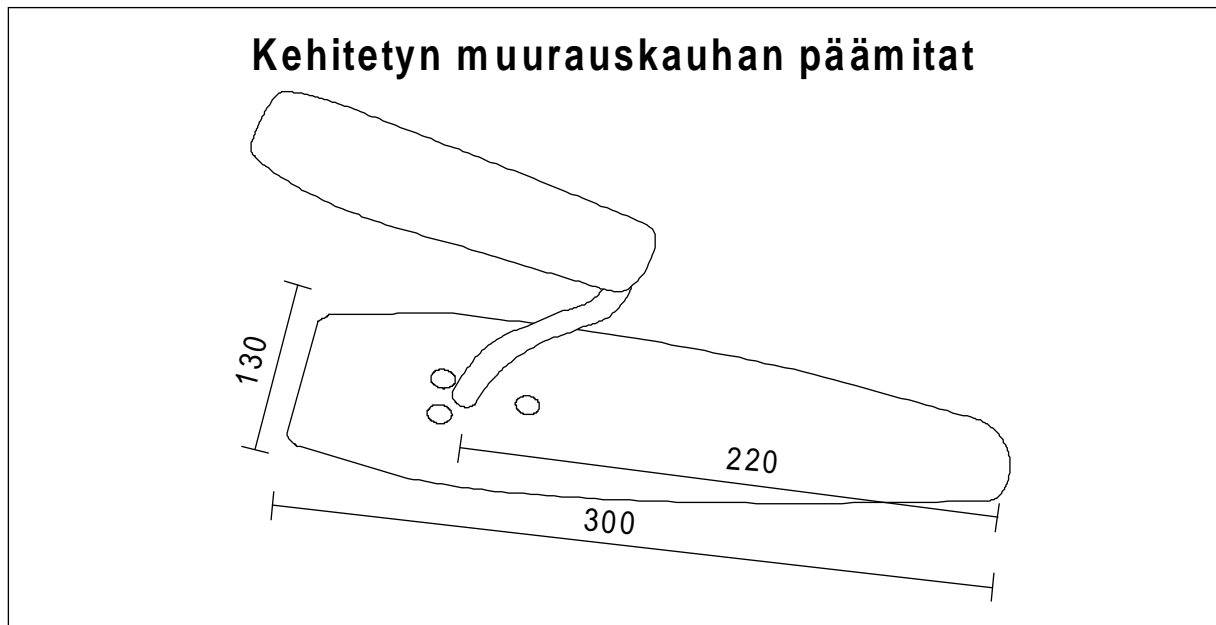
Työvälineiden kehittäminen kohdistuikin tässä projektissa lähinnä muurauskauhaan ja saumaustyökaluun. Lisäksi selvitettiin erilaisia tiilen katkaisulaitteita ja tartuntatyökaluja sekä laastiastian lämpöeristyksen parantamista. Viimeksi mainittuja ei kuitenkaan koettu niin puutteellisina, että niitä oltaisiin projektissa ruvettu kehittämään.

### ***Muurauskauha***

Muurauskauhan tärkeimmät ominaisuudet ovat lastan koko ja muoto sekä kahvan koko, muoto ja kiinnityskohta. Oikeanmuotoisella ja -kokoisella lastalla on helppo ottaa tarvittava määrä laastia. Liian suuri lasta voi lisätä laastin joutumista julkisivumuurausten taakse ilmarakoon, joka heikentää rakenteen laatua.

Kahvan muoto ja kiinnityskohta ovat osittain makuasioita, mutta voivat väärin toteutettuina johtaa etupainoiseen kauhaan, joka rasittaa muurarin kättä. Projektiin osallistunut työvälinevalmistaja kehitti ja valmisti useita erilaisia kauhamalleja. Eri muurarit kokeilivat kauhoja, joita muutettiin saadun palautteen mukaan.

Usean muutosvaiheen jälkeen päädyttiin kauhamalliin, joka on kuvassa 15.



*Kuva 15. Kehitetty muurauskauha.*

### ***Saumaustyökalu***

Mikäli vaaleata tiiliseinää saumataan metallisella saumaraudalla, tulee seinään mustia viivoja. Tätä ongelmaa poistamaan on kehitetty saumaustyökalu, jossa kahvaan kiinnitetään siipimuttereilla akryylimuovista valmistettu varsinainen saumaosaa. Akryylimuoviseen työkaluun liittyy puolestaan kaksi ongelmaa: muovin nopea kuluminen ja hankalahko irrotus. Muoville ideoitui erilaisia pikakiinnitystapoja, mutta mitään niistä ei toteutettu prototyyppiksi asti. Tämä johtui siitä, että projektin aikana akryylimuovin sijasta ruvettiin käyttämään polyeteeniä, jonka kulutuksenkestävyys on ilmeisesti moninkertainen akryyliin verrattuna. Polyeteeniä käytettäessä saumaosaa tarvitsee vaihtaa niin harvoin, ettei se ole enää ongelma.

## ***Muuraustyön edistämiprojektin ja Amutek Ky:n kehittämät laitteet ja apuvälineet***

### **Muurausjohde**

Ohjauslangan kiinnityksessä on pitkään käytetty puisia, laudasta valmistettuja johteita. Niiden kiinnittäminen on hankalaa ja puun eläminen aiheuttaa mittavirheitä. Näitä haittoja poistamaan kehitettiin alumiininen muurausjohde, joka muodostuu kahdesta pituussuunnassa säädettävästä, sisäkkäin olevasta putkesta. Johteen teräksisillä kiinnitys- ja säätöosilla lanka saadaan kiinnitettyä rakennuksen runkoon ja säädettyä pystysuoraan. Erilaisten lisäosien avulla perusjohdetta voidaan käyttää myös sisä- ja runkomuurauksessa.

### **Oviaukko-ohjain**

Muurausaukkoihin on kehitetty sekä leveys- että pituussuunnassa säädettävä ns. N-oviaukko-ohjain.

### **Väliseinäohjain**

Muurattavan seinän liittyessä sisämuurauksessa seinään tai pilariin on ongelmia aiheutunut puujohteiden tekemisestä, ramlojen asentamisesta ja jälkityötarpeesta. Ongelmien poistamiseksi on kehitetty muotoon taivutetusta terästangosta tehty väliseinäohjain, joka kiinnitetään pystysuoraan lähtöseinään. Ohjaimen voidaan kiinnittää tarvittavat ramlat sekä siirrettävä langansiirto-osa.

### **Sääsuoja**

Muuraustyön laadun ja työolosuhteiden parantamiseksi on kehitetty sääsuoja, joka muodostuu teräsputkirungosta ja muovikatteesta. Sääsuojan pituus on 6 m, ja suoja voidaan tarvittaessa asentaa vierekkäin. Sääsuoja on tällä hetkellä koekäyttövaiheessa ja sen kehitystyö jatkuu.

## **6.8 KALUSTON KULJETUS- JA TAUKOTILAVAUNU**

Jo projektin alkuvaiheessa nähtiin tärkeänä, että kehitettävä kalusto voidaan siirtää tehokkaasti työmaalta toiselle. Ajatuksena oli, että kaikki tarvittavat koneet ja laitteet sekä ainakin osa telinekalustosta saataisiin työmaalle yhdellä kuljetusvälineellä. Lisäksi ajateltiin, että työmaalla ollessaan kuljetusvaunu toimisi työntekijöiden sosiaalitulana, joka määräysten kiristyessä tulee ennen pitkää olemaan välttämätön.

### ***Vaunulle asetetut vaatimukset***

Vaunun suunnittelun lähtökohta oli ensisijaisesti kaluston kuljetustarve. Siinä oli pystyttävä kuljettamaan seuraavat tavarat:

- moottoroitu tiilikärry (160 kg)
- kärryyn liitettävä laastiastia (30 kg)
- laastisekoitin (100 kg)
- suursäkin nostolaite (200 kg)
- metalliramppi kaiteineen (150 kg)
- laastiastiat, muurausjohteet, työvälineet yms. (170 kg)
- telinekalustoa (100 - 200 kg).

Vaunussa kuljetettavan kaluston paino oli näin ollen 800 - 1000 kg.

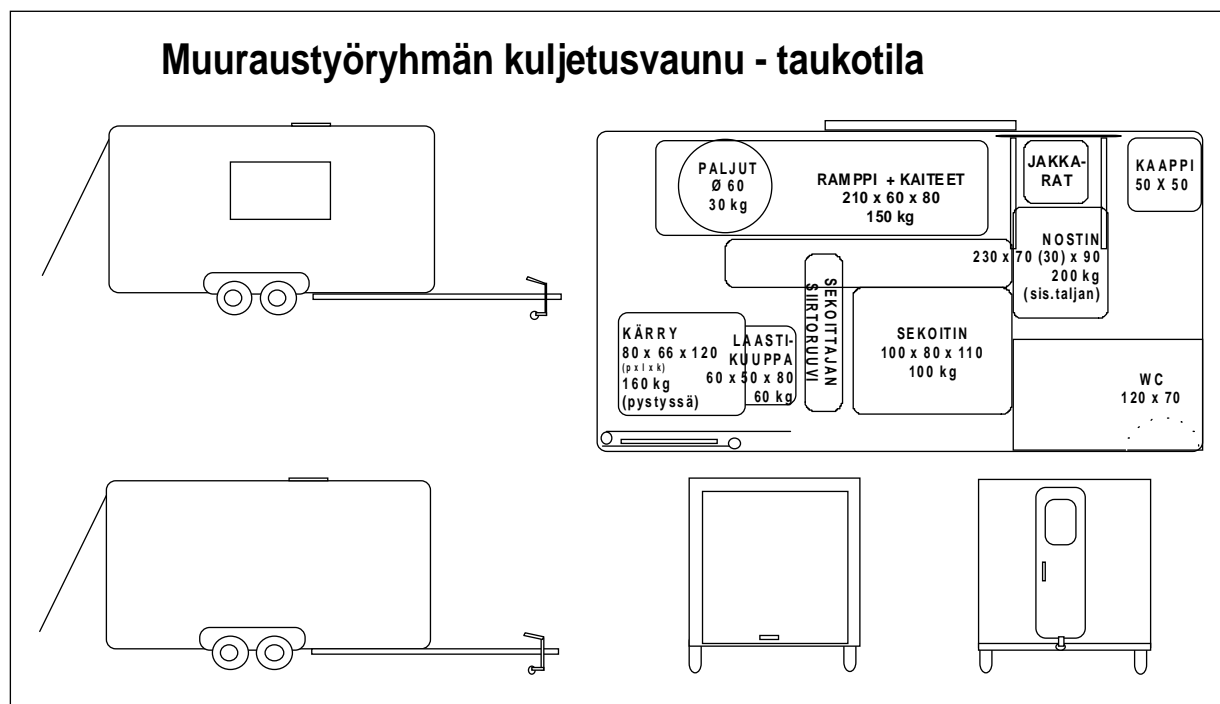
Muita vaunulle asetettuja vaatimuksia olivat:

- sitä on pystyttävä vetämään henkilöautolla ja AB-ajokortilla
- vaunussa on oltava WC
- vaunun perässä on oltava ramppi kaluston nostamista varten.

### ***Vaunun ominaisuudet***

Vaunusta rakennettiin 380 cm pitkä, 200 cm leveä ja sisältä n. 190 cm korkea. Koska vaunun kuormaus ja siten myös painopiste voivat vaihdella huomattavasti, siitä tehtiin vakavuuden varmistamiseksi kaksiakselinen. Vaunun perään asennettiin kaasujousilla aukeava, yläosastaan saranoitu suuri ovi lastauksen helpottamiseksi. Etusivulle sijoitettiin pieni ovi. Vaunu sähköistettiin siten, että se voidaan liittää 220 voltin jännitteeseen, jota käytetään sisävaloihin, vaunun sisällä oleviin pistorasioihin kytkettäviin sähkölaitteisiin sekä vaunussa olevan 12 voltin akun lataamiseen. Akkua puolestaan tarvitaan vesipumpun käyttämiseen ja vesisäiliön veden lämmittämiseen sekä ns. kalustovinskiin.

Kalustovinski on kiinnitetty vaunun aisan päällä olevaan telineeseen ja sillä voidaan vetää muurauskalusto vaunuun perässä olevaa ramppia pitkin. Vaunussa on lisäksi kattoluukku sekä toisella sivuseinällä ikkuna. Muutoin vaunu on varustukseltaan varsin karsittu.



*Kuva 16. Kuljetus- ja taukotilavaunu.*



# 7 MUURATUN PIENTALON TUOTANTOTAVAT

## 7.1 TUOTANTOTAVAN MERKITYS

Tuotantotavalla tarkoitetaan seuraavassa koko rakentamisprosessia tarkasteltuna resurssien käytön näkökulmasta. Näin määriteltynä tuotantotapa koostuu seuraavista osatekijöistä:

1. Kalusto
2. Työntekijät
3. Työnjohto.

### ***Kalusto***

Tämän kehitysprojektin ensisijaisena tavoitteena on ollut pientalotyömaalle soveltuvan muurauskaluston kehittäminen. Kalustoa parantamalla on pyritty muuraustyön tuottavuuden kohottamiseen, keston lyhentämiseen, ergonomian parantamiseen sekä haitallisten sää- ja olosuhdevaikutusten vähentämiseen.

### ***Työntekijät***

Tuotantotapa kokonaisuutena on kuitenkin yhtä hyvä kuin sen heikoin lenkki. Tämän vuoksi kaluston ja menetelmien lisäksi on kiinnitettävä huomiota myös työntekijöiden ja työnjohdon panokseen. Käytännössä tämä tarkoittaa työntekijöiden kohdalla seuraavaa:

- Ammattitaidon on oltava riittävä.
- Työstä ja lopputuloksesta on otettava vastuu.
- On oltava valmiudet uusien menetelmien käyttöön.
- Työsisältöä on voitava tarvittaessa muuttaa.

Työsisällön muuttaminen tarkoittaa perinteisistä aputyö-ammattityö-rajoista poikkeamista. Se on osoittautunut erittäin vaikeaksi, koska nykyisillä toimintatavoilla on pitkät perinteet. Lisäksi erityisesti muurareilla on huoli ansiotasosta tehtäväkentän laajentuessa.

Perinteisistä ammattiryhmärajoista tinkiminen on kuitenkin tärkeässä asemassa muuraustyön tehostamisen kannalta. Esim. kalustoparannusten aikaansaamat säästöt työajassa näkyvät kustannussäästöinä vasta sitten, kun vapautunut aika voidaan käyttää muuhun työhön. Tämä on mahdollista, kun ammattiryhmien työnjakoa voidaan tarvittaessa muuttaa. Työryhmän joustavuuden parantaminen lisäämällä tehtävien monipuolisuutta on teollisuudessa havaittu hyväksi keinoksi työn tuottavuuden ja mielekkyyden parantamiseen.

### ***Työnjohto***

Työnjohdon on valittava oikeat menetelmät ja kalusto sekä osattava suunnitella työntekijöiden tehtävät, työn etenemisjärjestys ja muut työn toteutuksen kannalta keskeiset seikat. Projektissa kehitetyllä muuraustyön suunnittelumenetelmällä on mahdollista vertailla mm. erilaisia laastin valmistustapoja ja tiilensiirtomenetelmiä. Vertailujen perusteella voidaan valita edullisin menetelmä ja siinä tarvittava kalusto. Työjärjestystä tai aikataulua menetelmällä ei kuitenkaan voida suunnitella.

## 7.2 PERINTEINEN TUOTANTOTAPA

Seuraavassa kuvataan nykyistä tuotantotapaa olettaen, että muuraustyön tekee ammattimainen muurausliike.

### *Kalusto*

Pientalotyömaalla käytettävä kalusto on varsin kehittymätöntä ja sitä ei juurikaan valita kohteen ominaisuuksien perusteella. Käytettävä kalusto vaihtelee lähinnä urakoitsijakohtaisesti. Perinteistä muurauskalustoa on esitelty tarkemmin kohdassa 5.2.

### *Työntekijät*

Muurausalan työntekijöiden ammattitaito on varsin hyvä. Rakentamisen määrän vähennyttyä voimakkaasti tällä vuosikymmenellä on muurareita jäänyt työttömäksi ja siirtynyt muihin ammatteihin. Tämä on ilmeisesti lisännyt monipuolisten työntekijöiden suhteellista määrää ja keskimäärin ottaen vähentänyt muutosvastarintaa.

Aputyö-ammattityö-jako on säilynyt varsin samankaltaisena myös viime vuosina. Tosin työnantajat eivät ole kovin aktiivisesti pyrkineetkään tehtäväjaon muuttamiseen.

### *Työnjohto*

Työnjohdon keskeiset tehtävät pientalon muuraustyömaalla ovat

- työmaa-alueen käytön suunnittelu (materiaalien varastointi, kulku- ja käärystiet, laastin valmistus ym.)
- kaluston valinta
- materiaalin nostokohtien määrittely
- telinetyön suunnittelu
- päätyöjärjestyksen suunnittelu
- aikataulun laadinta
- suojaustöiden suunnittelu
- hankintojen järjestelyt
- työnohjaus.

Suunnitelmat laaditaan vaihtelevalla tarkkuudella työkohteesta ja työnjohtajasta riippuen. Suunnitelmat perustuvat yleensä vahvasti aikaisempiin kohteisiin eikä niitä yleensä esitetä pa-perilla.

## 7.3 KEHITTYNYT TUOTANTOTAPA

### *Kalusto*

Kehittyneen tuotantotavan kalusto on keskenään yhteensopivaa, taloudellista ja käyttäjäystävällistä. Se soveltuu erilaisille pientalotyömaille ja mahdollistaa muuraamisen vaikeissakin olo-suhteissa. Kehittyneen muurausjärjestelmän kalustoa on kuvattu luvussa 6.

### ***Työntekijät***

Kehittyneessä tuotantotavassa työntekijät ovat ammattitaitoisia ja tekevät eri töitä. Työnlaatu on hyvä ja, koska odotusaikojia ei synny, työn tuottavuuskin on korkea. Työntekijöillä on myös halukkuutta käyttää uusia menetelmiä, koneita ja laitteita.

### ***Työnjohto***

Työtä suunniteltaessa kalusto ja työntekijämäärä valitaan kohteen, olosuhteiden ja käytettävissä olevan ajan perusteella. Työmaa-alueen käyttö suunnitellaan siten, että toiminta on tehokasta ja turvallista. Työn etenemisjärjestyksen ja aikataulun suunnittelussa otetaan huomioon teline-, mittaus- ja muuraustyöt, jotta työ etenisi tavoitteiden mukaisesti ja kokonaistaloudellisesti.

### ***Saavutettavat hyödyt***

Markkinoilla olevasta tehokkaasta kalustosta ja hyvistä työntekijöistä huolimatta muuraustyön tuottavuus kärsii, jos menetelmiä tai työn kulkua ei osata suunnitella kohteeseen sopivasti. Toisaalta työnjohdon ja suunnittelunkin vaikutusmahdollisuudet vähenevät, jos kalusto ja menetelmät ovat huonoja tai työntekijät ammattitaidottomia. Kuten edellä on todettu, tuotantotavan tehokkuus riippuu sen osatekijöistä: työntekijöistä, kalustosta ja työnjohdosta.

Kaluston parantaminen keventää työtä ja säästää työaika. Säästynyt työaika on hyödynnettävä työnjohdollisin keinoin kustannussäästöjen aikaansaamiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että työ tehdään lyhyemmässä ajassa samalla työntekijämäärällä tai perinteistä ammattiryhmäjakoa noudatettaessa työn kesto voi säilyä entisenä, mutta aputyöntekijöitä tarvitaan vähemmän. Kehittyneestä tuotantotavasta saavutettavia hyötyjä voidaan arvioida muuraustyön suunnittelumenetelmällä ja siihen liittyvällä atk-ohjelmalla, joita kuvataan luvussa 8.

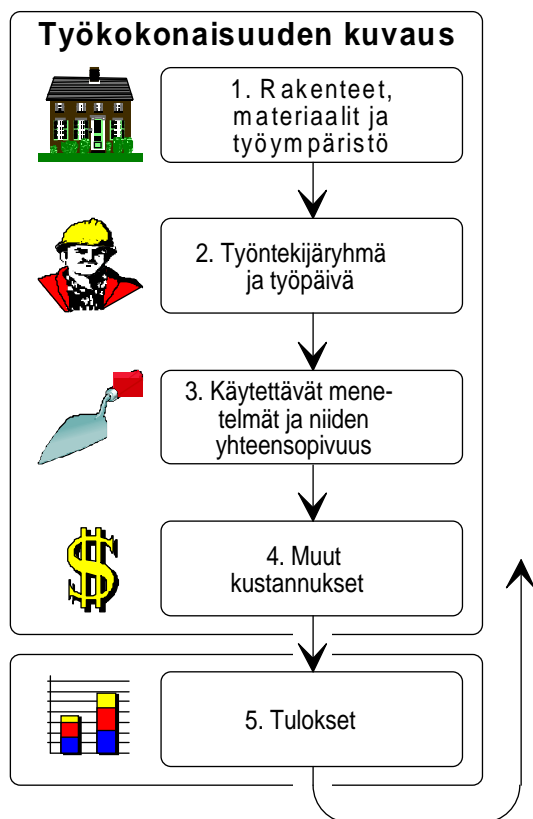
# 8 MUURAUSTYÖN SUUNNITTELU MENETELMÄ

## 8.1 MUURAUSTYÖN SUUNNITTELU

Muuraustyön suunnittelussa määritetään

- työjärjestykset ja liittyminen muihin töihin
- käytettävät menetelmät ja kalusto
- materiaalityömitusten sisältö ja ajoitus
- työntekijäryhmä
- työvuoro
- laadun varmistamiseksi tarvittavat toimenpiteet.

Projektissa kehitettiin suunnittelumenetelmä, jolla voidaan valita muurauksen menetelmät, kalusto ja tarvittava työntekijäryhmä. Menetelmän avulla voidaan selvittää muuraustyön kustannukset ja kesto sekä useita muita keskeisiä seikkoja, kuten apumiesten kuormitusaste. Suunnittelumenetelmä perustuu muuraustyön tarkkaan mallintamiseen. Sen kehittämissä vaiheissa määritettiin yli 400 muuraustyötä kuvaavaa muuttujaa. Suunnittelumenetelmään liittyvän tietokoneohjelman helppokäyttöisyys on kuitenkin varmistettu työmenetelmäkirjastolla, jossa on valmiina yleisimpiä työmenetelmiä.



Kuva 17. Työkokonaisuuden osat.

Keskeisin osa suunnittelumenetelmää on muuraustyökokonaisuutta kuvaavien lähtötietojen määrittäminen. Kuvassa 17 esitetään työkokonaisuuden osat. Menetelmäkirjastoa hyödyntämällä käyttäjän tarvitsee syöttää vain muutamia kohdetta koskevia lähtötietoja. Kohdekohtaiset muutokset käytettäviin menetelmiin voidaan tehdä erilaisten lisäkertoimien avulla siten, ettei menetelmien varsinaisia lähtötietoja tarvitse muuttaa.

Taulukossa 6 esitetään suunnittelumenetelmässä käytettävien lähtötietojen pääryhmät.

Taulukko 6. Suunnittelumenetelmän lähtötiedot.

Kohde	Työntekijät	Menetelmäyhdistelmä	Muut kustannukset
<ul style="list-style-type: none"> <li>tunnistetiedot</li> <li>sijainti</li> <li>rakenteet</li> <li>materiaalit</li> <li>työmaa-alue</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>muurarien palkat</li> <li>apumiesten palkat</li> <li>työpäivän pituus</li> </ul>	Työmenetelmittäin: <ul style="list-style-type: none"> <li>työnjako muurarit-apumiehet</li> <li>menekit ja kustannukset</li> <li>lisäaikakertoimet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>muut työ- ja kalustokustannukset</li> </ul>
Suunnittelumenetelmään kuuluvat työmenetelmät:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>valmistelu- ja lopetustyöt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>laastinvalmistus</li> <li>laastinsiirto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>tiilensiirto</li> <li>telinetyö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mittaus</li> <li>tiilien latominen</li> </ul>

Muurauskalustovaihtoehdot soveltuvat eri tavalla erilaisiin kohteisiin. Niiden valintaan vaikuttavat mm. muurattavien rakenteiden määrä ja korkeusasema, työmaa-alueen kulku- ja sääolosuhteet sekä työntekijäryhmän koko. Lisäksi yksittäisten menetelmien valinnassa on otettava huomioon niiden keskinäinen yhteensopivuus. Tietyn kaluston tai menetelmän valinta voi olla perusteltua myös, jos se parantaa ergonomiaa tai työn laatua.

Yksittäisten menetelmä- tai laiteparannusten vaikutukset työkokonaisuuden kustannuksiin ja aikatauluun ovat vaikeasti määritettävissä ilman tietokoneohjelmaa. Tehokkaatkaan koneet ja menetelmät eivät alenna kustannuksia, jos säästyvälle työajalle ei voida osoittaa muuta työtä tai työntekijöiden määrää ei voida vähentää. Vastaavasti yksittäisten työosien nopeuttamiset eivät nopeuta työkokonaisuutta, jos ne eivät ole työn kriittisellä polulla.

Käytännössä perinteistä muuraustyötä voidaan tehostaa huomattavasti pelkällä työsuunnittelulla, kun tiedetään valintojen vaikutukset työkokonaisuuteen.

## 8.2 ATK-OHJELMA KUSTI

Kusti-tietokoneohjelmalla valitaan muuraustyöhön sopivat menetelmät ja kalusto sekä laskeaan työmenekit ja kustannukset. Ohjelmalle asetettiin kaksi päätavoitetta:

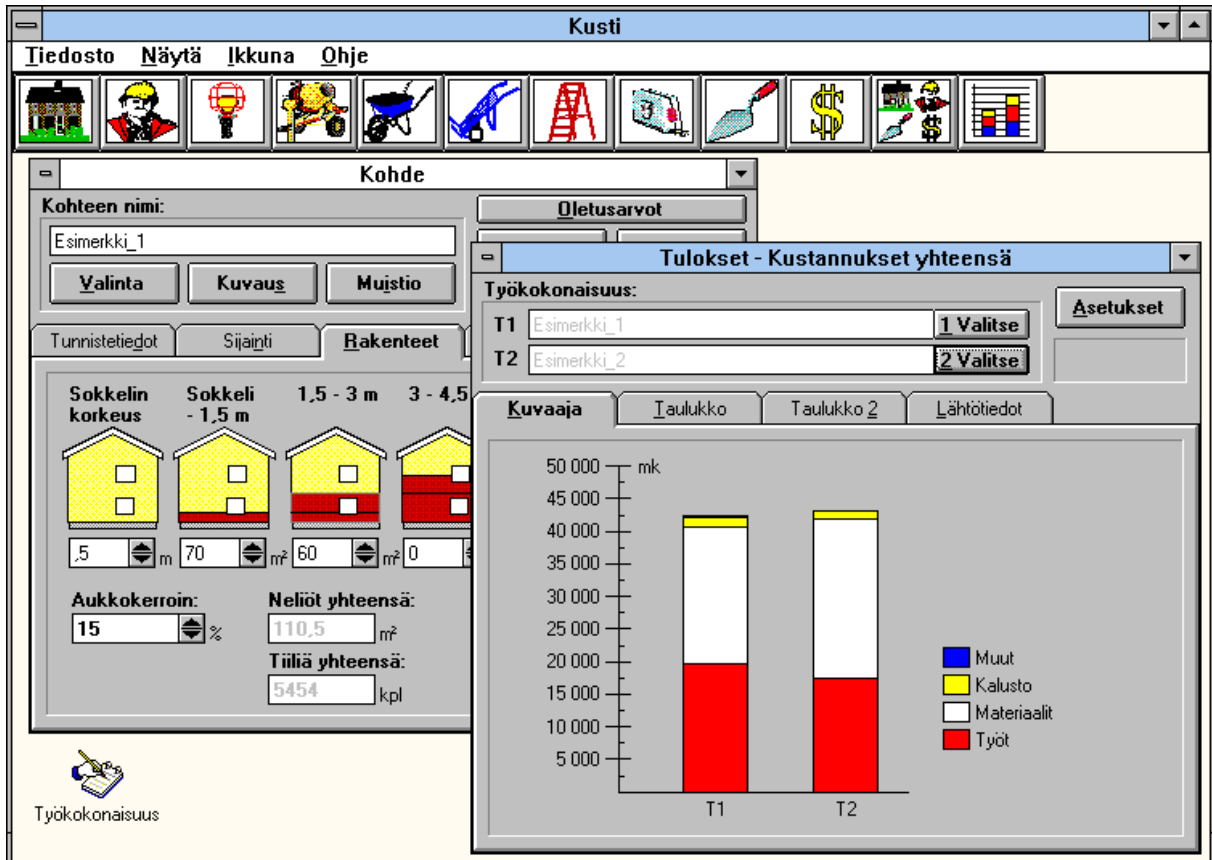
- Sillä on voitava arvioida uusia, vasta kehitysvaiheessa olevia työmenetelmiä ja
- sen on sovelluttava muurausliikkeen käytännön työsuunnitteluun.

Ohjelmalla voidaan optimoida työ-, materiaali- ja kalustokustannukset. Työntekijöiden tehokas ajankäyttö suunnitellaan jakamalla töitä muurarien ja aputyöntekijöiden kesken. Ohjelma ottaa huomioon myös työn kestoon sidonnaiset tehtävät ja kustannukset, kuten esimerkiksi laastikaluston päivittäisen puhdistuksen. Sen määrään vaikuttaa varsinaisen puhdistustyömenekin lisäksi esimerkiksi työn kesto päivinä. Siihen taas vaikuttavat monet tekijät, kuten muurarien lukumäärä, työsaavutus ja osallistuminen muuhun kuin varsinaiseen kivien latomiseen.

Muurausliike voi käyttää ohjelmaa

- tehokkaiden menetelmä- ja kalustokokonaisuuksien sekä työntekijäryhmien määrittämiseen
- kohdekohtaisten kustannus- ja työmenekkilaskelmien tekemiseen.

Käyttäjä voi lisätä ohjelman menetelmäkirjastoon uusia menetelmiä tai tehdä olemassa oleviin muutoksia ja tallentaa ne haluamallaan nimillä. Työmaakohtaiset ominaisuudet voidaan ottaa huomioon erilaisina lisäkertoimina niin, ettei kirjastomenetelmien työmenekkejä tarvitse muuttaa.



Kuva 18. Kustin päänäyttö.

The screenshot shows the 'Laastinvalmistus' software interface. The main window is titled 'Laastinvalmistus' and has a menu bar with 'Menetelmä'. Below the menu bar is a toolbar with 'Oletusarvot', 'Poista', 'Tallenna', 'Uusi', and 'Peruta' buttons. The main area is divided into several sections:

- Menetelmä:** A dropdown menu showing 'Vetonit-laastinsiirtosaema'.
- Valinta, Kuvaus, Muistio:** Three buttons for method management.
- Työt, Kalusto1, Kalusto2, Materiaalit, Muut:** Five tabs for method details.
- Muurarin työt:** A text field showing '0 %'.
- Aputyöt:** A text field showing '100 %'.
- Ulkopuol. työt:** A text field showing '0 %'.
- Lisäaikakerroin:** A text field showing '1'.
- Valmistelu:** A text field showing '15 min/pv'.
- Annoksen koko:** A text field showing '90 dm²'.
- Kuivalaastimenekki:** A text field showing '1,3 kg/dm²'.
- Annostelu:** A text field showing '3 min/annos'.
- Sekoitus:** A text field showing '3 min/annos'.
- Muut työt:** A text field showing '0 min/annos'.
- Työtä sitoutuu:** A text field showing '3 min/annos'.
- Puhdistusaika:** A text field showing '15 min/pv'.
- Muut työt:** A text field showing '0 min/tn'.

Kuva 19. Esimerkki ohjelman menetelmäkohtaisesta syöttöikkunasta.

Ohjelmassa on lisäksi toiminto, jolla voidaan vertailla laskennan tuloksia karkeampiin Ratumenекkitietoihin.

Ohjelman järjestelmävaatimukset ovat:

- IBM-yhteensopiva mikrotietokone, 80386 / 20 MHz tai tehokkaampi suoritin
- kiintolevy, jolla vapaata levytilaa vähintään 4 Mt
- MS-DOS®, versio 3.3 tai uudempi
- Microsoft® Windows™, versio 3.1 tai uudempi
- keskusmuistia vähintään 4 Mt.

### 8.3 LASKENTAESIMERKKEJÄ

Laskentaesimerkeissä vertaillaan kahta eri menetelmäyhdistelmää kahdessa eri kohteessa. Menetelmäyhdistelminä tarkastellaan perinteistä pientalomuurauksen menetelmä- ja kalustoyhdistelmää (ks. 5.2) sekä kehittyneempää yhdistelmää. Perinteiseen menetelmään kuuluu esimerkeissä yhden muurarin ja yhden apumiehen työryhmä. Kehittyneeseen menetelmään kuuluu kaksi muuraria ja yksi apumies.

*Taulukko 7. Tarkasteltavat menetelmäyhdistelmät.*

Menetelmä	Perinteinen	Kehittynyt järjestelmä
Laastinvalmistus	Betonimylly ja kuivalaastin lapiointi suursäkistä	Suursäkin nostolaite ja ruuvisekoitin
Laastinsiirto	Kottikärryt ja lapiointi paljuun	Moottoroitu siirtokärry ja ramppi
Tiilensiirto	Perinteinen tiilikärry ja tiilien nosto käsin telineille	Moottoroitu siirtokärry ja ramppi
Valmistelu- ja lopetus-, teline-, mittaus- ja kivienlatomistyöt samoin menetelmin ja työsaavutuksin.		

Ensimmäisessä esimerkissä tarkastellaan tyypillisen pientalon julkisivumuurausta. Toinenkin esimerkki koskee julkisivumuurausta. Erona edelliseen on suurempi muurausmäärä ja korkeammat seinät.

Esimerkkien laskennassa on käytettiin mm. taulukon 8 mukaisia kohdetta, työntekijöitä ja työpäivää koskevia lähtötietoja.

*Taulukko 8. Laskentaesimerkkien lähtötiedot.*

Esimerkeille yhteiset lähtötiedot			
Etäisyys laastikalustovarikolle	220 km	Muurarien tuntipalkka	80 mk/h
Etäisyys konevuokraamoon	5 km	Apumiesten tuntipalkka	55 mk/h
Tiilen hinta	3,40 mk	Työpäivän pituus	10 h
Tiilien siirtomatka (keskim.)	22 m	Muurarin työsaavutus	80 kpl/h
Laastin siirtomatka (keskim.)	18 m	Työpäivän pituus	10 h
Esimerkin 1 lähtötiedot			
Muurattavat neliöt	102 m <sup>2</sup>	Tiilimäärä	5034 kpl
Esimerkin 2 lähtötiedot			
Muurattavat neliöt	272 m <sup>2</sup>	Tiilimäärä	13 424 kpl

Taulukko 9. Esimerkin 1 tulokset.

	Perinteinen	Kehittynyt järjestelmä
Työn kesto	7 työvuoroa	4 työvuoroa
Apumiesten kuormitusaste	97 %	96 %
Muurarien palkat	10 706	10 706 mk
Apumiesten palkat	7 360 mk	3 680 mk
Kalusto	950 mk	1 450 mk
Materiaalit	19 462 mk	19 462 mk
Kustannukset yhteensä	38 478 mk	35 298 mk

Taulukko 10. Esimerkin 2 tulokset.

	Perinteinen	Kehittynyt järjestelmä
Työn kesto	19 työvuoroa	10 työvuoroa
Apumiesten kuormitusaste	110 %	100 %
Muurarien palkat	28 548 mk	28 548 mk
Apumiesten palkat	19 627 mk	9 814 mk
Kalusto	2 150 mk	2 650 mk
Materiaalit	51 900 mk	51 900 mk
Kustannukset yhteensä	102 225 mk	92 912 mk



# 9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE- EHDOTUKSET

## 9.1 KOKEMUKSET TYÖMAILTA

Kalustoa testattiin eri työmailla vuosina 1994 ja 1995. Erityisesti moottoroitu tiilikärry oli kekeiltavana usealla muurausurakoitsijalla. Muurauskauhan kehittäminen perustui myös käytännön työstä saatuihin kokemuksiin. Kauhaa muutettiin muurareilta saadun palautteen perusteella ja kokeiltiin taas työmailla.

Kehittämisen ja tutkimustyön kohteena olevasta kalustosta testattiin työmailla

- moottoroitu tiilikärry
- metallinen, kuuden metrin ramppi
- pukkitelineitä
- suursäkin nostolaite
- muurauskauha
- kuljetus- ja taukotilavaunu.

Saadut kokemukset olivat pääasiassa myönteisiä. Moottoroitu tiilikärry kevensi siirtotyötä ja mahdollisti materiaalien siirtämisen myös erittäin vaikeakulkuisessa maastossa. Talvella liukkaalla alustalla kärryn käyttäminen oli toisinaan vaikeata, koska sen renkaissa ei ollut liukuesteitä. Kuuden metrin mittainen ramppi katkaistiin kolmeen yhtä suureen osaan, jotka liitettiin toisiinsa metalliholkeilla. Holkit olivat liian ahtaat ja vaikeat irrottaa. Rampin käsittely yhteisenä oli taas hyvin raskasta.

Suursäkin nostolaite osoittautui toimivaksi. Pakkasella ongelmana oli tosin ruuvisekoittajan jäätyminen, joka olisi pitänyt estää suojauksella ja lämmityksellä, kuten suursiiloakin käyttäessä. Toisena vaihtoehtona olisi ollut betonimyllyn käyttäminen, joka olisi edellyttänyt tyhjenyskallisia suursäkkejä.

Kuljetusvaunuun mahtui hyvin kaikki tarvittava kalusto ja sen vetäminen täysin kuormattuna sujui ongelmitta. Telinepukeista ei myöskään löytynyt huomautettavaa työmaatestauksessa.

## 9.2 TUOTEKEHITYSTARVE

**Telineen** konsolirakenne toteutettiin kiinnittämällä pukkiin välisiin juoksuihin ns. konsolikoukut, joiden varaan puolestaan asetettiin työtasot. Tasot pääsivät kuormitettaessa kiertymään pukkeihin nähden koukkujen ja juoksujen mukana. Kokeilun aikana kiertyminen estettiin tilapäisratkaisulla, mutta jatkoa ajatellen tulisi kehittää yksinkertaiset, helppokäyttöiset lukitustasot. Lisäksi pitäisi valmistaa sopivan levyisiä, telineeseen mahtuvia ratsastajia Haki-juoksujen kiinnittämiseksi.

Siirtotapana **moottoroitu tiilikärry** osoittautui hyväksi ja työntekijät käyttivät sitä mielellään. Kärryssä oli kuitenkin teknisiä puutteita, joita on esitelty tarkemmin kohdassa 6.3.5.

**Rampin** osien holkkikiinnitystä tulisi parantaa ja rampin taso pitäisi muuttaa verkkorakenteiseksi.

**Laastiastia** tulisi kehittää laastin jakamiseen soveltuvaksi (ks. 6.5.4). Se tulee suunnitella samanaikaisesti kärryn kanssa.

**Kuljetus- ja taukotilavaunun** ensisijainen käyttötarkoitus oli tarvittavan kaluston kuljettaminen työmaalle. Seuraavien vaunujen suunnittelussa on kuitenkin syytä ottaa paremmin huomioon myös EU-normeista työmaan sosiaalituloille aiheutuvat vaatimukset. Vaunun sisäväliseinä on myös kehitettävä toimivammaksi ja markkinoinnin takia vaunu pitäisi kalustaa pöydällä ja penkeillä.

### 9.3 TUOTTEISTETTAVAT KONEET JA LAITTEET

Työmaakokeilujen ja alustavien markkina-arvioiden perusteella seuraavien koneiden ja laitteiden tuotteistamista tulisi vakavasti harkita:

- moottoroitu tiilikärry (ks. 9.2)
- ramppi (ks. 9.2)
- laastiastia (ks. 9.2)
- suursäkin nostolaite
- muurauskauha
- kuljetus- ja taukotilavaunu (ks. 9.2).

### 9.4 VIENTIMAHDOLLISUUDET

Todellisia vientimahdollisuuksia Eurooppaan on ainakin moottoroidulla tiilikärryllä, laastias-tialla ja suursäkin nostolaitteella. Aluksi tulisikin selvittää niille soveltuvien työmaiden vuosittainen määrä eri maissa.

Kuljetusvaunulle voisi löytyä vientimarkkinoita pohjoismaista. Vaunuun täytyisi tehdä muutoksia ennen markkinointia (ks. 9.2), ja sen myyntihinnan tulisi olla kohtuullinen.

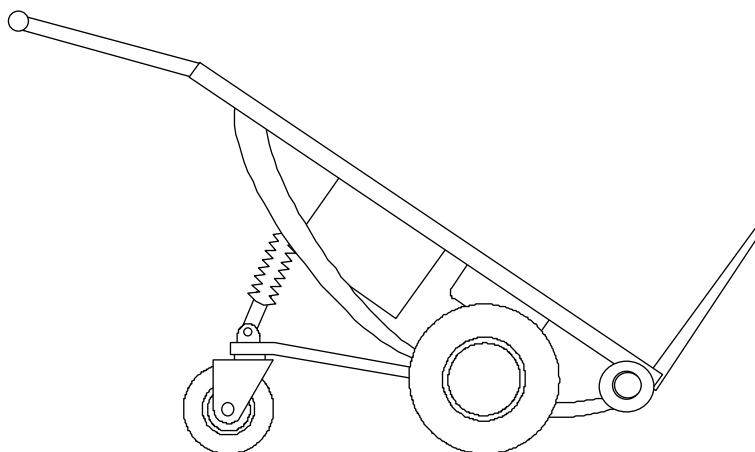
### 9.5 JATKOTUTKIMUSTARVE

Projektissa selvitettiin kaluston kehittämistarpeet ja -mahdollisuudet varsin kattavasti eikä niissä ilmennyt lisätutkimustarvetta.

Sitä vastoin työnsuunnitteluun liittyen pitäisi tutkia ja kehittää seuraavia osa-alueita:

1. Aputyö-ammattityöjako
  - Mikä on taloudellisesti järkevä työnjako erilaisissa kohteissa?
  - Miten työnjaon muutos saadaan toteutettua käytännössä?
2. Suunnittelumenetelmän ja atk-ohjelma Kustin laajentaminen pientalorakentamisesta esimerkiksi hallirakennusten väliseinämuuraukseen tai asuinkerrostalomuuraukseen.
3. Työnsuunnittelumenetelmien kehittäminen
  - työjärjestyksen suunnittelu
  - hankintojen järjestelyt
  - aikataulujen laadinta
  - työmaa-alueen käyttö.

## ADC KÄRRÄ EK 24-5 -MOOTTOROITU SIIRTOKÄRRY JA RAMPPI



### Toimintaperiaate

ADC Kärrä EK 24-5 on moottoroitu, akku-käyttöinen siirtokärry. Kärryssä on neljä vetävää pyörää. Edessä olevat pienet pyörät helpottavat letkan alle ajamista. Ajoasennon kulmaa voidaan säätää takapyörään liittyvän teleskooppisen tukivarren avulla. Kärry voidaan ajaa kuormattuna telineelle rampin avulla. Kuormapiikit voidaan irrottaa ja säätää halutulle leveydelle. Latauksen ajaksi kärry kytketään 220 voltin jännitteeseen.

### Tekniset tiedot

- Pituus 160 cm
- Leveys 50 cm (suurin leveys 68 cm)
- Paino 165 kg
- 24 voltin jännitteellä toimiva moottori
- rampin pituus 6 m
- rampin paino 100 kg
- maksimikuorma 300 - 400 kg
- lisävarusteena kärryyn liitettävä laastikärry

### Hyödyt

- taloudellisesti edullinen
- keventää työtä
- soveltuu monenlaisten materiaalien vaak- ja pystysiiroihin
- helppokäyttöinen

### Käytössä otettava huomioon

- maksimi nousukaltevuus 1:3
- kaatuu helpommin kuin perinteinen tiilikärry
- renkaiden pitokyky liukkaalla ja turvallisuus erityisesti telineillä ajettaessa varmistettava

### Maahantuoja / myyjä

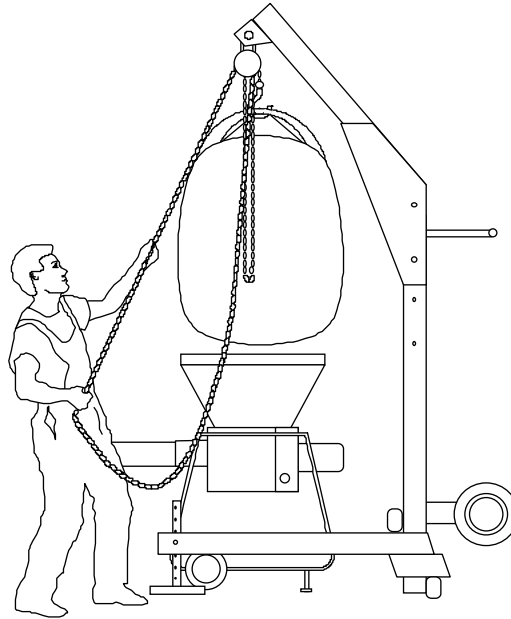
Talhu Oy  
Ylästöntie 10-12  
01150 Vantaa  
puhelin (90) 870 2034

### Valmistaja

ADC Produkter Ab  
Göteborg

Tarkempi kuvaus on Pientalomuurauksen kehittäminen -raportin kohdissa 6.3.4 ja 6.3.5.

## SUURSÄKIN NOSTOLAITE



### Toimintaperiaate

Nostolaite siirretään kuivalaastisuursäkin päälle. Suursäkki nostetaan käsiaketjaljalla tai sähkövinssillä noin 1,5 metrin korkeuteen. Ruuvisekoitin siirretään säkin alle ja säkin pohja viilletään esimerkiksi puukolla auki. Laastikaukalo täyttyy sitä mukaa, kun sekoittajasta otetaan laastia. Nostinta voidaan käyttää myös perinteisen betonimyllyn kanssa. Silloin on käytettävä suljettavia, tyhjennyssukallisia suursäkkejä. Nostolaite voidaan koota kuljetusasentoon siirtojen ajaksi. Laitetta voidaan käyttää myös normaalissa huonekorkeudessa, jolloin sen nostokorkeus jää pienemmäksi.

### Tekniset tiedot

- pituus kuljetusasennossa 230 cm
- leveys kuljetusasennossa 70 cm (30 cm)
- korkeus kuljetusasennossa 90 cm
- paino (prototyypin) 175 kg
- nostokapasiteetti 1 500 kg

### Hyödyt

- taloudellisesti edullinen
- lapiointiin verrattuna kevyt käyttää
- voidaan hyödyntää myös muissa kevyehköissä nostoissa

### Käytössä otettava huomioon

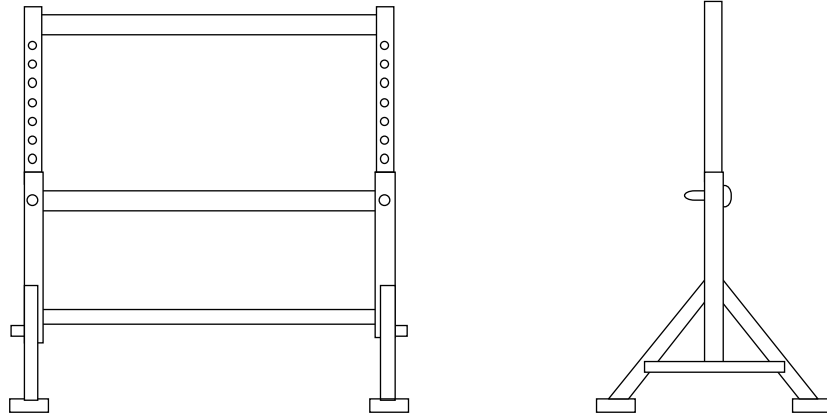
- nostimen huolellinen tuenta
- sääsuojaus
- pölysuojaus

### Prototyypin valmistaja

Oy Robonic Ltd  
Kanslerinkatu 8  
33720 Tampere  
puhelin (931) 316 5700

Yksityiskohtaisempi on kuvaus Pientalomuurauksen kehittäminen -raportin kohdassa 6.4.4.

## STEAMRATOR-PUKKITELINE



### Toimintaperiaate

Telineen molemmat jalat voidaan säätää erikseen haluttuun korkeuteen. Pukkien väliin asennetaan telinejuoksut. Kun telineettä käytetään yli kahden metrin työskentelykorkeudessa, asennetaan pukkien päälle jatkokehät. Muurauksen ergonomiaa voidaan parantaa ripustamalla pukkien välissä oleviin juoksuihin konsolimainen työskentelytaso noin 50 cm materiaalitasoa alemmas. Pukin jalkaosat kääntyvät kuljetuksen ajaksi 90° pukin pystyputken ympäri.

### Tekniset tiedot

- kuormitettavuus 4,5 kN/telinepukki tasaisesti jaetulla kuormalla
- paino 32 kg (1,5 m pukki) 27 kg (1,2 m pukki)
- pukin korkeudensäätö 100 - 2000 mm, säätöväli 100 mm

### Hyödyt

- nopeahko koota
- luja ja vakaa
- vie kuljetettaessa vähän tilaa
- mahdollisuus liittää konsoli-työskentelytaso

### Käytössä otettava huomioon

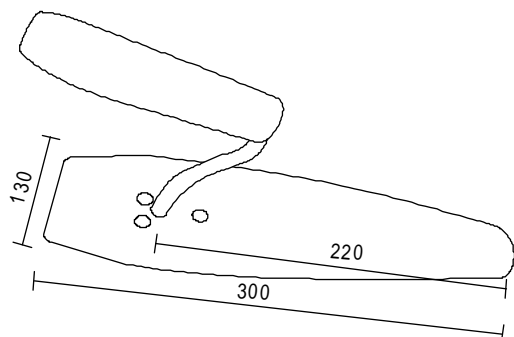
- vakavuus varmistettava vinotuilla
- turvallisuus varmistettava aina asianmukaisilla kaiteilla

### Valmistaja

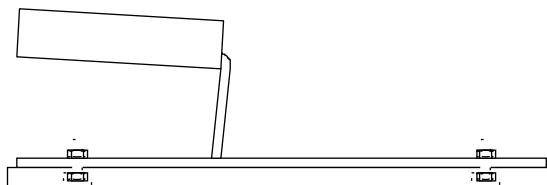
STEAMRATOR OY  
52300 Ristiina  
puhelin (955) 42155

Yksityiskohtaisempi kuvaus on Pientalomuurauksen kehittäminen -raportin kohdassa 6.6.4.

## MUURAUSSKAUHA



## SAUMARAUTA POLYETEENI-POHJALLA



### Hyödyt

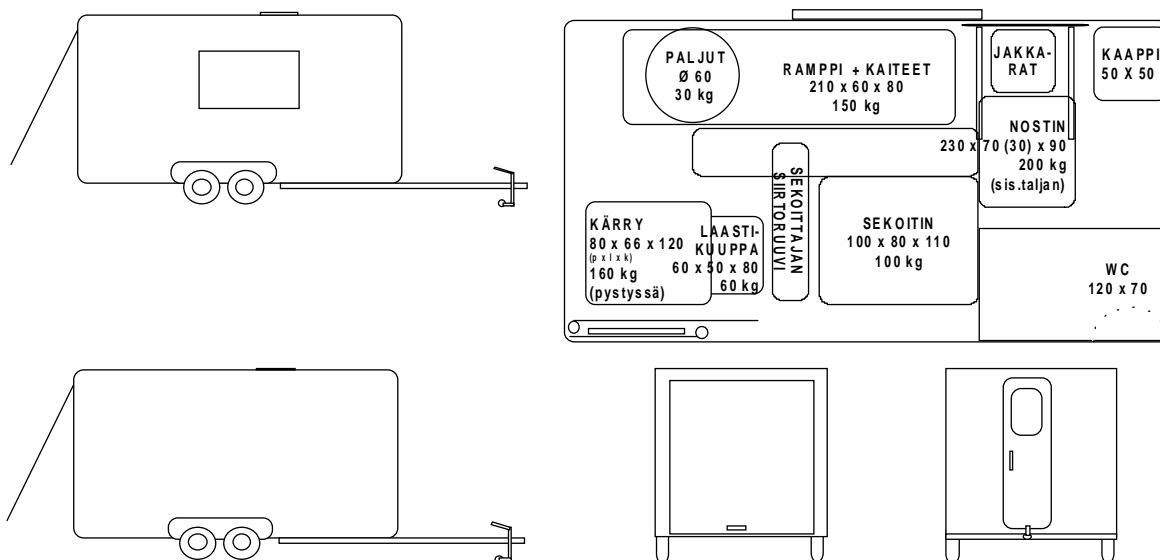
- tasapainotettu kauha parantaa ergonomiaa
- kauhalla voidaan annostella kerralla sopiva laastimäärä tiilelle
- kauhaa voi muotoilla haluamallaan tavalla
- saumaraudan polyeteeni-pohja ei sotke vaaleita värilaasteja
- polyeteeni-pohja kestää kulutusta moninkertaisesti akryyliin verrattuna

### Myyjä

E. Vuorio Ky  
Kolmas Linja 17  
00530 Helsinki  
puhelin (90) 753 5311

Yksityiskohtaisempi kuvaus on Pientalomuurauksen kehittäminen -raportin kohdassa 6.7.

## MUURAUSTRYÖRYHMÄN KULJETUSVAUNU - TAUKOTILA



### Käyttötarkoitus

Vaunuun mahtuu muurausryhmän kehittynyt työmaan aloituskalusto. Työmaalla se toimii ryhmän lämmitettävänä sosiaalitalana. Vaunu liitetään työmaalla 220 voltin jännitteeseen, jota käytetään sisävaloihin, vaunun sisällä oleviin pistorasioihin ja akun lataamiseen. Vaunu voidaan jakaa väliseinällä kahteen osaan.

### Mitat

- pituus 390 cm
- leveys 200 cm
- sisäkorkeus 190 cm

### Varusteet

- takaoven ramppi
- akkukäyttöinen vinssi kaluston konttiin vetämiseen
- WC, jossa käsiensuallas, vesipumppu ja vesisäiliön lämmitin
- siirrettävä väliseinä
- kattoluukku

### Hyödyt

- vastaa kiristyviin sosiaalitalamääräyksiin
- siirtoon ei tarvita raskasta kalustoa

### Käytössä otettava huomioon

- vaunun painopisteen sijoittuminen kuormattaessa
- vetoauton soveltuvuus

### Prototyypin valmistaja

Tampereen Agent Oy  
Hatanpään valtatie 11  
33100 Tampere  
puhelin (931) 214 7271

Yksityiskohtaisempi kuvaus on Pientalomuurauksen kehittämisen -raportin kohdassa 6.8.

## VIDEO PROJEKTIN TULOKSISTA



Pientalomuurauksen kehittäminen -projekti on vuosina 1993 - 1995 toteutettu hanke, jonka tavoitteena on ollut pientalon muurausmenetelmien ja -kaluston kehittäminen.

Kehityskohteina ovat olleet laastin valmistus, laastin ja tiilien siirto, telineet, työvälineet, kaluston kuljetus sekä muuraustyön suunnittelu ja menetelmien valinta.

Kehitystyöhön ovat osallistuneet tiiliteollisuus, useat muurausurakoitsijat ja laitevalmistajat, Rakennusteollisuuden Keskusliitto ja VTT Rakennustekniikka.

Videokoosteessa esitetään projektin tavoitteet, kehittämiskohteet ja keskeiset tulokset sekä laite-edustajien yhteystiedot.

Videon kesto on 8 min 20 s ja sitä on saatavana myös englanninkielisellä tekstityksellä.

Videota koskevat tiedustelut:

VTT Rakennustekniikka

Tuotantotalous ja -tekniikka

Hannu Koski

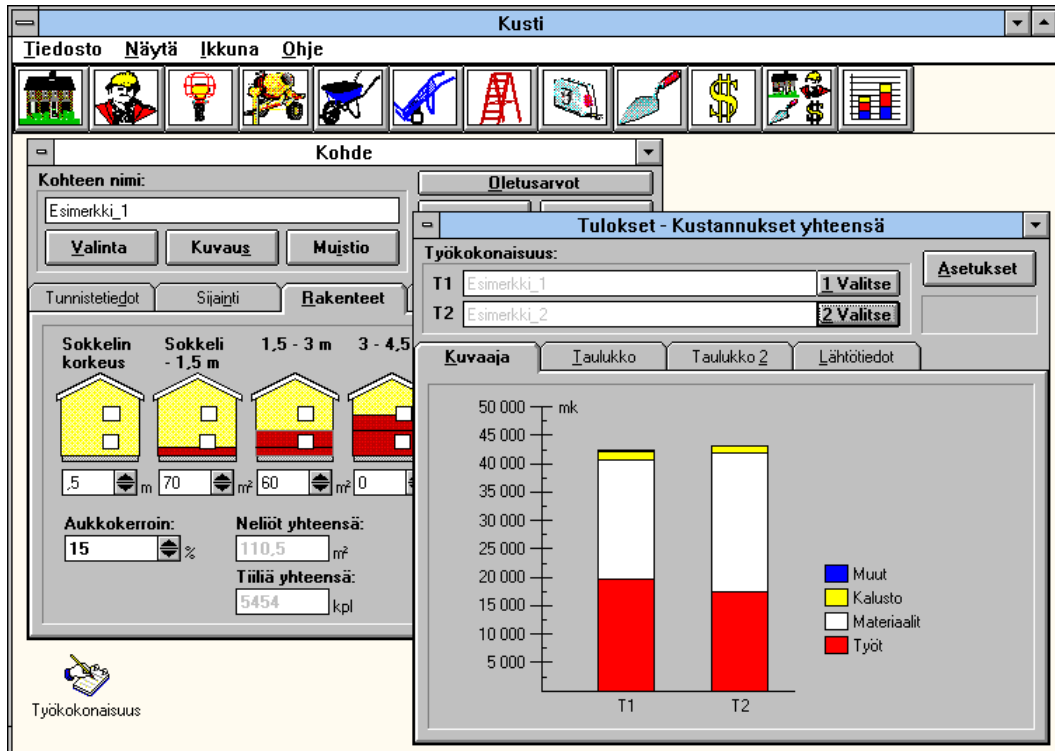
Puh. (931) 316 3411

Fax (931) 316 3445

e-mail:Hannu.Koski@vtt.fi



# MUURAUSTYÖN SUUNNITTELUOHJELMA KUSTI



Kusti-tietokoneohjelmalla valitaan muuraustyöhön sopivat menetelmät ja kalusto sekä lasketaan työmenekit ja kustannukset. Ohjelmalla voidaan optimoida työ-, materiaali- ja kalustokustannukset. Työntekijöiden tehokas ajankäyttö suunnitellaan jakamalla töitä muurarien ja aputyöntekijöiden kesken. Ohjelma ottaa huomioon työn kestoon sidonnaiset tehtävät ja kustannukset.

Kustia voi käyttää

- tehokkaiden menetelmä- ja kalustokokonaisuuksien sekä työntekijäryhmien määrittämiseen
- kohdekohtaisten kustannus- ja työmenekkilaskelmien tekemiseen.

Yksityiskohtaisempi kuvaus on Pientalomuurauksen kehittämisen -raportin kohdassa 8.2.

Ohjelmaa koskevat tiedustelut:

VTT Rakennustekniikka

Tuotantotalous ja -tekniikka

Juhani Nummi

Puh. (931) 316 3443

Fax (931) 316 3445

e-mail: Juhani.Nummi@vtt.fi

# MUURARIKYSelyn TIIVISTETYT TULOKSET

“Pientalomuurausten kehittäminen” -projektiin liittyen lähetettiin helmikuussa 1994 kysely noin tuhannelle muurarille. Kyselyn tarkoituksena oli löytää uusia ideoita sekä jo kokeiltuja ratkaisuja materiaalien siirtoihin, telineisiin, laastin valmistukseen sekä työvälineisiin ja -menetelmiin. Maaliskuun puoliväliin mennessä saatiin 57 vastausta. Monissa vastauksissa tuotiin esille ongelmia ja kehitystarpeita, mutta etenkin käsityökaluista saatiin konkreettisia parannusehdotuksia.

Alla on esitetty ryhmiteltynä saadut kommentit ja ideat. Teksti ei ole kielellisesti viimeisteltyä, vaan useimmat lauseet ovat suoria lainauksia vastauksista.

<p><b>Siirrot</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• paljut voi nostaa häkillä ylös</li><li>• olisi kehitettävä pienikokoinen trukki, jolla voitaisiin nostaa sekä tiilet että laasti (trukissa pitäisi olla lisälaitteena sekoitin, josta laasti jaettaisiin paljuihin)</li><li>• olemme apureiden kanssa todenneet käyttökelpoiseksi ns. "kamakiskon". Sen avulla nostamme tarvikkeita telineelle. Kiskon voi asentaa joko kohtisuoraan telineitä kohden, jolloin nosto tapahtuu yhdestä kohdin ja tarvikkeet jaetaan telineillä kantaen tai kärryllä.</li><li>• laastin kuljetukseen kärry, jonka neljä rengasta pyörivät joka suuntaan helpottaen työntämistä. Kärryn kehikko tehdään esim. profiiliputkesta hitsaamalla. Neliskulmainen palju lasketaan kehikkoon ja se jää reunoista paikalleen.</li><li>• tiilihisestä voisi kehittää myös mataliin nostoihin, pieniin työkohteisiin ja ilman sähköä toimiviksi. Nosto taljalla, kääntö telineelle saranoilla, mukana tiilikärryt.</li><li>• tiilikärryjen renkaat täyskumisiksi, koska nykyiset puhkeavat helposti</li><li>• piipun korjauksessa pitäisi saada parempia ideoita siirtää tiiliä katolle muullakin kuin narulla ja ämpärillä</li><li>• Haki-telineeseen olisi kehitettävä kevytrakenteinen vinssi tai väkipöyräsystemi, jolla voisi vetää laastiämpärin telineelle.</li><li>• tiilikärryn piikit pitäisi olla jonkun verran pidemmät</li><li>• tiilikärryyn voisi myös asentaa vajjerit, jotka olisi helppo laittaa tiililetkan ympäri kaatumisen estämiseksi</li><li>• ulkopuolen nostoihin kurottaja, sisäpuolella tiilikärry tai trukki.</li><li>• suurehko määrä tiiliä on halvempi nostaa telineelle trukilla kuin heittelemällä käsin.</li><li>• tavarankiirrot ja telineet ovat suurin ongelma työmailla.</li></ul> <p><b>Laasti ja laastinvalmistus</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• hiekkaa ja sementtiä ei pitäisi sekoittaa valmiiksi. Pölyhaitta; hankala käsitellä; kokkareita laastissa.</li><li>• akkukäyttöinen vispilä, joka kestää käytössä koko päivän</li><li>• pienimmät laastimäärät on helpointa sekoittaa porakonevispilällä.</li><li>• suosittelun Parmua ja hiekkaa, koska se on isännälle halvempaa kuin valmislaasti ja sillä on parempi muurata.</li><li>• betonimylly on paras laastintekoväline</li><li>• laastin valmistuksessa tasosekoitin on paras</li><li>• pitäisi kehittää pienimuotoinen laastiasema, koska suursäkit ovat tulleet jäädäkseen.</li><li>• sementtisäkeissä saisi olla varoituksia ym. valistusta</li><li>• laastimyllyt saisivat olla pakkosekoittimia, koska laasti valmistuisi nopeammin ja olisi tasalaatuisempaa.</li><li>• markkinoilla olevat valmislaastit ovat huonoja työstöominaisuuksiltaan, koska niiden runkoaineena käytetään kivimurskaa. Säkkiä liikutellessa niiden koostumus muuttuu.</li></ul>	<p><b>Telineet</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• telineen korkeus joustavammaksi (konsoliteline)</li><li>• telineiden pitäisi olla kevyet alumiiniset, joissa olisi kaksi tasoa ja tiilet sekä laasti 30-40 cm ylempänä muurarin tasoa (n. 60 cm leveä)</li><li>• telinetason voisi nostaa hydraulinostimella. Tällöin linjalanka nousisi hydraulinostimen mukana aina oikealla korkeudella.</li><li>• päällekkäin pinottavat rautapukit ovat käyttökelpoisia telineinä</li><li>• telinelavat voisivat olla alumiiniverkkoa, roiskehaitta poistuisi ja verkolla liukastumisvaara olisi pienempi.</li><li>• Haki-telineisiin suojakatos sadepäiviä varten</li><li>• pitäisi kehittää alumiinista kevyt, helposti koottava työtaso katolle.</li><li>• kevyet metallitelineet on pienrakentamisessa kätevä, koska ne on kevyet ja nopeat siirtää.</li><li>• Haki-telineet olisi telinelaakiin muurattaessa paras jättää olkapään korkeuteen (jännetuppitulehduksen takia) eli korkeussäätörakseja lisää.</li><li>• Haki-telineessä olisi olla hyvä kaksiosainen korkeus, jolloin laastit ja tiilet olisivat jalkatasoa ylempänä.</li><li>• telinekorkeus 150 cm on epäkäytännöllinen.</li><li>• tiilet ja laasti pitäisi saada esim. 40 cm korkeammalle kuin muurari.</li><li>• väliseinämuurauksiin kehitettävä siirrettävä eritasoteline.</li><li>• telineen tekeminen on joka kohteessa aina uusi homma</li></ul> <p><b>Tiilen katkaisu</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• tavallinen tiileikkuri ei tee suoraa palaa ainakaan reikätiileen. Rälläkkä on aika vaarallinen leikata. Pölyhaitta on melko suuri.</li><li>• olisi kehitettävä kevyt sahamalli, jonka voi esim. kuljettaa mukanaan.</li><li>• giljotiinileikkuri pitäisi ehdottomasti saada kevyemmäksi.</li><li>• kehitettävä paineilmalla toimiva tiileikkuri</li><li>• kehittänyt pöydän ja kiinnityslaitteen kulmahiomakoneelle, jota käytetään tiilien katkaisuun (voidaan käyttää myös kivilaattojen katkaisuun, katkaisun säätö kahdessa eri suunnassa).</li><li>• kehitettävä pieni vesikäyttöinen tiilisirkkeli</li><li>• kehitettävä tiileikkuriteline, johon saa oman rälläkän kiinnitettyä</li><li>• tiileikkuriin olisi kehitettävä sahauslaite, jolla saisi muotoilla minkälaisia paloja tahansa</li></ul>
---	--

## Pientalomuurausten kehittäminen

### Mittaustarvikkeet ja -apuvälineet

- Amutekin ovitoppareihin 10 mm:n mutterit (nykyiset eivät kestä)
- Amutekin kulmaohjaimiin pitäisi asentaa kumijalka, jotta se pysyisi paremmin paikallaan betonilattiassa
- sisäkulmien ohjureiden yläpään asennettu sarana mahdollistaa sisäkulman saamaamisen muurausten kanssa samanaikaisesti
- ovitopparit nopeuttavat muuraustyötä
- alumiiniohjurit eivät toimi, liian veteliä. Ei pysty eri tasoissa muuraamaan nurkan takana, langan kiinnitys ei luista
- kun ohjurit kiinnitetään 50 mm pitkillä kipsiruuveilla, ne on helppo aukaista akkuporakoneella heti telinekeruuden valmistuttua ja saa saumattua samantien.
- nurkan muurauksessa käytettävän tukilaudan voisi varustaa säädettävällä teleskoopituella.

### Muut apuvälineet ja tarvikkeet

- painonostajan vyö uumalle säästää selkää
- muovista tiilikinnikettä (ramla) ei ole viisasta kiinnittää kuuden tuuman kampanaulalla. Niiden hakkaamiseen kuluu liikaa aikaa ja runko tärisee niin, että alimmat kinnikkeet löystyvät. Kolmen tuuman naula on riittävä.
- muurarin sormenpäistä kuluu helposti nahka pois ja sormet ovat usein verillä. Pitäisi kehittää joustavat, kestävät ja riittävän ohuet hanskat.
- urakan mittaaminen ohjelmoitavaa taskulaskinta apuna käyttäen (kirjoittaja tehnyt laskin- ja ohjelmaehdotuksen).
- paljon alle pari letkan pohjaa ristiin, ne ovat hyvä koroke
- paljulle oikeankokoinen pukki (maasta paljon pohjalle n. 70-80 cm).
- laastipaljutelineen alla tarvittaisiin toisinaan pyöriä
- talvimuurauksessa olisi hyvä sellainen lämpöpalju, joka liikkuisi renkailla ja jossa olisi sähkötoiminen sekoitin.
- laatoituksen kaivoihin tehty laattanelö voisi olla pyöreä, niin jakoja ei tarvitsisi tehdä aina kaivon mukaan.
- nykyinen kypärä ei ole hyvä (kirjoittaja on esittänyt parannusehdotuksia).
- käyttänyt vuosia tiilentartuntalaitetta, joka säästää kättä.
- keraamisiin laattoihin saadaan koloja ja reikiä rautasahaan kiinnitettävällä lankaterällä.
- kirjoittajalla ehdotus liesiluukun kehittämisestä
- ohutsaumamuurauksessa käytettävä palju pienemmäksi (pyöreä, korkeus 15-18 cm, leveys 35-40 cm, kunnan kahvat molemmille puolille paljua).

### Muurauskauha, saumarauta ja saumaus

- kauhan malli sellaiseksi, että paino pois ranteelta.
- saumaraudan pitäisi olla tasapainoinen ja kevyt käsitellä.
- saumaraudan leveyden pitäisi olla 13 mm.
- käytän muurauskauhassa kumista kahvaa, joka ei pyöri eikä luista kädessä
- lisäksi kahvan päässä voisi olla esim. vasaramuovista tai jostain muusta kovasta materiaalista valmistettu "hela", jolla voi muurattaessa naputtaa tiiltä paikalleen
- käytössä saumarauta, joka on tehty vesijohtoputkesta ja harjateräksestä.
- käytössä moduulitiille muurauskauha, joka on tehty sahante-rästä ja vanhan muurauskauhan varresta hitsaamalla.
- saumaraudan materiaali sellaiseksi, josta ei tartu mustaa väriä vaaleisiin laasteihin.
- sähköputkesta voi helposti tehdä saumaraudan, jolla saa kvartsin valkoiseen siistin kourusauman.
- muurauskauhan kädensija voisi olla muovista, koska puu ravistuu ja alkaa pyöriä pian kädessä.
- värillistä laastia saumattaessa on nailoni hyvä (halvalla esim. nailonisesta leikkuulaudasta sahaamalla).
- saumaraudan muoto pyöristetynä nopeuttaa työtä varsinkin pystysaumoissa
- moduulitiilimuuraukseen kehitettävä kauhan muotoa (liitteenä kuva).
- muurauskauhan varren saisi kiinnittää paremmin.
- saumaustyöhön voisi kehittää jonkinlaisen paineella toimivan saumauskoneen. Esim. ilmanpaine työntää mäntää, joka lykkää sauma-aineen avosaumaan. Työ helpottuu ja kevenee. Lopullinen pinta saumaraudalla käsipelin.
- saumarauta pitäisi tehdä sellaisesta aineesta, joka ei tummentaisi saumaa, kun muurataan vaalealla laastilla.
- sauman kuivuttua liikaa pitäisi olla esim. seinään ruiskutettava aine, joka ei kuitenkaan valuttaisi tai sottaissi puhtaaksi muurausta

## YRITYSTEN YHTEYSTIETOJA

AMUTEK KY  
Aatto Määttä  
Harjuntie 57  
45360 Valkeala  
puh. (951) 325 0503

E. VUORIO KY  
Volker Paulus  
Kolmas Linja 17  
00530 Helsinki  
puh. (90) 753 5311

KARAATTI RAKENNE KY  
Markku Savolainen  
Aromäentie 65  
07170 Pornainen  
puh. 949 544 366

NIEMEN TAKKA OY  
Onni Niemi  
Lohjansaarentie 938  
08800 Kirkniemi  
puh. (912) 349 289

OPTIROC OY  
Markku Laine, Timo Rautanen  
Pronssitie 1  
00440 Helsinki  
puh. (90) 503 71

OY ROBONIC LTD  
Jorma Oksanen  
Kanslerinkatu 8  
33720 Tampere  
puh. (931) 316 5700

STEAMRATOR OY  
Matti Laakso  
52300 Ristiina  
puh. (955) 458 155

TALHU OY  
Kai Kuusela  
Ylästöntie 10-12  
01150 Vantaa  
puh. (90) 870 2034

TAMPEREEN AGENT OY  
Ossi Sutinen  
Hatanpään valtatie 11  
33100 Tampere  
puh. (931) 214 7271

TIILERITEHTAAT  
Heikki Perkiö  
Jousitie  
20760 Piispanristi  
puh. (921) 242 1368

SUOMEN TIILITEOLLISUUSLIITTO R.Y.  
Jukka Suonio  
Laturinkuja 2  
02600 Espoo  
puh. (90) 519 133

VTT RAKENNUSTEKNIikka  
Hannu Koski, Juhani Nummi  
Tekniikankatu 1  
33720 Tampere  
puh. (931) 316 3111