



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R113:1983

Transport av flytbetong

Teknisk och ekonomisk analys

Kaj Ringsberg

Per-Ivar Sellergren

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac <i>ser</i>

*R
AHV*

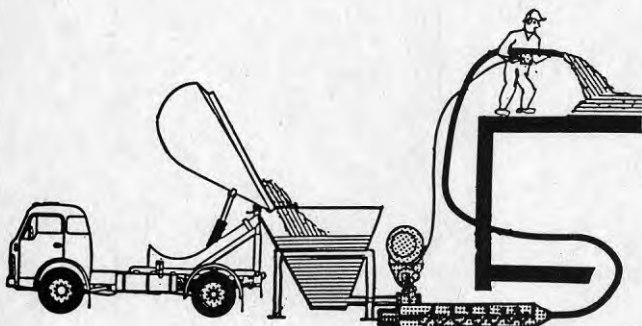
Byggforskningsrådet

R113:1983

TRANSPORT AV FLYTBETONG

Teknisk och ekonomisk analys

Tekn.dr. Kaj Ringsberg
Civ.ing. Per-Ivar Sellergren



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
810411-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till ILAB, Industriell Logistik AB, Mölndal

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R113:1983

ISBN 91-540-4004-3
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
LiberTryck Stockholm 1983

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	13
2.	MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR	14
2.1	Mål	14
2.2	Avgränsningar	14
2.3	Resultatanvändning	16
3.	TEKNISKA MÖJLIGHETER FÖR NYA IDEER	17
3.1	Sex nya blandningsutrustningar	17
3.2	Egenfrekvensvibrator-blandning genom vibrering	17
3.2.1	Teknisk beskrivning	17
3.2.2	Expertisen tveksam men positiv	18
3.2.3	Principitest gav positivt besked	19
3.2.4	Teknisk risk - egenfrekvensen måste bestämmas	20
3.3	Blandningsskruv för trågbil	22
3.3.1	Teknisk beskrivning	22
3.3.2	Expertisen anser skruvblandning möjlig	23
3.3.3	Teknisk risk - begränsad vid beprövad teknik	23
3.4	Gummibälgsblandare för trågbil	24
3.4.1	Teknisk beskrivning	24
3.4.2	Expertisen mycket tveksam	24
3.4.3	Teknisk risk - stor vid ny teknik	25
3.5	Blandningspump för trågbil	26
3.5.1	Teknisk beskrivning	26
3.5.2	Expertisen tror idén kan fungera	27
3.5.3	Teknisk risk - mindre än för egenfrekvens större än för skruvblandning	27
3.6	Blandningspump med doserare för intertransport	27
3.6.1	Teknisk beskrivning	27
3.6.2	Expertisen ser juridiska och tekniska problem	28
3.6.3	Teknisk risk - stor	29
3.7	Blandningsskruv med doserare för intertransport	29
3.7.1	Teknisk beskrivning	29
3.7.2	Expertisen ser även här juridiska och tekniska problem	30
3.7.3	Teknisk risk - förhållandevis stor	30
4.	GROVGALLRING BLAND NYA UTRUSTNINGAR	31
4.1	Teknisk värdering	31
4.2	Teknisk sammanställning och gallring bland de sex nya blandn.utrustningar	34
5.	KONTAKTER MED TILLVERKARE OCH LEVERANTÖRER	36
5.1	Utrustningsleverantörer	36
5.2	Betongleverantörer	36
5.3	Intresse över att medverka vid prototyptest	37

6.	KOSTNADER FÖR NYA UTRUSTNINGAR	38
6.1	Beräkningssätt	38
6.2	Egenfrekvensvibrator för trågbil eller ficka	38
6.2.1	Jämförande ekonomi	38
6.2.2	Förväntat pris	38
6.3	Blandningsskruv för trågbil eller ficka	39
6.3.1	Jämförande ekonomi	39
6.3.2	Förväntat pris	39
6.4	Blandningspump med doserare	41
6.4.1	Jämförande ekonomi	41
6.4.2	Förväntat pris	41
6.5	Blandningsskruv med doserare	42
6.5.1	Jämförande ekonomi	42
6.5.2	Förväntat pris	42
7.	KOSTNADER FÖR DAGENS UTRUSTNINGAR	43
7.1	Trågbil och roterbil	43
7.1.1	Beskrivning	43
7.1.2	Kostnadskalkyl	45
7.1.3	Transportkostnaden är starkt beroende av transportsträcka och transportcykel	46
7.2	Roterbil med pump	47
7.2.1	Beskrivning	47
7.2.2	Kostnadskalkyl	49
7.3	Roterbil med band	49
7.3.1	Beskrivning	49
7.3.2	Kostnadskalkyl	51
7.4	Fabriksblandare	52
7.5	Fast betongficka (containers)	53
7.6	Hydraulficka	54
7.7	Roterblandare	55
7.8	Slasränna	56
7.9	BM-kran med gripskopa	57
7.10	Kran med bask	58
7.11	Pumpbil	59
7.12	Bandtransportör	60
8.	OLIKA KOMBINATIONER AV UTRUSTNINGSS- ALTERNATIV	61
8.1	Tre huvudalternativ vid flytmedels- tillsättning	61
8.2	Faktorer som påverkar val av alt.	61
8.3	Alternativa utrustningskombinationer	61
8.3.1	Före transport	61
8.3.2	Under transport	62
8.3.3	Efter transport	63
9.	SYSTEMKOSTNADER VID OLIKA KOMBINATIONER	65
9.1	Definitioner	65
9.1.1	Fasta kostnader vid etablering	65
9.1.2	Rörlig kostnad	66
9.1.3	Personalkostnad	66
9.1.4	Kapacitet	67
9.2	Kombinationsschema	67
9.3	Databeräkning av systemkostnaden	69
9.4	Dagens bästa alternativ	71
9.4.1	Dagens bästa alternativ vid total gjutvolym 20 m ³	73

9.4.2	Dagens bästa alternativ vid total gjutvolym 100 m ³	75
9.4.3	Dagens bästa alternativ vid total gjutvolym 1.000 m ³	77
9.5	Bästa alternativ bland dagens och nya kombinationer	80
9.5.1	Bästa alternativ vid total gjutvolym 20 m ³	80
9.5.2	Bästa alternativ vid total gjutvolym 100 m ³	82
9.5.3	Bästa alternativ vid total gjutvolym 1.000 m ³	84
9.6	Bästa alternativ vid hög gjuthöjd	87
9.6.1	Bästa höghöjdsalternativ vid total gjutvolym 20 m ³	90
9.6.2	Bästa höghöjdsalternativ vid total gjutvolym 100 m ³	92
9.6.3	Bästa höghöjdsalternativ vid total gjutvolym 1.000 m ³	94
10.	TEKNISK OCH EKONOMISK SAMMANSTÄLLNING	97
10.1	Sammantagen teknisk och ekonomisk värdering	97
10.2	Val av utrustning vid olika förutsättningar	99
10.3	Slutsatser	104
10.3.1	Vid konventionell teknik	104
10.3.2	Vid ny teknik	104
11.	REKOMMENDATIONER	105
11.1	Rekommenderade alternativ	105
12.	ARBETSGÅNG FÖR EGNA JÄMFÖRELSE AV ALTERNATIV	106
12.1	Arbetsgång då hittills redovisade indata är aktuella	106
12.2	Arbetsgång vid egna indata	106
13.	KONTAKTPERSONER OCH FÖRETAG	107
14.	LITTERATUR	109

BILAGOR

"Transport av flytbetong" har finansierats av BFR-Statens Råd för Byggnadsforskning och utförts av ILAB-Industriell Logistik AB.

Projektet har genomförts av civ.ing. Per-Ivar Selligren (utredare) och tekn.dr. Kaj Ringsberg (projektledare) båda vid ILAB-Industriell Logistik AB i Mölndal.

En välorienterad stödgrupp med följande representanter från entreprenadföretag, betongfabrik och arbetsmiljösektorerna har starkt bidragit till redovisade slutsatser.

Göran Bjursten, f.d VD Nessen Bygg AB
Sven Davidsson, betongkonsult
Bo Glimskär, BEL-Byggergonomilaboratoriet
Per-Erik Höglund, BEL-Byggergonomilaboratoriet
Rolf Hörnfelt, ABV's Stockholmsdistrikt
Kaj Ringsberg, ILAB-Industriell Logistik AB
Åke Westlund, Betongindustri AB
Per-Ivar Selligren, ILAB-Industriell Logistik AB

Mölndal, mars 1983

Per-Ivar Selligren
Kaj Ringsberg

SAMMANFATTNING

Färsk flytbetong, som erhålles genom inblandning av flytmedel i normalbetong, kännetecknas av mycket goda flytegenskaper. Den lösa konsistensen bibehålles dock endast en kort tid (flyttid ca 30 minuter) efter tillsättningen av flytmedlet. För att de tekniska, ekonomiska och miljömässiga fördelarna med flytbetongen rätt skall kunna utnyttjas måste därför gjutning ske så fort som möjligt efter tillsättningen.

Den disponibla tiden är till avgörande del avhängig transportsystemet från fabrik till gjutform. Detta innebär att en fabriksblandad flytbetong måste transporteras snabbt till byggarbetsplatsen, eller också måste tillsättningen ske senare. Tillsättningen kan därför i princip ske vid tre olika tillfällen:

- a) före transport (i fabrik)
- b) under transport (på betongbil)
- c) efter transport (på byggarbetsplats)

Idag sker, så gott som uteslutande, tillsättning före transport. Detta är emellertid inte alltid det bästa alternativet. Beroende på gjutobjektets storlek, tillgänglig utrustning, gjuthastighet och gjuthöjd finns andra bättre alternativ som kan innebära tillsättning under eller efter transport. För detta krävs emellertid nytveckling.

Vid jämförelser mellan konventionell roterbil och trågbil för transport av fabriksblandad flytbetong, ger alltid roterbilen bättre tekniska förutsättningar för en bra flytbetong, medan den å andra sidan kostar ca 25% mer per m^3 -flytbetong vid lika utnyttjandegrad. De främsta anledningarna till roterbilens merkostnad är dess lägre lastkapacitet och högre kapitalkostnad.

Sker däremot tillsättning i roterbilen under transport, är den ekonomiskt fördelaktigare än den konventionella trågbilen, större är inte kostnadsskillnaden.

Det bästa transportsystemet för flytbetong skulle således ha roterbilens tekniska fördelar och trågbilens ekonomiska fördelar. Sex sådana utrustningar har analyserats i projektet

- a) Egen- (resonans)-frekvensvibrator för trågbil eller betongficka
- b) Blandningsskruv för trågbil eller betongficka.
- c) Gummibälgsblandare för trågbil
- d) Blandningspump för trågbil
- e) Blandningspump med doserare för internttransport
- f) Blandningsskruv med doserare för internttransport

Vid inbördes teknisk jämförelse mellan dessa, har utrustningarna f och e befunnits ha det högsta tekniska värdet, samtidigt som de har en hög teknisk utvecklingsrisk. Alternativ b har låg teknisk risk men ett måttligt tekniskt värde.

Flera leverantörer av liknande transport-blandnings-utrustningar har vid kontakter visat starkt intresse av att medverka vid prototypframtagningar och tester av de nya utrustningarna.

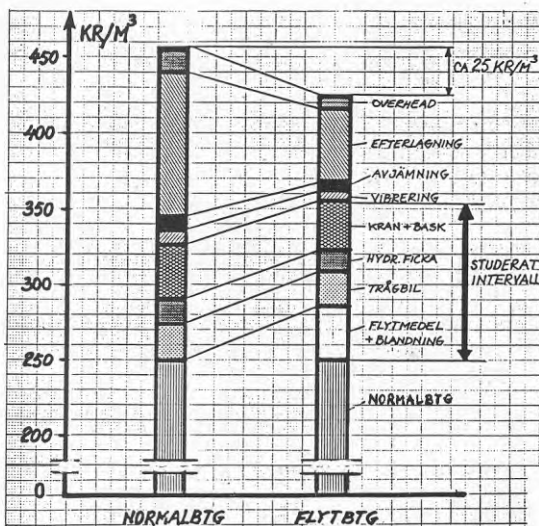
Vid betongleverantörers och byggares val av transportsystem bör de totala tekniska egenskaperna och totalkostnaden vara avgörande för vilka utrustningar som skall väljas för ett specifikt byggobjekt. Till transportsystemets viktigaste tekniska egenskaper hör praktisk gjuthastighet och gjuthöjd, dessutom påverkas valet av gjutobjektets storlek.

Till transportsystemets ekonomiska faktorer hör

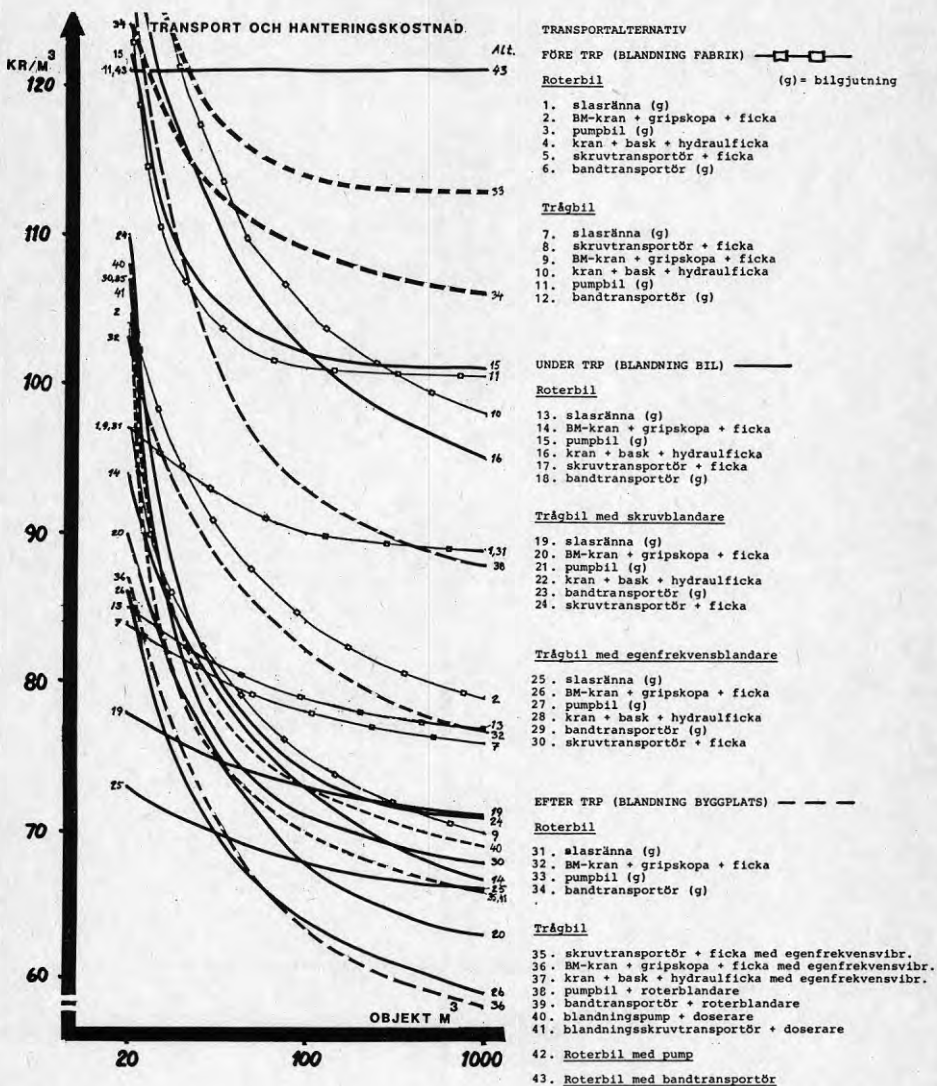
- etableringskostnad för utrustningar
- dagskostnad för utrustningar
- personalkostnad

som också är avhängigt gjutobjektets storlek.

För att studera effekterna av olika utrustningskombinationer för transport och hantering av flytbetong, med såväl dagens som nya utrustningar, har 43 olika kombinationer studerats, vardera vid 5 gjuthastigheter och 3 storlekar på gjutobjekt. Det studerade kostnadsintervallet åskådliggörs i ett exempel nedan för "fabriksblandad flytbetong i trågbil, kombinerad med hydraulficka och kranbask", dvs kostnaderna för all hantering och transport från fabrik till gjutform.



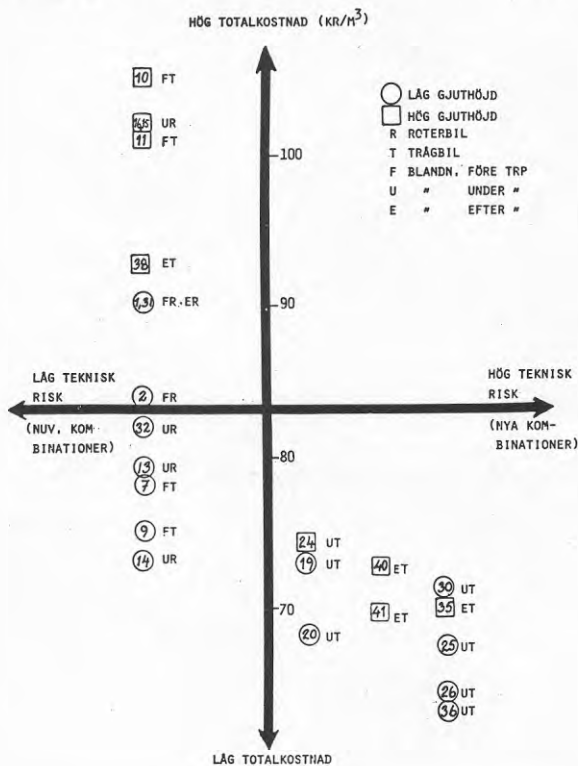
De 43 tänkbara utrustningsalternativen och transport- och hanteringskostnader för de totalt bästa kombinationerna vid gjuthastigheten 80 m³/dag kan utläsas i nedanstående diagram.



Vid denna ekonomiska jämförelse visar de nya utrustningarna med egenfrekvensblandning i trågbil resp. i ficka de lägsta totalkostnaderna i kombination med BM-kran och gripskopa. Även trågbil med skruvblandare för blandning under transport, kombinerad med BM-kran visar god ekonomi vid större objekt, medan slasrännan från trågbil med blandning under transport är ekonomiskt motiverbar för mindre gjutobjekt. Noterbart är att bästa konventionella kombination, roterbil med slasrännan för blandning under transport, först placerar sig på sjunde plats.

Ingen av dessa kombinationer klarar emellertid gjutning på högre höjder. De utrustningsalternativ som då är tänkbara, för gjuthöjder över 15 m, är främst trågbil, med tillsättning efter transport i skruvtransportör eller i ficka med egenfrekvensvibrator. I båda dessa alternativ svarar skruvtransportör för interntransport. Bästa konventionella alternativ för höghöjds gjutning är trågbil med blandning efter transport i byggplatsmixer och pump för interntransport. Det konventionella alternativet kostar ca 25% mer än skruvtransportörsalternativet.

De nya utrustningskombinationerna är förknippade med olika tekniska utvecklingsrisker som bör ingå i en övergripande teknisk-ekonomisk värdering som nedan.



Störst utvecklingsrisk får egenfrekvensblandning (alt. 36, 26) anses ha, samtidigt som den ger lägst totalkostnad. Inblandning i pump och transportskruv (41, 40) har förhållandevis låg risk till relativt låg kostnad. Minst utvecklingsrisk har den rena blandningskruven som dessutom ger låg kostnad.

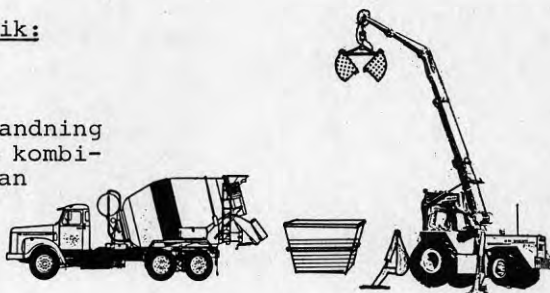
Dagens utrustningskombinationer har ingen teknisk utvecklingsrisk, varför enbart den ekonomiska värderingen är avgörande för val av alternativ.

Efter den övergripande tekniska och ekonomiska värderingen av dagens resp. dagens och nya utrustningskombinationer kan följande alternativ rekommenderas, som ger såväl god ekonomi som teknik vid olika storlekar på gjutobjekt.

Vid dagens teknik:

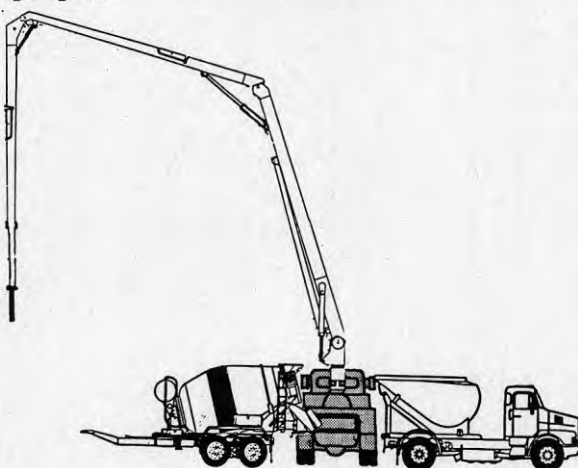
Låg gjuthöjd

roterbil för blandning under transport kombinerad med BM-kran



Hög gjuthöjd

Trågbil och mixer (fast roterblandare) för blandning efter transport kombinerad med pumpbil

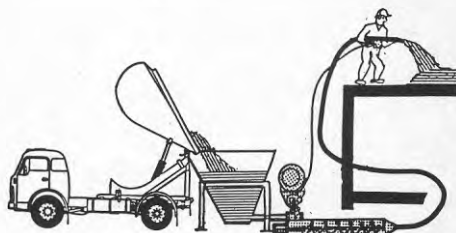


Vid ny teknikLåg gjuthöjd

Trågbil med skrubblandning under transport kombinerad med BM-kran.

Hög gjuthöjd

Trågbil kombinerad med blandningsskrubtransportör



De nya transportsystemen innebär en kostnadsbesparing på ca 6% för låggjutningsalternativet och ca 25% för höggjutningsalternativet, jämfört med dagens system. Det nya höggjutningsalternativet kan givetsvis också användas vid låghöjds gjutning, och ger då en kostnadsbesparing på drygt 3% jämfört med dagens bästa låggjutningsalternativ.

1. BAKGRUND

Transport och blandning av flytbetong sker idag ofta improviserat och orationellt, främst beroende på att erfarenhet och rekommendationer saknas.

ILAB erhöll därför i uppdrag av BFR att i form av en förstudie studera vilka möjligheter som fanns att genom transportutveckling förbättra denna situation.

I den av ILAB genomförda förstudien konstaterades därvid främst:

- o roterbil kan användas i nuvarande utförande för transport av flytbetong och manuell inblandning av flytmedel
- o trågbil kan användas för transport efter viss modifiering, och eventuellt för inblandning av flytmedel genom nyutveckling av utrustningar
- o om tillsättning sker efter transport t.ex. i samband med gjutning påverkas inte det nuvarande transportsystemet, utan hanteringen får utökad flexibilitet
- o ingen övergripande ekonomisk analys av transportsystemet från betongfabrik till gjutning på byggarbetsplats för flytbetong har gjorts
- o systemet för transport av flytbetong måste även vara applicerbart på normalbetong.

Det finns en rad tekniska lösningar för transport och hantering av flytbetong som borde vara intressanta att vidareutveckla.

2. MÅL OCH AVGRÄNSNINGAR

2.1 Mål

Målet med arbetet är att ange möjliga och rekommendera lämpliga transport- och hanteringsmetoder för flytbetong.

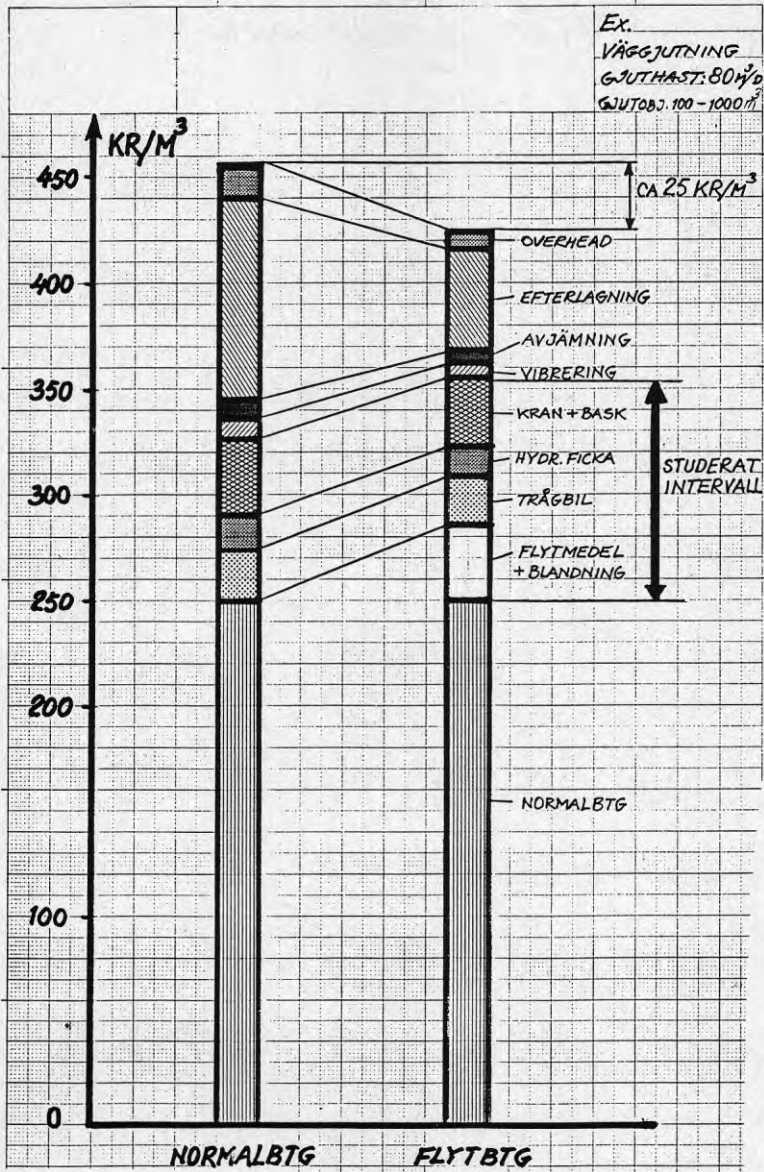
2.2 Avgränsningar

- a. Betong: Helflytbetong med sättmått 230-260 mm
- b. Transportkedja: All betongtransport och -hantering från betongleverantör till och med plats i gjutform.
- c. Aktiviteter och kostnader De aktiviteter som därmed omfattas av projektet är:
- externtransport från leverantör till byggplats
 - interntransport från betongbil till gjutställe
 - tillsättning och blandning med flytmedel med hänsyn till gjuthastighet, gjuthöjd, byggobjektets storlek och utrustningarnas kapaciteter.

De delkostnader som ingår för dessa aktiviteter är således kostnader för:

- personal;
- utrustning; kapital, drift och underhåll
- etablering

Kostnaderna avser juli 1982, och kan indexregleras enligt SBEF Maskinlista, över "kostnader för maskiner och utrustningar för byggnadsarbeten".



Figur 1 Exempel på avgränsat studerat intervall för hantering och kostnadsberäkningar i projektet

2.3 Resultatanvändning

Med denna rapport och i den redovisade slutsatsen skall alltså läsaren kunna

- o välja rätt kombination av utrustningar i samband med planering och projektering, transport och hantering av flytbetong
- o ha fått en sådan överblick av förekommande och tänkbara utrustningar och metoder att dessa och andra kommer till rätt användning och en vidareutveckling kommer till stånd.

3. TEKNISKA MÖJLIGHETER FÖR NYA IDEER

3.1 Sex nya blandningsutrustningar

Sex nya utrustningar för blandning av flytmedel i betong har utvärderats. Två av utrustningarna har varit avsedda för blandning under transport, och två för blandning efter transport. Övriga två utrustningar har utvärderats för såväl blandning under som efter transport. (Se tabell nedan)

I tabellen anges också hänvisning avsnitt i vilken utförligare beskrivning ges.

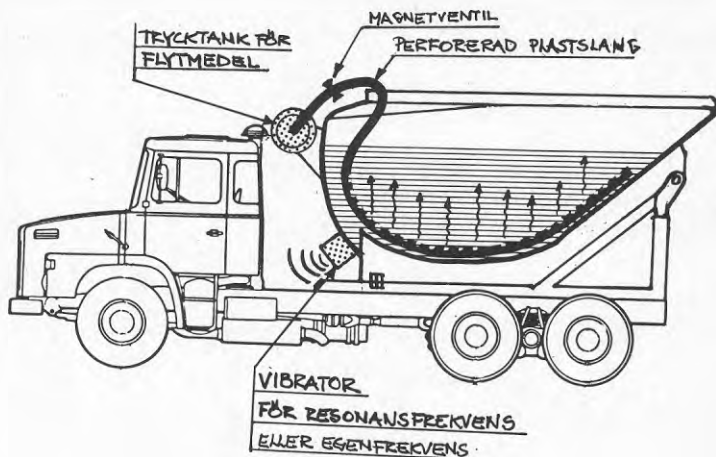
Utrustning	Blandning		Av- snitt
	under	efter	
1. Egenfrekvensvibrator för trågbil eller ficka	x	x	3.2
2. Blandningsskruv för trågbil eller ficka	x	x	3.3
3. Gummibälgsblandare för trågbil	x		3.4
4. Blandningspump för trågbil	x		3.5
5. Blandningspump med doserare för internttransport		x	3.6
6. Blandningsskruv med doserare för internttransport		x	3.7

Två av utrustningarna för blandning efter transport är också avsedda att transportera flytbetongen till gjutstället och ersätter således utrustningar såsom kran och bask, pumbil m.m.

3.2 Egenfrekvensvibrator-blandning genom vibrering

3.2.1 Teknisk beskrivning

Ett mycket enkelt sätt att blanda flytmedlet i betongen skulle vara att låta flytmedlets kristaller svänga med sin egenfrekvens. Vid dosering i t.ex. ett tråg kommer därmed inte betongen att vibrera (och kanske separera) utan endast flytmedlet. Eftersom flytmedlets kristaller har lägre densitet än betongens partiklar kommer flytmedlet att stiga i betongen under det att det successivt binds till betongen. Därför måste flytmedlet tillsättas underifrån, fördelat utmed hela bottenarean. Figur 2 visar principen för egenfrekvensvibratormonterad på en trågbil.



Figur 2 Trågbil med egenfrekvensblandare
(resonansfrekvens)

Vibratoren behöver inte vara större än en konventionell vibratorstav eller vibratoren på vibrobrygga. Den kan antingen placeras utanpå eller inuti tråget. För att kunna använda befintliga tråg kan t.ex. flytmedlet tillsättas genom perforerade slangar som sticks ner till trågbotten. Alternativt kan en perforerad matta fästas på trågbotten för att ge en så utbredd och jämn dosering som möjligt.

Andra lösningar kan vara att tillföra flytmedlet genom en vibratorstav. Den kanske enklaste metoden skulle vara att hälla i flytmedlet i tråget före betongen, och sedan vibrera med egenfrekvens strax innan framkomsten till byggarbetsplatsen.

3.2.2 Expertisen tveksam men positiv

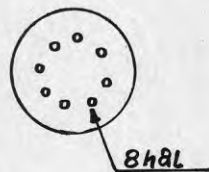
Efter telefonkontakter och personliga besök (se kap.14) med ett 20-tal experter från bl.a. betongtillverkare, utrustningstillverkare, entreprenörföretag och högskolor framkom att ingen kan avgöra om det går att få fram egenfrekvensen utan att göra praktiska försök eller bedriva grundforskning. En del av kontaktpersonerna trodde att idén inte var genomförbar, medan den klart övervägande delen var positiva, och ansåg att idén borde utvecklas och testas.

3.2.3 Principtest gav positivt besked

För att indikera att principen med egenfrekvensblandning är möjlig, utfördes en enkel test. Målet med testen var att konstatera om flytmedlet steg i betongen vid vibrering.

Vid försöket användes Cementa's flyttillsats V i 33%-ig lösning. Vibratorn var en konventionell vibrostav A62 med frekvensen 170 Hz. Denna frekvens är avpassad för att vibrera betongens partiklar och ligger med största sannolikhet mycket långt ifrån flytmedlets egenfrekvens. Ändå ansågs att frekvensen var tillräcklig för att studera flytmedlets beteende.

Betongen var trögflytande K400 med sten max 16 mm som hölldes i en cementring med volym 1 m³.



Figur 3 Tillsättning av flytmedel innan vibrering

Tillsättningen (1 l) gjordes genom ett rör som stacks ned på 8 ställen jämnt fördelat över betongytan. Innan tillsättningen hade betongen sättmåttet 6 cm. Efter tillsättningen vibrerades betongen 50 sekunder, då vätska kommit fram på ytan (bl.a. genom de hål som gjorts av röret). Denna vätska (ca 1 l), sannolikt delvis flytmedel sögs upp, varefter sättmått togs på den fasta betongen och befanns vara 11 cm. Därefter avlägsnades ett betongskikt på 30 cm, och ett nytt sättmått togs som nu var på ca 5 cm. Ytterligare betongskikt avlägsnades (50 resp 60 cm) vilka gav sättmått 4,5 resp 3 cm. Samtidigt kunde observeras att betongen var betydligt mer lättflytande på de ställen där röret stuckits ned.

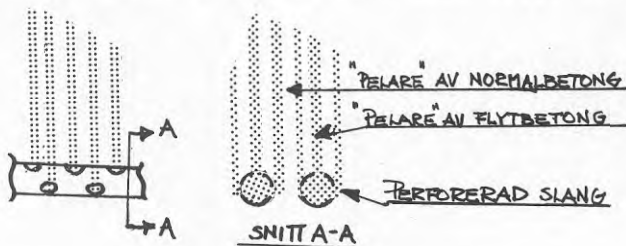
Testen visade att det är en olämplig metod att sticka ner rör och ovanifrån hälla i flytmedel, dels beroende på att flytmedlet stannar kvar i det vertikala hålet, dels att det är svårt att få ett jämnt skikt över bottenytan.

Testen visade också, trots att fel frekvens använts, att flytmedlet stiger i betongen under vibration och att flytmedlet binds till betongen där de kommer i vibrationskontakt. En del av förklaringen till de lägre sättmåtten i de undre skikten bör också vara tidsaspekten, då de sista sättmåtten togs efter ca 30 minuter.

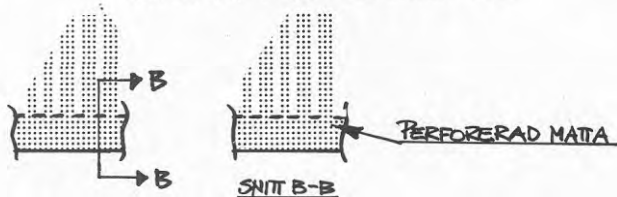
3.2.4 Teknisk risk - egenfrekvensen måste bestämmas

De tekniska problem som måste lösas är dels att finna flytmedlets egenfrekvens, eller andra resonansfrekvenser som ej påverkar ursprungsbetongen, dels att på ett acceptabelt sätt få flytmedlet injicerat och fördelat under betongen.

Konstruktionsmässigt skiljer sig inte en egenfrekvensvibrator från en vanlig vibrobrygga eller stavvibrator varför vibrodelen får anses vara förhållandevis enkel att lösa. Ett problem är däremot utformningen av injicerings sättet. Tillsätts flytmedlet i perforerade rör under betongen, kan det komma att bildas "pelare" av betong där inte flytmedlet passerar under stigningen (fig. 4) Om istället för rör en perforerad matta läggs på trågbotten kommer "pelartendensen" att minska, men troligen inte försvinna helt (fig. 5)



Figur 4 Stigande "pelare" av flytbetong vid tillsättning i perforerade rör



Figur 5 Tillsättning genom perforerad matta ger minskad pelartendens.

Ett sätt att eliminera "pelartendensen" skulle vara att först placera flytmedlet och sedan betongen i tråget. Risken är då istället att flytmedlet delvis kommer att lägga sig överst i tråget, när betongen lastas, med ojämn flytmedelsfördelning som följd.

Ett annat problem vid vibratorer på lastbilar är risk för utmattning hos tråg och bilkomponenter, samtidigt som förarmiljön kan försämrats. En del av vibrationerna kan elimineras genom dämpning, men problem kvarstår.

Kapaciteten för egenfrekvensvibratorn kan uppskattas genom jämförande logik. Vid vibrering av 1 m^3 normalbetong med vibrostav krävs 2 instick à ca 10 sekunder beroende på konsistens, innan vatten kommer upp till ytan, dvs ca $3 \text{ m}^3/\text{min}$ betong.

Vid egenfrekvensinblandning kan flytmedlet antas ha samma stigtid som vatten, varför kapaciteten för blandning troligen kommer att ligga på ca $3 \text{ m}^3/\text{min}$ (= $180 \text{ m}^3/\text{tim}$). Jämfört med den rekommenderade tiden för blandning i roterbil/stationär rotertrumma (40 varv, 14 varv/min, $4,5 \text{ m}^3 \Rightarrow 1,5 \text{ min}/\text{m}^3$) kräver egenfrekvensblandningen ca 1,5 min längre tid per m^3 . Eftersom egenfrekvensvibratorn med kringutrustning väger ca 0,2 ton, kommer bilens lastkapacitet att minska med ca $0,1 \text{ m}^3$ betong eller ca 2 %.

Den tekniska risken får således betecknas som stor, men om idén fungerar praktiskt skulle den lösa transportfrågan för flytbetong med trågbil.

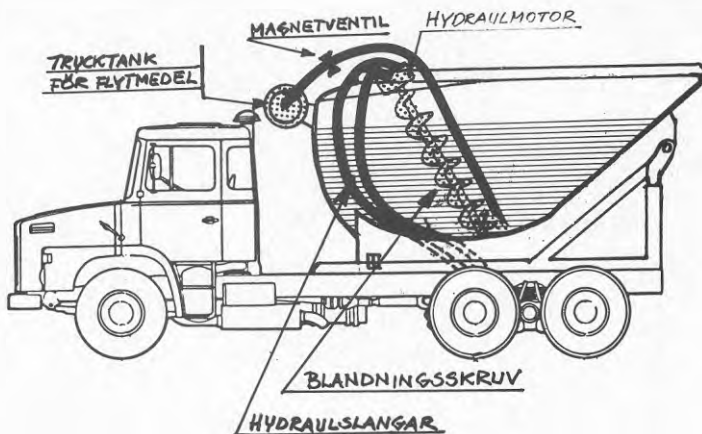
3.3 Blandningsskruv för trågbil (eller ficka)

3.3.1 Teknisk beskrivning

En mekanisk bearbetning och inblandning av flytmedel liknande den som sker i roterblandare skulle kunna uppnås om en skruvtransportör placerades i tråget. Därmed skulle också nackdelen med separation vid användande av trågbil försvinna. Försöka har tidigare genomförts, vilka ej lyckats pga att betongen närmast trågväggen ej blandas tillräckligt. Om istället skruven läggs öppen (utan ränna eller rör) i tråget och förses med stor stigning och stor diameter ökas dock förutsättningarna för en god blandning. Om dessutom skruvspetsarna har gummiavstrykare ökas kapaciteten samtidigt som slitaget minskar. Skruvblandaren bör vara lätt demonterbar i trågbilar för att lastkapaciteten skall ökas vid vanliga betong- eller grustransporter. Drivning av skruven kan exempelvis ske genom lastbilens tipphydraulik.

Tillsättningen av flytmedel bör ske i nära anslutning till skruvens början, så att flytbetongen blandas under transporten mot skruvens slutända. Alternativt kan flytmedlet tillsättas genom hål i skruvens mantel. Efter det att flytmedlet är tillsatt kan skruven fortsätta att rotera för att ytterligare blanda flytbetongen och minska risken för separation.

Figur 6 visar principen för en skruvblandare på trågbil.



Figur 6 Trågbil med skruvblandare

3.3.2 Expertisen anser skruvblandning möjlig

Samma personer som uttalat sig om egenfrekvensvibratören fick också lämna synpunkter på skruvblandningen. Så gott som samtliga trodde att skruven skulle kunna blanda flytbetongen tillräckligt. Det fanns dock avvikande meningar. En ansåg att flytmedlet inte blandas eftersom betongen enbart glider längs mantelytan utan omrörning. En annan ansåg att problemet kvarstår med otillräcklig blandning utmed tråkanterna.

Tidigare skruvblandare har enbart använts för trögflytande betong och således inte flytbetong, men eftersom ursprungsbetongen i flytbetong ofta är av finare kvalitet än normal trögflytande betong kommer sannolikt flytbetongen att vara lättare att blanda i skruv än normalbetong.

3.3.3 Teknisk risk - begränsad vid beprövad teknik

Skruvtransportören är en bland de vanligaste massgodstransportörerna i Sverige, vilket främst beror på det förhållandevis låga priset. Att den tidigare inte har använts vid betonghantering hänger till stor del ihop med materialets sega, adhesiva konsistens. När nu flytbetongen innebär förbättrade materialegenskaper borde också skruvens användningsområde kunna utökas.

Konstruktionsmässigt bygger en skruvblandare helt på beprövad teknik. Jämfört med egenfrekvensvibratören har den större energibehov, kortare livslängd och kräver mer underhåll. Den alstrar å andra sidan mindre buller och vibrationer.

Skruvkapaciteten är starkt beroende av skruvens lutning i tråget. Vid 15° lutning reduceras kapaciteten med 25% under det att effektbehovet ökar med 25%. En skruvtransportör avsedd för $40 \text{ m}^3/\text{tim}$ trögflytande massgod får en kapacitet på $30 \text{ m}^3/\text{tim}$ vid ca 15° lutning i tråget. Skruven bör lutas något eftersom gravitationskraften då hjälper till med blandningen i vertikalled, samtidigt som skruvrörelsen helt svarar för blandningen i horisontalled.

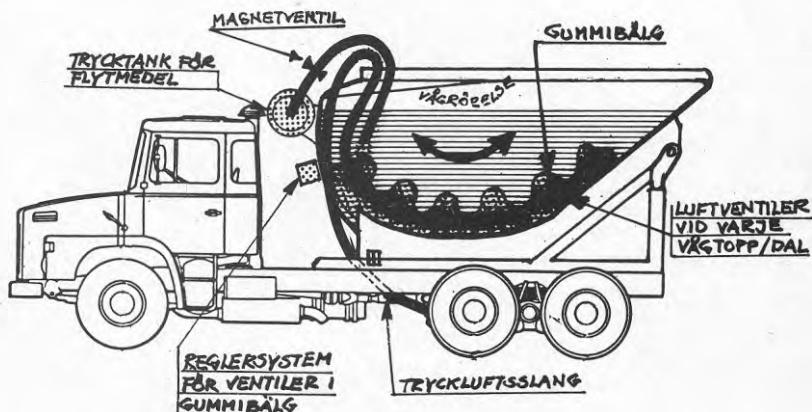
Med denna kapacitet skulle skruven klara att blanda flytmedlet i biltråget (5 m^3) på ca 10 minuter. I och med att blandningssystemet väger ca $\frac{1}{2}$ ton kommer trågbilens lastkapacitet att minska med ca 5%.

Den tekniska risken får betecknas som begränsad då inga nya komponenter ingår i konstruktionen. Den risk som föreligger är att betongen närmast trågväggen inte blandas tillräckligt.

3.4 Gummibälgsblandare för trågbil

3.4.1 Teknisk beskrivning

Principen för detta förslag är, en på ovansidan veckad gummibalg placerad i tråget, som kan fås att gå i vågor och på så sätt tumla om betongen. Vågrörelsen är tänkt att erhållas genom individuellt reglerbara tryckluftsinsläpp som i serie fyller respektive tömmer bälgens olika sektioner. Fördelen med detta system skulle vara att inga mekaniska komponenter påverkar rörelsen, vilket minskar slitage, buller och vibrationer. Dessutom skulle lastbilens pneumatiska system kunna förse bälgen med luft, eftersom luftvolymtillskottet kan hållas på en låg nivå. Figur 7 visar en trågbil försedd med gummibälgsblandare.



Figur 7 Trågbil med gummibälgsblandare

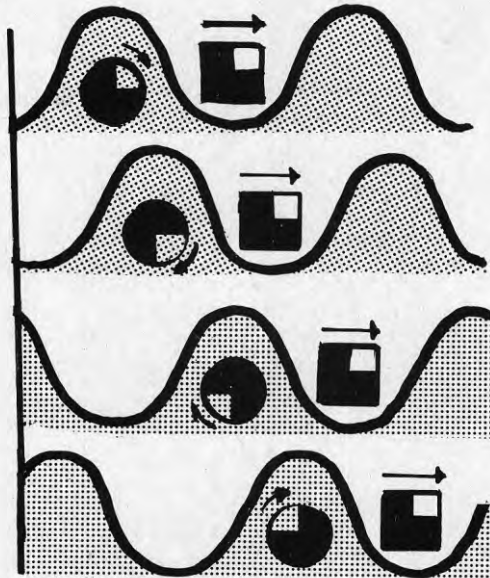
3.4.2 Expertisen mycket tveksam

De personer som kommit med synpunkter på gummibälgsblandaren har i huvudsak varit negativa. Risken för skvalpning tillsammans med komplicerade styr- och luftsystem har framförts som oönskade egenskaper. Den största tveksamheten gäller emellertid blandningsförmågan vid vågrörelsen.

3.4.3 Teknisk risk - stor vid ny teknik

Gummibälgen innebär ett blandningssätt som med stor sannolikhet aldrig testats förut. Konstruktionsmässigt skulle gummibälgen vara möjlig att tillverka, likaså styrsystem och luftsystem. Sannolikt har kritikerna rätt med sin tveksamhet inför blandningsförmågan. Jämfört med havsvågor, där det är känt att vattnet beskriver en vertikal cirkelrörelse inuti vågen och flytande kroppar mellan vågorna förflyttas horisontellt, kommer sannolikt också betongen att enbart förflyttas horisontellt. Betongen kan nämligen anses vara en flytande kropp mellan gummibälgens vågtoppar, där den önskade cirkelrörelsen istället sker i luftvolymen inuti bälgvågen.

Figur 8 visar rörelserna i vågtoppar resp vågdalar.



Figur 8 Vågrörelse i gummibälga

Om principen skulle fungera i praktiken är troligen blandningskapaciteten så låg att den tekniskt är ointressant för inblandning av flytmedel.

Den tekniska risken får därför anses vara mycket stor.

3.5 Blandningspump för trågbil

3.5.1 Teknisk beskrivning

Sedan länge har pumpar använts för transport av betong. I huvudsak förekommer två typer av pumpar

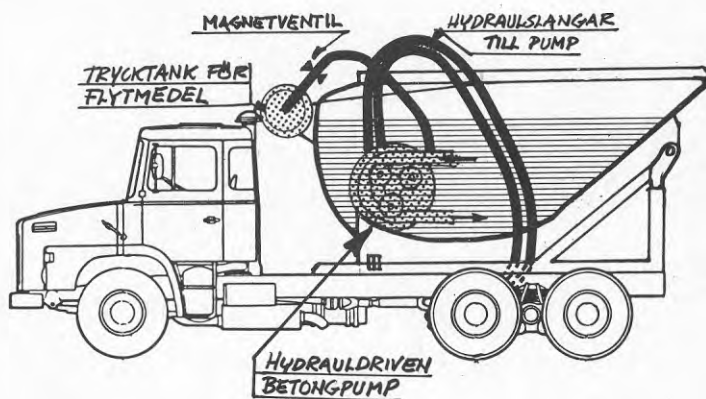
- a) kolvpump (axial) (typ Schwing)
- b) presspump (typ Challenge)

Av dessa är kolvpumpen helt dominerande på marknaden. Även andra pump typer förekommer eller skulle vara tänkbara för betonghantering:

- c) kugghjulspump (typ Root)
- d) skruvspindelpump
- e) radialkolvpump
- f) vingpump

Principen för idén skulle vara att placera en av de konventionella betongpumparna (a, b) i biltråget. Drivning av systemet skulle kunna ske med hydraulmotor på samma sätt som den tidigare beskrivna skruvbländaren. För att få maximal blandning av flytbetongen bör pumpen göra korta, men många slag per tidsenhet, under det att flytmedel tillsätts vid pumpens inlopps-kanal.

Tätningen mellan kolv och cylinder bör ej vara fullständig, vilket i och för sig medför lägre kapacitet, men tillåter betongflödet att pulsera med bättre blandning som följd, Figur 9 visar principen för en blandningspump på trågbil.



Figur 9 Trågbil med blandningspump

3.5.2 Expertisen tror idén kan fungera

Flertalet personer som tagit del av pumpblandningsidén har sett den som en mycket möjlig variant på skruvblandningsidén. Man har däremot, med erfarenhet från tidigare betongpumpar, sett ekonomin och risken för pumpstopp som eventuella hinder.

3.5.3 Teknisk risk - mindre än för egenfrekvens större än för skruvblandning

Dagens betongpumpar leder allt mindre till pumpstopp. Ökar däremot slagfrekvensen kan också risken för pumpstopp öka. Den trågbilsplacerade pumpen har inte några rörledningar med rörkrökar osv, som skulle öka risken för pumpstopp.

Kapaciteten för pumpen bör ligga i storleksordningen 40 m³/tim för att all betong skall kunna genompumpas under högst 10 minuter före ankomst till byggarbetsplatsen. Då pumputrustningen kan komma att väga ca 0,5 ton kommer, liksom hos blandningsskruven, trågbilskapaciteten att minska med ca 5%.

Sammantaget får den tekniska risken anses som relativt liten, då pumpsystemet är beprövat och dosering kan ske på samma sätt som vid blandningsskruv.

3.6 Blandningspump med doserare för internttransport

3.6.1 Teknisk beskrivning

Den tidigare beskrivna blandningspumpen var endast avsedd för inblandning av flytmedel på trågbil, dvs för blandning under transport.

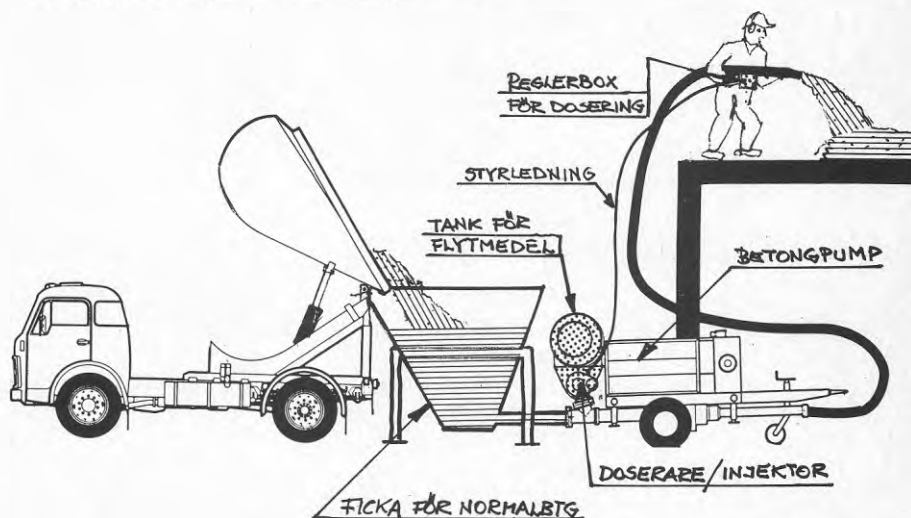
Om istället pumpen placeras på byggarbetsplatsen kan den förutom blandning också svara för internttransporten av flytbetongen mellan ficka och gjutform. En försättning är då att dosering kan ske kontinuerligt under pumpens gång. Pumpen måste placeras omedelbart efter fickan och ha inlopp för styrd flytmedelstillsättning. Tillsättningen kan ske meddelst injektor-dosering, vars injektorkolv lämpligen är kopplad till pumpens slagfrekvens.

Eftersom betongen i detta alternativ inte kan återmatas för homogenisering, måste blandningen vara fullständig efter det att betongen passerat pumpen.

Pumpning av flytbetong är mindre hårdhänt för såväl utrustning som personal, därför bör gjutaren kunna sköta gummislang och munstycke på samma sätt som brandmän, dvs utan pumpmast och med möjlighet att reglera flödet. Även flytmedelstillsättningen skulle, under pågående gjutning, kunna regleras så att dels rätt flytbetongkonstistens bibehålles och dels möjlig-

göra gjutning utan flytmedelstillsättning där så önskas. På detta sätt skulle stor flexibilitet kunna erbjudas byggaren med en och samma utrustning.

Figur 10 visar hur blandningspump med doserare för intertransport kan se ut



Figur 10 Blandningspump med doserare för tillsättning efter transport

3.6.2 Expertisen ser juridiska och tekniska problem

För att utrustningen till fullo skulle kunna användas måste såväl juridiska som tekniska problem överbryggas. Juridiskt är det omöjligt för betongfabriken att ta ansvar för flytmedelstillsättning som sker på byggarbetsplatsen av byggets gjutarbetare under pågående gjutning. För att lösa dessa problem måste antingen en betongfabrikskontrollant ständigt finnas på plats eller också måste gjutningen utföras av betongfabrikens personal. Åsikterna härom går isär, en del anser att problemen går att lösa, andra att alla alternativ innebär en fördröjning av gjutningen.

Tekniskt anses problemen mer svårlösta än t.ex. för den trågbilsbaserade blandningsskruven. Blandningen hinner ej bli fullständig. Dessutom blir antagligen utrustningen alltför dyr. Skulle däremot de tekniska och juridiska problemen kunna lösas, innebär det onekligen ett attraktivt alternativ för byggaren.

3.6.3 Teknisk risk - stor

Den tekniska risken för direktdosering med blandningspump under pågående gjutning är större än för den enklare tillsättningen i blandningspump på trågbil. Risken är större dels beroende på att blandningen måste vara homogen efter första genomgången i pumpen och dels beroende på att rör och rörkrökar ytterligare ökar risken för pumpstopp.

Kapaciteten för pumpen borde kunna ligga vid ca $30 \text{ m}^3/\text{tim}$, för höjder upp till 15 m. Prestandan kan tyckas vara låg för en flytbetongpump, men hänsyn får tas till blandningssvårigheterna som ökar med ökad blandningsvolym.

Sammanfattningsvis får utrustningsförslaget anses vara förknippat med stor teknisk risk.

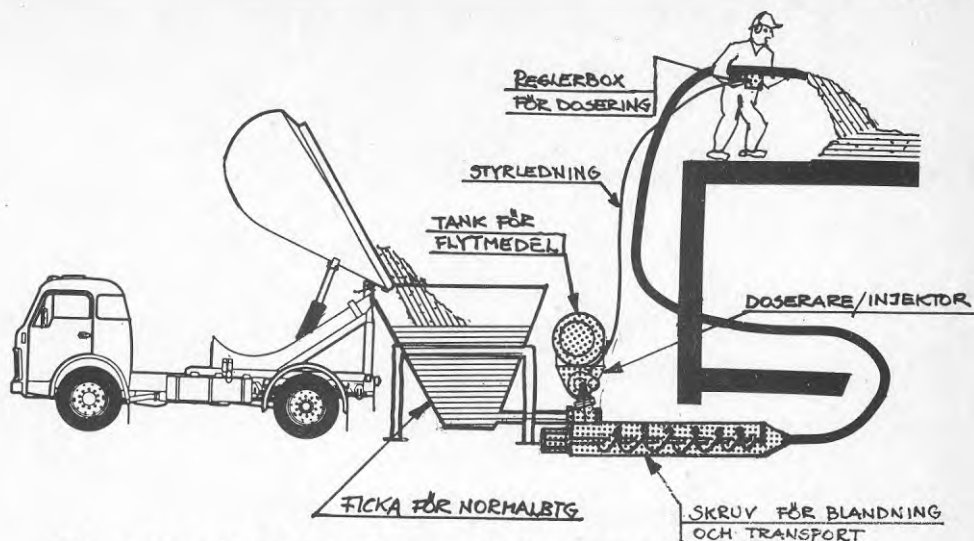
3.7 Blandningsskruv med doserare för intertransport

3.7.1 Teknisk beskrivning

En liknande den i kapitel 3.3 beskrivna blandningsskruv skulle också kunna användas för intertransport mellan ficka och gjutform. Den principiella skillnaden dem emellan är att blandningsskruv för intertransport måste vara sluten, dvs vara placerad i rör eller ränna med lock, då transporten skall kunna ske i lutningar med hög fyllnadsgrad hos skruven. Liksom hos pumpblandaren för intertransport måste blandningsskruv placeras i anslutning till betongficka och ha inlopp för flytmedel vid skruvens början. Eftersom betongen endast kommer att passera skruven en gång och då fullständigt måste blandas med flytmedlet, kan några av skruvgångorna utformas som omrörningskovlar. Liknande skovlar finns exempelvis i inmatningsfickan på pumpbilar. Spelet mellan skruv och rör kan också göras något större, för att betongen skall tillåtas pulsera i röret.

Utläggning och dosering kan ske på samma sätt som vid "blandningspump för intertransport", men med skruvarvtalet som styr blandningsmängden. Förutom de användningsfördelar som finns hos blandningspumpen, skulle också blandningsskruv eventuellt kunna användas för transport och utläggning av grus, sand m.m.

Figur 11 visar hur blandningsskruv med doserare, för intertransport kan se ut.



Figur 11 Blandningsskruv med doserare för tillsättning efter transport

3.7.2 Expertisen ser även här juridiska och tekniska problem

Samma juridiska problem som vid blandningspump anses också finnas vid blandningsskruv, dvs kvalitetsansvar vid blandning under pågående gjutning.

De tekniska problemen anses däremot vara mindre än hos blandningspumpen, men större än hos blandningsskruv för trågtransport.

3.7.3 Teknisk risk - förhållandevis stor

Tekniken innebär egentligen två nyheter; dvs blandning i skruv och dels transport i skruv. Av dessa får blandningen anses vara förknippad med stor teknisk risk, då flytbetongen måste blandas första och enda gången den passerar skruven. Transporten i skruven får däremot anses vara mindre riskfylld, då lera och material med motsvarande konsistens, tidigare har transportrats i skruv.

Skruvkapaciteten är helt avhängig blandningskapaciteten. Jämfört med blandningsskruv i trågbil kan en lägre kapacitet förväntas. En trolig kapacitet på $30 \text{ m}^3/\text{tim}$ vid horisontell transport kan vara realistisk.

Emellertid får sammantaget den tekniska risken betecknas som förhållandevis stor.

4. GROVGALLRING BLAND NYA UTRUSTNINGAR

4.1 Teknisk värdering

De olika utrustningarna har värderats med avseende på teknik, inklusive prestanda och miljö, samt ekonomi. Den ekonomiska värdering följer i senare kapitel, medan detta kapitel tar upp den tekniska värderingen. I figurerna 12 och 13 har de olika utrustningarna värderats med avseende på teknik, prestanda och miljö. I figurerna avser symbolerna följande utrustningar:

- a) Egenfrekvensvibrator: trågbil eller ficka
- b) Blandningsskruv för trågbil eller ficka
- c) Gummibälgsblandare för trågbil
- d) Blandningspump för trågbil
- e) Blandningspump med doserare, för internttransport
- f) Blandningsskruv med doserare, för internttransport

Eftersom inte alla utrustningarna prestandamässigt är jämförbara, då e och f också klarar internttransporter, utvärderas de båda grupperna a-d och e-f var för sig. Som referensalternativ i första gruppen har roterblandare (g) valts, medan andra gruppen har roterblandare i kombination med kran och bask (h) som referensalternativ.

I utvärderingsprotokollen har utrustningarna tilldelats poäng i stigande skala, där högsta poäng innebär bästa alternativ. Eftersom vissa värderingsfaktorer är av större betydelse än andra har därför poängen också viktats med en viktskoefficient 1-4.

Värderingsfaktor	Vikts- koeffi- cient 1-4	Nya utrustningar för blandning (oviktade/viktade poäng)				Ref. alt. g
		a	b	c	d	
<u>Prestanda</u>						
Blandningsförmåga	4	1/4	2/8	1/4	2/8	3/12
Separeringsbenägen- het	4	1/4	3/12	1/4	2/8	4/16
Utrymmesbehov	3	3/9	1/3	1/3	1/3	2/6
Egenvikt	4	3/12	1/4	2/8	1/4	1/4
Energibehov	2	3/6	1/2	2/4	1/2	2/4
Skvalpris	2	3/6	2/4	1/2	2/4	4/8
Driftsäkerhet	3	5/15	3/9	1/3	2/6	4/12
Slitage	1	4/4	2/2	5/5	1/1	3/3
Servicebehov	1	4/4	2/2	2/2	1/1	3/3
Alternativanvänd- ning	4	2/8	2/8	2/8	2/8	1/4
<u>Miljö</u>						
Buller	2	1/2	3/6	4/8	2/4	3/6
Vibration	1	1/1	3/3	4/4	2/2	3/3
Personskaderisk	2	4/8	2/4	3/6	3/6	1/2
Summa poäng:		35/83	27/67	29/61	22/57	34/83
Placering:		1	2	3	4	1

Figur 12 Värdering av prestanda och miljöegenskaper hos nya utrustningar för blandning under transport.

Ur figur 12 kan utläsas att de bästa blandningsutrustningarna med avseende på teknikprestanda och miljö är egenfrekvensvibratoren (a) och referensalternativet rotertrumma (g). Som näst bästa blandningsutrustning har blandningsskruven placerats.

Ur teknisk synpunkt kan således sägas att roterbilen är minst lika bra som trågbilar med nya blandningsutrustningar.

Värderingsfaktor	Vikts- koeffi- cient	Nya utrustningar för blandning och interntransport (oviktade/viktade poäng)		
		1-4	e	f
<u>Prestanda:</u>				
Gjutkapacitet	4	2/8	2/8	1/4
Blandningsförmåga	4	1/9	2/8	3/12
Doseringsstyrning	4	2/8	3/12	1/4
Separeringsbenägen- het	4	1/4	1/4	1/4
Utrymmesbehov	3	2/6	2/6	1/3
Energibehov	2	1/2	2/4	3/6
Driftsäkerhet	3	1/3	2/6	3/9
Slitage	1	1/1	2/2	3/3
Servicebehov	1	1/1	2/2	3/3
Frysrisk	2	2/4	2/4	1/2
Alternativanvänd- ning	4	1/4	2/8	3/12
<u>Miljö:</u>				
Buller	2	1/2	2/4	2/4
Vibrationer	1	1/1	2/2	2/2
Personskaderisk	2	3/6	2/4	1/2
Summa poäng:		18/43 20/51	25/62 28/74	27/68 28/72
Placering:		3	1	2

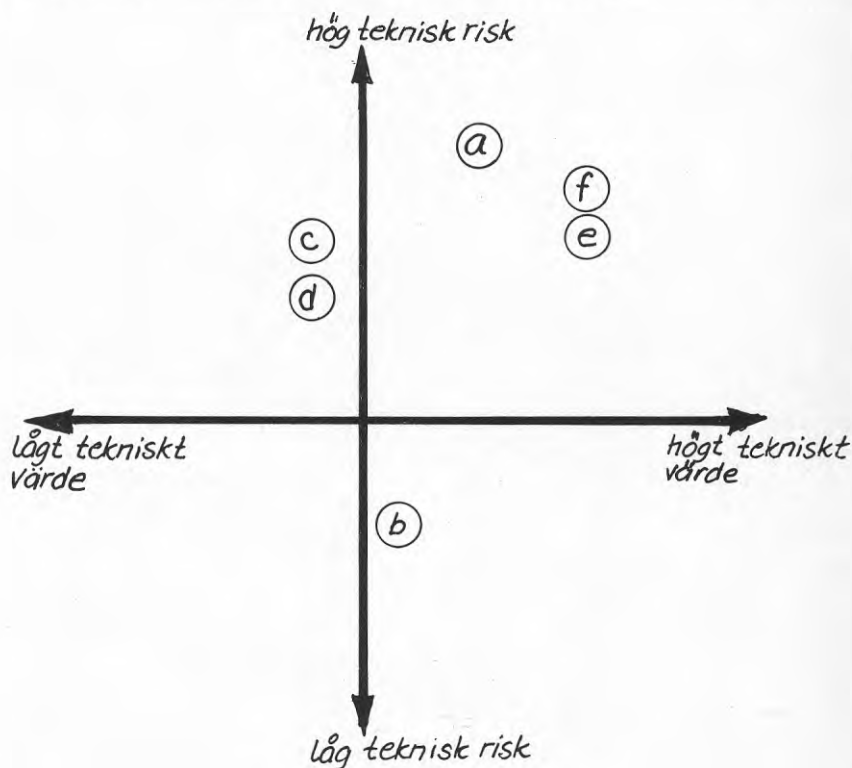
Figur 13 Värdering av prestanda och miljöegenskaper hos nya utrustningar för blandning och interntransport.

Ur figur 13 kan utläsas att den ur teknisk synpunkt bästa lösningen för blandning och interntransport skulle vara blandningsskruv med doserare (f). Emellertid har referensalternativet (h) med rotertrumma och kranbask hamnat på samma oviktade poäng, varför de båda utrustningskombinationerna kan anses jämbördiga.

4.2 Teknisk sammanställning och gallring bland de sex nya blandningsutrustningarna

Den tekniska värderingen kan indelas i teknisk risk och tekniskt värde. Med teknisk risk menas då den risk en eventuell utvecklare får ta för att produkten kommer att, resp. kommer inte att, fungera som avsett. Med tekniskt värde menas det tekniska värde som en fungerande produkt skulle ha för användaren.

För att lättare åskådliggöra den tekniska sammanställningen visas i figur 14 teknisk risk och tekniskt värde representerande koordinataxlarna i ett koordinatsystem i vilket blandningsutrustningarna är avsetta.



Figur 14 Teknisk sammanställning av de olika utrustningarna.

I figuren kan konstateras att utrustning b, enligt detta bedömningsätt, har den bästa tekniska positionen dvs med lägst teknisk risk och en viss höjd på teknikvärdet. Utrustning c har däremot det motsatta, dvs förhållandevis hög teknisk risk och lågt teknikvärde. Utrustningarna e och f har såväl hög teknisk risk som høgt teknikvärde medan utrustning d har måttlig teknisk risk och lågt teknikvärde. Utrustning a har den högsta tekniska risken och ett relativt høgt tekniskt värde.

De utrustningar som ur teknisk synpunkt därför kan gallras ut är alternativen c och d, dvs gummibälgsblandaren och blandningspumpen för trågbil. Övriga alternativ, vilka alltså är:

- a) Egenfrekvensvibrator i trågbil eller ficka
- b) Blandningsskruv för trågbil eller ficka
- e) Blandningspump med doserare
- f) Blandningsskruv med doserare

får anses såpass intressanta att de bör gå vidare till ekonomisk utvärdering och jämförelser med idag använda metoder och utrustningar.

5. KONTAKTER MED TILLVERKARE OCH LEVERANTÖRER

5.1 Utrustningsleverantörer

Ett antal företag, som idag tillverkar utrustningar såsom transportskruvar, vibratorer och betongpumpar, tillfrågades om de tekniska förutsättningarna och möjligheterna att medverka i eventuell prototyp-tillverkning och test av grovgallrade utrustningar.

De utrustningar som avsågs var:

- a) egenfrekvensvibrator
- b) blandningsskruv
- c) blandningspump

I figur 15 visas de kontaktade företagen, dess nuvarande sortiment samt den nya utrustning som skulle passa in i sortimentet, med hänsyn till teknisk kompetens.

Företag	Nuv. sortiment	Ny utrustning
SVEMA AB	betongutr.skruv	blandningsskruv
Bentzler & Co	skruv för krossat material	blandningsskruv
Record AB	betongpump	blandningspump
Sandby Maskin AB	skruv för cement	blandningsskruv
Ångpannor & Stokers AB	skruv	blandningsskruv
Dynapac AB	vibrator, betong-utrustning	egenfrekvensvibr.
Nilssén & Westberg AB	skruv, vibrator	blandningsskruv (egenfrekvensvibr.)
Vebe kranmaskiner AB	skruv för kornigt material	blandningsskruv
Spalting Motor	bilpåbyggnader	(blandningsskruv)
SERMEK	betongpumpar	blandningspump

Figur 15 Kontaktade leverantörer av utrustningar med nära anknytning till föreslagna blandningsutrustningar.

5.2 Betongleverantörer

De betongleverantörer som kontaktats under projektets gång och som lämnat synpunkter på de olika blandningsutrustningarna är:

Färdig Betong AB, Göteborg
ESS-Betong AB, Göteborg
Betongindustri, Stockholm

5.3 Intresse över att medverka vid prototypstest

Av utrustningsleverantörerna var intresset relativt svårt från de som skulle kunna svara för utveckling av blandningspump, främst beroende på tveksamhet inför den tekniska principen. Hos skruvleverantörerna var tre mycket positiva till att medverka (SVEMA, Vebe, Sandby). Dock rådde även här tveksamhet hos några av skruvtillverkarna.

Dynapac visade redan vid den principiella testen med egenfrekvensvibrator att företaget är intresserat för prototypstest.

Av betongleverantörerna var samtliga lika intresserade att medverka vid eventuella tester. Vid ett referensgruppsmöte med representanter från ABV och Betongindustri beslöts att en principstest med skruvblandning skulle göras vid ett gemensamt bygge. Betongindustri skulle då svara för betongficka med blandningsskruv.

Kontakterna med leverantörer och tillverkare kan således ha resulterat i en viss optimism inför blandningsskruv och egenfrekvensvibrator, medan blandningspumpen mötts av mer pessimism.

6. KOSTNADER FÖR NYA UTRUSTNINGAR

6.1 Beräkningssätt

De framräknade kostnaderna som redovisas för de nya utrustningarna är dels baserade på kostnader för liknande utrustningar som används idag vid bulkgodshantering, och dels med hänsyn till den kraftigare dimensionering av utrustningarna som krävs för ett så tungt bearbetat material som betong. Kostnaderna för dagens utrustningar har hämtats dels från en indexreglerad maskinlista (år 1980 x 1,23 ⇒ år 1982) från Svenska Byggentreprenörföreningen, dels från uthyrningsfirmor av maskiner och utrustningar för byggnadsarbeten och dels från leverantörer av bulkgodstransportörer.

6.2 Egenfrekvensvibrator för trågbil eller ficka

6.2.1 Jämförande ekonomi

De stav- och balkvibratorer som idag ofta förekommer på byggarbetsplatser har inköpspriser på under 10.000 kr per komplett utrustning. Om motsvarande utrustningar hyrs in från uthyrningsfirmor kostar de 20-24 kr/dag.

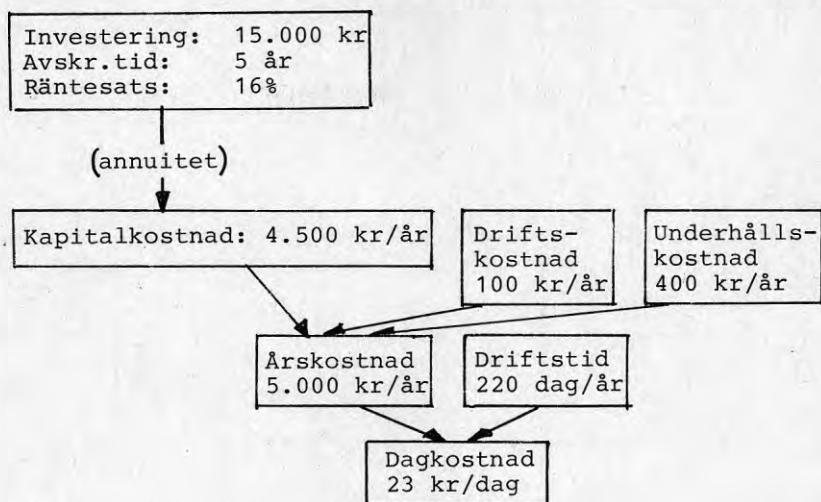
En egenfrekvensvibrator skiljer sig inte komponentmässigt från dagens vibratorer. Jämfört med stavvibrator eller vibratorbrygga behövs varken manöverslang eller brygga, varför vibrator delar t.o.m. kan få ett lägre pris än dagens vibratorer. Emellertid tillkommer komponenter beroende på om egenfrekvensvibratören skall användas till trågbil eller betongficka.

I trågbilsfallet kan t.ex. komma att behövas en eltransformator för anpassning av vibratören till lastbilens generator, medan vibratören vid betongficka kan anslutas till byggplatsens befintliga elnät. En behållare för flytmedel med tillhörande magnetventil måste också tillhöra kringutrustningen.

6.2.2 Förväntat pris

Med hänsyn till priset hos dagens vibratorer (10.000 kr) kan det förväntade priset för en egenfrekvensvibrator vara högst 15.000 kr. Dagkostnaden kan då beräknas enligt figur 16.

Utrustning: Egenfrekvensblandare för tråg och ficka



Figur 16 Indikerad dagskostnad för egenfrekvensblandare för trågbil eller betongficka.

Enligt beräkningen ovan kommer dagskostnaden för egenfrekvensutrustningen att ligga på ca 23 kr per dag.

6.3 Blandningsskruv för trågbil eller ficka

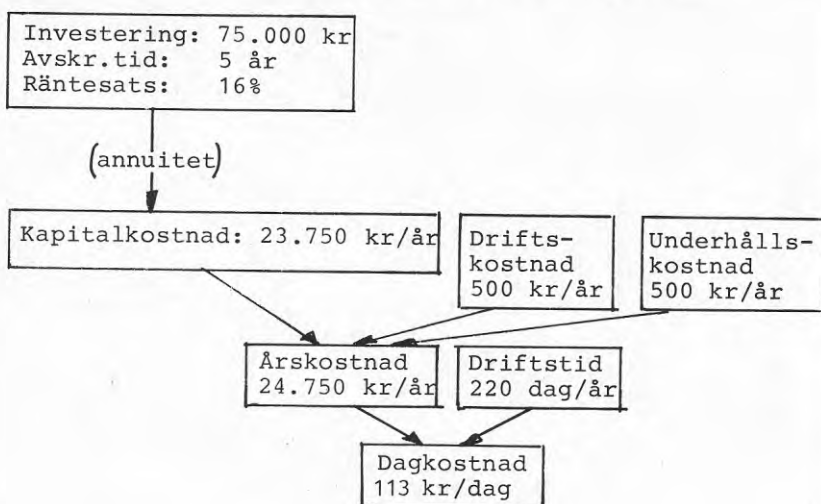
6.3.1 Jämförande ekonomi

Skruvtransportörer som idag används för massgods har stor prisspannvidd beroende på kapacitet och godsslag. En 30 m lång skruvtransportör för t.ex. spannmål med kapacitet 50 ton/tim kräver en investering på drygt 50.000 kr. En skruvblandare skiljer sig inte nämnvärt, konstruktionsmässigt, från en konventionell skruvtransportör i ränna. Dock tillkommer ett pristillägg för flytmedelsbehållare och ventil, medan ett motsvarande prisavdrag fås för skruvrännan som inte behövs i betongtråget eller betongfickan.

6.3.2 Förväntat pris

Eftersom skruvblandaren som konstruktion inte skiljer sig nämnvärt från en konventionell skruvtransportör, kommer priset sannolikt att hamna på en nivå kring 75.000 kr. Dagskostnaden kan därför beräknas enligt figur 17.

Utrustning: Skruvblandare för tråg och ficka



Figur 17 Indikerad dagskostnad för blandningsskruv för trågbil eller betongficka

Enligt beräkningen ovan kommer dagskostnaden för skruvblandaren att ligga på ca 113 kr per dag.

6.4 Blandningspump med doserare

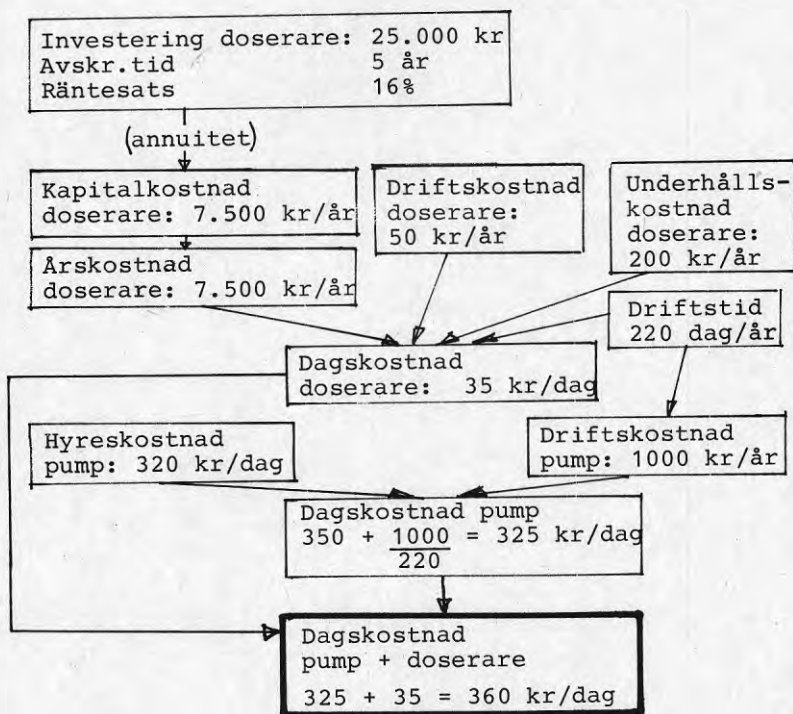
6.4.1 Jämförande ekonomi

Betongpumpar som idag används innebär oftast stora investeringar och därmed dagskostnader. En Schwing BP250 med teoretisk kapacitet $30 \text{ m}^3/\text{tim}$ kostar per dag ca 750 kr, medan en Torkret PT6 med kapacitet $10 \text{ m}^3/\text{tim}$ kostar att hyra 320 kr/dag. En pump av den senare sorten skulle mycket väl kunna kompletteras med en doseringsutrustning för ca 25.000 kr.

6.4.2 Förväntat pris

En komplett blandningspump med doserare och rörarrangemang skulle därför kunna få följande dagskostnad:

Utrustning: Blandningspump med doserare



Figur 18 Indikerad dagskostnad för blandningspump med doserare.

Den beräknade dagskostnaden för blandningspump med doserare blir enligt ovanstående kalkyl ca 360 kr/dag.

6.5 Blandningsskruv med doserare

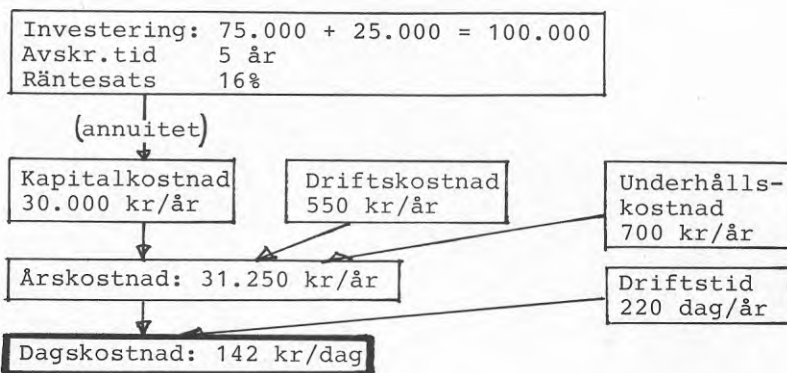
6.5.1 Jämförande ekonomi

Som tidigare nämnts skiljer sig inte blandningsskruven med doserare avsevärt från blandningsskruv avsedd för trågblandning. Dagskostnaden för skruv delen kan således antagas vara i storleksordningen densamma för de båda typerna. Även doseringsutrustningen är identiskt med den som beskrivits för pumpblandaren med doserare.

6.5.2 Förväntat pris

En komplett blandningsskruv med doserare förväntas därför få följande dagskostnad:

Urustning: Blandningsskruv med doserare



Figur 19 Indikerad dagskostnad för blandningsskruv med doserare

Enligt ovanstående beräkning kommer dagskostnaden för en blandningsskruv med doserare inklusive rörledning att bli 142 kr/dag.

7. KOSTNADER FÖR DAGENS UTRUSTNINGAR

7.1 Trågbil och roterbil

7.1.1 Beskrivning

Vid val av betongbilstyp, för en flytbetongstransport, är kostnaden och tekniken de två främsta kriterierna för valet. En roterbil kräver högre investering och har vid lika utnyttjandegrad som trågbilen, en högre timkostnad och m^3 -kostnad. Å andra sidan kan roterbilen, fig 20, användas som blandare och som gjutredskap, samtidigt som den kan användas för längre transportavstånd mellan fabrik och byggarbetsplats. Trågbilen, fig 21 däremot har fördelen att kunna användas för alternativtransporter såsom grustransporter, sandtransporter osv.

I de fall en trågbil klarar betongtransporten väljs den oftast före roterbilen, främst beroende på den lägre reella kostnaden och den högre lastkapaciteten. Därmed får också trågbilen i praktiken totalt en större utnyttjandegrad som ytterligare reducerar den reella kostnaden i förhållande till roterbilen. I den följande kostnadsberäkningen antages emellertid samma utnyttjandegrad för båda fordonstyperna.

Kostnaderna beräknas dels med hänsyn till om fordonen användes enbart för transport (T) och dels för transport + gjutning (Gj).



Figur 20 Roterbil för transport och gjutning



Figur 21 Trågbil för transport

7.1.2 Kostnadskalkyl

Data	Trågbil Volvo N7 6x2		Roterbil Volvo N10 6x2	
	T	Gj	T	Gj
Kapacitet (m ³ /lass praktiskt)	5		4,5	
Tid per lass (tim)	1	1,5	1	1,5
Körsträcka (mil/år)	3000	2000	3000	2000
Arbetstid (tim/år)	1760		1760	
Avskrivningstid (år)	7		7	
Räntesats (%)	16		16	
Investering (tkr) chassie(exkl däck) ¹⁾ påbyggnad	220 65 Σ 285		270 100 Σ 370	
Kapitalkostnad (tkr/år)	71		110	
Tidsberoende kostnad (tkr/år) ²⁾	40	30	40	30
Vägberoende milkostnad (kr/mil) ³⁾	18		19	
Vägberoende årskostnad (tkr/år)	54	36	57	38
Fordonskostnad (tkr/år)	165	137	207	178
(kr/tim)	93,8	77,8	117,6	101,1
(kr/m ³)	18,8	23,3	26,1	33,7
Personalkostnad (kr/tim)	87		87	
(inkl.22% adm) (kr/m ³)	17,4	26,1	19,3	29
TOTAL TRANSPORTKOSTNAD (kr/tim)	180,0	164,8	204,6	188,1
(kr/m ³)	36,2	49,4	45,4	62,7
(kr/dag)	1444	1317	1636	1504

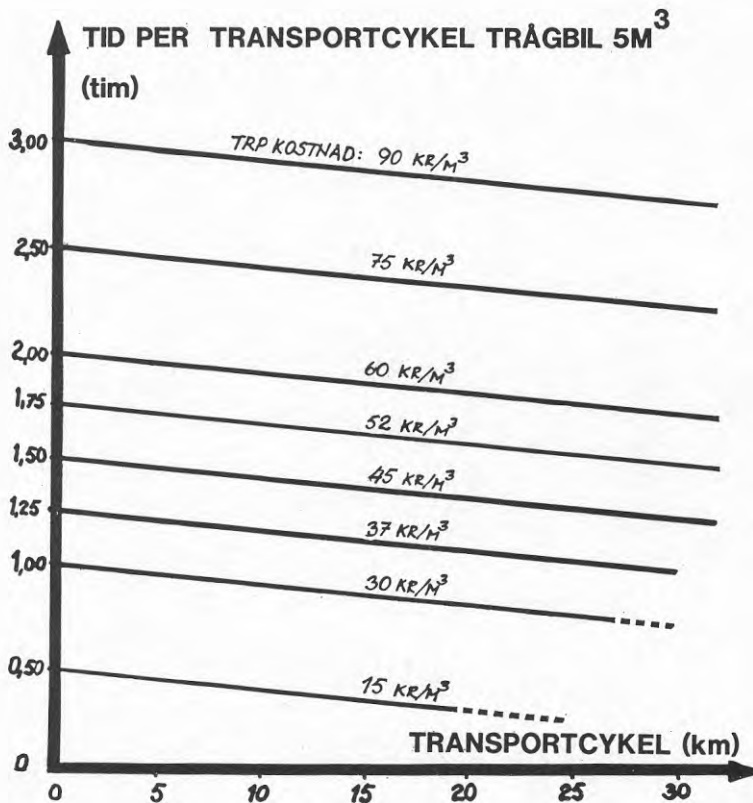
- 1) Investeringen för däcken är exkluderade, då de istället är inräknade i den vägberoende kostnaden
- 2) Tidsberoende kostnaden omfattar: skatt, försäkring, tvätt, rutinservice, radio, parkering.
- 3) Vägberoende kostnaden omfattar: bränsle, däck, sli-tagereparationer och km-skatt.

Figur 22 Beräkning av transportkostnad för trågbil och roterbil.

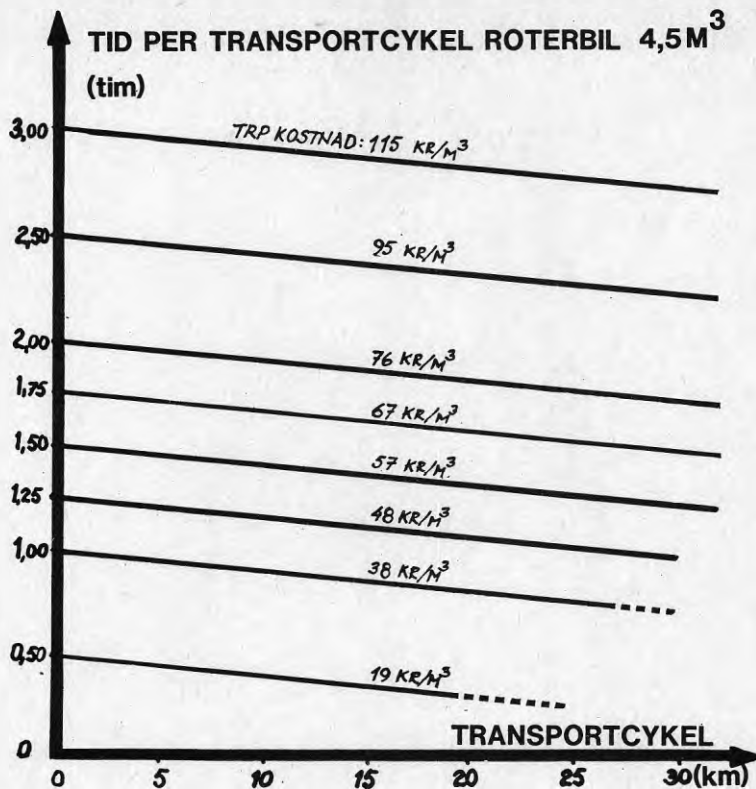
Beräkningen enligt ovan visar att transportkostnaden per timma eller per kubikmeter betong alltid är högre för roterbilen oavsett om den enbart används för transport eller för transport + gjutning. Emellertid kommer senare att beaktas de ekonomiska och tekniska fördelar som roterbilen för med sig i kombination med andra utrustningar på byggarbetsplatsen.

7.1.3 Transportkostnaden är starkt beroende av transportsträcka och transportcykeltid

Kostnaden för betongbilarna varierar starkt med dess utnyttjandegrad. Eftersom betongfabrikanterna i huvudsak fakturerar efter betongvolym är den faktiska kostnaden för varierande transportavstånd och cykeltid en dold kostnad. Diagrammen 23 och 24 visar den reella kostnaden för tråg- resp roterbil vid olika årsmedelvärden på transportavstånd och cykeltid per lass.



Figur 23 Kostnad för trågbil inklusive chaufför vid olika transportavstånd och cykeltider



Figur 24 Kostnad för roterbil inklusive chaufför vid olika transportavstånd och cykeltider

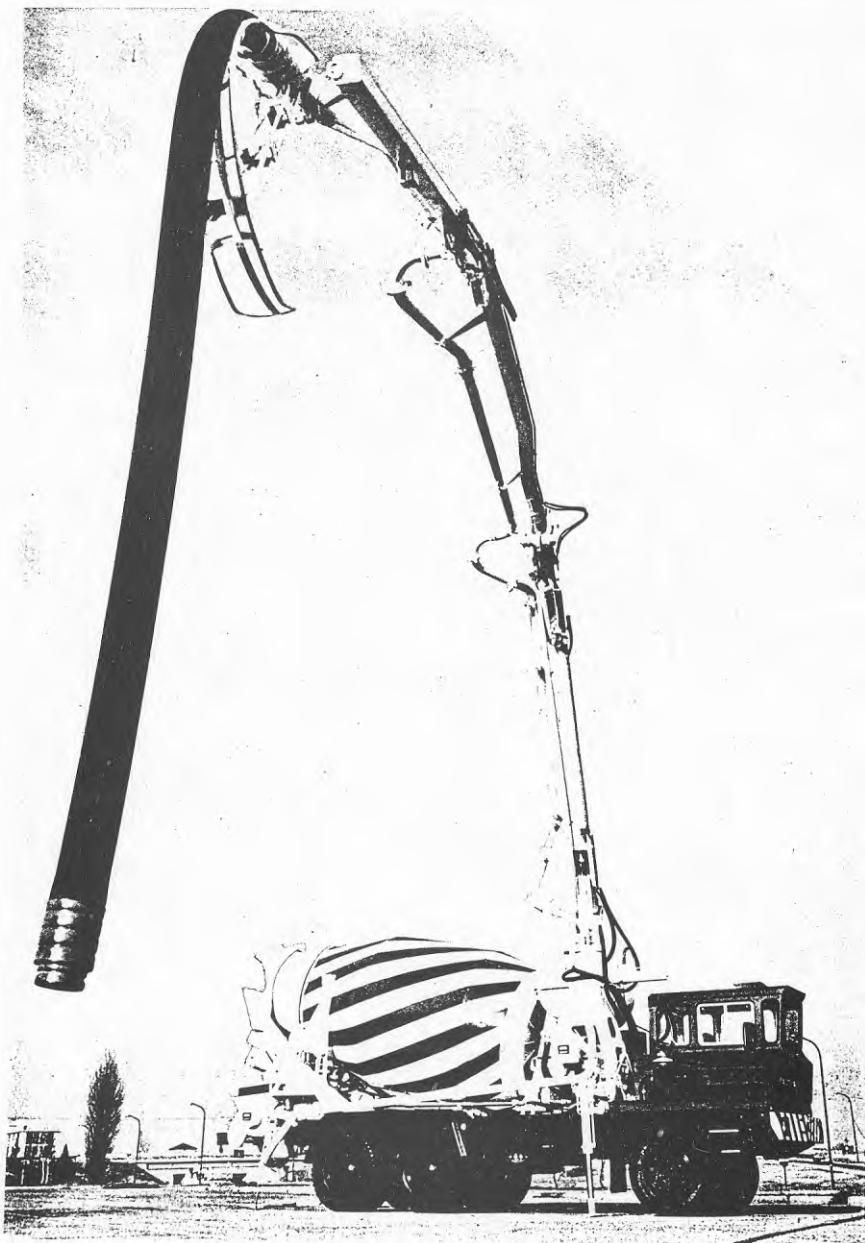
Ur diagrammen kan utläsas att t.ex. en fördröjning på byggarbetsplatsen på 30 minuter innebär en kostnadsökning för en väntande trägbil på 15 kr/m³ och för en roterbil på 19 kr/m³.

7.2 Roterbil med pump

7.2.1 Beskrivning

Utomlands, speciellt i Frankrike och Tyskland, används roterbilar med pumpaggregat och pumpmast. Fördelarna med dessa är bl.a. flexibiliteten vid många men små gjutställen och personalbehovet som endast är två man för gjutningen. Nackdelen är det höga priset.

Pumpkapaciteten är drygt 30 m³/tim, medan bilens lastvolym efter svenska förhållanden torde ligga på ca 3,7 m³/lastcykel. Enbart pumputrustningen väger 1,7 ton vilket, jämfört med en roterbil, reducerar lastvolymen med 18%. Figur 25 visar en roterbil med pump under gjutning



Figur 25 Roterbil med påmonterad betongpump och pumpmast

7.2.2 Kostnadskalkyl

Kostnaderna för en fransk roterbil med pump blir i princip samma som för en svensk roterbil och en separat betongpump med mast, vilket innebär en investering på ca 800.000 kr inkl. däck.

Dagskostnaden blir därmed följande:

Urustning: Roterbil med pump

Fordonskostnad för roterbil vid transport + gjutning enligt tidigare: 808 kr/dag.

Investering pump + mast + kringutr: 410.000 kr
Avskr.tid 7 år
Räntesats: 16%

(annuitet)

Kapitalkostnad: 110.000 kr/år

Driftkostn
2.000 kr/år

Underh.kostn
10.000 kr/år

Årskostnad: 122.000 kr/år

Dagskostnad: 554 kr/dag

Drifftid
220 dag/år

Summa dagskostnad roterbil med pump: 1.362 kr/dag

Figur 26 Beräknad dagskostnad för roterbil med pump och pumpmast vid transport + gjutning.

Enligt beräkningarna ovan kostar en roterbil med pump knappt 1.400 kr/dag, exklusive förare och gjutare.

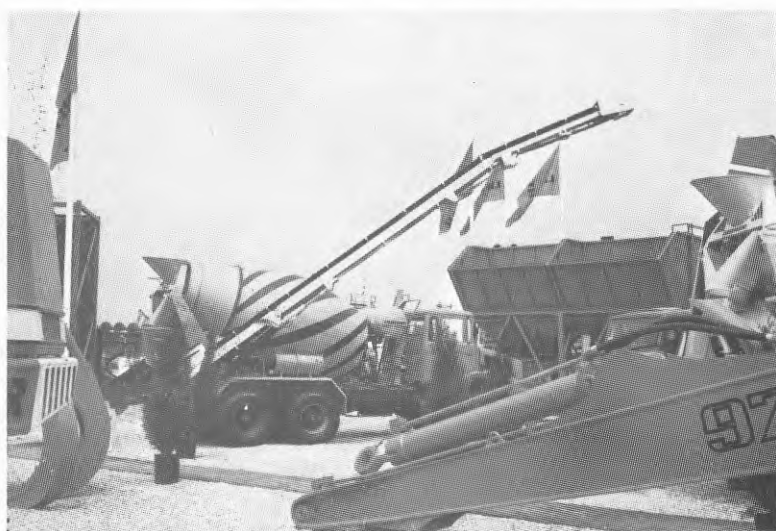
7.3 Roterbil med band

7.3.1 Beskrivning

Även roterbilen med bandtransportör används speciellt i Frankrike och Tyskland. Totalt finns över 2.500 utrustningar i världen. Fördelarna är de samma som hos roterbil med pump, dvs stor flexibilitet och litet personalbehov. Jämfört med roterbil med pump har denna utrustning lägre kostnad och något högre kapacitet, men har å andra sidan också lägre uppfordringshöjd. Egenvikten för bandtransportören med kringutrustning är 1,2 ton, vilket reducerar praktisk transportvolym, ca 13%, i förhållande till en konventionell roterbil. Figur 27 visar roterbilen med band.



Figur 27a Roterbil med bandtransportör under transport

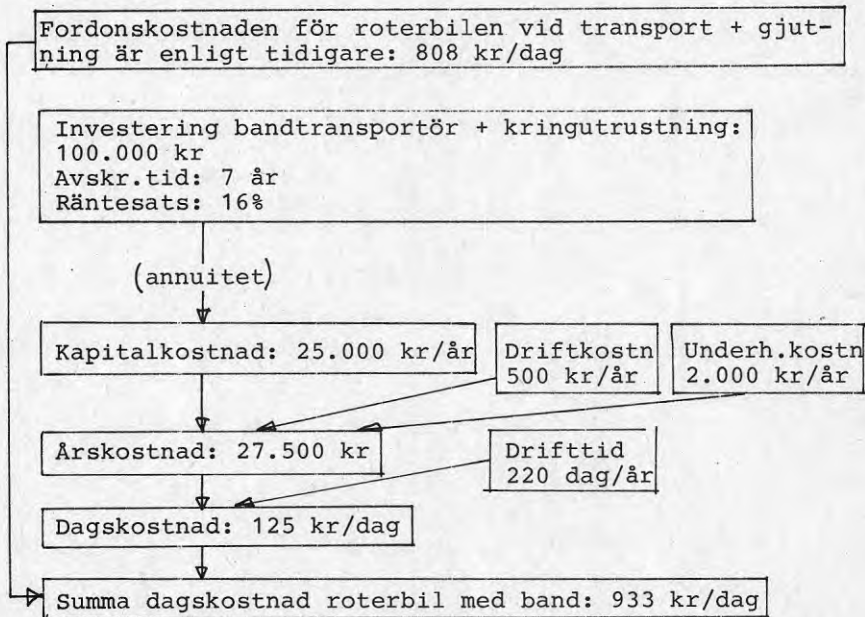


Figur 27b Roterbil med bandtransportör under gjutning.

7.3.2 Kostnadskalkyl

Kostnaden för en roterbil med band blir ungefär samma som för en roterbil och en separat bandtransportör. Investeringen för hela ekipaget kommer därför att vara knappt 500.000 kr. Dagskostnaden beräknas enligt följande:

Utrustning: Roterbil med band



Figur 28 Beräknad dagskostnad för roterbil med bandtransportör vid transport + gjutning

Enligt ovanstående beräkning kostar en roterbil med band knappt 1.000 kr/dag exklusive personal.

7.4 Fabriksblandare

Vid tillverkning av flytbetong vid betongfabrik krävs längre blandningstid än för motsvarande betongvolym. denna mertid innebär en kostnad för fabriken. Normalt är den inkluderad i det m^3 -pris som faktureras köparen. Den merkostnad som flytbetong innebär (ca $35 \text{ kr}/m^3$ betong) hänföres till flytmedelskostnad, kapitalkostnad för blandningsutrustning, transporter, hantering etc. När då inte fabriken blandare används för inblandning bör ett avdrag för kapital- och personalkostnad för inblandning vara motiverat på 30-40% av merkostnaden för flytbetong, dvs ca $12 \text{ kr}/m^3$.



Figur 29 Fabriksblandare

7.5 Fast betongficka (container)

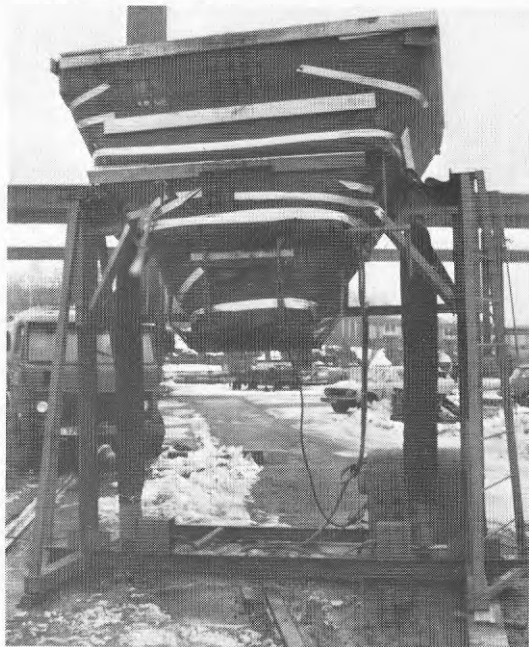


Figur 30 Fast betongficka

För buffertlagring av betong vid byggarbetsplatser används ofta fickor. Den fasta betongfickan, på senare tid en "sopcontainer", har förhållandevis lågt pris och är enkel att hantera, men kan vara svår att lossa betong ur. Idag används den i allt större utsträckning för att mata gripskopeutrustad kran. Den är också lämplig att använda i kombination med skruv och pump.

En normal dagskostnad för en fast betongficka är ca 37 kr/dag. Den fasta betongfickan kräver ingen personal.

7.6 Hydraulficka



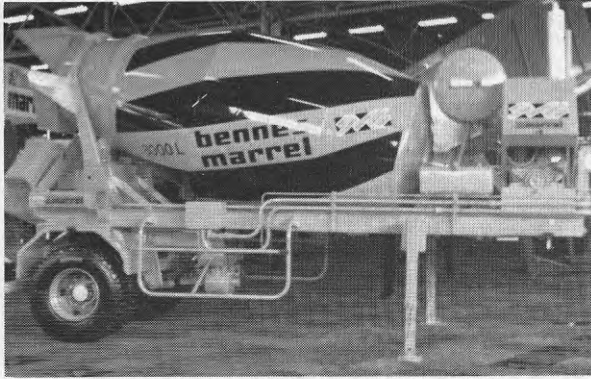
Figur 31 Hydraulficka

För att effektivt kunna lossa betongbil vid rätt nivå över marken och därefter kunna fylla betongbask eller kärra, är hydraulfickan ofta den tekniskt lämpligaste typen av betongficka. Ekonomiskt är den ej lika fördelaktig, främst p.g.a. den betydligt högre dagskostnaden men också den väntetid som är förknippad med fickans höj- och sänkrörelse.

Priset för en hydraulficka ligger på i storleksordningen 50.000 kr, medan ett normalt uthyrningspris är ca 90 kr/dag.

Personellt krävs en man att sköta hydraulfickan till en kostnad av 920 kr/dag (inkl. sociala avgifter, semesterersättning m.m.)

7.7 Roterblandare



Figur 32 Roterblandare eller mixer.

Om fickan på byggarbetsplatsen ersätts med en roterbar trumma eller blandare, skulle det också ges möjlighet att tillsätta flytmedel i samband med lossning av trågbil. Dessutom skulle en eventuell separation under trågbilstransporten rättas till. Kostnaden för denna roterblandare är emellertid hög. Investeringen är på ca 100.000 kr, vilket ger en dagskostnad på omkring 125 kr/dag.

Roterblandaren kräver en man som har hand om drift och inblandning, till en kostnad av 920 kr/dag.

7.8 Slasränna



Figur 33 Slasränna

Vid gjutningar på mark, där plushöjden för färdig överyta ligger lägre än betongbilens tråg/rotertrumma, kan betongen medelst självrinning fördelas över gjutstället. Som fördelningsanordning kan då rör eller rännor användas. Utrustningskostnaden kan därmed hållas låg. Dock tillkommer kostnaden för betongbilens stillestånd under gjutningen. Totalt kan dagskostnaden för slasränna med kringutrustning indikeras till högst 20 kr/dag. Slasrännan kräver, utöver chauffören (ingår i bilkostnad) minst en man för gjutningen å 920 kr/dag.

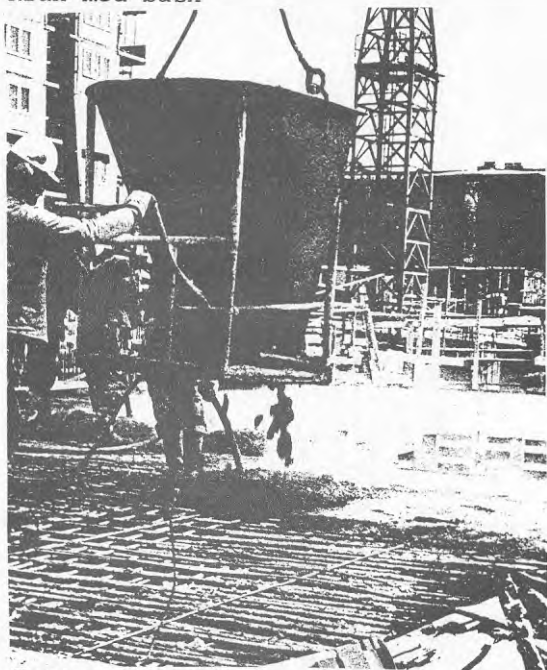
7.9 BM-kran med gripskopa



Figur 34 BM-kran med gripskopa

Ett allt vanligare alternativ, främst vid gjutning av platta, har BM-kran med gripskopa blivit. Den största fördelen är att endast en man (=kranföraren) klarar hela betonghanteringen från fیکا till form med hög kapacitet. Likaså kan etableringskostnaden för BM-kranen slås ut på flera kostnadsbärare, eftersom BM-kranens alternativanvändning är stor på byggarbetsplatsen. Dagskostnaden för en BM-kran med gripskopa är ca 560 kr/dag, med total personalkostnad för betonghanteringen på 920 kr/dag.

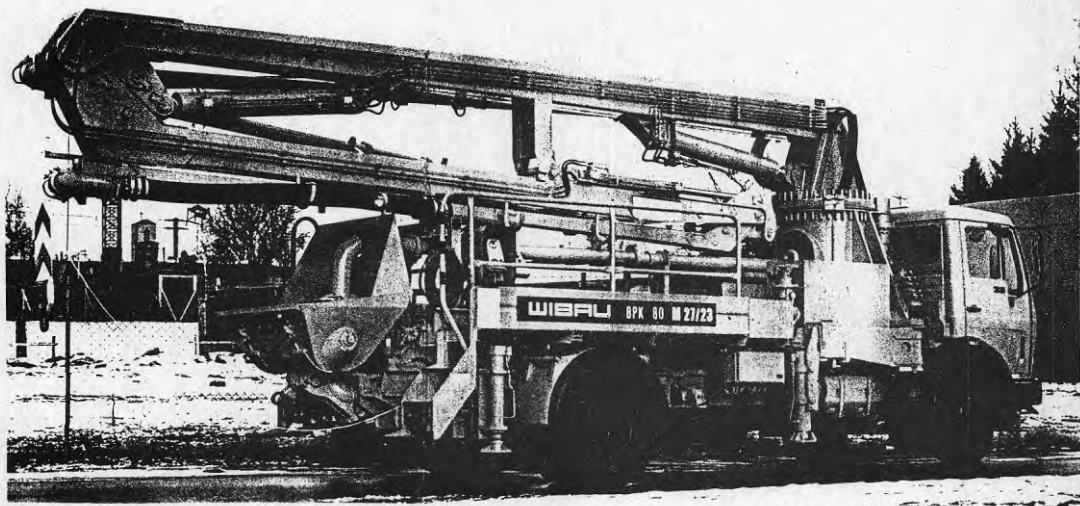
7.10 Kran med bask



Figur 35 Kran med bask

Tornkran med bask tillhör de vanligaste betonghantlingsutrustningarna idag. Detta kan tyckas märkvärdigt då kranen har förhållandevis hög kostnad och låg gjutkapacitet. Dessutom är den starkt personalkrävande. En anledning till kranens popularitet är dess möjligheter till alternativ användning, en annan och den kanske främsta är dess höga uppföringshöjd. Kostnaden för en 30 tm tornkran + bask ligger på ca 650 kr/dag, dessutom tillkommer personalkostnad på 1 840 kr/dag, för kranförare och baskförare.

7.11 Pumpbil



Figur 36 Pumpbil

För flytbetong är betongpumpning ett attraktivt alternativ. Dels ökar kapaciteten och dels minskar risken för pumpstopp i förhållande till pumpning av normalbetong. Trots detta är betongpumpning en relativt dyr metod, speciellt vid små byggobjekt.

En komplett pumpbil, typ Schwing BPL 801, kräver ca 1 miljon kronor i investering, vilket ger en dagskostnad på ca 950 kr/dag. Dessutom tillkommer en pumpskötare och en man som fördelar betongen vid gjutstället till en kostnad av 1.840 kr/dag.

7.12 Bandtransportör



Figur 37 Bandtransportör

Konventionella bandtransportörer i lutning är mindre lämpliga för betong med mycket högt sättmått. Emellertid kan banden förses med medbringare eller ribbade band som gör att också flytbetong kan transporteras i måttliga lutningar med hög bandhastighet. En ca 20 m lång bandtransportör kostar ca 100.000 kr komplett. Per dag inklusive drift och underhåll blir totalkostnaden för utrustningen 125 kr/dag. Tillkommer gör då personalkostnad för två man ca 1.840 kr/dag.

8. OLIKA KOMBINATIONER AV UTRUSTNINGSSALTERNATIV

8.1 Tre huvudalternativ vid flytmedelstillsättning

Flytmedel kan tillsättas betong i princip vid tre tillfällen

- a) före transport
- b) under transport
- c) efter transport

till byggarbetsplatsen, där

- a) avser blandning vid fabrik
- b) avser blandning på bil och
- c) avser blandning i utrustning placerad på byggarbetsplats.

8.2 Faktorer som påverkar val av alternativ

Ett antal faktorer påverkar val av blandningstillfälle och utrustning. Dels är det objektspecifika faktorer såsom:

- storlek på byggobjekt
- gjuthastighet
- avstånd mellan fabrik och byggarbetsplats
- gjuthöjd

och dels är det utrustningsspecifika faktorer såsom

- utrustningars anpassningsbarhet till varandra
- utrustningarnas kapacitet och egenskaper
- kostnader för olika utrustningskombinationer

Samtliga dessa faktorer måste tas hänsyn till vid val av utrustning för transport av flytbetong, eftersom en viss utrustningskombination ofta är ekonomiskt motiverad vid ett visst byggobjekt, medan en annan kombination är motiverad vid ett annat objekt.

8.3 Alternativa utrustningskombinationer

8.3.1 Före transport

Följande tolv kombinationer av utrustningar, från fabrik till gjutställe, har undersökts. Av dessa är två utrustningskombinationer (roterbil + skruvtransportör + ficka, och trågbil + skruvtransportör + ficka) ej tidigare testad.

TRANSPORTALTERNATIV

FÖRE TRP (BLANDNING FABRIK)

Roterbil

(g) = bilgjutning

1. slasränna (g)
2. BM-kran + gripskopa + ficka
3. pumpbil (g)
4. kran + bask + hydraulficka
5. skruvtransportör + ficka
6. bandtransportör (g)

Trågbil

7. slasränna (g)
8. skruvtransportör + ficka
9. BM-kran + gripskopa + ficka
10. kran + bask + hydraulficka
11. pumpbil (g)
12. bandtransportör (g)

Tillsättning av flytmedel före transport är det klart vanligaste alternativet idag och då speciellt nr 3, 4, 10 och 11.

8.3.2 Under transport

Tillsättning under transport har hittills varit mycket sällsynt i Sverige. De tillsättningar som gjorts har mest varit i försökssyfte med roterbil. De roterbilar som nu senast beställts har emellertid levererats med en behållare avsedd för tillsatser.

Dagens roterbilar kan därför anses vara fullt tekniskt kapabla att blanda flytbetong. Sex av följande utrustningskombinationer har roterbilen som blandningsutrustning, medan övriga tolv har trågbilen med trågskruv resp. egenfrekvenstråg som blandningsutrustning. De totalt 18 kombinationerna för blandning under transport är:

UNDER TRP (BLANDNING BIL)

Roterbil

13. slasrännna (g)
14. BM-kran + gripskopa + ficka
15. pumpbil (g)
16. kran + bask + hydraulficka
17. skruvtransportör + ficka
18. bandtransportör (g)

Trågbil med skruvblandare

19. slasrännna (g)
20. BM-kran + gripskopa + ficka
21. pumpbil (g)
22. kran + bask + hydraulficka
23. bandtransportör (g)
24. skruvtransportör + ficka

Trågbil med egenfrekvensblandare

25. slasrännna (g)
26. BM-kran + gripskopa + ficka
27. pumpbil (g)
28. kran + bask + hydraulficka
29. bandtransportör (g)
30. skruvtransportör + ficka

Av de ovan angivna kombinationerna är nr 15 och 16 vanligast i de fall tillsättning skett under transport.

8.3.3 Efter transport

Tillsättning efter transport har hittills, i relativt liten skala, skett i roterbil eller i på byggplatsen uppställt roteraggregat. Totalt har 13 olika kombinationer studerats varav 8 har dessa utrustningar som blandare. Övriga 5 har egenfrekvensblandning, skruv- resp pumpblandning, dvs nya förslag på blandningssätt.

EFTER TRP (BLANDNING BYGGPLATS)

Roterbil

- 31. slasränna (g)
- 32. BM-kran + gripskopa + ficka
- 33. pumpbil (g)
- 34. bandtransportör (g)

Trågbil

- 35. skruvtransportör + ficka med egenfrekvensvibr.
- 36. BM-kran + gripskopa + ficka med egenfrekvensvibr.
- 37. kran + bask + hydraulficka med egenfrekvensvibr.
- 38. pumpbil + roterblandare
- 39. bandtransportör + roterblandare
- 40. blandningspump + doserare
- 41. blandningsskruvtransportör + doserare

- 42. Roterbil med pump
- 43. Roterbil med bandtransportör

Av de studerade alternativen är nr 32 och 33 de vanligast förekommande kombinationerna.

9. SYSTEMKOSTNADER VID OLIKA KOMBINATIONER

9.1 Definitioner

Vid kombinationer av olika utrustningar förekommer olika typer av kostnader. De här använda kostnaderna är:

F = Fast kostnad per etablering (kr/etabl)
R = Rörlig kostnad per dag (kr/dag)
S = Rörlig kostnad per m³ flytbetong (kr/m³)
P = Personalkostnad (kr/dag)

Dessutom förekommer andra typer av index såsom:

K = Kapacitet (m³/dag)
t = (vid) transport
g = (vid) transport + gjutning

9.1.1 Fasta kostnader vid etablering

Vid varje etablering av utrustningar på byggarbetsplats kommer enskilda utrustningar att

- o transporteras till
- o monteras på
- o demonteras på
- o transporteras från

byggarbetsplatsen.

Varje sådan hantering är förknippad med en (fast) kostnad per etableringstillfälle. I utvärderingen divideras därför etableringskostnaden med byggets totala gjutvolym. För ett stort byggobjekt kommer därmed dessa kostnader att bli marginella, medan de vid små objekt kommer att bli mer utslagsgivande.

I de fall (vid t.ex. tornkranar) där inte utrustningen etableras för enbart gjutningsmomenten, utan användas i andra byggmoment, måste den fasta kostnaden även slås ut på dessa kostnadsbärare. I andra fall (vid t.ex. hydraulficka) kan hela den fasta kostnaden helt hänföras till gjutningsmomentet.

De fasta kostnaderna (grovt) för utrustningarna är:

Utrustning	Fast kostnad kr/etablering	Alternativ- användes
Ficka (container)	400	
Hydraulficka	400	
Ficka + egenfrekv.vibr.	425	
Roterblandare stationär	400	
Hydraulficka egenfr.vibr	425	
Slasränna	200	
Skruvtransportör	500	
BM-kran + gripskopa	200	X (kran)
Kran + bask	500	X (kran)
Pumpbil	500	
Bandtransportör	500	(X)
Blandn.pump + doserare	500	
Blandn.skruv + doserare	500	(X)

Figur 38 Indikering av etableringskostnader för utrustningar

9.1.2 Rörlig kostnad

De rörliga kostnaderna förekommer i utvärderingen per m^3 resp per dag. Betongbilarnas kostnad (S) anges i kr/m^3 då de förutsätts ha samma m^3 -kostnad oavsett byggobjektets storlek och gjuthastighet. Kostnaderna för övriga utrustningar (R) anges i kr/dag då kostnaden per m^3 varierar med byggets storlek och gjuthastighet. Dessa kostnader (R) kommer därför i utvärderingen att divideras med gjuthastigheten (m^3/dag), för att de olika kombinationerna (vid olika gjuthastighet) skall kunna jämföras.

9.1.3 Personalkostnad

Personalkostnaden är olika för aktuella yrkesgrupper i utvärderingen.

En betongarbetare kostar följande: (år 1982)

Grundlön	50 kr/tim
Sociala avg.	25
Semesterers.	6
Resor	5
	<hr/>
	86 kr/tim

Till den rena lönekostnaden tillkommer ett pålägg för "administration" på 33% som omfattar arbetsledning, bodar, verktyg och maskiner m.m. Totalt kostar därmed en betongarbetare $86 \times 1,33 = 115$ $kr/tim = 920$ kr/dag

För betongbilschauffören är motsvarande kostnad med ett administrationstillägg på 22%:
 $71 \times 1,22 = 87$ $kr/tim = 696$ kr/dag

9.1.4 Kapacitet

De av utrustningsleverantörerna lämnade kapacitetsuppgifterna för respektive utrustning ligger betydligt över de praktiskt användbara. Den intressanta kapaciteten är emellertid den effektiva gjutkapaciteten per dag, som visat sig genomsnittligt bli ca hälften av den teoretiskt möjliga. Utrustningarna har därför i utvärderingen dimensionerats för effektiv gång under 4 timmar per dag.

9.2 Kombinationschema

Nedanstående flödesschema visar de olika kombinationer av utrustningar som är tänkbara för ett helt transportsystem, från det att betongen lämnar betongfabriken till det att flytbetongen ligger i gjutformen. Varje enskilt utrustningsalternativ har i sin symbolruta uppgifter över kostnader och kapaciteter hämtade från kapitlen 3, 6 och 9. Där ingen kapacitetsmässig "flaskhals" föreligger har kapaciteten satts till "10.000".

9.3 Databeräkning av systemkostnaden

De olika kombinationerna i föregående schema representerar vardera en systemkostnad som beräknats med datahjälp. Varje kombination (43 st) har analyserats vid

- o 5 olika gjuthastigheter (20, 80, 120, 200 och 400 m³/dag)
- o 3 olika objektsstorlekar (20, 100 och 1.000 m³)

dvs totalt har 645 olika kombinationer analyserats.

Indata för dataprogrammet visas i överskådliga tabeller nedan, där också visas hur vanliga de ingående utrustningarna är i varje kombination. Dataprogrammet och komplett utskrift redovisas i bilaga 2 och 3.

Gjuthastighet m ³ /dag Gjut- objekts- storlek m ³	20	80	100	1000	Alternativ vid		
					dagens utr.	nya + dagens utr.	hög gjut- höjd
20	x	x	x	x	kap 9.4.1	9.5.1	9.6.1
100	x	x	x	x	9.4.2	9.5.2	9.6.2
1000	x	x	x	x	9.4.3	9.5.3	9.6.3

Figur 40 a Analyserade gjuthastigheter och storlekar på gjutobjekt.

- vanliga utrustningar i Sverige
- ovanliga utrustningar i Sverige
- relativt vanliga i utlandet
- nya, utvecklade utrustningar

KOSTNAD UTRUSTNING-PERSONAL P = FAST KR (S.M) = RURLIG KR/X KAPACITET M ³ /dag	FÖRE TRP										UNDER TRP										EFTER TRP																																									
	roter										trägskruv										träscenfrekv										roter										träg																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41																					
A. Fabrikshandlare	0	S= 12 kr/m ³	10.000 "																																																											
B. Roterbil	0	45	36																																																											
C. Roterbil g.j	0	63	24																																																											
D. Träg trp	0	36	40																																																											
E. Träg g.j	0	50	27																																																											
F. Träg-skruv trp	0	57	28																																																											
G. Träg-skruv g.j	0	57	28																																																											
H. Träsgenfrävs trp	0	38	39																																																											
I. Träsgenfrävs g.j	0	52	26																																																											
J. Roterbil efterblandn. trp	0	55	30																																																											
K. Roterbil efterblandn. g.j	0	75	20																																																											
L. Roter-pump	0	126	21																																																											
M. Roter + bandtransportör	0	126	21																																																											
N. Roter + bandtransportör	0	126	21																																																											
O. Hydrauliska	400	R= 17 kr/dag	10.000 "																																																											
P. Fickrogenfrekv.vibr.	425	1010	60																																																											
Q. Roterblandare stationär	400	1045	1045																																																											
R. Hydrauliska egenfrekv.vibr.	425	1063	1063																																																											
S. Skarvna	200	1940	100																																																											
T. Baktvtransportör	200	1480	100																																																											
U. Baktvtransportör	200	1480	100																																																											
V. Kran + bask	500	2487	80																																																											
X. Pumpbil	500	2787	140																																																											
Y. Bandtransportör	500	1970	80																																																											
Z. Blandningspump + doserare	500	2260	120																																																											
A. Blandn.skruv + doserare	500	1982	120																																																											

Figur 40b Ingående värden för dataprogram

9.4 Dagens bästa alternativ

Av de totalt 43 presenterade huvudalternativen bygger 25 st på ny teknik eller ej tidigare kombinerade utrustningar. För att indikera dagens kostnader vid olika total gjutvolym och gjuthastighet har dagens utrustningskombinationer separatutvärderats.

Dagens olika alternativ har ringmarkerats i nedanstående tabell, där roterbil användes vid såväl blandning före som under och efter transport. Trågbilen däremot används enbart vid (fabriks-) blandning före transport.

TRANSPORTALTERNATIV

FÖRE TRP (BLANDNING FABRIK)

Roterbil

(g) = bilgjutning

- ①. slasränna (g)
- ②. BM-kran + gripskopa + ficka
- ③. pumpbil (g)
- ④. kran + bask + hydraulficka
5. skruvtransportör + ficka
- ⑥. bandtransportör (g)

Trågbil

7. slasränna (g)
8. skruvtransportör + ficka
- ⑨. BM-kran + gripskopa + ficka
- ⑩. kran + bask + hydraulficka
- ⑪. pumpbil (g)
- ⑫. bandtransportör (g)

UNDER TRP (BLANDNING BIL)

Roterbil

- ⑬. slasränna (g)
- ⑭. BM-kran + gripskopa + ficka
- ⑮. pumpbil (g)
- ⑯. kran + bask + hydraulficka
17. skruvtransportör + ficka
- ⑰. bandtransportör (g)

Trågbil med skruvblandare

19. slasränna (g)
20. BM-kran + gripskopa + ficka
21. pumpbil (g)
22. kran + bask + hydraulficka
23. bandtransportör (g)
24. skruvtransportör + ficka

Trågbil med egenfrekvensblandare

25. slasränna (g)
26. BM-kran + gripskopa + ficka
27. pumpbil (g)
28. kran + bask + hydraulficka
29. bandtransportör (g)
30. skruvtransportör + ficka

EFTER TRP (BLANDNING BYGGPLATS)

Roterbil

- ⑳. slasränna (g)
- ㉑. BM-kran + gripskopa + ficka
- ㉒. pumpbil (g)
- ㉓. bandtransportör (g)

Trågbil

35. skruvtransportör + ficka med egenfrekvensvibr.
36. BM-kran + gripskopa + ficka med egenfrekvensvibr.
37. kran + bask + hydraulficka med egenfrekvensvibr.
38. pumpbil + roterblandare
39. bandtransportör + roterblandare
40. blandningspump + doserare
41. blandningsskruvtransportör + doserare

④②. Roterbil med pump④③. Roterbil med bandtransportör

Figur 41 Dagens transportalternativ (inringade)

9.4.1 Dagens bästa alternativ vid total gjutvolym
20 m³

De fem ekonomiskt fördelaktigaste kombinationerna vid gjutvolymen omkring 20 m³ visas nedan. Beroende på utrustningarnas olika lämplighet vid varierande gjuthastighet (m³/dag) har dessutom kostnaderna vid fem olika gjuthastigheter studerats.

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ *lac.	alternativ	GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	13	120
2	43	121
3	31	132
4	1	132
5	42	149

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ *lac.	alternativ	GJUTHAST. 80 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	13	84.75
2	14	93.96
3	31	96.75
4	1	96.75
5	9	96.96

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ *lac.	alternativ	GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	13	80.83
2	14	87.64
3	9	90.64
4	31	92.83
5	1	92.93

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ *lac.	alternativ	GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	13	77.69
2	14	82.58
3	9	85.58
4	31	89.69
5	1	89.69

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ *lac.	alternativ	GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	13	75.34
2	14	78.79
3	9	81.79
4	31	87.34
5	1	87.34

Ur tabellen kan konstateras att (nr 13) "transport med roterbil och lossning i slasrännna" är den klart fördelaktigaste kombinationen vid alla gjuthastigheter. (För detta och andra alternativ gäller dock vissa begränsningar beträffande gjuthöjd, vilka senare separeratutvärderas).

Likaså är (14) "transport med roterbil och lossning i ficka (container) samt gjutning med gripskopeutrustad BM-kran", en mycket fördelaktig kombination. Båda alternativen (13 och 14) förutsätter blandning under transport.

Vid liten gjuthastighet kan (43) "roterbil med fast bandtransportör eller (42) "roterbil med fast pump" också vara intressanta alternativ.

9.4.2 Dagens bästa alternativ vid total gjutvolym 100 m³

Vid gjutning av objekt omkring 100 m³ med dagens alternativ, placerar sig följande utrustningar på de fem första platserna:

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	10	114
2	43	121
3	31	126
4	1	126
5	14	128,85

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST. 30 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	14	71,96
2	9	74,96
3	13	78,75
4	32	81,96
5	2	83,96

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	14	65,64
2	9	68,64
3	13	74,83
4	32	75,64
5	2	77,64

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	14	60,58
2	9	63,58
3	32	70,58
4	13	71,69
5	2	72,58

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	14	56,79
2	9	59,79
3	32	66,79
4	16	67,74
5	2	68,79

Vid 100 m³-objektet är främst "transport med roterbil och blandning under transport i kombination med (14) BM-kran och gripskopa" eller (13) "slasränn" de lämpligaste alternativen. Även (9) "trägbil med fabriksblandad flytbetong kombinerad med BM-kran" är intressant. Liksom vid det tidigare 20 m³-objektet är (43) "roterbil med fast bandtransportör", lämplig vid lägre gjuthastigheter, medan (32) "roterbil med efterblandning kombinerad med BM-kran" börjar bli alltmer ekonomisk vid stigande gjuthastighet. Noteras bör att även roterbil med blandning under transport för kran + bask tillhör de fem mest ekonomiska vid hög gjuthastighet.

9.4.3 Dagens bästa alternativ vid total gjutvolym
1.000 m³

Vid objekt omkring 1.000 m³ får följande utrustningar
framskjutna placeringar:

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn.(kr/m ³)
1	13	112,2
2	43	121
3	14	123,44
4	31	124,2
5	1	124,2

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 80 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn.(kr/m ³)
1	14	66,56
2	9	69,56
3	32	76,56
4	13	76,94
5	2	78,56

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn.(kr/m ³)
1	14	60,24
2	9	63,24
3	32	70,24
4	2	72,24
5	13	73,03

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn.(kr/m ³)
1	14	55,18
2	9	58,18
3	32	65,18
4	2	67,18
5	16	69,38

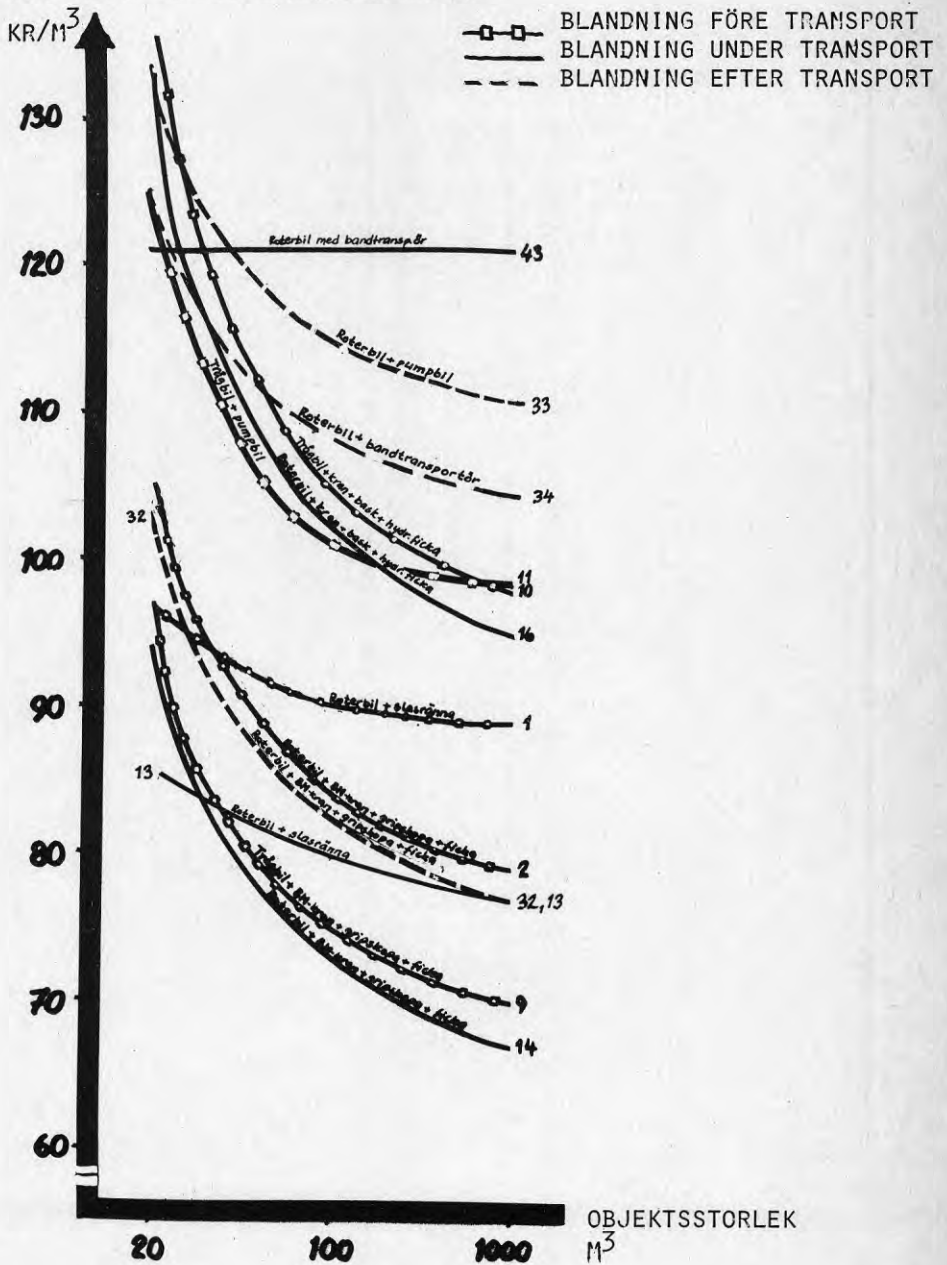
TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn.(kr/m ³)
1	14	51,39
2	9	54,39
3	16	60,64
4	32	61,39
5	2	63,39

Liksom vid 100 m³-objektet är BM-kran (14, 9, 32, 2) med i första hand roterbil men också trågbil de lämpligaste alternativen.

Även (13) "roterbil med slasränna" är vid lägre gjuthastigheter ekonomiskt motiverbar, medan (16) "roterbil med kran + bask" är konkurrenskraftig vid högre gjuthastigheter.

Av dagens alternativ är således roterbilen den mest användbara typen av betongbil, vilket i de flesta fall beror på dess möjlighet att blanda flytbetong under transporten. Dock är den främst användbar tillsammans med gjututrustningar som kräver låg gjuthöjd såsom slasränna och BM-kran. Figur 42 visar de 11 bästa alternativen med dagens hanterings- och transportutrustningar vid gjuthastigheten 80 m³/dag. Lämpligaste transportsätt vid utrustningar för högre gjuthöjder redovisas i kapitel 9.7.

TRANSPORT OCH HANTERINGSKOSTNAD



Figur 42. Dagens bästa alternativ för transport och hantering vid gjuthastigheten 80 m³/dag

9.5 Bästa alternativ bland dagens och nya kombinationer

Om istället en jämförelse görs mellan dagens kombinationer och kombinationer av nya utrustningar kommer trågbilen att få en mer dominerande roll, vilket kan utläsas av de följande databeräkningarna.

9.5.1 Bästa alternativ vid total gjutvolym 20 m³

Vid gjutning av mindre objekt upp till 20 m³, har följande utrustningskombinationer av såväl dagens som nya utrustningar, de lägsta kostnaderna per m³ flytbetong. Beroende på vald gjuthastighet kommer de 5 bästa kombinationerna att variera något.

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³		GJUTHAST, 30 M ³ PER DAG
slac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	25	109
2	19	114
3	7	119
4	13	120
5	43	121

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³		GJUTHAST, 80 M ³ PER DAG
slac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	25	73,75
2	19	78,75
3	7	80,75
4	13	84,75
5	36	86,5

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³		GJUTHAST, 120 M ³ PER DAG
slac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	25	69,83
2	19	74,83
3	7	79,83
4	36	80,83
5	26	80,64

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³		GJUTHAST, 200 M ³ PER DAG
slac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	25	66,69
2	19	71,69
3	36	74,34
4	26	75,68
5	7	76,69

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³		GJUTHAST, 400 M ³ PER DAG
slac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	25	64,34
2	19	69,34
3	36	71,39
4	26	71,79
5	7	74,34

Tabellen visar att oavsett gjuthastighet är kombinationen (25) "Trågbil med egenfrekvensblandare och lossning i slasrännan" det ekonomiskt fördelaktigaste alternativet.

Även kombinationen (19) "trågbil med skruvblandare och slasrännan" är ekonomiskt motiverbar speciellt vid lägre gjuthastigheter. Båda dessa alternativ innebär blandning under transport.

Vid alla gjuthastigheter är också (7) "trågbil" med färdigblandad flytbetong kombinerad "med slasrännan" ett konkurrenskraftigt alternativ. Denna kombination kräver ingen direkt produktutveckling utan skulle idag direkt kunna användas vid produktionen. Slasrännan med roterbil för blandning under transport (13) har också en framskjuten placering vid lägre gjuthastigheter.

9.5.2 Bästa alternativ vid total gjutvolym 100 m³

Vid gjutning av objekt omkring 100 m³ har följande kombinationer visat sig ha lägst m³-kostnad.

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST, 20 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	25	103
2	19	108
3	7	113
4	13	114
5	43	121

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST, 30 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	36	63,5
2	26	64,96
3	25	67,75
4	20	67,96
5	41	70,23

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST, 120 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	36	57,00
2	26	58,64
3	20	61,64
4	41	61,82
5	35	62,91

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST, 200 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	36	51,35
2	26	53,58
3	41	55,09
4	35	55,91
5	43	56,18

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³		GJUTHAST, 400 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	36	48,1
2	26	49,73
3	41	50,04
4	35	50,28
5	43	50,59

Vid 100 m³-objekt tycks olika kombinationer (36, 26, 20) med BM-kran + gripskopa och trågbil vara de mest ekonomiska. Blandning förutsätts dock ske med nya utrustningar såsom egenfrekvensvibrator och skruvblandare.

Vid lägre gjuthastigheter har också slasränna i kombination med trågbil (25, 19, 7) framskjutna placeringar, medan trågbil med (41) blandningsskruvtransportör och (40) blandningspump tycks vara fördelaktigare vid högre gjuthastigheter. Av de mer eller mindre konventionella alternativen syns (7) trågbil med slasränna och (43) roterbil med bandtransportör vara lämpliga vid lägre gjuthastigheter.

9.5.3 Bästa alternativ vid total gjutvolym 1.000 m³

Vid gjutning av mycket stora objekt omkring 1000 m³ får följande kombinationer de mest framskjutna placeringarna.

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	25	121.2
2	19	106.2
3	7	111.2
4	13	112.2
5	36	115.62

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 30 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	36	57.37
2	26	59.56
3	30	62.56
4	25	65.34
5	35	66.37

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	36	51.45
2	26	53.24
3	30	56.24
4	35	57.69
5	41	57.72

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	36	46.32
2	26	48.18
3	35	50.98
4	41	52.99
5	20	51.18

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	36	42.47
2	26	44.39
3	41	45.94
4	35	45.95
5	40	46.49

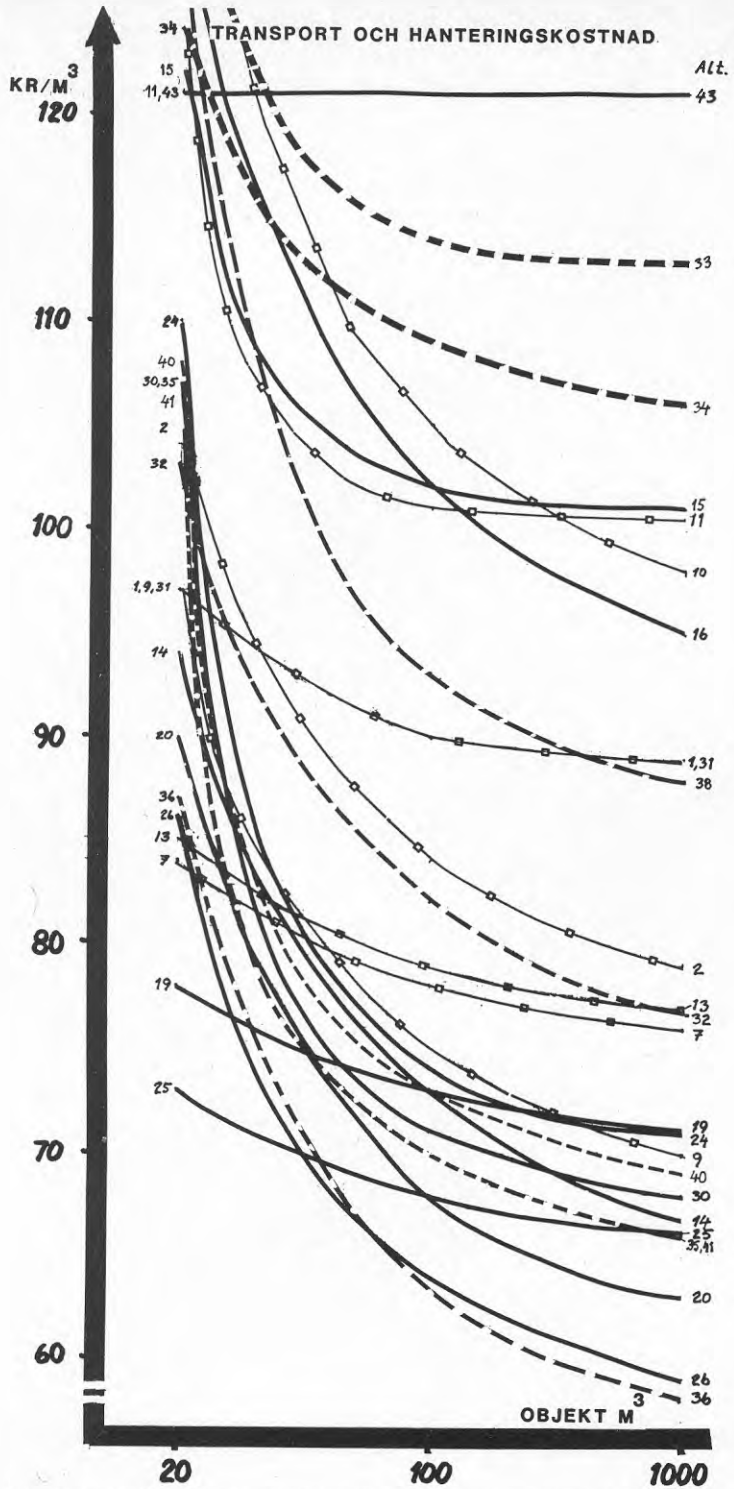
Skillnaderna mellan de olika kombinationerna börjar nu bli mindre, främst beroende på att etableringskostnaderna slagits ut på så stor totalvolym betong, att de per m^3 betong ger en marginell effekt.

Två utrustningskombinationer som dock klart framstår som intressanta är (36) trågbil + BM-kran + gripskopa + egenfrekvensficka och (26) d:o men med egenfrekvensvibratorn på trågbilen. Vid lägre gjuthastigheter visar också (25,19) "slasränna med trågbilsblandning under transport" god ekonomi.

Ett annat "trågbilsalternativ, men med egenfrekvensficka och skruvtransportör" (35) är ekonomiskt motiverbar över hela gjuthastighetsregistret.

Vid samkörning av dagens och nya kombinationer utmärker sig trågbilen som den mest fördelaktiga betongbilen. Dock är användandet av denna förenat med utvecklingsmässiga risker. Det alternativ med trågbil som har minst teknisk risk är kombinationen med slasränna, där blandningen skett före transport.

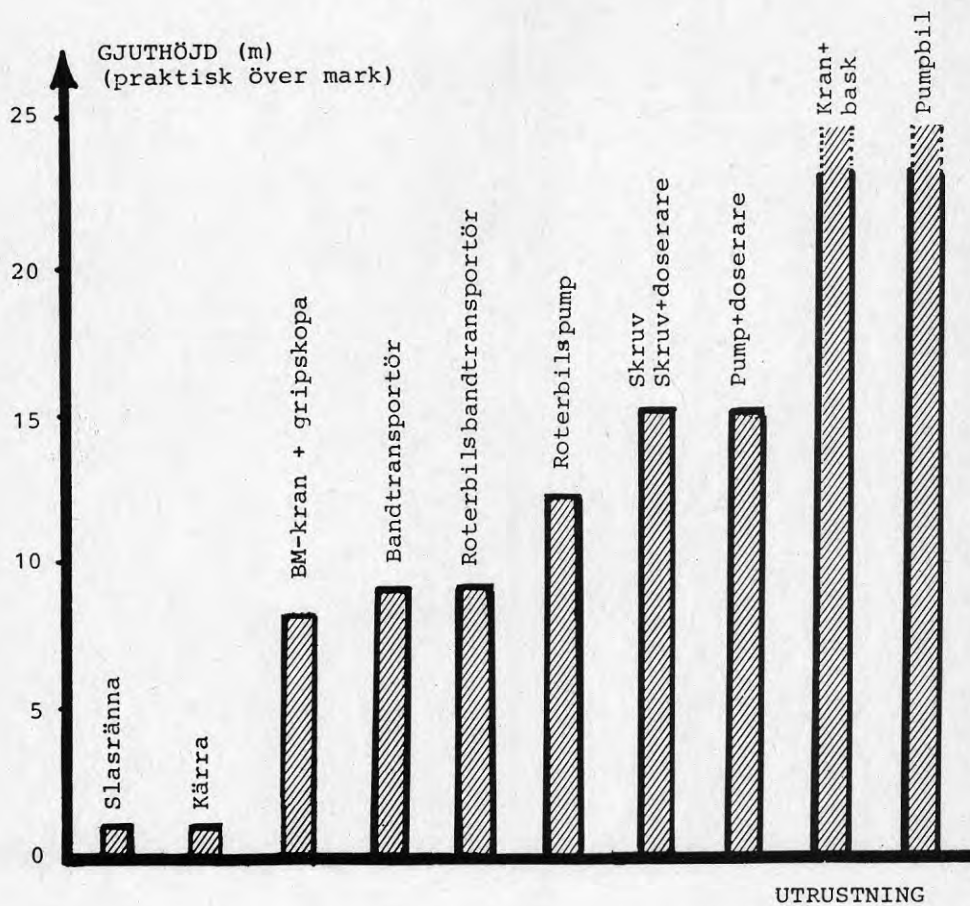
Figur 43 visar de totalt bästa alternativen bland dagens och nya kombinationer vid gjuthastigheten $80 m^3/dag$.



Figur 43 Totalt bästa alternativ vid gjuthastigheten 80 m³/dag.

9.6 Bästa alternativ vid hög gjuthöjd

Som tidigare noterats finns olika tekniska begränsningar i gjuthöjd hos de olika utrustningarna. Figuren nedan visar ett grovt mått på de olika utrustningarnas praktiska gjuthöjd över mark.



Figur 44 Indikerade begränsningar i gjuthöjd hos olika utrustningar

I figuren kan utläsas tre principiella gränser för utrustningarnas gjuthöjder:

- under 15 meter
- omkring 15 meter
- över 15 meter

Till utrustningar för gjuthöjder under 15 meter hör slasrännor, betongkärnor och BM-kran med gripskopa, vilka speciellt är lämpliga för gjutning av platta på mark. Bandtransportörer klarar högre höjder, upp till tre våningar med normalbetong, men däremot inte med flytbetong eftersom transportören då måste göras oacceptabelt lång för att förhindra tillbakarinning.

Till utrustningar för indikerad gjuthöjd omkring 15 meter hör de nya förslagen med skruv och pump med doserare, medan den tredje gruppen, till vilken kran + bask och pumpbil hör, klarar långt över 15 meter.

För att finna bästa kombinationer av utrustningar för gjuthöjder ≥ 15 meter har en separatutvärdering gjorts för följande ringmarkerade alternativ. (Kombinationer med betongkärnor har ej tagits med i någon av utvärderingarna, då referensgruppen ansett att betongkärning idag inte är ett realistiskt alternativ).

FÖRE TRP (BLANDNING FABRIK)

Roterbil

(g) = bilgjutning

1. slasränna (g)
2. BM-kran + gripskopa + ficka
3. pumpbil (g)
4. kran + bask + hydraulficka
5. skruvtransportör + ficka
6. bandtransportör (g)

Trågbil

7. slasränna (g)
8. skruvtransportör + ficka
9. BM-kran + gripskopa + ficka
10. kran + bask + hydraulficka
11. pumpbil (g)
12. bandtransportör (g)

UNDER TRP (BLANDNING BIL)

Roterbil

13. slasränna (g)
14. BM-kran + gripskopa + ficka
15. pumpbil (g)
16. kran + bask + hydraulficka
17. skruvtransportör + ficka
18. bandtransportör (g)

Trågbil med skruvblandare

19. slasränna (g)
20. BM-kran + gripskopa + ficka
21. pumpbil (g)
22. kran + bask + hydraulficka
23. bandtransportör (g)
24. skruvtransportör + ficka

Trågbil med egenfrekvensblandare

25. slasränna (g)
26. BM-kran + gripskopa + ficka
27. pumpbil (g)
28. kran + bask + hydraulficka
29. bandtransportör (g)
30. skruvtransportör + ficka

EFTER TRP (BLANDNING BYGGPLATS)

Roterbil

31. slasränna (g)
32. BM-kran + gripskopa + ficka
33. pumpbil (g)
34. bandtransportör (g)

Trågbil

35. skruvtransportör + ficka med egenfrekvensvibr.
36. BM-kran + gripskopa + ficka med egenfrekvensvibr.
37. kran + bask + hydraulficka med egenfrekvensvibr.
38. pumpbil + roterblandare
39. bandtransportör + roterblandare
40. blandningspump + doserare
41. blandningsskruvtransportör + doserare
42. Roterbil med pump
43. Roterbil med bandtransportör

Figur 45 Alternativa kombinationer vid gjuthöjder över 15 meter.

9.6.1 Bästa höghöjdsalternativ vid total gjutvolym
20 m³

De 5 bästa av totalt 20 kombinationer vid gjuthöjder
≥ 15 m vid små byggobjekt är följande alternativ.

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	42	149
2	41	181,94
3	38	182,44
4	35	182,85
5	24	185,44

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 80 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	41	106,23
2	35	107,4
3	38	107,86
4	40	108,96
5	24	110,86

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	41	97,82
2	35	99,01
3	38	99,57
4	40	99,64
5	27	100,22

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	27	90,93
2	41	91,09
3	40	92,18
4	35	92,31
5	38	92,94

TOT.GJUTVOLYM 20 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	27	83,96
2	41	86,04
3	40	86,59
4	35	87,28
5	38	87,97

Vid mindre gjutobjekt framstår (41) "skruvtransportör för inblandning, dosering och interntransport" tillsammans med (35) "skruvtransportör för interntransport" och "egenfrekvensficka" som totalt bästa alternativ. Båda dessa förutsätter transport med trågbil.

Vid lägsta gjuthastighet finns dock ett ytterligare alternativ (42) roterbil med pump, som ligger ca 30 kr/m³ under näst bästa alternativ (41). Vid högre gjuthastigheter är (27) "trågbil med egenfrekvensblandare" och "pumpbil" det bästa alternativet.

Vid övriga gjuthastigheter är (30) "skruvtransportör med egenfrekvensficka" kombinerad med "trågbil" också ett attraktivt alternativ.

Första bästa "konventionella" alternativ (11) "trågbil för pumpbil" kostar ca 10 kr/m³ mer än bästa "nya" alternativ (27) vid högsta gjuthastighet.

9.6.2 Bästa höghöjdsalternativ vid total gjutvolym
100 m³

Vid byggobjekt omkring 100 m³ får följande kombinationer de främsta placeringarna.

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	35	145,85
2	41	145,94
3	30	146,44
4	42	149
5	24	149,44

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 80 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	41	70,23
2	35	70,4
3	30	71,86
4	40	72,96
5	24	74,86

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	41	61,82
2	35	62,81
3	30	63,57
4	40	63,64
5	24	66,57

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	41	55,89
2	35	55,31
3	40	56,18
4	30	56,94
5	24	59,94

TOT.GJUTVOLYM 100 M ³ plac.	alternativ	GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG kostn. (kr/m ³)
1	41	50,84
2	35	50,28
3	40	50,59
4	30	51,37
5	38	54,57

Jämfört med 20 m³ gjutvolym förekommer samma utrustningskombinationer också vid 100 m³ gjutvolym. Kostnadsdifferensen dem emellan tenderar emellertid att krympa.

Vid högre gjuthöjder återfinns nu också (40) "trågbil" kombinerad med "blandningspump + doserare" och (24) "trågbil med skruvar för såväl trågblandning som för intertransport"

Noterbart är att inga av de konventionella alternativen ej heller här finns med bland de främsta vid denna gjutvolym.

9.6.3 Bästa höghöjdsalternativ vid total gjutvolym
1.000 m³

När gjutvolymen per etableringstillfälle blir uppemot
1.000 m³ blir den inbördes placeringen följande:

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 20 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	35	141.52
2	41	141.85
3	30	142.35
4	24	145.35
5	42	149

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 80 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	35	66.07
2	41	66.13
3	30	67.76
4	40	68.86
5	24	70.76

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 120 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	35	57.69
2	41	57.72
3	30	59.47
4	40	59.54
5	24	62.47

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 200 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	35	50.98
2	41	50.99
3	40	52.08
4	30	52.84
5	24	55.84

TOT.GJUTVOLYM 1000 M ³		GJUTHAST. 400 M ³ PER DAG
plac.	alternativ	kostn. (kr/m ³)
1	41	45.94
2	35	45.95
3	40	46.49
4	30	47.87
5	38	49.98

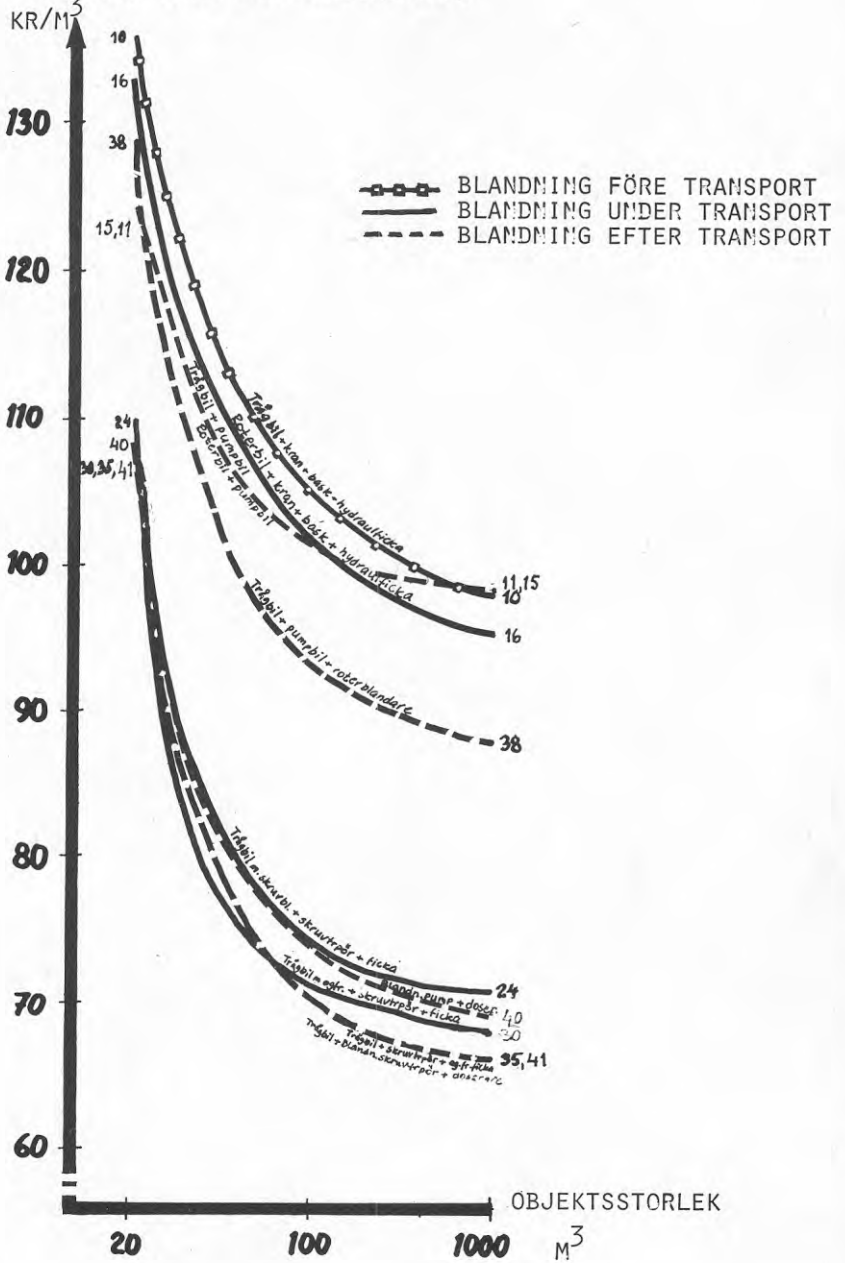
Även vid 1.000 m³ gjutvolym fås samma utrustnings-
kombinationer som vid de lägre gjutvolymerna, dvs
"trågbil" med (35) "skruvtransportör och egenfrekvens-
ficka", (41) "blandningsskruvtransportör" och (40)
"blandningspump". Likaså är (30) "trågbil med egen-
frekvensblandare" kombinerad med skruvtransportör och
ficka ett bra alternativ vid samtliga gjuthastigheter.

Av de totalt 20 kombinationerna för höghöjdsgjutning framstår trågbilstransport med blandning efter transport i kombination med olika skruvtransportörsalternativ som de mest intressanta.

Av de konventionella metoderna synes (11) "trågbil (med blandning före transport) och pumpbil", kosta ungefär lika mycket som (15) "roterbil (med blandning under transport) och pumpbil", men totalt mer än (38) "trågbil för fast roterblandare och pumpbil".

Figur 46 visar de fem totalt bästa av dagens resp. nya alternativen vid högre gjuthöjder och med gjuthastigheter 80 m³/dag.

TRANSPORT OCH HANTERINGSKOSTNAD



Figur 46 Bästa alternativ för transport och hantering vid gjuthöjder över 15 m och gjuthastighet 80 m³/dag.

10. TEKNISK OCH EKONOMISK SAMMANSTÄLLNING

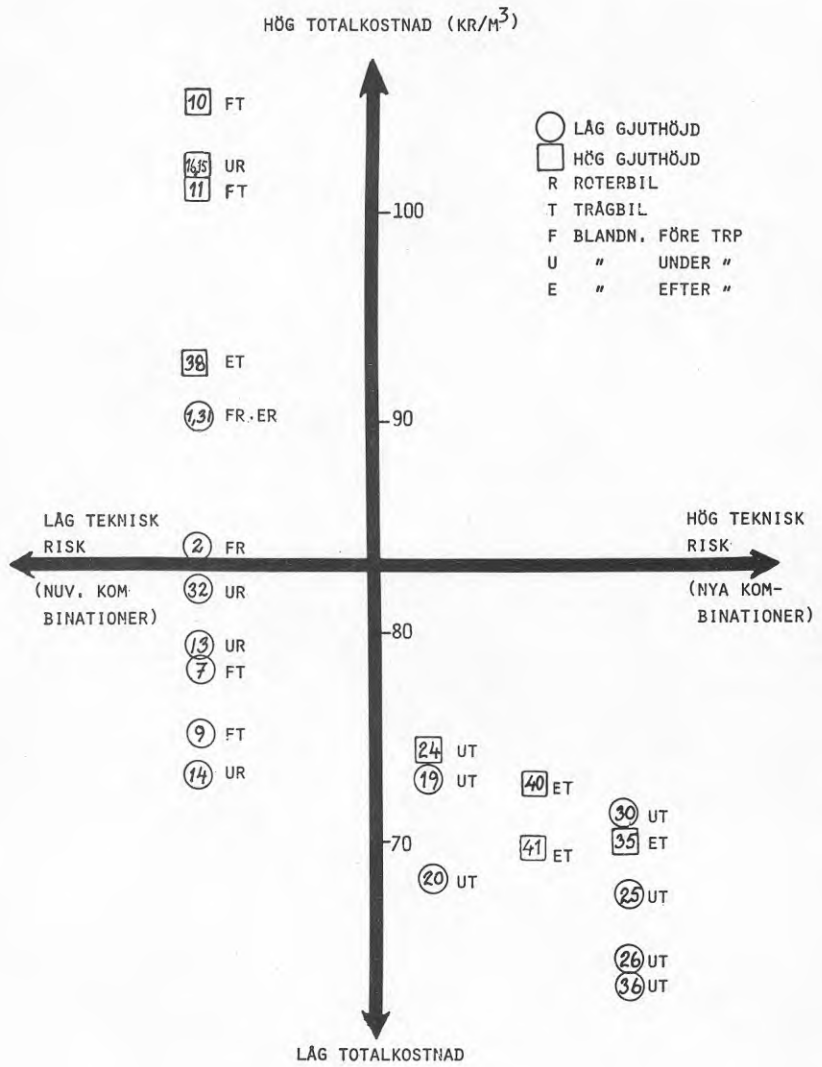
10.1 Sammantagen teknisk och ekonomisk värdering

De undersökta utrustningskombinationerna har som visats varierande ekonomisk bärkraft, samtidigt som de innebär olika tekniska risker.

Generellt kan de nya kombinationerna sägas ge lägre totalkostnad än nuvarande kombinationer, men detta sker på bekostnad av ett större risktagande beträffande tekniken.

Kostnadsdifferensen mellan alternativen minskar vid ökad gjuthastighet, medan den i stort sett bibehålles vid ökad storlek på gjutobjektet.

I figur 47 sammanställs kombinationerna av de 12 bästa av dagens resp. de 10 bästa av nya utrustningar, med avseende på storleken av teknisk risk och totalkostnad per m^3 flytbetong. Figuren avser byggobjekt på $100 m^3$ med gjuthastigheten $80 m^3/dag$, men där de inbördes placeringarna huvudsakligen också gäller för gjutvolymer från $50 m^3$ upp till $1.000 m^3$.



Figur 47 Teknisk och ekonomisk värdering av totalt bästa alternativen vid gjuthastigheten 80 m³/dag.

Av de 22 kombinationerna, så ingår i 10 av dessa minst en ny typ av utrustning, medan övriga 12 kombinationer helt igenom består av konventionella utrustningar. Av de nya utrustningskombinationerna är 5 baserade på egenfrekvensblandning, 2 på samtidig blandning och transport i skruv eller pump, medan övriga 3 är baserade på skruvblandning.

10.2 Val av utrustning vid olika förutsättningar

Nedan redovisas 4 tänkbara fall som visar lämpligaste alternativ vid olika grader av lyckad produktutveckling av nya utrustningar.

Fall 1: Blandning med skruv fungerar

Fall 2: Samtidig inblandning och transport med skruv eller pump fungerar

Fall 3: Inblandning med resonans- eller egenfrekvens fungerar.

Fall 4: Ingen av de nya utrustningarna fungerar.

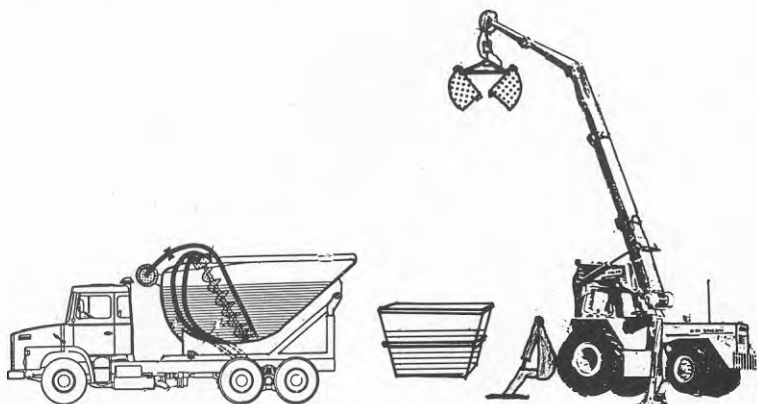
Fall 1: Blandning med skruv fungerar

Det alternativ som har bäst ekonomiska och tekniska förutsättningar är nr 20:

Trågbil med skruvblandare, för blandning under transport i kombination med BM-kran + gripskopa.

Detta alternativ ger låg totalkostnad och innebär lägst teknisk risk av de nya utrustningarna. Vid mindre gjutobjekt kan BM-kranen ersättas med (19) slasränna, fortfarande med god ekonomi.

Vid högre gjuthöjder är samma trågbil med skruvblandare lämplig, men då i kombination med (24) skruvtransportör.



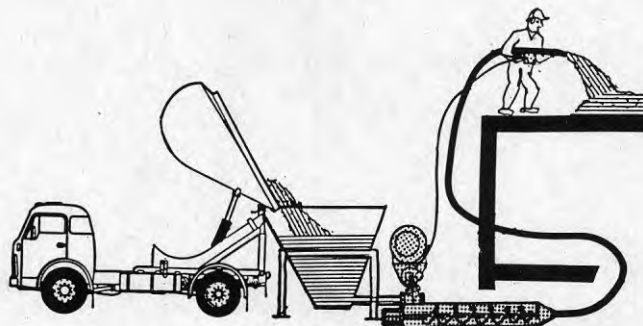
Figur 48a Trågbil med skruvblandare och BM-kran med gripskopa. Bästa alternativ om skruvblandning fungerar som avsett



Figur 48b Trågbil med skruv och skruvtransportör. Bästa alternativ vid fall 1 vid hög höjd.

Fall 2: Samtidig inblandning och transport med skruv eller pump fungerar

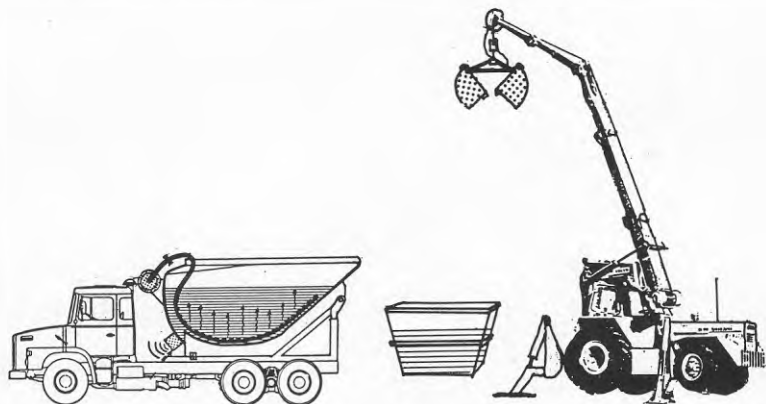
I detta fall är (41) konventionell trågbil kombinerad med blandningsskruvtransportör + doserare (blandning efter trp) det bästa alternativet, för såväl gjutning på hög som låg höjd.



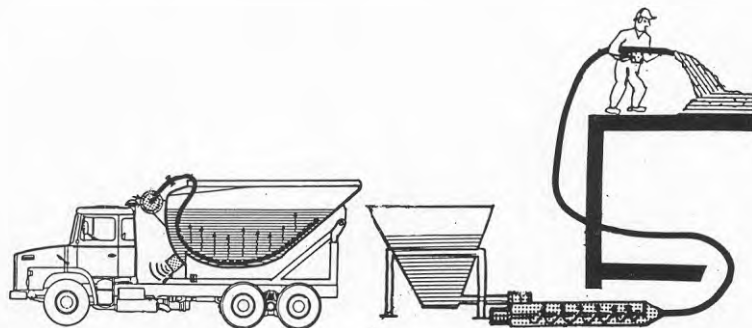
Figur 49 Trågbil och blandningsskruvtransportör. Bästa alternativ vid fall 2 för både hög och låg gjuthöjd.

Fall 3: Inblandning med resonans- eller egenfrekvens fungerar

Vid vibratorinblandning är (36) trågbil med egenfrekvensblandare (under transport) kombinerad med BM-kran + gripskopa det bästa alternativet vid låga gjuthöjder, medan (35) trågbil för ficka med egenfrekvensvibrator + skruvtransportör (blandning efter transport) är det bästa för högre gjuthöjder.



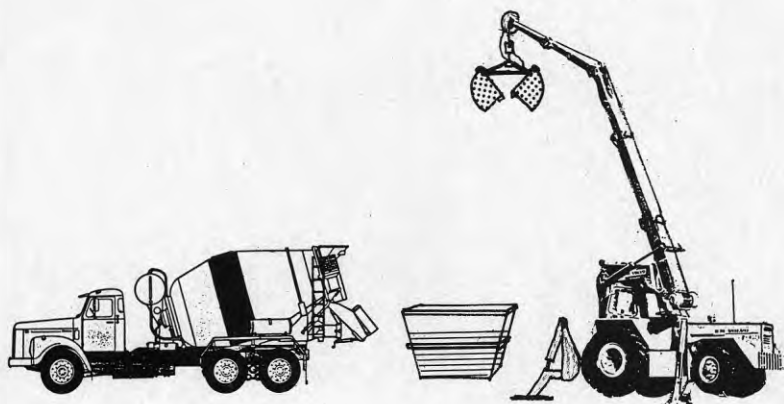
Figur 50a Trågbil med egenfrekvensblandare och BM-kran. Bästa alternativ vid fall 3 och låg gjuthöjd.



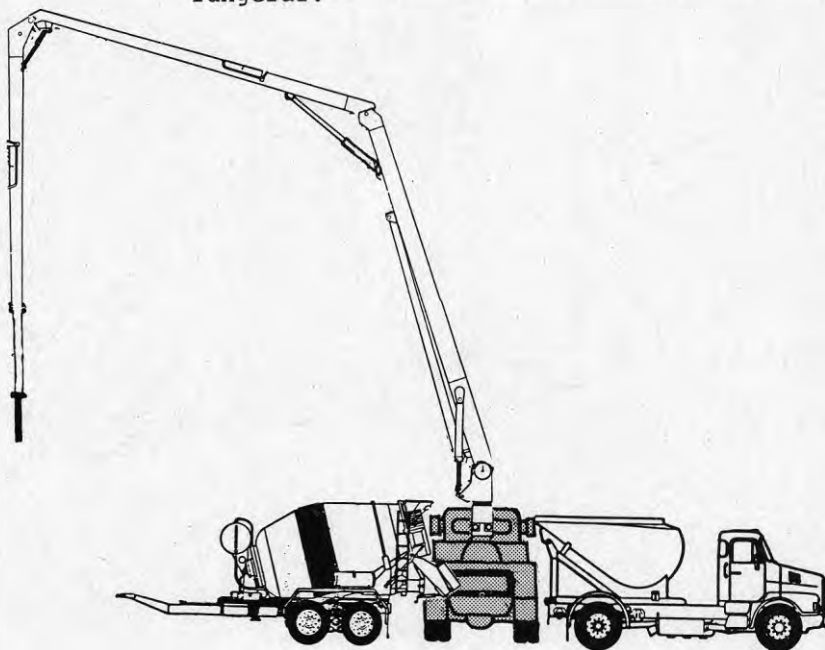
Figur 50b Trågbil med egenfrekvensblandare och skruvtransportör vid fall 3 och hög gjuthöjd.

Fall 4: Ingen av de nya utrustningarna fungerar

I detta fall, dvs vid dagens alternativ, är (14) roterbil med blandning under transport kombinerad med BM-kran + gripskopa, bäst vid lägre gjuthöjder, medan trågbilstransport med blandning efter transport i roterblandare och kombinerad med pumpbil är lämpligast vid högre gjuthöjder.



Figur 51a Roterbil med BM-kran. Bästa vid lägre gjuthöjder om inga av de nya kombinationerna fungerar.



Figur 51b Trågbil och roterblandare (transmixer) samt pumpbil. Bästa vid höga gjuthöjder då inga av de nya kombinationerna går att använda.

10.3 Slutsatser

Med ledning av resultaten vid den tekniska och ekonomiska värderingen kan följande slutsatser dragas:

10.3.1 Vid konventionell teknik

- Roterbil med blandning under transport är något fördelaktigare än trågbil med blandning före transport (vid lika utnyttjningsgrad)
- Roterbil i kombination med BM-kran - gripskopa är det bästa läggjutningsalternativet.
- Trågbil i kombination med pumpbil där blandning sker i fast roterblandare är det bästa höggjutningsalternativet.
- Skulle trågbilen, jämfört med roterbilen, ha en bättre utnyttjningsgrad som motsvarar en netto-intäkt på över 120 kr/dag (t.ex. genom grustransporter o.dyl.) är trågbilen att föredra.

10.3.2 Vid ny teknik

- "Trågbil" i kombination med "egenfrekvensficka" och "BM-kran med gripskopa" är det mest ekonomiska men också det mest tekniskt riskabla läggjutningsalternativet.
- "Trågbil med skruvblandare" kombinerad med "BM-kran och gripskopa" innebär minst tekniskt risk av de nya utrustningarna, samtidigt som alternativet ger god ekonomi vid alla läggjutningsalternativ.
- "Trågbil i kombination med "blandningsskruvtransportör" för inblandning och interntransport är det mest ekonomiska höggjutningsalternativet, men är förknippat med viss teknisk risk.
- "Trågbil med skruvblandare" kombinerat med separat "skruvtransportör" för interntransport, är ett av de nya mindre tekniskt riskabla alternativen, samtidigt som det ger relativt god ekonomi vid alla gjuthastigheter vid såväl låg- som höggjutning.

11. REKOMMENDATIONER

11.1 Rekommenderade alternativ

Vid teknisk, ekonomisk och riskanalys av de 43 olika utrustningskombinationerna med såväl konventionella som nya utrustningar, har fyra alternativ utkristalliserats som de bästa.

Två av dessa baseras på principen att tillsättning av flytmedel skall ske efter trågbilstransport, medan de två övriga alternativen innebär blandning under transport av roterbil resp. trågbil. Beroende på objektets gjuthöjd rekommenderas alternativen i nedanstående figur.

	Låg gjuthöjd < 15 m	Hög gjuthöjd > 15 m
<u>Dagens teknik:</u>	alt. 14	alt. 38
transport	} roterbil under trp	trågbil
blandning		fast roterblandare (efter trp)
intertransport	BM-kran + gripskopa	pumpbil
kostnad	72 kr/m ³	93 kr/m ³
<u>Ny teknik</u>	alt. 20	alt. 41
transport	trågbil	trågbil
blandning	skruv (under trp)	} skruv (efter trp)
intertrp	BM-kran + gripskopa	
kostnad	68 kr/m ³	70 kr/m ³

Figur 52 Rekommenderade alternativ
(transport och hanteringskostnad vid objekt
100 m³, gjuthastighet 80 m³/dag)

Ur figuren konstateras en marginell kostnadsdifferens mellan låggjutningsalternativen på ca 6%, medan höggjutningsalternativen visar en kostnadsdifferens på ca 25%.

Kostnaden avser transport och hantering av flytbetongen från fabrik till och med det att flytbetongen ligger i gjutformen.

12. ARBETSGÅNG FÖR EGNA JÄMFÖRELSE AV ALTERNATIV

12.1 Arbetsgång då hittills redovisade indata är aktuella

För att göra egna jämförelser mellan system, som här inte har tillhört de främsta, men av andra skäl ändå är aktuella för egna jämförelser, kan den bilagda datautskriften användas som databank.

Arbetsgången är då följande:

1. Identifiera aktuella kombinationers alternativnummer (1-43) i bilaga 1.
2. Leta upp aktuell gjutvolym och gjuthastighet i bilaga 2 (kolumn 1 och 2)
3. Sök reda på aktuella kombinationsnummer i kolumn 3.
4. Avläs transport- och hanteringskostnaderna i kolumn 4.

12.2 Arbetsgång vid egna indata utrustningar med andra indata

Då andra indata är aktuella för utrustningarnas tekniska prestanda, kapital-, drifts-, underhållskostnader eller personalkostnader, kan följande formel användas för totalkostnaden (TK) avseende transport och hantering.

$$TK = \sum_1^n \left(\frac{F_n \times A_n}{Q} + \frac{R_n (P_n U_n)}{V (K_n)} \right) \quad (\text{kr/m}^3)$$

där TK = transport och hanteringskostnad (kr/m³)
 F = fast etableringskostnad (kr/etablering)
 Q = gjutvolym för objektet (m³)
 A = antal erforderliga utrustningar (st)
 R = rörlig kostnad (kr/dag)
 P = personalkostnad (kr/dag)
 U = utrustningskostnad
 V = gjuthastighet (m³/dag)
 K = utrustningskapacitet (m³/dag)
 n = antal utrustningar (st)

TK beräknas för de utrustningsalternativ som skall jämföras.

13. KONTAKTPERSONER OCH FÖRETAG

AB Färdig Betong, bet.ing. Roger Norrman
ABV, Gunnar Kjellberg, Mölndal
ABV, Jan Moberg, Mölndal
SABEMA, Leif Loftmyr, Göteborg
Essbetong, prod.chef Håkan Andersson, Göteborg
AB Färdig Betong, platschef Erik Andersson, Väröbacka
AB SVEMA Maskin, ing. Sandell, Uppsala
Byggerigonilaboratoriet, civ.ing. Bo Glimskär, Stockholm
CBI, tekn.dr, Nils Peterson, Stockholm
Cementa AB, Rolf Hallén, Stockholm
Cementa AB, Bengt Johansson, Skövde
SERMEK Maskin AB, ing. Tegelberg, Partille
Sv. Fabriksbetongföreningen, tekn.chef Stig Sällström
Stockholm
Byggerigonilaboratoriet, civ.ing. Per-Erik Höglund
Stockholm
SERMEK Maskin AB, civ.ing. Ulf Svensson, Partille
Bentzler & Co, ing. Pettersson, Norrköping
Vebe Kranmaskiner, konstruktionsavdelningen, Vetlanda
Sandby Maskin AB, dir. Sven Persson, Södra Sandby
Nilssén & Westberg AB, ing. Knutsson, Hestra
Record AB, ing. Sydsten, Sollentuna
Dynapac AB, dir. Lars Forsblad, Stockholm
Dynapac AB, övering. Örjan Petersson, Karlskrona
Chalmers Tekniska Högskola, civ.ing. Tomas Kutti
Göteborg
Perstorp AB, civ.ing. Göran Svensson, Perstorp
ABV, civ.ing. Rolf Hörnfelt, Stockholm
Betongindustri AB, Ulf Bellander, Stockholm
Civ.ing. Göran Bjursten, Stockholm
Bet.ing. Sven Davidsson, Norrtälje
Betongindustri AB, Olle Sabel, Stockholm
Betongindustri AB, Åke Westlund, Stockholm
Scanmaskin AB, Leif Andersson, Angered
ABV, ekonom Sten Persson, Hisings Kärra
ABV, betongarb. Benny Carlsson, Mölndal
Spalding Motor, Leif Spalding, Göteborg
Bil & Truck, försäljare Schüler, Hisings Backa
Ark. Folke Hermansson, tid.Betongverken, Grusverken, Borås
CEMENTA, Nr 4, 1982, Malmö

Stetter GmbH, Hemmingen, Tyskland

Bennes Marrel, Andrézieux-Bouthéon, Frankrike

Fortunia, Rom, Italien

Wiball, Gelnhausen, Tyskland

CIFA, Novalte Milanese, Italien

14. LITTERATUR

- Platsbyggda eller komponentbyggda grupphus, R36:1980
Lars Arwidsson, Peter Enderlein, Björn Larsson
- Maskinlista, Svenska Byggentreprenörsföreningen
- CBI, Flytbetong, 6:79
- Gjutning med flytbetong, Lars Olsson, ABV
Göteborg 1981
- Flytbetong-anpassning av produktmetoder,
BFR, R83:1981, G. Fredriksson
- Jämförande ergonomisk och ekonomisk studie av flyt-
betong och normalbetong, BEL 1980, Andersson, Glimskär,
Höglund
- Arbetsdata, Byggförbundet 1973
- Betonghandboken, Svensk Byggtjänst 1980
- Transport av betongmassa från fabrik till byggplats,
BFR R16:1973, Fentorp
- CBI, formvibrering av flytbetong i tunnelform,
Ra13:80, 1980, Ulf Bellander m.fl.
- Perstorps produktblad
- TFD, Handbok för val av lastbärare i öppna
transportsystem, 1978
- CBI, Flytbetong-egenskaper, arbetsteknik och
användningsmöjligheter, Arne Johansson 1979
- CBI, Transport av flytbetong i trågbil,
Arne Johansson 1979
- CBI, Flytbetong, Arne Johansson 1979
- Cementa nr 4, 1982, Malmö

TRANSPORTALTERNATIV

FÖRE TRP (BLANDNING FABRIK)

Roterbil

(g) = bilgjutning

1. slasränna (g)
2. BM-kran + gripskopa + ficka
3. pumpbil (g)
4. kran + bask + hydraulficka
5. skruvtransportör + ficka
6. bandtransportör (g)

Trågbil

7. slasränna (g)
8. skruvtransportör + ficka
9. BM-kran + gripskopa + ficka
10. kran + bask + hydraulficka
11. pumpbil (g)
12. bandtransportör (g)

UNDER TRP (BLANDNING BIL)

Roterbil

13. slasränna (g)
14. BM-kran + gripskopa + ficka
15. pumpbil (g)
16. kran + bask + hydraulficka
17. skruvtransportör + ficka
18. bandtransportör (g)

Trågbil med skruvblandare

19. slasränna (g)
20. BM-kran + gripskopa + ficka
21. pumpbil (g)
22. kran + bask + hydraulficka
23. bandtransportör (g)
24. skruvtransportör + ficka

Trågbil med egenfrekvensblandare

25. slasränna (g)
26. BM-kran + gripskopa + ficka
27. pumpbil (g)
28. kran + bask + hydraulficka
29. bandtransportör (g)
30. skruvtransportör + ficka

EFTER TRP (BLANDNING BYGGPLATS)

Roterbil

31. slasränna (g)
32. BM-kran + gripskopa + ficka
33. pumpbil (g)
34. bandtransportör (g)

Trågbil

35. skruvtransportör + ficka med egenfrekvensvibr.
36. BM-kran + gripskopa + ficka med egenfrekvensvibr.
37. kran + bask + hydraulficka med egenfrekvensvibr.
38. pumpbil + roterblandare
39. bandtransportör + roterblandare
40. blandningspump + doserare
41. blandningsskruvtransportör + doserare

42. Roterbil med pump43. Roterbil med bandtransportör

Gjutvolym m ³	Gjuthast. m ³ /dag	Alternativ	Transport & hant.kostn kr/m ³
20	20	1	132
20	20	2	152,85
20	20	3	239,35
20	20	4	276,85
20	20	5	281,44
20	20	6	198,5
20	20	7	119
20	20	8	192,44
20	20	9	153,85
20	20	10	267,85
20	20	11	226,35
20	20	12	185,5
20	20	13	129
20	20	14	158,85
20	20	15	227,35
20	20	16	264,85
20	20	17	189,44
20	20	18	186,5
20	20	19	114
20	20	20	146,85
20	20	21	221,35
20	20	22	268,85
20	20	23	198,5
20	20	24	185,44
20	20	25	189
20	20	26	143,85
20	20	27	215,35
20	20	28	257,85
20	20	29	175,5
20	20	30	192,44
20	20	31	132
20	20	32	158,85
20	20	33	239,35
20	20	34	198,5
20	20	35	182,85
20	20	36	144,25
20	20	37	259,75
20	20	38	272,6
20	20	39	231,75
20	20	40	192,85
20	20	41	181,94
20	20	42	149
20	20	43	121

20	80	9	96,75
20	80	10	105,96
20	80	11	134,83
20	80	12	145,71
20	80	13	126,86
20	80	14	124,62
20	80	15	83,75
20	80	16	117,86
20	80	17	96,96
20	80	18	136,71
20	80	19	121,83
20	80	20	111,62
20	80	21	84,75
20	80	22	98,96
20	80	23	132,83
20	80	24	153,71
20	80	25	114,86
20	80	26	112,62
20	80	27	78,75
20	80	28	89,96
20	80	29	116,83
20	80	30	129,71
20	80	31	106,62
20	80	32	110,86
20	80	33	73,75
20	80	34	96,96
20	80	35	111,83
20	80	36	126,71
20	80	37	101,62
20	80	38	107,86
20	80	39	96,75
20	80	40	103,96
20	80	41	134,83
20	80	42	124,62
20	80	43	107,4
20	80	44	86,5
20	80	45	126,62
20	80	46	128,9
20	80	47	118,68
20	80	48	108,96
20	80	49	106,23
20	80	50	149
20	80	51	121

20	120	1	92.83
20	120	2	99.64
20	120	3	123.22
20	120	4	131.14
20	120	5	118.57
20	120	6	116.41
20	120	7	79.83
20	120	8	109.57
20	120	9	90.64
20	120	10	122.14
20	120	11	110.22
20	120	12	103.41
20	120	13	80.83
20	120	14	87.64
20	120	15	111.22
20	120	16	119.14
20	120	17	106.57
20	120	18	104.41
20	120	19	74.83
20	120	20	83.64
20	120	21	105.22
20	120	22	115.14
20	120	23	98.41
20	120	24	102.57
20	120	25	69.83
20	120	26	80.64
20	120	27	100.22
20	120	28	112.14
20	120	29	93.41
20	120	30	99.57
20	120	31	92.83
20	120	32	97.64
20	120	33	123.22
20	120	34	116.41
20	120	35	99.01
20	120	36	80.08
20	120	37	111.83
20	120	38	112.93
20	120	39	106.12
20	120	40	99.64
20	120	41	97.82
20	120	42	149.
20	120	43	121

20	200	1	89.69
20	200	2	94.58
20	200	3	113.93
20	200	4	119.48
20	200	5	111.94
20	200	6	109.84
20	200	7	76.69
20	200	8	102.94
20	200	9	85.58
20	200	10	110.48
20	200	11	100.93
20	200	12	96.84
20	200	13	77.69
20	200	14	82.58
20	200	15	101.93
20	200	16	107.48
20	200	17	99.94
20	200	18	97.84
20	200	19	71.69
20	200	20	78.58
20	200	21	95.93
20	200	22	103.48
20	200	23	91.84
20	200	24	95.94
20	200	25	66.69
20	200	26	75.58
20	200	27	90.93
20	200	28	100.48
20	200	29	86.84
20	200	30	92.94
20	200	31	89.69
20	200	32	92.58
20	200	33	113.93
20	200	34	109.84
20	200	35	92.31
20	200	36	74.94
20	200	37	100
20	200	38	100.16
20	200	39	96.07
20	200	40	92.18
20	200	41	91.09
20	200	42	149
20	200	43	121

20	400	1	87.34
20	400	2	90.79
20	400	3	106.96
20	400	4	110.74
20	400	5	106.97
20	400	6	104.92
20	400	7	74.34
20	400	8	97.97
20	400	9	81.79
20	400	10	101.74
20	400	11	93.96
20	400	12	91.92
20	400	13	75.34
20	400	14	78.79
20	400	15	94.96
20	400	16	98.74
20	400	17	94.97
20	400	18	92.92
20	400	19	69.34
20	400	20	74.79
20	400	21	88.96
20	400	22	94.74
20	400	23	86.92
20	400	24	90.97
20	400	25	64.34
20	400	26	71.79
20	400	27	83.96
20	400	28	91.74
20	400	29	91.92
20	400	30	87.97
20	400	31	87.34
20	400	32	88.79
20	400	33	106.96
20	400	34	104.92
20	400	35	87.29
20	400	36	71.29
20	400	37	91.12
20	400	38	90.38
20	400	39	88.50
20	400	40	86.59
20	400	41	86.04
20	400	42	149
20	400	43	121

100	20	1	126
100	20	2	140.85
100	20	3	219.35
100	20	4	245.85
100	20	5	165.44
100	20	6	183.5
100	20	7	113
100	20	8	156.44
100	20	9	131.85
100	20	10	236.85
100	20	11	206.35
100	20	12	170.5
100	20	13	114
100	20	14	128.85
100	20	15	207.35
100	20	16	233.85
100	20	17	153.44
100	20	18	171.5
100	20	19	108
100	20	20	134.94
100	20	21	201.35
100	20	22	229.85
100	20	23	155.5
100	20	24	143.44
100	20	25	100
100	20	26	121.94
100	20	27	196.35
100	20	28	226.85
100	20	29	168.5
100	20	30	145.44
100	20	31	126
100	20	32	138.85
100	20	33	213.35
100	20	34	133.5
100	20	35	145.85
100	20	36	121.35
100	20	37	227.75
100	20	38	236.6
100	20	39	200.75
100	20	40	156.85
100	20	41	145.94
100	20	42	149
100	20	43	121

100	80	1	90.75
100	80	2	83.96
100	80	3	114.83
100	80	4	114.71
100	80	5	90.86
100	80	6	109.62
100	80	7	77.75
100	80	8	81.86
100	80	9	74.96
100	80	10	105.71
100	80	11	101.83
100	80	12	96.62
100	80	13	78.75
100	80	14	71.96
100	80	15	102.83
100	80	16	102.71
100	80	17	78.86
100	80	18	97.62
100	80	19	72.75
100	80	20	57.96
100	80	21	96.83
100	80	22	98.71
100	80	23	91.62
100	80	24	74.86
100	80	25	67.75
100	80	26	64.96
100	80	27	91.83
100	80	28	95.71
100	80	29	86.62
100	80	30	71.86
100	80	31	90.75
100	80	32	81.96
100	80	33	114.83
100	80	34	109.62
100	80	35	70.4
100	80	36	63.5
100	80	37	94.62
100	80	38	90.9
100	80	39	87.68
100	80	40	72.96
100	80	41	70.23
100	80	42	149
100	80	43	121

100	120	1	86.83
100	120	2	77.64
100	120	3	103.22
100	120	4	100.14
100	120	5	82.57
100	120	6	101.41
100	120	7	73.83
100	120	8	73.57
100	120	9	68.64
100	120	10	91.14
100	120	11	90.22
100	120	12	88.41
100	120	13	74.83
100	120	14	65.64
100	120	15	91.22
100	120	16	88.14
100	120	17	70.57
100	120	18	89.41
100	120	19	68.83
100	120	20	61.64
100	120	21	85.22
100	120	22	84.14
100	120	23	83.41
100	120	24	66.57
100	120	25	63.83
100	120	26	58.64
100	120	27	80.22
100	120	28	81.14
100	120	29	78.41
100	120	30	63.57
100	120	31	86.83
100	120	32	75.64
100	120	33	103.22
100	120	34	101.41
100	120	35	62.01
100	120	36	57.08
100	120	37	79.83
100	120	38	76.93
100	120	39	75.12
100	120	40	63.64
100	120	41	61.82
100	120	42	149
100	120	43	121

100	200	1	83,69
100	200	2	72,58
100	200	3	93,93
100	200	4	88,48
100	200	5	75,94
100	200	6	94,84
100	200	7	78,69
100	200	8	66,94
100	200	9	53,58
100	200	10	79,48
100	200	11	88,93
100	200	12	81,84
100	200	13	71,69
100	200	14	68,58
100	200	15	81,93
100	200	16	76,48
100	200	17	63,94
100	200	18	82,84
100	200	19	65,69
100	200	20	56,58
100	200	21	75,93
100	200	22	72,48
100	200	23	76,84
100	200	24	59,94
100	200	25	68,7
100	200	26	53,58
100	200	27	78,93
100	200	28	69,48
100	200	29	71,84
100	200	30	56,94
100	200	31	83,69
100	200	32	78,58
100	200	33	93,93
100	200	34	94,84
100	200	35	55,31
100	200	36	51,95
100	200	37	68
100	200	38	64,16
100	200	39	65,87
100	200	40	56,18
100	200	41	55,89
100	200	42	149
100	200	43	121

100	400	1	81.34
100	400	2	68.79
100	400	3	86.96
100	400	4	79.74
100	400	5	70.97
100	400	6	89.92
100	400	7	68.34
100	400	8	61.97
100	400	9	59.79
100	400	10	70.74
100	400	11	73.96
100	400	12	76.92
100	400	13	69.34
100	400	14	56.79
100	400	15	74.96
100	400	16	67.74
100	400	17	58.97
100	400	18	77.92
100	400	19	63.34
100	400	20	52.79
100	400	21	68.96
100	400	22	63.74
100	400	23	71.92
100	400	24	54.97
100	400	25	58.34
100	400	26	49.79
100	400	27	63.96
100	400	28	60.74
100	400	29	66.92
100	400	30	51.97
100	400	31	81.34
100	400	32	66.79
100	400	33	86.96
100	400	34	89.92
100	400	35	50.28
100	400	36	48.1
100	400	37	59.12
100	400	38	54.57
100	400	39	57.53
100	400	40	50.59
100	400	41	50.04
100	400	42	149
100	400	43	121

1000	20	1	124,2
1000	20	2	135,44
1000	20	3	218,35
1000	20	4	238,75
1000	20	5	161,35
1000	20	6	180
1000	20	7	111,2
1000	20	8	152,35
1000	20	9	126,44
1000	20	10	229,75
1000	20	11	205,35
1000	20	12	167
1000	20	13	112,2
1000	20	14	123,44
1000	20	15	206,35
1000	20	16	226,75
1000	20	17	149,35
1000	20	18	168
1000	20	19	106,2
1000	20	20	119,44
1000	20	21	200,35
1000	20	22	222,75
1000	20	23	162
1000	20	24	145,35
1000	20	25	101,2
1000	20	26	116,44
1000	20	27	195,35
1000	20	28	219,75
1000	20	29	157
1000	20	30	142,35
1000	20	31	124,2
1000	20	32	133,44
1000	20	33	218,35
1000	20	34	180
1000	20	35	141,52
1000	20	36	115,62
1000	20	37	220,42
1000	20	38	232
1000	20	39	193,65
1000	20	40	152,75
1000	20	41	141,85
1000	20	42	149
1000	20	43	121

1000	80	1	88.94
1000	80	2	78.56
1000	80	3	113.83
1000	80	4	107.61
1000	80	5	86.76
1000	80	6	106.12
1000	80	7	75.94
1000	80	8	77.76
1000	80	9	69.56
1000	80	10	98.51
1000	80	11	120.83
1000	80	12	93.12
1000	80	13	76.94
1000	80	14	66.56
1000	80	15	101.83
1000	80	16	95.61
1000	80	17	74.76
1000	80	18	94.12
1000	80	19	78.94
1000	80	20	62.56
1000	80	21	95.83
1000	80	22	91.61
1000	80	23	88.12
1000	80	24	78.76
1000	80	25	65.94
1000	80	26	59.56
1000	80	27	90.83
1000	80	28	88.61
1000	80	29	83.12
1000	80	30	67.76
1000	80	31	88.94
1000	80	32	76.56
1000	80	33	113.83
1000	80	34	106.12
1000	80	35	66.87
1000	80	36	57.87
1000	80	37	87.3
1000	80	38	88.3
1000	80	39	88.58
1000	80	40	68.86
1000	80	41	66.13
1000	80	42	149
1000	80	43	121

1000	120	1	85.03
1000	120	2	72.24
1000	120	3	102.22
1000	120	4	93.04
1000	120	5	78.47
1000	120	6	97.91
1000	120	7	72.03
1000	120	8	69.47
1000	120	9	63.24
1000	120	10	84.04
1000	120	11	89.22
1000	120	12	84.91
1000	120	13	73.03
1000	120	14	60.24
1000	120	15	90.22
1000	120	16	81.04
1000	120	17	66.47
1000	120	18	85.91
1000	120	19	67.03
1000	120	20	56.24
1000	120	21	84.22
1000	120	22	77.04
1000	120	23	79.91
1000	120	24	62.47
1000	120	25	62.03
1000	120	26	53.24
1000	120	27	79.22
1000	120	28	74.04
1000	120	29	74.91
1000	120	30	59.47
1000	120	31	85.03
1000	120	32	70.24
1000	120	33	102.22
1000	120	34	97.91
1000	120	35	57.69
1000	120	36	51.45
1000	120	37	72.5
1000	120	38	72.33
1000	120	39	68.02
1000	120	40	59.54
1000	120	41	57.72
1000	120	42	149
1000	120	43	121

1000	200	1	81.9
1000	200	2	67.18
1000	200	3	92.93
1000	200	4	81.38
1000	200	5	71.84
1000	200	6	91.34
1000	200	7	68.9
1000	200	8	62.84
1000	200	9	58.18
1000	200	10	72.38
1000	200	11	79.93
1000	200	12	78.34
1000	200	13	69.9
1000	200	14	55.18
1000	200	15	80.93
1000	200	16	69.38
1000	200	17	59.84
1000	200	18	79.34
1000	200	19	63.9
1000	200	20	51.18
1000	200	21	74.93
1000	200	22	65.38
1000	200	23	73.34
1000	200	24	55.84
1000	200	25	58.9
1000	200	26	48.18
1000	200	27	69.93
1000	200	28	62.38
1000	200	29	68.34
1000	200	30	52.84
1000	200	31	81.9
1000	200	32	65.18
1000	200	33	92.93
1000	200	34	91.34
1000	200	35	50.98
1000	200	36	46.32
1000	200	37	60.67
1000	200	38	59.56
1000	200	39	57.97
1000	200	40	52.88
1000	200	41	50.99
1000	200	42	149
1000	200	43	121

1000	400	1	79.55
1000	400	2	63.39
1000	400	3	85.96
1000	400	4	72.64
1000	400	5	66.87
1000	400	6	96.42
1000	400	7	66.55
1000	400	8	57.87
1000	400	9	54.39
1000	400	10	63.64
1000	400	11	72.96
1000	400	12	73.42
1000	400	13	67.55
1000	400	14	51.39
1000	400	15	73.96
1000	400	16	60.64
1000	400	17	54.87
1000	400	18	74.42
1000	400	19	61.54
1000	400	20	47.39
1000	400	21	67.96
1000	400	22	56.64
1000	400	23	68.42
1000	400	24	50.87
1000	400	25	56.54
1000	400	26	44.39
1000	400	27	62.96
1000	400	28	53.64
1000	400	29	63.42
1000	400	30	47.87
1000	400	31	79.55
1000	400	32	61.39
1000	400	33	85.96
1000	400	34	96.42
1000	400	35	45.95
1000	400	36	42.47
1000	400	37	51.79
1000	400	38	49.98
1000	400	39	50.43
1000	400	40	46.49
1000	400	41	45.34
1000	400	42	149
1000	400	43	121


```

2 REM DATA ANDRADE 83-01-18
4 OPEN2,4
5 DIMF(26):DIMR(26):DIMK(26):DIMP(43,26)
6 DIM E(43,15)
7 FOR I=1 TO 3:READT(I):NEXT I
8 FOR I=1 TO 5:READS(I):NEXT I
10 FOR I=1 TO 26
20 READ F(I),R(I),K(I)
30 NEXT I
35 PRINT"ONSKAS FULLSTANDIG UTSKRIFT";
36 INPUT QQ#
37 IF QQ#="NEJ" THEN 40
38 OPEN4,4
39 CMD4
40 FOR I=1 TO 43
45 FOR J=1 TO 26
50 READ P
60 IF P=0 THEN 90
70 P(I,P)=1
80 NEXT J
90 NEXT I
95 FOR Q0=1 TO 3
96 Q=T(Q0)
100 FOR V1=1 TO 5
105 V=S(V1)
106 Q1=(Q0-1)*5+V1
110 FOR I=1 TO 43
120 FOR J=1 TO 13
130 IF P(I,J)=0 THEN 160
140 A=INT(Q/K(J))+1
150 E(I,Q1)=(F(J)*A)/Q+R(J)+E(I,Q1)
160 NEXT J
161 FOR J=14 TO 26
162 IF P(I,J)=0 THEN 165
163 A=INT(Q/K(J))+1
164 E(I,Q1)=(F(J)*A)/Q+R(J)/V+E(I,Q1)
165 NEXT J
168 PRINTQ,V,I,INT(E(I,Q1)*100)/100
170 NEXT I
171 IF QQ#="JA" THEN 175
172 GOSUB 1000
175 NEXT V1
180 NEXT Q0
190 CLOSE2
191 IF QQ#="NEJ" THEN 195
192 PRINT#4
193 CLOSE4
195 END
200 DATA20,100,1000
210 DATA0,80,120,200,400
220 DATA0,12,10000,0,45,36,0,63,24,0,36,40,0,50,27,0,41,38,0,57,25,0,38,39
230 DATA0,52,26,0,55,30,0,75,20,0,149,20,0,121,21,400,37,10000,400,1010,1000
235 DATA 425
240 DATA60,10000,400,1045,10000,425,1063,10000,200,940,100,500,1952,120,200
245 DATA 1480
250 DATA100,500,2487,80,500,2787,140,500,1970,80,500,2200,120,500,1982,120
260 DATA1,3,19,0,1,2,14,21,0,1,3,23,0,1,2,15,22,0,1,2,14,20,0,1,3,24,0
270 DATA1,5,19,0,1,4,14,20,0,1,4,14,21,0,1,4,15,22,0,1,5,23,0
280 DATA1,5,24,0,3,19,0,2,14,21,0,3,23,0,2,15,22,0
290 DATA2,14,20,0,3,24,0,7,19,0,6,14,21,0,7,23,0
300 DATA6,15,22,0,7,24,0,6,14,20,0,9,19,0,8,14,21,0
310 DATA9,23,0,8,15,22,0,9,24,0,8,14,20,0,11,19,0
320 DATA10,14,21,0,11,23,0,11,24,0,4,16,20,0,4,16,21,0,4,18,22,0
330 DATA4,17,23,0,4,17,24,0,4,14,25,0,4,14,26,0,12,0,13,0
1000 PRINT#2,"TOT.GJUTVOLYM":Q;"M13
";"GJUTHAST";V;"M13 PER DAG"
1001 PRINT#2,"XPLAC. ALTERNATIV KOSTN.(KR/M13)"
1002 PRINT#2,"-----"
1003 FOR X1=1 TO 5
1004 D=100000
1005 FOR X=1 TO 43
1010 IF D<E(X,Q1) THEN 1040
1020 D=E(X,Q1)
1025 D1=X
1040 NEXT X
1045 E(D1,Q1)=100000
1050 PRINT#2,X1,D1,INT(D*100)/100
1060 NEXT X1
1062 PRINT#2,"-----"
1065 PRINT#2
1066 PRINT#2
1067 PRINT#2
1070 RETURN
READY.

```


**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790602-0 från Statens råd för byggnadsforskning
till Lunds Tekniska Högskola, Inst. för
byggnadsfunktionslära, LTH.**

R113: 1983

ISBN 91-540-4004-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700813

**Abonnemangsgrupp:
S. Byggplatsens verksamhet**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 89 Stockholm**

Cirka pris: 40 kr exkl moms