



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.



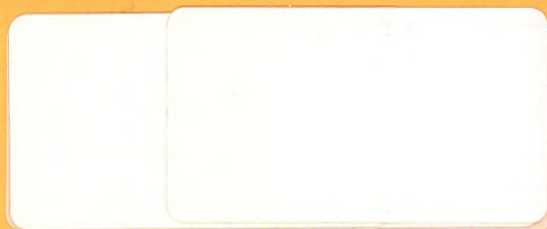
Rapport

R49:1986

Transport av flytbetong

**Skruvficka för dosering, blandning
och utläggning**

**Kaj Ringsberg
Per-Ivar Sellergren**



Byggforskningsrådet

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R49:1986

TRANSPORT AV FLYTBETONG

Skruvficka för dosering, blandning
och utläggning

Kaj Ringsberg
Per-Ivar Sellergren

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

REFERAT

Vid föregående etapp i projektet "Transport av flytbetong" konstaterades att ett system där betong transporterades med trågbil till byggarbetsplats och blandades till flytbetong under internttransport, skulle kunna innebära avsevärda besparingar, samtidigt som en färskare betong skulle erhållas.

Projektet har omfattat dimensionering och konstruktion av en skruvblandningstransportör som tillverkats och provats vid ett antal prototypstester, samt analyserats ekonomiskt.

Efter omfattande modifieringar av prototypen har den i huvudsak uppfyllt förväntade tekniska prestanda. Dock är kapaciteten ännu inte fullt acceptabel. Vid fullskaletest med gjutning av platta på mark, jämfördes ekonomiskt systemet trågbil-blandningsskruvtransportör med ett parallellt system roterbil-slasränna. Analysen visar att trågbilssystemet tycks vara ekonomiskt fördelaktigt redan vid objektstorlekar över 30 m³. Känslighetsanalyser visar att en 20%-ig ökning av transportkostnaden avsevärt ökar relativa lönsamheten med det nya systemet, medan en 50%-ig prisökning på skruvficka ger en helt negligibel effekt. Om personalen ökar med en man är det nya systemet lönsamt först vid ca 70 m³ gjutobjekt. Om istället personalen minskas med en man, är trågbil med skruvficka alltid lönsammare än roterbil med slasränna.

Blandningsskruvtransportören kommer nu att testas och förfinas vid ytterligare fullskaleförsök, samtidigt som exploateringskontakterna intensifieras.

R49:1986

ISBN 91-540-4563-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1986

INNEHÅLL

1.	BAKGRUND	11
2.	MÅL	14
3.	KRAVSPECIFIKATION	15
3.1	Teknisk beskrivning	15
3.2	Teknisk data	16
4.	ANBUDEFÖRFRÅGAN	17
4.1	Tillverkare	17
5.	UTVÄRDERING AV ANBUD	18
5.1	Inkomna anbud	18
5.2	Utvärdering	18
5.3	Val av tillverkare	20
6.	PROTOTYPTILLVERKNING	21
6.1	Prototyp enligt anbud	21
6.2	Skruvslutsteg	21
6.3	Doseringsutrustning	23
7.	PROTOTYPTEST 1 SVEMA	24
7.1	Funktionsprov	24
7.2	Resultat	24
7.3	Behov av modifiering	24
8.	PROTOTYPTEST 2 SVEMA	29
8.1	Modifiering	29
8.2	Resultat	29
9.	PROTOTYPTEST 3 SABEMA	30
9.1	Modifiering	30
9.2	Funktionsprov med betong	32
9.3	Resultat och behov av modifiering	38
10.	PROTOTYPTEST 4 SABEMA	39
10.1	Funktionsprov med betong	39
10.2	Resultat	39
11.	FULLSKALETEST 1 ABV	40
11.1	Soprumsplatta som gjutobjekt	40
11.2	Personal och utrustning	40
11.3	Trög ursprungsbetong	40
11.4	Bra flytbetong men skruvhaveri	40
11.5	Personalens synpunkter	41
11.6	Ekonomisk analys positiv	41
11.6.1	Besparingar	42
11.6.2	Känslighetsanalys	43
11.7	Resultat	45
12.	PROJEKTET FORTSÄTTER	46
Bilaga 1.	PM för anbudsfrågan	47
Bilaga 2.	Artikel Byggindustrin nr 32/83	54
Bilaga 3.	Artikel Transportnytt nr 9/83	58
Bilaga 4.	Artikel Bygg & Teknik nr 8/84	61

FÖRORD

"Transport av flytbetong" har finansierats av BFR, Statens råd för byggnadsforskning och STU, Styrelsen för Teknisk Utveckling. Arbetet har utförts av ILAB, Industriell Logistik AB.

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

En välorienterad stödgrupp med följande representanter från entreprenadföretag, betongfabriker och arbetsmiljösektorerna har bidragit i arbetet.

Wimar Karlsson,	Sabema AB
Göran Bjursten,	f.d. VD Nessen Bygg AB
Sven Danielsson,	SD-konsult
Bo Glimskär,	BEL, Byggergonomilaboratoriet
Per-Erik Höglund,	BEL, Byggergonomilaboratoriet
Rolf Hörnfeldt,	f.d. ABV's Stockholmsdistrikt
Åke Westlund,	Betongindustri AB
Kaj Ringsberg,	ILAB-Industriell Logistik AB
Per-Ivar Sellergren,	ILAB-Industriell Logistik AB

Mölndal, augusti 1985

Per-Ivar Sellergren
Kaj Ringsberg

SAMMANFATTNING

Vid föregående etapp i projektet "Transport av flytbetong" konstaterades att ett system där betong transporterades med trågbil till byggarbetsplats och blandades där till flytbetong i en speciell blandningsskruvficka, skulle kunna innebära avsevärda besparingar, samtidigt som en färskare betong skulle erhållas. Dessa resultat har i olika skeden publicerats i tre facktidskrifter, Tidningen Byggindustrin, TransportNytt och Bygg & Teknik.

För att åstadkomma detta resultat har denna projektetapp därför omfattat dimensionering och konstruktion av en blandningsskruvtransportör med ficka, som tillverkats och provats vid ett antal prototyp tester, samt analyserats ekonomiskt.

Den blandningsskruvtransportör som avsågs att tas fram skulle ha följande grundläggande egenskaper:

- 1) dosera och blanda flytmedel i normalbetong under drift
- 2) lämna ett betongflöde av minst 150 l/min
- 3) transportera flytbetong vertikalt minst 5 meter

Dessa krav innebar var för sig, och inte minst tillsammans, tekniska risker med Arkimedesskruv. Måste avkall göras på något av kraven, kunde prestandan i krav 3 och i viss mån krav 2 mildras. Krav 1 däremot var ett oeftergivligt krav för att systemet skulle innebära tekniska och ekonomiska fördelar jämfört med dagens system. Önskvärda underkrav, men som ej var nödvändiga i prototypskedet var:

- 4) synkron styrning av blandningsskruvvarvtal och doseringspump för flytmedel
- 5) styrning av utrustning från gjutarens plats
- 6) slitbeläggning av skruv och skruvrör med polyuretan-elastomer (PUR)
- 7) nivåvakter för flytmedel/betong
- 8) mått och vikt anpassad för transport med mindre lastbil till byggarbetsplats
- 9) klara betong med maximal stenstorlek 32 mm.

Utrustningen skulle kunna ta emot och buffertera normalbetong, dosera och tillsätta flytmedel, samt blanda och transportera flytbetong.

Anbudsförfrågan avseende prototyp-tillverkning tillsändes 14 leverantörer varav 5 svar vidarebearbetades. Ingen leverantör kunde presentera en färdig lösning utan utrustningarna skulle behöva kompletteras på flera punkter. För att värdera olika anbuden gjordes värderingstabeller enligt nedan.

Värderings- faktor	Vikts- koeffi- cient 1-4	KMW I	KMW II	Svema	Bentz- ler	Svea- verken	Finnboda
Teknisk lösning	2	4	8	10	6	6	6
Kringut- rustning	3	6	15	12	9	9	12
Kapacitet	1	3	5	4	2	1	2
Alternativ- användning	3	12	15	15	12	12	12
Leverans- tid	1	1	1	3	3	2	3
Garanti	3	3	3	6	3	3	3
Pris	4	8	4	16	20	20	12
	SUMMA	37	51	66	55	53	50
	Place- ring	V	IV	I	II	III	V

Tabell 1 Viktad värdering av teknik, åtaganden och pris.

Svema Maskiner AB i Knivsta visades ha de bästa förutsättningarna med hänsyn till teknik, åtagande, pris och erfarenhet.

Efter åtskilliga månaders förseningar beroende på Svema's konkurs, och därmed juridiska förvecklingar, kunde prototypen testas. Testen visade att tillräckliga tryck inte uppnåddes. Betongen packades i det koniska slutsteget tills dess att skruven inte längre klarade frammatning. Slutsteget modifierades därför med en förlängd konande skruv inuti skruvröret. Denna åtgärd visade sig vid prototyp-test två, vara ett steg i rätt riktning. Betong matades fram en kortare stund men efterhand fylldes konen igen och skruven stannade.

Efter ändring av konans utloppsdel, skyddsutrustning och doseringsystem utfördes prototyp-test 3 vid Sabema i Källered.

Sättnmättet på ursprungsbetongen var ca 7 cm. Efter 5 minuters tömning togs ytterligare sättnmätt som visade 15 cm, dvs halvflytbetong. Därmed indikerades att krav 1 i kravspecifikationen uppfyllts, dvs utrustningen kunde dosera och blanda flytbetong under drift. Kapaciteten var dock ej tillräcklig, samtidigt som valvbildning skedde över inmatningsöppningen till skruven.

Vibrering med den påmonterade vibratorn löste ej heller problemet, utan snarare förvärrade valvbildningen. För att kunna användas praktiskt, måste kapaciteten minst fördubblas. Vid test 4 hade genomströmningsarean till skruven ökats och injektormunstyckena till flytmedlet förbättrats. Ursprungsbetongen hade ett sättnmätt på ca 5 cm och efter drygt en halv minut efter flytmedelspåsläpp ett sättnmätt på ca 20 cm. Betongflödet hade ökat kraftigt jämfört med föregående test, men inte tillräckligt för att vara acceptabelt.

Problem visade sig det också vara med fullständig utmatning av betongen. P.g.a. det minskade trycket från betongen i fickan då den töms, minskar flödet. Om då inte också flytmedelsdoseringen minskar överdoseras betongen och betongen blir alltför lös för att skruvas ut.

Vid fullskaletest 1 på en av ABV's byggplatser skulle en soprumsplatta gjudas. Inför testen hade utmatningsröret förlängts till 4 m och möjlighet till 180° svepning. Sättnmättet vid testens början var ca 5 cm och efter dryga halvminuten ca 20 cm.

Fullskaletesten kunde inte helt fullföljas, pga som det senare visade sig, en järnbit som kilats fast mellan skruvända och doseringsrör, vilket stoppade skruven.

Trots missödet var gjutpersonalen inte negativa till metoden. Kunde fickan kompletteras med hjul och höjbar bakkant skulle utrustningen vara ett mycket bra alternativ till konkurrerande system.

Efter haveriet gjöts plattan färdig med roterbil och slasräna. En tids- och kostnadsjämförelse mellan roterbilsalternativet och skruvficksalternativet för olika objektsstorlekar gav följande resultat:

Kostnads- typ	post	Trågbil+skruvficka		Roterbil+slasränna	
		a'-pris	m ³ -pris	a'-pris	m ³ -pris
R Ö R L I G	Betong	376 kr/m ³	376	386 kr/m ³	386
	Frakt- tillägg	36 kr/m ³	36	46 kr/m ³	46
	Basktipp- ning	3,75 kr/ min	3,40*	-	-
	Rotertid	-	-	4,75 kr/ min	20**
	Flyttill- sats***	33 kr/m ³	33	33 kr/m ³	33
	Personal***	120 kr/ tim		120 kr/ tim	
F A S T	Frakt skruvficka	640 kr/ etablering		-	
	Kostnad skruvficka	200 kr/ dag		-	

Tabell 2. Jämförelse mellan kostnader vid fullskaletesten med trågbil+skruvficka och roterbil+slasränna.

Anm:* 5,5 m³/lass, tiptid 5 min

** 4,5 m³/lass, rotertid med uppriggnig 9 min, slasningstid 10 min (per lass).

*** Flyttillsats- och personalkostnaderna är lika vid båda alternativen.

Besparingen med trågbilssystemet blir då, jämfört med roterbilssystemet under en dag:

Objektsstorlek m ³	Besparing kr/m ³
10	-57
30	- 2

40	6
50	10
100	18

Tabell 3. Besparing med trågbilssystemet jämfört med roterbilssystemet under en dag.

Fullskaletest 1 visar alltså att merkostnaden för skruvficka skulle vara mindre än merkostnaden för betong från roterbil vid t.ex. en normal husplatta (100 m^3).

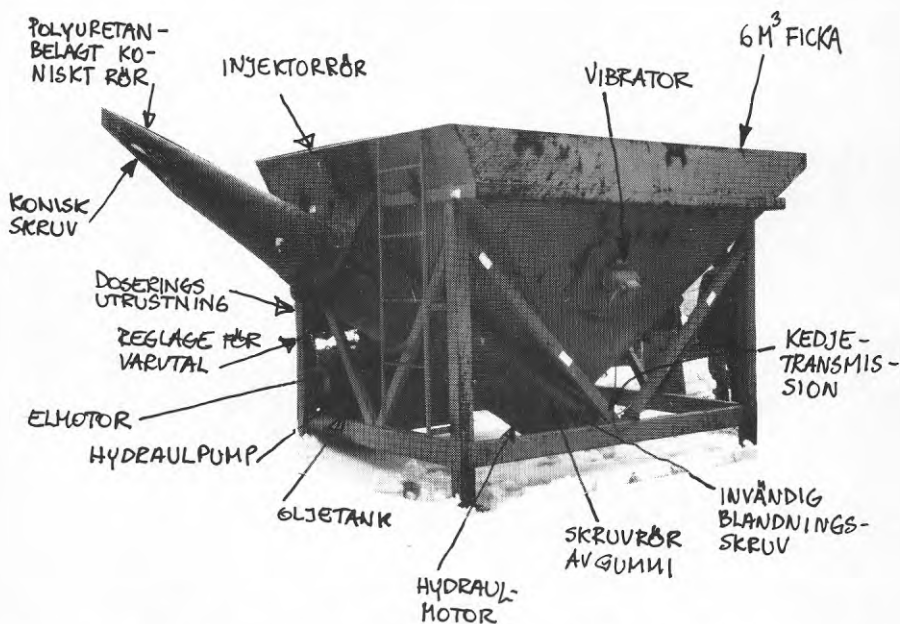
Känslighetsanalyser visar att en 20%-ig ökning av transportkostnaden betydligt ökar relativa lönsamheten för det nya systemet, medan en 50%-ig prisökning på skruvfickan ger en helt negliabel effekt. Om personalen ökas med en man i det nya systemet, kommer lönsamheten först vid ca 70 m^3 gjutvolym. Om istället personalen minskar med en man, är trågbil med skruvficka alltid lönsammare än roterbil med slasränna.

Ekonomiskt tycks därmed alternativet trågbil/skruvficka i de flesta fall vara bärkraftig.

Tekniskt däremot bör skruvkapaciteten kunna förbättras. Tillsammans med föreslagna åtgärder såsom hjul på fickan och höj/sänkbar kortsida, bör trågbil/skruvficka kunna innebära även ett klart intressant tekniskt alternativ.

Projektet fortsätter nu med ytterligare fältprov och kompletteringar, samt kontakter med tänkbara exploaterer.

Skissen nedan visar skruvblandningstransportörens viktigaste beståndsdelar.



Projektet kan därmed sammanfattas med att en utrustning tagits fram som är en:

- * tekniskt fungerande lösning
- * ekonomiskt fördelaktig lösning

1. BAKGRUND

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 av flytmedlet.

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)

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 studera vilka möjligheter som fanns att genom transportutveckling förbättra denna situation.

I en av ILAB tidigare genomförd studie konstaterades att:

- a. Roterbil kan användas i nuvarande utförande för transport av flytbetong och manuell inblandning av flytmedel.
- b. Trågbil kan användas för transport efter viss modifiering, och eventuellt för inblandning av flytmedel genom nuutveckling av utrustningar.
- c. Om tillsättning sker efter transport t.ex. i samband med gjutning påverkas inte det nuvarande transportsystemet, utan hanteringen får utökad flexibilitet.
- d. Systemet för transport av flytbetong måste även vara applicerbart på normalbetong.
- e. Det finns en rad tekniska lösningar för transport och hantering av flytbetong som är intressanta att vidareutveckla.

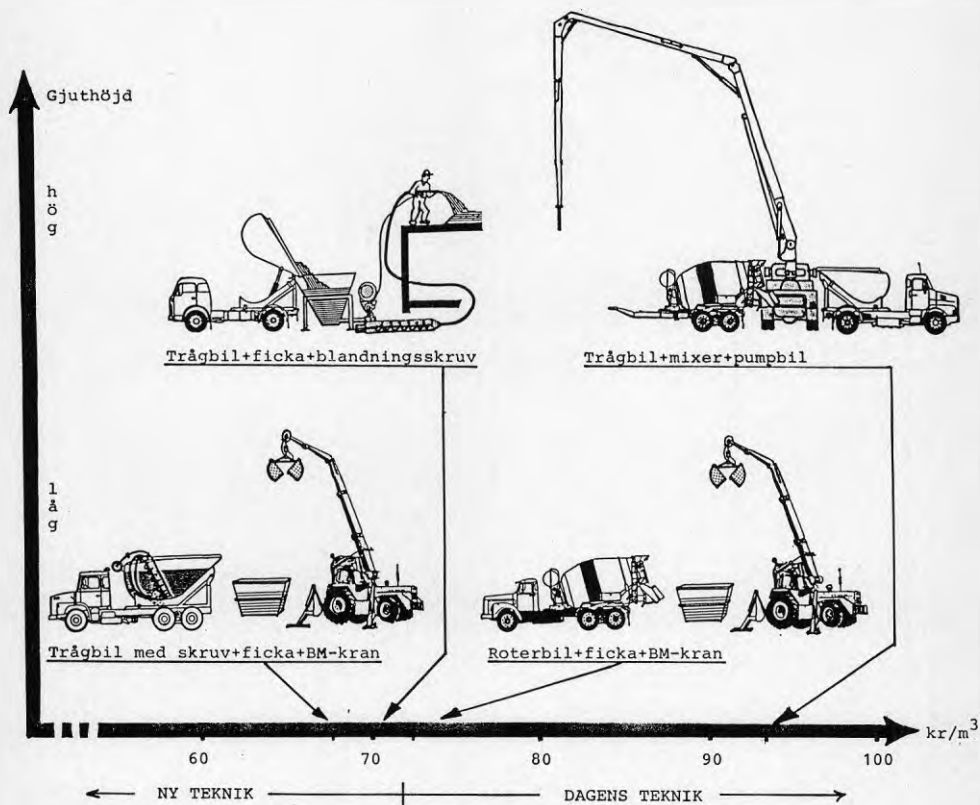
Bland dessa har i föregående projekt identifierats två nya transportsystem för olika gjuthöjder, som såväl tekniskt som ekonomiskt förväntas vara fördelaktigare än dagens system.

Med de nya transportlösningarna har besparingar indikerats på upp till 25% jämfört med dagens system, samtidigt som flytbetongen kan hållas färskare och därmed ge bättre tekniskt gjutresultat.

De nya transportsystemen har, som vid all produktutveckling, varit förenade med tekniska risker. Dessa risker ansågs dock vara värda att ta, när fördelarna med systemen indikerats vara stora.

Det system som främst ansetts vara värt att testa praktiskt, är en skruvtransportör för tillsättning, blandning och interntransport på byggarbetsplats. I andra hand skulle en skruvblandare på trågbil eller ficka vara värd att utveckla.

I figur 1a visas de två bästa konventionella alternativen i jämförelse med de två bästa nya utrustningskombinationerna. En marginell kostnadsdifferens kunde urskiljas mellan låggjutningsalternativen på ca 6%, medan höggjutningsalternativen visar en kostnadsdifferens på ca 25%. Detta skulle i sin tur kunna innebära att man med flytbetong och ny transportteknik skulle kunna minska totalkostnaden för färdiggjutning med mer än 10% jämfört med normalbetong och nuvarande transportteknik.



Figur 1a Rekommenderade alternativ med ny respektive dagens teknik.

2. MÅL

Målet med arbetet i denna rapport har varit att praktiskt utveckla, utvärdera och rapportera en blandningsutrustning för flytbetong, genom tester av prototyper och transportsystem.

3. KRAVSPECIFIKATION

3.1 Teknisk beskrivning

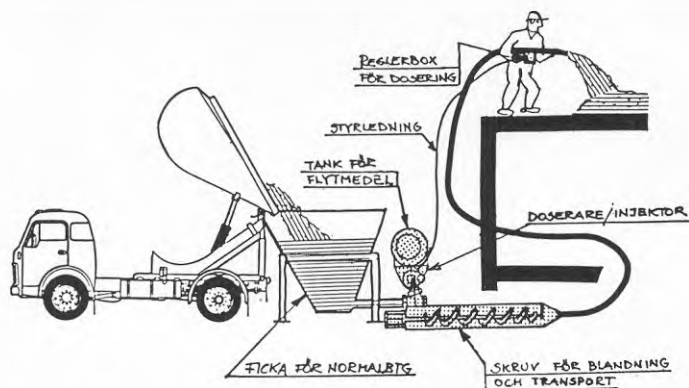
Den blandningsskruvtransportör som avsågs att tas fram skulle ha följande grundläggande egenskaper:

-
- 1) dosera och blanda flytmedel i normalbetong under drift
 - 2) lämna ett betongflöde av minst 150 l/min.
 - 3) transportera flytbetong vertikalt minst 5 meter
-

Dessa krav innebär var för sig, och inte minst tillsammans, tekniska risker med Arkimedesskruv. Måste avkall göras på något av kraven kan prestanda i krav 3 och i viss mån krav 2 mildras. Krav 1 däremot är ett oeftergivligt krav för att systemet skall innebära tekniska och ekonomiska fördelar jämfört med dagens system. Önskvärda underkrav, som dock ej är nödvändiga i prototypskedet är:

-
- 4) synkron styrning av blandningsskruvvarvtal och doseringspump för flytmedel
 - 5) styrning av utrustning från gjutarens plats
 - 6) slitbeläggning av skruv och skruvrör med polyuretan-elastomer (PUR)
 - 7) nivåvakter för flytmedel/betong
 - 8) mått och vikt anpassad för transport med mindre lastbil till byggarbetsplats
 - 9) klara betong med maximal stenstorlek 32 mm.
-

Utrustningen skall kunna ta emot och buffertera normalbetong, dosera och tillsätta flytmedel, samt blanda och transportera flytbetong. Principiellt kan utrustningen ha ett utseende enligt figur 2.



Figur 2 Blandningsskruvtransportör för emottagning och buffertering av normalbetong, dosering och tillsättning av flytmedel, samt blandning och transport av flytbetong. (Principutformning).

Blandningsskruven måste vara sluten, dvs vara placerad i rör eller ränna med lock, då transporten skall kunna ske i lutningar med hög fyllnadsgrad hos skruven. Den måste vara placerad i anslutning till betongficka och ha inlopp för flytmedel vid skruvens början. Efter som betongen endast kommer att passera skruven en gång och då fullständigt måste blandas med flytmedlet, kan några av skruvgångorna utformas som omrörningsskovlar. 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.

3.2 Tekniska data (grovt)

Volymficka	~6 m ³
Skruv Ø	150-400 mm
Skruvlängd	3 000 mm
Skruvvarvtal	0-300 RMP
Effekt	~10-15 kw
Kapacitet	~10 m ³ /tim
Doseringsaggregat	0-0,5 l/min
PUR invändigt rör	~70°
PUR skruvflanker	~90°

4. ANBU DSFÖRFRÅGAN

4.1 Tillverkare

Med utgångspunkt från kravspecifikationen utarbetades en anbudsfrågan som tillsändes 14 leverantörer av skruvtransportörer eller motsvarande hanteringsutrustningar.

Anbudsfrågan sändes till:

ABS Gell Verkstads AB, Arboga
Bentzler & Co, Norrköping
Finnboda Varf AB, Stockholm
Ing.Fa Bertil Ekman AB, Malmö
Karlstads Mek.Verksstad, Karlstad
Martinez Mekaniska AB Hallstahammar
Nya Partille Verkstads AB, Partille
Nordströms Linbanor, Enköping
Sandby Maskiner AB, Södra Sandby
Sveaverken, Eskilstuna
Svema Maskin AB, Knivsta
Siwertell AB, Bjuv
Vebe Kvarnmaskiner AB, Vetlanda

I anbudsfrågan kunde leverantörerna välja mellan 3 olika alternativ för att lösa problemet.

- 1) Liggande transportör
- 2) Stående transportör
- 3) Eget förslag på lösning

Den kompletta anbudsfrågan återfinns i bilaga 1.

5. UTVÄRDERING AV ANBUD

5.1 Inkomna anbud

Totalt 5 anbud lämnades på utrustningen. Tekniskt skiljde de sig inte nämnvärt, men priserna varierade högst väsentligt. Genomgående lämnade ingen leverantör totalpris för komplett anläggning, utan kompletteringar skulle behöva utföras på flera punkter.

De anbud som skriftligt lämnats kom från:

KMV, Karlstad
 Finnboda Varf, Stockholm
 Sveaverken, Eskilstuna
 Bentzler, Norrköping
 SVEMA, Knivsta

Utöver dessa erhöles "priser" per telefon från Sandby Maskin och Berger AB.

De fem som skriftligt lämnat anbud kunde indelas i två grupper.

I en grupp med omfattande beskrivningar, ritningar och tillbehör (KMW och SVEMA)

II en grupp med enbart specificerad skruv, skruvrör, och motor (Bentzler, Sveaverken, och Finnboda Varf)

"Telefonanbuden" som enbart innehöll ungefärlig prisindikation och ingen teknisk specifikation eller leveransomfattning, lämnades utanför utvärderingen.

I en konfidentiell bilaga 5, följer en övergripande beskrivning av de olika anbuden inom respektive grupp.

5.2 Utvärdering

Beroende på de olika anbudens omfattning har valet av leverantör inte varit entydigt. För att kunna jämföra de olika förslagen har en värderingstabell upprättats (figur 6) där viktiga faktorer värderats från 1-5. Högsta siffran svarar för bästa lösningsalternativ.

De faktorer som utvärderats är:

Teknisk lösning, dvs den tekniska elegans som lösningen visar, tillsammans med sannolikheten att utrustningen kan fungera som avsett.

Kringutrustning, dvs graden av komplett utrustning enligt anbudsfrågan.

Kapacitet, ett generellt mått på utrustningens fickvolym, effekt (reserv), varvtalsområde etc.

Alternativanvändning. Möjligheten att använda komponenterna, (om systemet inte fungerar som avsett) till exempelvis skrubblandare för betongbil.

Leveranstid. Tiden mellan beställning och leverans.

Garanti. Leverantörens åtagande efter leverans och ansvar för funktion.

Pris. Priset inkl. moms för utrustning enligt anbudet

Värderingsfaktor	VÄRDERING 1-5 (5=bäst)					
	KMW I	KMW II	Svema	Bentzler	Svea- verken	Finnboda
Teknisk lösning	2	4	5	3	3	3
Kringutrustning	2	5	4	3	3	4
Kapacitet	3	5	4	2	1	2
Alternativanvändning	4	5	5	4	4	4
Leveranstid	1	1	3	3	2	3
Garanti	1	1	2	1	1	1
Pris	2	1	4	5	5	3
SUMMA	15	22	27	21	19	20
Placering	VI	II	I	III	V	IV

Figur 6 Värdering av teknik, åtaganden och pris

I figur 6 kan konstateras att utrustningen från Svema fått högst poäng, främst beroende på sin tekniska lösning, alternativanvändning samt kostnad.

Emellertid bör de olika värderingsfaktorerna också viktas sinsemellan för att ge ett mer rättvist resultat. Figur 7 visar en tabell med viktad värdering, viktade med en koefficient 1-4.

De värderingsfaktorer som viktats högst är pris, där efter följer garanti, alternativanvändning och kringutrustning.

Värderingsfaktor	Viktskoefficient 1-4	KMW I	KMW II	Svema	Bentz- ler	Svea- verken	Finnboda
Teknisk lösning	2	4	8	10	6	6	6
Kringutrustning	3	6	15	12	9	9	12
Kapacitet	1	3	5	4	2	1	2
Alternativanvändning	3	12	15	15	12	12	12
Leveranstid	1	1	1	3	3	2	3
Garanti	3	3	3	6	3	3	3
Pris	4	8	4	16	20	20	12
	SUMMA	37	51	66	55	53	50
	Place- ring	V	IV	I	II	III	V

Figur 7 Viktad värdering av teknik, åtaganden och pris

I den viktade värderingen visar sig återigen Svema-alternativet vara det klart främsta, medan de övriga alternativen, utom ett, får en i stort likvärdig andraplacing.

5.3 Val av tillverkare

Med hänsyn till resultatet från utvärderingen, visad utvecklingsanda och kompetens inom betonghanteringen, samt rekommendationer från betongfolk valdes Svema Maskiner AB som leverantör av blandningsskruvtransportörer. Svema var också den enda leverantör som kunde garantera att utrustningen kunde skruva fram betong.

6. PROTOTYPTILLVERKNING

6.1 Prototyp enligt anbud

Svema tog enligt anbudet fram en skruvficka. Denna provades enligt gängse metoder med våt sand blandad med tvättmedel, som ger ett material motsvarande betong, men som inte härdar. Utrustningen befanns vid besiktning hålla vad som utlovats, dvs den kunde transportera betong (= våt sand + tvättmedel) i skruv upp till en höjd av drygt 1,5 m. Höjden begränsades i detta utförande av skruvens längd och vinkel.

För att få en komplett skruvblandningstransportör måste nu ytterligare kringutrustning tas fram.

Erforderlig komplettering:

Den utrustning som krävdes, utöver skruvfickan, var doseringsutrustning och skruvslutsteg för höjning av utgående betongtryck.

6.2 Skruvslutsteg

För att öka trycket i skruvens slutsteg utvärderades olika alternativa lösningar. Den ursprungliga tanken var att låta skruvröret konas i slutändan, från 300 mm diameter (skruvdiametern) till 100 mm (slangdiametern) och på så sätt få upp trycket under det att flödet var konstant, och som alternativ, komplettera konan med en invändig konisk skruv.

Erfarenhetsmässigt vet man att rörkrökar och ändringar av rördiametrar alltid leder till stort slitage och speciellt vid betonghantering fås stora påfrestningar på transportörerna. Därför beslöts att det koniska röret måste beläggas med ett material med extrem nötningsbeständighet, samtidigt som röret måste tåla höga tryck och dessutom tillåta invändig beläggning.

Ett material som kännetecknas av extrem nötningsbeständighet är polyuretan som bildas genom reaktion mellan en isolyanat och en polyol. Produktnamn på just denna PUR är Adiprene, Vullohan, Slitan eller Tivar.

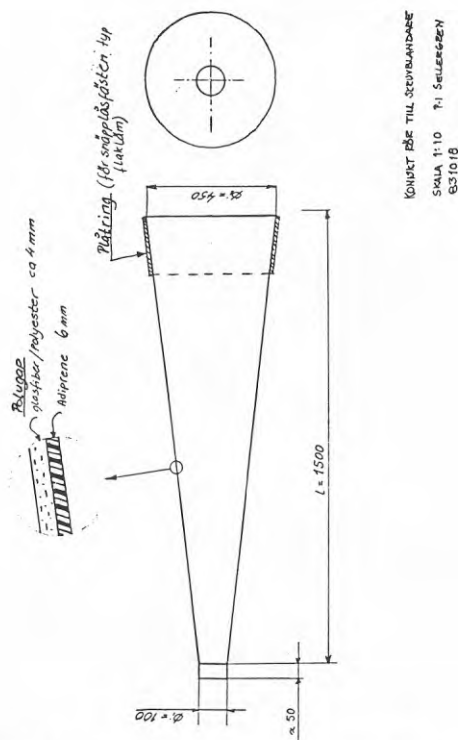
För att välja rätt rör- och slitmaterial kontaktades tre tillverkare av komponenter i dessa material. Leverantörerna var:

Trelleborgs Gummi, Trelleborg
Perfoverken, Mariestad
Traryd Plast, Traryd

Både Trelleborgs Gummi och Perfoverken ansåg att det kunde bli problem med att få en jämn yta på röret (krav för eventuell konisk skruv).

Dessutom kundet det bli problem med uretanens vidhäftning till underlaget, men man var villiga att försöka. Traryd's plast kom emellertid med det bästa alternativet. Detta bestod i att belägga ett koniskt rör av 4 mm polyester/glasfiber med 6 mm Adiprene invändigt. Därmed skulle vidhäftningen mellan materialen garanteras, samtidigt som glasfiberröret kunde fås i tryckklasser från 0-25 NT. Den invändiga beläggningen skulle rotationsgjutas och leveranstiden skulle vara 4-6 veckor. Figur 8 visar det koniska röret.

En eventuell slutstegsskruv skulle också kunna beläggas av Traryd's plast, men då skulle sannolikt sprutmetoden tillämpas.

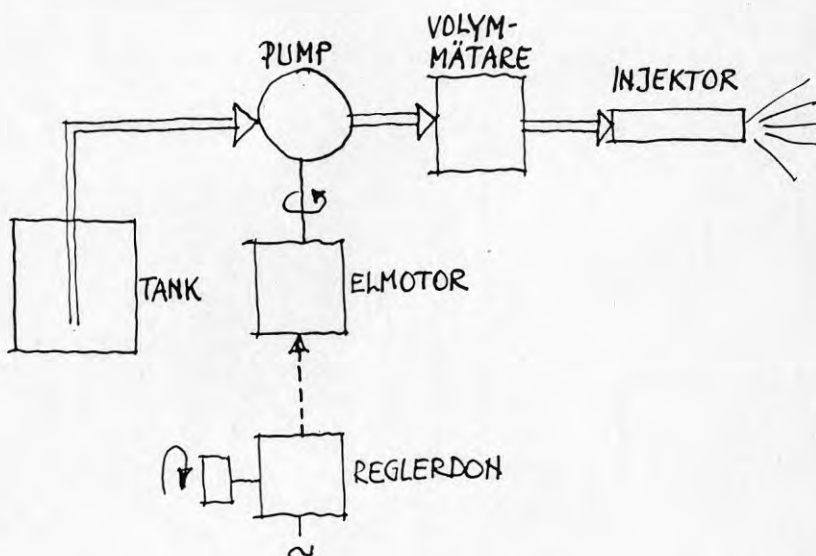


Figur 8 Koniskt rör för tryckökning i skrubblandnings-transportör

Traryd's plast klarade inte leveransen inom utsatt tid. Konen levererades drygt 4 månader efter beställning. Förseningen berodde på att man ej klarat gjutningen i Sverige utan måst skicka den till Danmark.

6.3 Doseringsutrustning

För att dosera och injicera flytmedlet i betongfickan krävdes komplettering med doseringsutrustning. Principen för systemet tänktes i stort vara enligt figur 9, där en varvtalsreglerad elmotor driver en impellerpump, som från flytmedelstank pumpar flytmedel över volymmätare till injektormunstycke.



Figur 9 System för dosering och injicering

Svårigheten var här att finna en robust enhet för de förhållandevis små flödena på $0\text{--}\frac{1}{2}$ l/min.

De leverantörer som kontaktats var bl.a. Berman & Beving AB, Ergotest AB, STG Instrument AB, SERLEK AB, Conrad Ekengren AB, Zickerts Ingenjörsfirma AB och Process-teknik AB.

Flera olika förslag lämnades och det som fanns mest intressant var en impellerpump från Zickerts Ingenjörsfirma i Kungsbacka. Zickerts kunde leverera samtliga komponenter inom en månad. ILAB svarade för montering och inkoppling av arrangemanget.

7. PROTOTYPTEST 1

7.1 Funktionsprov 1

Funktionsprovet, som utfördes vid SWEMA skulle utvisa om ursprungsskruven skulle klara erforderligt tryck genom det koniska munstycket. Som arbetsmaterial användes återigen sand, tvättmedel och vatten, som tillsammans ger en konsistens liknande betong.

7.2 Resultat

Funktionsprovet visade att tillräckligt tryck inte gick att få. Materialet packades i konen tills dess att skruven inte orkade mata fram längre. Försöket fick därför avbrytas.

7.3 Behov av modifiering

Försök 1 visade klart att frammatning måste ske även i trycksteget. För att öka trycket studerades två alternativ:

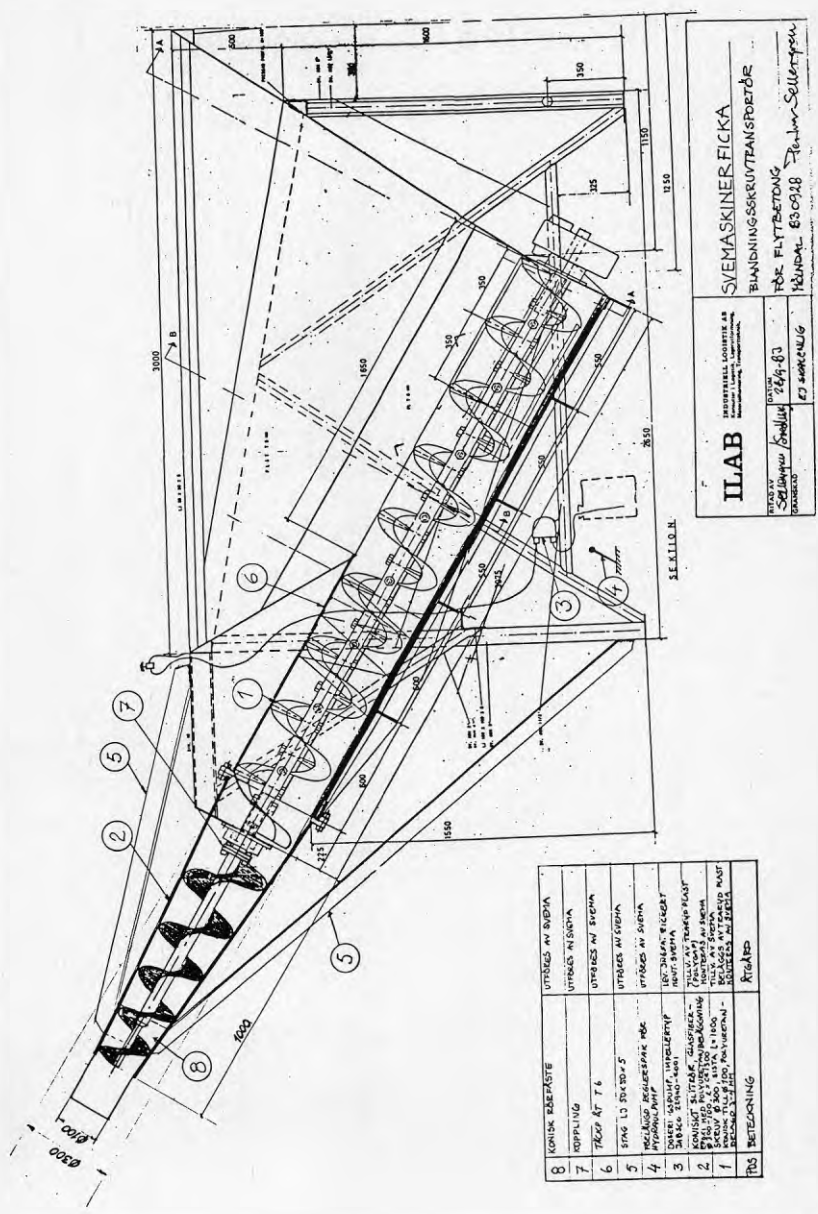
Alt 1) förlängd konande skruv

Alt 2) snäckhjulsskruv typ Terling

Det koniska röret hade ju tillverkats med hänsyn till att en eventuell konisk skruv skulle kunna monteras ifall tillräckligt tryck ej uppnåddes vid försöket.

Alternativ 1.

Svema ansåg sig kunna utföra denna modifiering relativt enkelt, då man i princip skulle kunna koppla på ytterligare en skruvdel. Dock måste skruvens övre lagring omkonstrueras. Efter modifiering skulle fickan få utseendet enligt figur 10.



ILAB INDUSTRIELL LABORIE AB
 SÄLLHUSVÄG 5/SÖLLY 264-63
 BOX 200

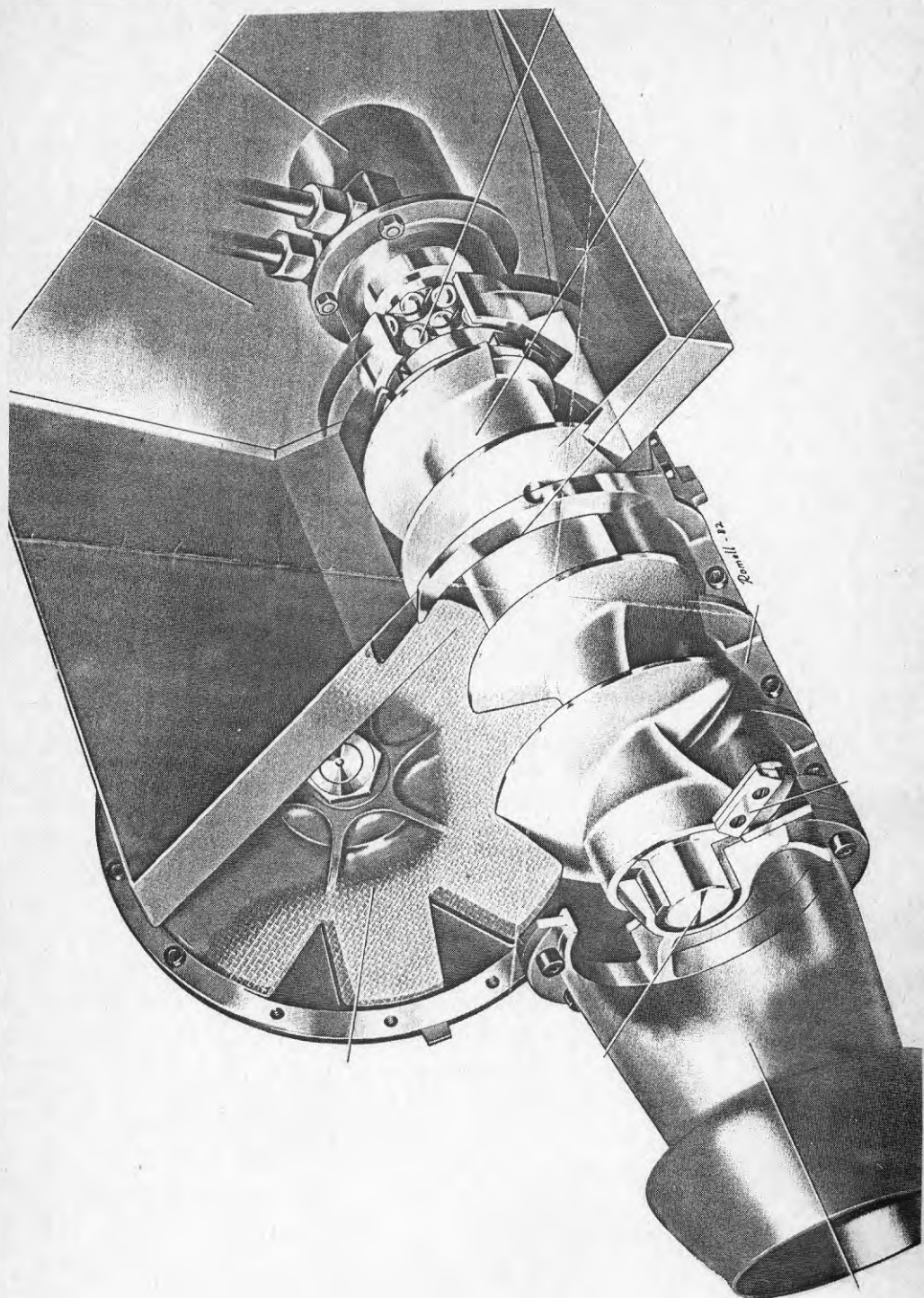
SVEMASKINERFICKA
 BLANDNINGSSKRUVTRANSPORTÖR
 RÖR FLYTBETONG
 RUNDAL ES0018
 Pålman-Sellertsen

BYGGNAD E7 SÖRKLIV

8	KONISK BÄREKÄPPE	UTVÄRDES AV SVENNA	Rörbetong
7	KOPPLING	UTVÄRDES AV SVENNA	
6	TÄCKA ÅT T. 6	UTVÄRDES AV SVENNA	
5	STÅNG LJ. SV. 20x2,5	UTVÄRDES AV SVENNA	
4	BEKÄMPLIG BÄREKÄPPE MED HYDRANTPÅR	UTVÄRDES AV SVENNA	
3	SVENNA, STÅL, 40x40	UTVÄRDES AV SVENNA	
2	KONKRETT KLITTBÄR, GLASSIVET PÅ 100 mm, 2 LÅGRIKOR SOM FÖRSTÄRKNING SOM FÖRSTÄRKNING SOM FÖRSTÄRKNING	UTVÄRDES AV SVENNA	
1	BEKÄMPLIG BÄREKÄPPE	UTVÄRDES AV SVENNA	

Figur 10 Blandningskruvtransportör med konisk tryck-skruv

Alternativ 2, den Terlingska snäckhjulsskruven används för oljesanering. Skruven ger vid denna användning ett mycket högt tryck. Den består av en kort skruv i vilket ett "skrap"-hjul greppar in. I och med att skruvens flanker skrapas av på trycksidan fås det höga trycket. Försök har tidigare gjorts av Gustav Terling AB, med oljebemängd sand. Detta material klarade skruven mycket bra medan "skraphjulet" av glasfiberplast var den komponent som slets. Figur 11 visar Gustav Terlings snäckskruv för oljesanering.



Figur 11 Terlings snäckskruv för oljesanering

Vid presentation av flytbetongskonceptet fann Terlings att snäckskruven sannolikt skulle kunna modifieras för flytbetong. Man beslöt att försöka ta fram ett mer nötningsbeständigt "skraphjul", eventuellt genom att belägga det med polyuretan. Skruven skulle tillverkas i höghållfast rostfritt stål. Kunde slitagefrågan lösas fanns flera användningsområden, utöver skruvfickan. Exempelvis skulle snäckskruven kunna ersätta den konventionella betongpumpen då trycket indikerades vara fullt tillräckligt. En annan användning skulle kunna vara som blandningsskruv i trågbil. Efter en tid meddelade Terling att man inte kunde räkna med någon färdig utrustning på över ett år, dels beroende på materialsvårigheter och lagringspunkten och dels på andra högprioriterade utvecklingsprojekt.

Tidsfaktorn avgjorde då valet mellan de två sannolikt tekniskt likvärdiga modifieringsalternativen till Svema's fördel, med förlängd konande skruv enligt figur 10.

8. PROTOTYPTEST 2

8.1 Modifiering

Efter flera problem och förseningar lyckades Svema tillverka en konisk skruv och montera den i koniska röret. Eftersom inget större spel mellan rör och skruv kunde tolereras var inpassningen arbetskrävande. I de fall man var tvungen att slipa och skära i polyuretanen fick vissa arbetsmiljöarrangemang vidtas.

(Den mekaniska bearbetningen i materialet frigör en starkt cancerogen gas.)

8.2 Resultat test 2

Vid funktionsprov nr 2 med konisk skruv och koniskt rör packades återigen materialet i skruvens slutsteg. Dock matades materialet fram en kortare stund i början av testen. Sannolikt berodde driftstoppet på att konen hade strypts alltför mycket, varvid beslöts att öka diametern på konens slutsteg.

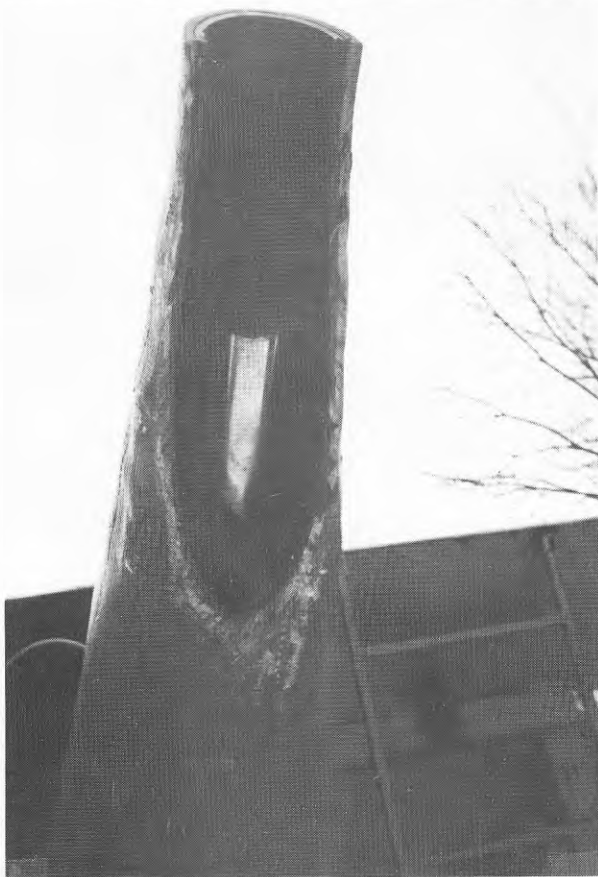
Denna modifiering lyckades inte SWEMA utföra, eftersom företaget inställde betalningarna och en tid därefter gick i konkurs. Detta innebar en del juridiska problem och förseningar i projektet.

9. PROTOTYPTEST 3 VID SABEMA

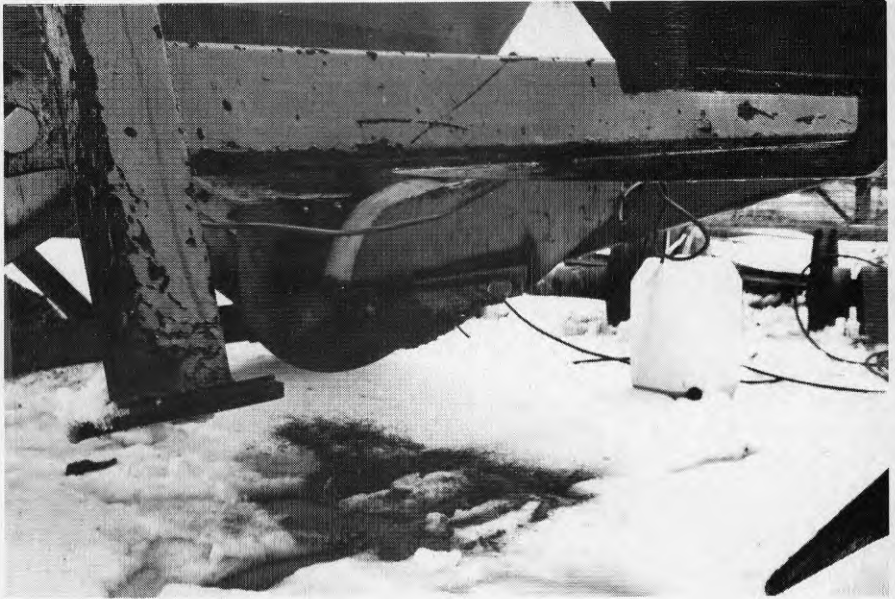
9.1 Modifiering

Sabema i Källered utanför Göteborg, vars utvecklingschef ingick i projektgruppen, engagerades nu i den fortsatta utvecklingen av utrustningen. Skruvfickan transporterades till Källered med lastbil (samtidigt kunde noteras att skruvfickan passade utmärkt på lastbil och bildade i princip en enhet för dosering och blandning av flytbetong under transport).

Sabema fick i uppdrag att modifiera konen genom att snedkapa utloppet så att en större genomströmningsarea bildades. Dessutom skulle vissa andra justeringar göras, bl.a montera en skyddsplåt över drivkedja och förbättra rörsystemet för flytmedel. Modifieringen utfördes under vintern 1984. Beroende på den ovanligt kalla och långa vintern ansåg Sabema att prototyptesten inte borde göras förrän vädret blivit gynnsammare för gjutarbeten.



Figur 12 Snedkapat utlopp på kon



Figur 13 Skyddsplåt över drivkedja



Figur 14 Tryck-injektionsrör för flytmedel

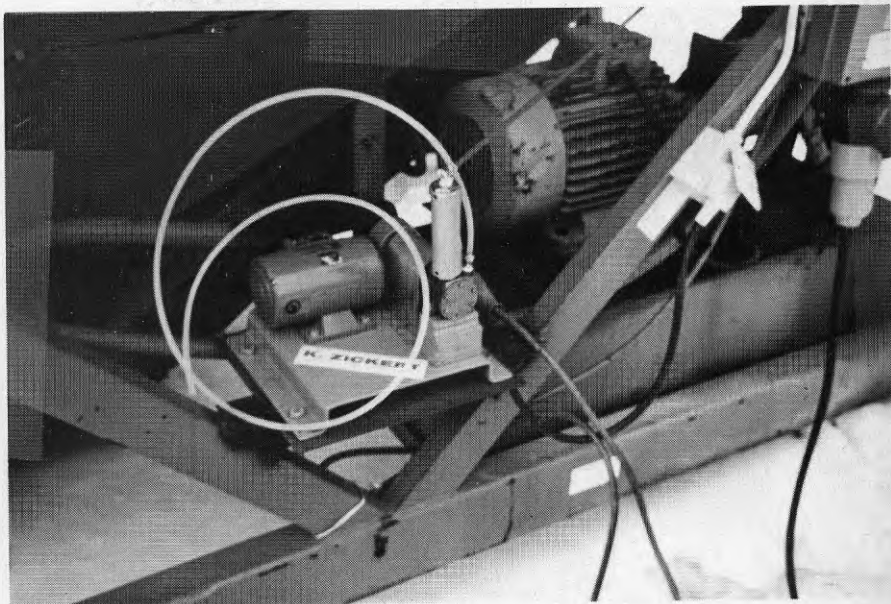
9.2 Funktionsprov med betong

Funktionsprov nr 3, med betong, utfördes i mars 1985 under några tillfälligt "varmare" (-5°C) dagar. Försöket började med att hacka bort all is och snö som samlats i fickan och skruvens nedre del. Med hjälp av varmvatten, salt och spett lyckades fickan efter 2 timmar bli körklar. Erfarenheten från detta är att fickan måste täckas när den inte används och det är risk för snö och kyla.



Figur 15 Is och snö i skruvfickans botten

Funktionsprovet startade med att doseringspumpen justerades till rätt flöde. Till en början bildades luftblåsor i sugröret, som visade sig bero på att sugröret lagt sig i en kurva på flytmedelsdunkens botten men med inloppet i vätskeytan. Efter korrigering fungerade doseringspumpen som avsett.



Figur 16 Doseringspump

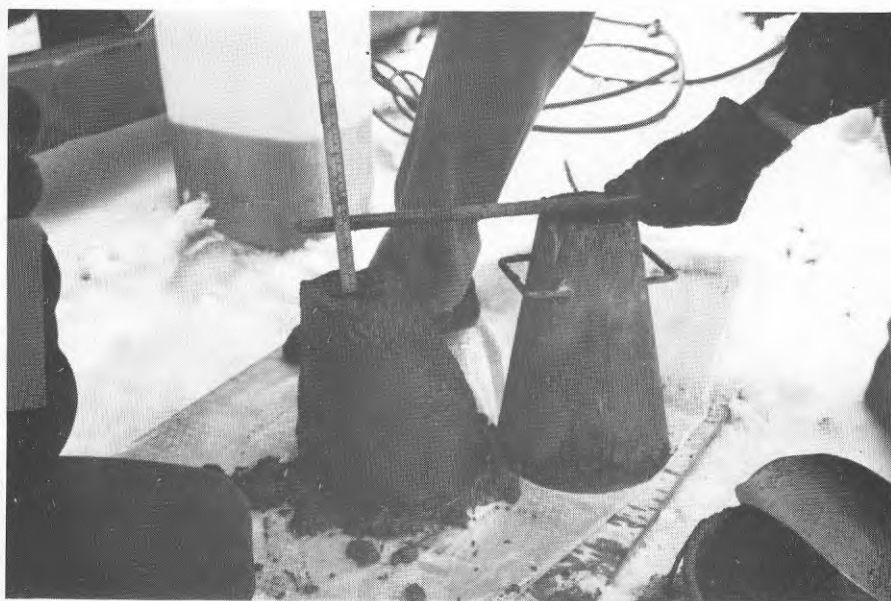


Figur 17 Flytmedelsdunk med sugrör

Betongbilen anlände med $1,5 \text{ m}^3$ trögflytande betong och stenmax 16 mm. Sättnått togs på lasset och befanns vara 7 cm.



Figur 18 Tippning av trög betong i skruvblandningsfickan



Figur 19 Sättnåttsmätning med kon visade 7 cm hos ursprungsbetongen

Doseringspumpen och blandningsskruven startades. Efter ca 15 sekunder började betong strömma ur konen. Flödet var denna gång betydligt större än vid tidigare prov. Till en början verkade betongen obetydligt "lösare" än normalbetongen, men efter någon minut märktes en påtaglig skillnad i flytbarhet. Efter ca 3 min togs sättmått som visade 15 cm, dvs "halvflytbetong". Flytmedelsdoseringen skulle egentligen motsvarat ett sättmått på över 20 cm.



Figur 20 Sättmåttsmätning efter skruvblandning visade 15 cm hos flytbetongen

Kapaciteten var ej heller tillräcklig. När ungefär halva betongmängden tömts började flödet att minska, varför fickan vibrerades under en kort stund. Detta ökade emellertid inte flödet utan tvärtom, minskade det ytterligare. Sannolikt hade valvbildning skett ovanför inmatningsstället. Genom att manuellt "sticka hål" i valvet med en bräda kunde betongen falla ner till skruven igen. Vid detta avbrott hade alltför mycket flytmedel tillsatts varför flytbetongen som var alltför "blöt" på ytan. De många vibreringarna bidrog också till denna tendens till separering. För att slutligen tömma fickan helt lyftes dessa ena ända så att valvbildningen upplöstes och flytbetongen kunde skruvas ut.



Figur 21 Skruvficka under gång (sidovy)



Figur 22 Skruvficka under gång (frontvy)



Figur 23 Olika konsistenser på betongen under försöket

9.3 Resultat och behov av modifiering

Vid funktionsprov nr 3 med betong ökade sättmättet från ursprungsbetongens 7 cm till den blandade flytbetongens 15 cm. I figur 23 är sättmättet betydligt över 15 cm men här har sannolikt skett en överdosering i samband med valvbildningen.

Kapaciteten var inte tillräcklig. För att fickan praktiskt skall kunna användas måste flödet öka minst till det dubbla. Detta bör kunna åstadkommas genom att göra inloppskanalerna större ned till skruven.

Sammanfattningsvis kan sägas att principen för dosering och blandning i skruv fungerar under förutsättning att valvbildningen elimineras såsom beskrivits eller på annat sätt.



Figur 24 Utflytet före respektive efter skruvblandning

10.1 Funktionsprov med betong

Modifieringen inför test 4 bestod i utvidgning av inloppskanal för att därigenom kunna öka kapaciteten.

Innan provkörningen kontrollerades skruvfunktion och doseringspump. Doseringsflödet noterades då inte uppnå rätt nivå, vilket visade sig bero på att gammal betong fyllt igen doseringsmunstycket. Nya hål borrades i injektorröret med större spridning och flytmedelsflödet kunde åter uppnå rätt nivå.

Betongbilen som i detta läge stått och väntat i ca 30 min kunde lossa betongen som hade ett sättmått på ca 5 cm. Prototyptester spelades in på video för att senare kunna utvärderas.

Skruben startades och flytmedelsdoseringen sattes på maximal dosering. Efter ca 10 sekunder började trög betong komma ur munstycket och efter ytterligare ca 20 sekunder började betongen komma med förhöjd flytbarhet. Betongen bedömdes av Sabemas testpersonal ha sättmättet över 20 cm, dvs fullflytbetong. Betongen hade betydligt bättre flytegenskaper än vid test 3 (15 cm). När ca $1/4 \text{ m}^3$ betong återstod i fickan började betongen separera, sannolikt beroende på överdosering. De nya injektorhålen i doseringsröret hade fått större genomströmningsarea och därigenom gett minskat mottryck, vilket inte kompenseras med minskat pumpvarvtal under testen.

10.2 Resultat

Vid test 4 kunde en betydligt bättre flytbarhet hos flytbetongen noteras jämfört med tidigare tester, trots att ursprungsbetongen var trögare. Blandningsprincipen tycks därför i och med denna test fungera, men det är viktigt att hela tiden ha uppsikt över doseringsmängden så att betongen inte över- eller underdoseras.

Kapaciteten ökade också jämfört med tidigare tester, men är inte tillräcklig. Visserligen kommer kapaciteten att öka då hela fickan fylls med betong (p.g.a. egenvikten), men den sista bottensatsen är svår att dosera till rätt flytbarhet vilket kan innebära risk för separation och minskad kapacitet.

11. FULLSKALETTEST I

11.1 Soprumsplatta som gjutobjekt

ABV i Mölndal fick i slutet av maj en förfrågan om en gjutning av en soprumsplatta på Hisingen. Objektet ansågs lämpliga för fullskaletest av flytbetongfickan. Fickan hade sedan prototyptesterna kompletterats med uppsamlingstratt och slasrör med 4 m längd.

Betongplattan skulle ha måtten 8 x 4 m, varför fickan placerades mitt på ena långsidan för att få optimal utspridningsradie.

11.2 Personal och utrustning

Personalen bestod av två man, en man som skulle svara för utspridning och eventuell vibrering och en man för reglering av dosering, blandning och transport av betongen.

I reserv fanns ytterligare en man som skulle kunna rycka in vid behov samt en arbetsledare.

På arbetsplatsen fanns också tillgång till traktorgrävare med schaktblad och skopa.

11.3 Trög ursprungsbetong

En av Sabema's roterbilar anlände med mycket trög betong, ca 5 cm sättmått. Fickan stod placerad på brädunderlag varför roterbilens utloppstratt inte nådde upp till fickan. Traktorgrävaren anlätades för att bygga upp en 20 cm hög jordramp, varvid roterbilen kunde tömma drygt halva lasset (3m³).

11.4 Bra flytbetong men skruvhaveri

Skruven startades och doseringen ställdes in på halva mängden, jämfört med tidigare tester. Efter ca 30 sekunder kom flytbetong ur tratten. (Slasröret ansågs inte behövas i början). Sättmättet var ca 20 cm. När halva fickan tömts stannade skruven, och gick varken att baxa fram eller tillbaka. Elsystem och hydraulsystem kontrollerades och fanns vara intakta.

Några ytterligare felsökningsåtgärder hanns nu inte med utan fickan och roterbilen måste snarast tömmas, då betongen börjat bränna i den höga lufttemperaturen (30°C) Resterande flytmedel tillsattes roterbilen som "slasade" ut betongen på plattan. Betongen i fickan fick sedan grävas ur av traktorgrävaren. Den betong som inte kunde grävas ur fick tömmas ut genom att välta fickan.

Vid renspolningen upptäcktes anledningen till skruvstoppet. En järnbit, 10x4 cm, hade fastnat mellan skruvända och doseringrör. Järnbiten var en rest av det material som bränts bort vid den tidigare modifieringen av inloppet till skruven. Efter borttagning av järnbiten och påfyllning av hydraulolja (som runnit ut ur påfyllningsloppet vid vältningen) fungerade åter fickan som tidigare.

11.5 Personalens synpunkter

P.g.a. att testen fick avkortas var det svårt för gjutpersonalen att bilda sig en klar uppfattning om utrustningens effektivitet. De synpunkter som lämnades var förvånansvärt positiva med tanke på att testen måst förkortas.

Man trodde att utrustningen mycket väl kunde vara lämplig vid gjutning av sulor och platta/plattor. Vid objekt med flera plattor borde fickan vara försedd med hjul, för att den enkelt skulle kunna förflyttas mellan gjutställena, och inte vara beroende av kran/kranbil.

Eventuellt skulle trågbilen kunna ta med fickan på släp vid första betongleveransen. För att underlätta rengöring och även öka kapaciteten vid gjutning skulle fickans bakkant kunna vara försedd med två hydraulcylindrar, som skulle kunna höja fickans ena ända. Med dessa kompletteringar borde utrustningen vara ett bra alternativ till konkurrerande utrustningar.

11.6 Ekonomisk analys positiv

Efter skruvhaveriet gjöts resterande yta med betong från roterbil och slasränna. Betongen doserades och blandades i roterbilen.

Vid jämförelser av fakturor och arbetstider samt studier av videotape har en tids- och kostnadsjämförelse kunnat göras. Figur 25 visar den ekonomiska jämförelsen där också känsligheten för ökat pris på utrustning respektive transporter har analyserats. Dessutom har känslighetsanalys gjorts på ökat resp. minskat personalbehov.

11.6.1 Besparingar

Kostnads- typ	post	Trågbil+skruvficka		Roterbil+slasränn	
		a ⁻ -pris	m ³ -pris	a ⁻ -pris	m ³ -pris
R Ö R L I G	Betong	376 kr/m ³	376	386 kr/m ³	386
	Frakt- tillägg	36 kr/m ³	36	46 kr/m ³	46
	Basktipp- ning	3,75 kr/ min	3,40*	-	-
	Rotertid	-	-	4,75 kr/ min	20**
	Flyttill- sats***	33 kr/m ³	33	33 kr/m ³	33
	Personal***	120 kr/ tim		120 kr/ tim	
F A S T	Frakt skruvficka	640 kr/ etablering		-	
	Kostnad skruvficka	200 kr/ dag		-	

Figur 25 a. Jämförelse mellan kostnader vid fullskaletesten med trågbil+skruvficka och roterbil+slasränn.

Anm:* 5,5 m³/lass, tipp-tid 5 min

** 4,5 m³/lass, rotertid med uppriggnig 9 min, slasningstid 10 min (per lass).

*** Flyttillsats- och personalkostnaderna är lika vid båda alternativen.

Besparingen med trågbilssystemet blir då, jämfört med roterbilssystemet under en dag:

Objektsstorlek m ³	Besparing kr/m ³
10	-57
30	- 2
40	6
50	10
100	18

Figur 25 b. Besparing med trågbilssystemet jämfört med roterbilssystemet under en dag.

Med indata från fullskaletesten visar sig systemet trågbil med blandningsskruvtransportör vara ekonomiskt konkurrenskraftig gentemot roterbil och slasränna, redan vid objektsstorlekar på drygt 30 m³. Gjutningen förutsätts då kunna ske under en arbetsdag.

11.6.2 Känslighetsanalys

För att studera effekterna av:

- Ökat pris på blandningsskruvtransportör
- Ökad transportkostnad
- Ökat personalbehov
- minskat personalbehov

har en känslighetsanalys utförts enligt nedan.

- Priset på skruvblandningstransportören ökar med 50%.

Objektsstorlek m ³	Besparing kr/m ³
10	-67
30	- 9
40	3
50	8
100	17

Figur 25 c. Besparing vid 50% ökning av priset på skruvblandningstransportören.

- Transportkostnaden ökar med 20% för all utrustning och material.

Objektsstorlek m ³	Besparing kr/m ³
10	-48
30	3
40	9
50	13
100	21

Figur 25 d. Besparing vid 20% ökad transportkostnad

Vid en 20%-ig ökning av transportkostnaden för betong (ökat frakttillägg) och fraktkostnaden för skruvfickan, uppnås break even point vid gjutobjekt under 30 m³.

Dvs. vid en eventuell bränsleprishöjning kommer alternativet trågbil att gynnas.

c) Personalen ökas med en man vid skruvfickan:

Objektsstorlek m ³	Besparing kr/m ³
10	-96
30	-33
40	-18
50	- 9
100	9

Figur 25 e. Besparing med en man extra per dag.

Med en man extra vid gjutningen i det nya systemet, kommer lönsamheten först vid ca 70 m³ objektsstorlek.

d) Personalen minskas med en man per dag:

Objektsstorlek m ³	Besparing kr/m ³
10	39
30	31
40	30
50	29
100	28

Figur 25 f. Besparing med en man mindre per dag.

Med en man mindre i det nya systemet kommer alltid detta att innebära besparingar jämfört med roterbils-systemet.

11.7 Resultat

Innan eventuella modifieringar skall utföras, bör utrustningen testas i befintlig skick, vid ny fullskaletest.

Såväl gjutpersonal som arbetet med utrustningen i praktiken och personal som sett den på video samt de tidigare erhållna gjutresultaten motiverar ett fortsatt testförfarande.

En fördel skulle vara att finna ett byggobjekt som parallellt kunde ha ett konkurrerande system i drift. På så sätt kunde direkt under samma förhållanden, de båda systemen jämföras. ABV, Torslanda Arkitektur & Byggnads AB och Sabema skulle medverka till att finna ett sådant objekt.

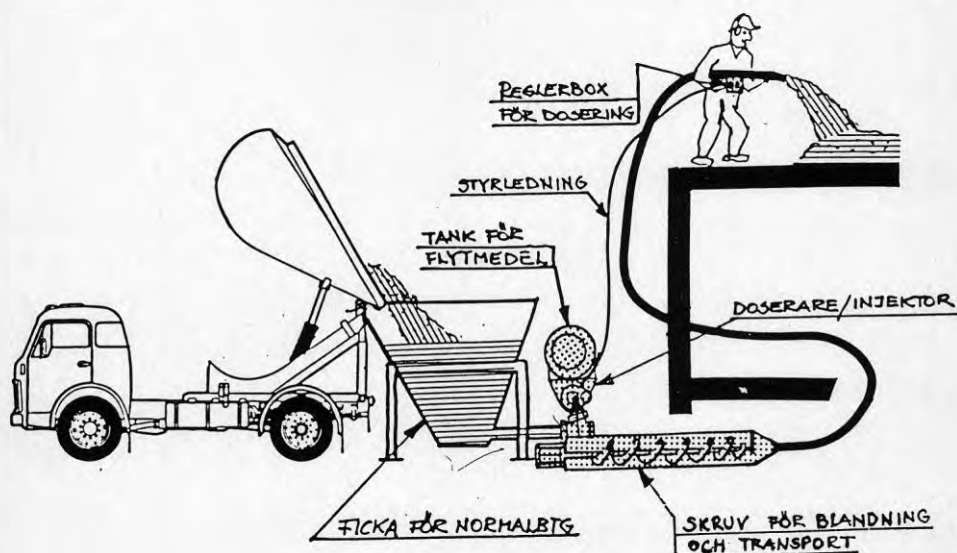
Ekonomiskt visar fullskaletesten att alternativet trågbil/skruvficka tycks vara bärkraftig redan vid relativt små plattor på mark.

Känslighetsanalyser visar att en 20%-ig ökning av transportkostnaden betydligt ökar relativa lönsamheten för det nya systemet, medan en 50%-ig prisökning på skruvficka ger en helt negliabel effekt. Om personalen ökas med en man i det nya systemet, kommer lönsamheten först vid ca 70 m³ gjutvolym. Om istället personalen minskar med en man, är trågbil med skruvficka alltid lönsammare än roterbil med slasrännor.

12. PROJEKTET FORTSÄTTER

Projektet fortsätter nu med ytterligare fältprov och kompletteringar. Speciellt bör skruvkapaciteten kunna förbättras. Kontakter med tänkbara tillverkare och exploatörer kommer att intensifieras. Avsikten är att fortsättningsvis hålla BFR och STU underrättade om projektets framskridande och resultat.

PM FÖR ANBUDSGIVARE AVSEENDE BLANDNINGSSKRUVTRANSPORTÖR



DETTA PM OMFATTAR:

1. FÖRUTSÄTTNINGAR
2. KRAVSPECIFIKATION MED RITNINGAR B 1, B 2 OCH B 3
3. ANBUD
4. UPPLYSNINGAR

1. Förutsättningar

Vid ett projekt "Transport av flytbetong" finansierat av BFR (Byggeforskningsrådet) med bl.a. medverkan från ABV, Betongindustri AB, har ett behov av transportörer som kan blanda och transportera flytbetong identifierats.

Denna transportör har en svensk marknadspotential för transport av flytbetong på 400.000 ton/år, vilket motsvarar ett behov av ett hundratal utrustningar.

Anledningen till det stora behovet är att flytbetong, som erhålls från trögflytande normalbetong genom inblandning av flytmedel (vätska), har en begränsad "hållbarhet", vilket innebär att tillsättningen av flytmedlet måste ske vid byggarbetsplatsen, och då med fördel i samband med en intertransportör enligt nedanstående kravspecifikation.

(Flytbetong är till konsistensen seg men lättflytande, där stenar upp till 32 mm kan förekomma.)

2. Kravspecifikation

En prototyp skall tas fram av en blandningsskruvtransportör som har följande grundläggande egenskaper:

- dosera och blanda flytmedel i normalbetongen under drift
- transportera flytbetong (lättflytande) vertikalt minst 5 m
- lämna ett betongflöde av ca 150 l/min.

Alt. 1 liggande transportör (ritn. B.1)

Kraven enligt ovan förväntas uppfyllas med en skruvtransportör med skruv indelad i tre steg.

Skruvens första steg (grovblandning) tänkes utformad med ställbara blad som huvudsakligen blandar flytmedlet med betongen.

Skruvens andra steg är en skruv med flankhål, steglängd ca 1/3 av skruvlängden, som dels blandar och dels transporterar flytbetongen.

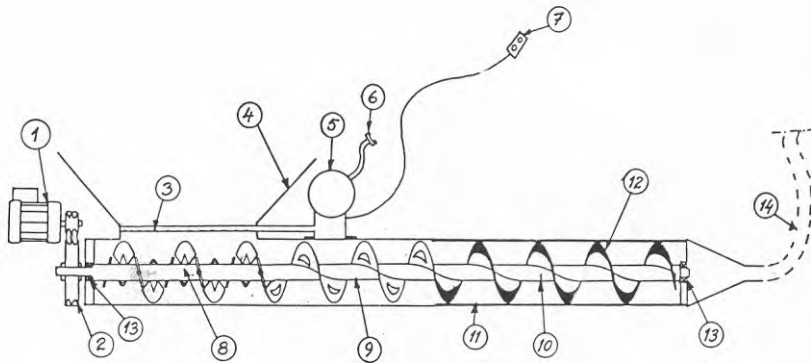
Det tredje steget, transportsteget, är klätt med relativt hård polyuretangummi (hårdhet $\approx 80^{\circ}$ shore) som ger låg friktion mot flytbetongen. Rörets väggar är också klätt med polyuretan, men i mjukare ($\approx 60^{\circ}$ shore) utförande som ger högre friktion.

Dosering av flytmedel sker genom ett med skruven synkroniserat doseringsaggregat (exempelvis Simon Solitec), vilket doserar betongen med ca 0,35 vol.% flytmedel. Injektionen sker genom ett över blandningsskruven perforerat spridarrör. Såväl skruvvarvtal som dosering bör kunna fjärrmanövreras (ej krav hos prototypen). Den mekaniska bearbetningen och pulsationen av betongen i skruven bör motsvara 0,63 min./m³ i konventionell roterblandare (tombola).

Alt. 2 Stående transportör (ritn. B 3)

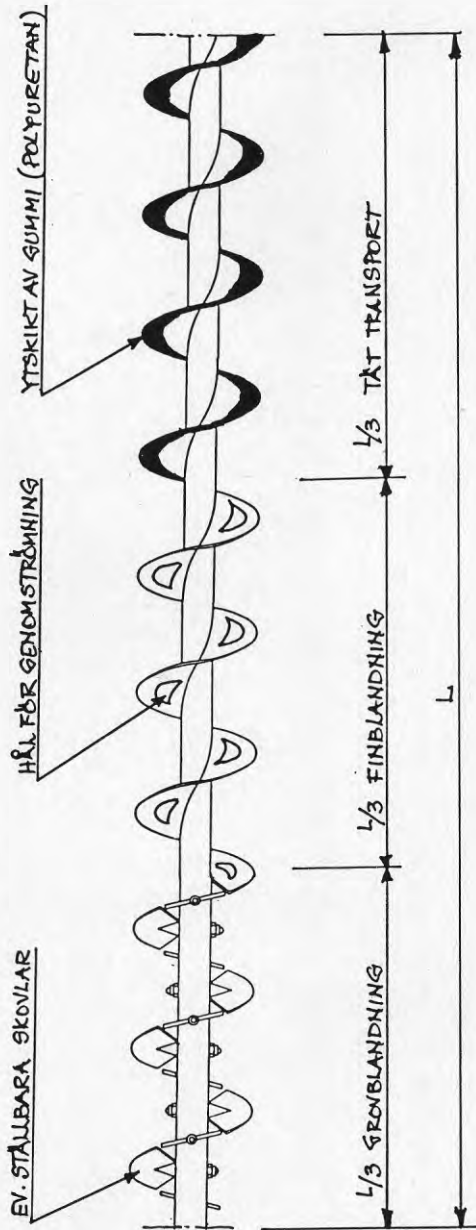
Skruvtransportören enligt alt. 1 kan alternativt utformas för stående placering. Inloppstratten måste då dras upp i nivå med det tredje skruvsteget för att inte flytbetongen skall rinna tillbaka. Sannolikt ger detta alternativ bättre blandning än alt. 1, då gravitationskraften "hjälp till" med blandningen samtidigt som lagerbelastningarna blir gynnammare.

ILAB



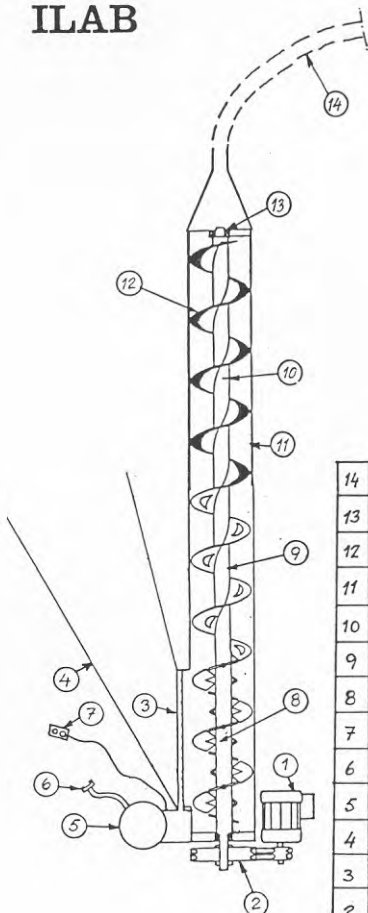
14	GUMMISLANG	± Ø100MM L=10M
13	LAGER MED HUS	
12	GUMMIBELAGDA SLITYTOR	FLEX HÄRD POLYURE- TAN
11	GUMMIINKLÄDNAD	T. EX. HJUK POLYURE- TAN
10	SKRUVSEGMENT FÖR TÄT TRANSPORT AV FLYTBETONG	
9	SKRUVSEGMENT FÖR FIN- BLANDNING OCH TRANSPORT	DELVIS & BACKSTÖH- NING
8	SKRUVSEGMENT FÖR GROV- BLANDNING	EJ JUSTERBAR
7	REGLERBOX FÖR DOSERING OCH VÄRTALSREGLERING	EJ RADNOSTYR- NING
6	ANSLUTNING TILL FLYTHE- DELSDUNK	
5	DOSERINGSAGGREGAT	1-1,5 1,0m ³ FLYTHEDEL (0,35 VOL.%)
4	INLOPPSTRÄTT FÖR BETONG	
3	INJEKTORRÖR MED SPRIDARE	
2	REMSKIVA M. FRIKT.KOPPLING	
1	ELECTOR MED VÄRTALSREGL.	0-2000 RPM
NR	SPECIFIKATION	ANM

ILAB INDUSTRIELL LOGISTIK AB Konsult i Logistik, Lagerutformning, Materialhantering, Transportteknik.		SAMMANSTÄLLNING ALT 1.	
		BLANDNINGSSKRUVTRANSPORTÖR FÖR FLYTBETONG (LIGGANDE UTFÖRANDE)	
RITAD AV Bernt Sellergren	DATUM 1/6-83	REV	SKALA EJ SKALENLIG
GRANSKAD	GODKÄND	RITNINGSNR	B1



ILAB		INDUSTRIELL LOGISTIK AB Materialhantering, Logistik, Transportteknik.	
RITAD AV <i>Per-Åke Sellergren</i>	DATUM <i>1/6-83</i>	SKRUV	
GRANSKAD	GODKÄND	BLANDNINGSSKRUVTRANSPORTÖR FÖR FLYTBETONG	
		REV SKALA EJ SKALENLIG	RITNINGSNR B2

ILAB



14	GUMMISLANG	± Ø 100MM L=10M
13	LAGER MED HUS	
12	GUMMIBELAGDA SLITYTOR	1 LEX HÅRD POLYURE- TAN 1 LEX MJUK POLYURE- TAN
11	GUMMIINKLÄDNAD	
10	SKRUVSEGMENT FÖR TÄT TRANSPORT AV FLYTBETONG	
9	SKRUVSEGMENT FÖR FIN- BLÄNDNING OCH TRANSPORT	DELVIS + BACKSTRÖ- NING
8	SKRUVSEGMENT FÖR GROV- BLÄNDNING	EJ JUSTERBAR
7	REGLERBOX FÖR DOSEERING OCH VÄRTALSREGLERING	EJ RADIOSTYR- NING
6	ANSLUTNING TILL FLYTHE- DELSDUNK	
5	DOSEERINGSAGGREGAT	FLYTHEDEL (0,35 VOL %)
4	INLOPPSTRÄTT FÖR BETONG	
3	INJEKTORRÖR MED SPRIDARE	
2	REMSKIVA M. FRIKT.KOPPLING	
1	ELMOTOR MED VÄRTALSREGL.	0-2000 RPM
NR	SPECIFIKATION	ANM

ILAB INDUSTRIELL LOGISTIK AB Konsultar i Logistik, Lagerutformning, Materialhantering, Transportteknik.		SAMMANSTÄLLNING ALT 2.	
RITAD AV <i>Per-Åke Sellergren</i>		DATUM 1/6-83	
GRANSKAD		GODKÄND	
REV	SKALA EJ SKALENLIG	RITINGSNR	B3
BLANDNINGSSKRUVTRANSPORTÖR FÖR FLYTBETONG (STÄNDE UTFÖRANDE)			

3. Anbud

Anbudet skall innefatta prisuppgift för framtagning av färdig blandningsskruvtransportör enligt alternativ 1 (ritning B 1) eller alternativ 2 (ritning B 3). Annan skruvkonstruktion än de föreslagna accepteras om den anses ge bättre blandningsegenskaper eller uppföringshöjd. Den färdiga prototypen bör vara klar för provkörning i början av november 1983.

Anbudet tillsammans med uppgifter om dimensioner, effekter, teknisk beskrivning m.m. skall senast 1983.08.12 sändas till

Civ.ing. Per-Ivar Selligren
ILAB, Industriell Logistik AB
Höjdgatan 22
431 36 MÖLNDAL

4. Upplýsningar

Ytterligare upplýsningar kan lämnas av Per-Ivar Selligren
tel. 031/87 90 70 (eller under juli 031/92 04 00).

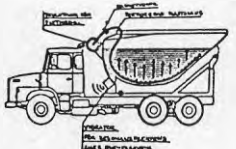
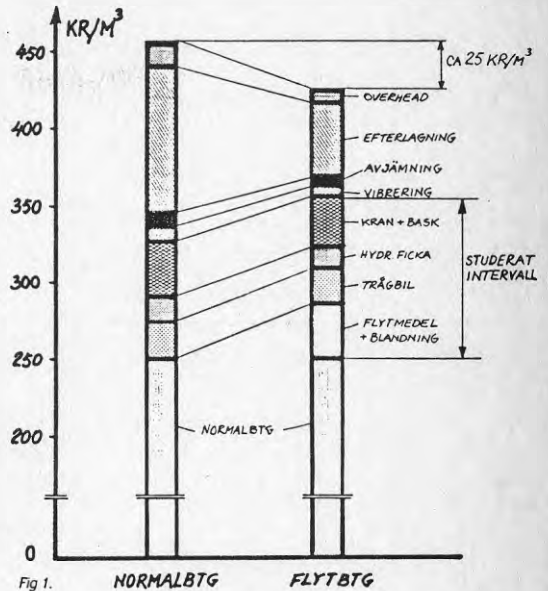
21 OKTOBER 1983

TIDNINGEN
bygg
INDUSTRIN

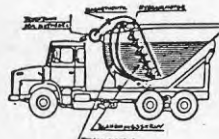
1983 års Eurostructpress tävling i arkitektur är avgjord. Årets tema var industribyggnader. Sju länder gick till final. Storbritannien vann med Inmos fabrik i Wales. Läs om denna okonventionella klarblå byggnad och de andra finalisterna på sidorna 11-18.

32

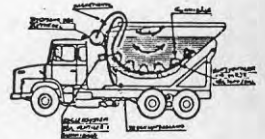
Transport av flytbetong i konventionell trågbil medför en del problem som bl a gäller betongens konsistens. Till stor del transporteras fortfarande flytbetong i trågbil och här ger Per Ivar Sellergren vid logistikföretaget Ilab i Möln-dal tips om möjligheter att komplettera trågbilen för transport av flytbetong – om man inte väljer den radikala metoden att nyttja roterbil.



a) Egenfrekvensvibratorblandning genom vibrering



b) Blandningsskruv för trågbil (eller ficka)



c) Gummibälgblandare för trågbil

Färsk flytbetong, som man får 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 flytmedel. 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 beroende av 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:

- före transport (i fabrik)
- under transport (på betongbil)
- 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 nyutveckling.

Trågbil contra roterbil

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 proc mer per m³ 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.

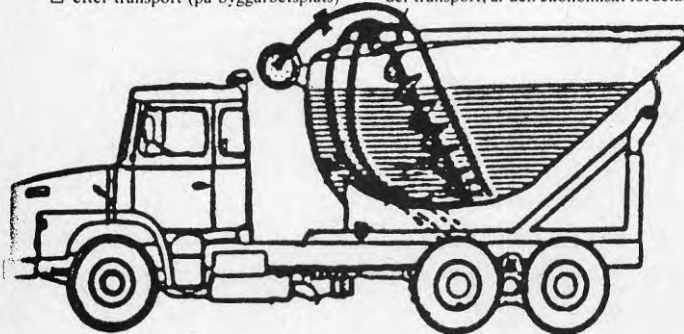
I praktiken är emellertid inte utnyttjandegraden densamma för de båda betongbilstyperna. Trågbilen har i snitt betydligt bättre utnyttjning, vilket i första hand beror på att den kan transportera annat gods än betong. Flexibiliteten och kostnaden är därför huvudanledningarna till att många betongleverantörer helst vill ha trågbilen.

Nya tekniska lösningar
Det bästa transportsystemet för flytbetong borde alltså ha roterbilens tekniska fördelar och trågbilens ekonomiska fördelar. Vid Ilab-Industriell Logistik AB har sex ideer över sådana utrustningar utvecklats och analyserats i projektet:

Nya tekniska lösningar

Det bästa transportsystemet för flytbetong borde alltså ha roterbilens tekniska fördelar och trågbilens ekonomiska fördelar. Vid Ilab-Industriell Logistik AB har sex ideer över sådana utrustningar utvecklats och analyserats i projektet:

- a) Egen- (resonans-)frekvensvibrator för trågbil eller betongficka
- b) Blandningsskruv för trågbil eller betongficka
- c) Gummibälgblandare för trågbil
- d) Blandningspump för trågbil
- e) Blandningspump med doserare för in-trantransport



TRANSPORT

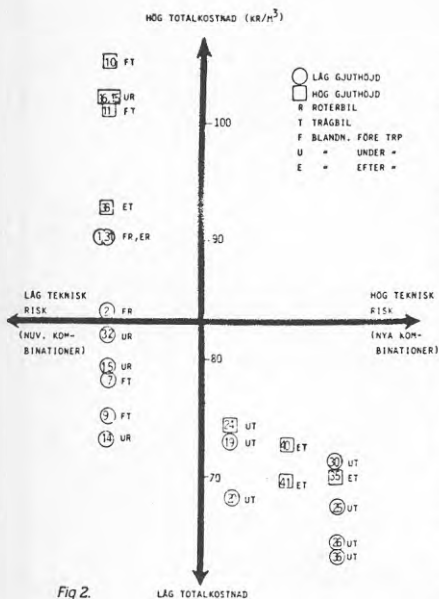
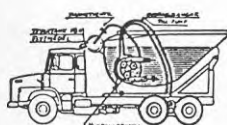


Fig. 2.



d) Blandningspump för trågbil

f) Blandningsskruv med doserare för intransport

Vid inbördes tekniska jämförelser 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 konventionella transport/blandningsutrustningar har vid kontakter visat starkt intresse av att medverka vid prototypframtagningar och tester av dessa nya utrustningar.

Ekonomisk jämförelse

Vid betongleverantörers och byggares val av transportsystem bör de totala tekniska egenskaperna och totalkostnaden vara avgörande för vilka utrustningar som ska väljas för ett specifikt byggobjekt. Till transportsystemets viktigaste tekniska faktorer hör:

- praktisk gjuthastighet
- praktisk gjuthöjd
- gjutobjektets storlek

Till transportsystemets ekonomiska faktorer hör:

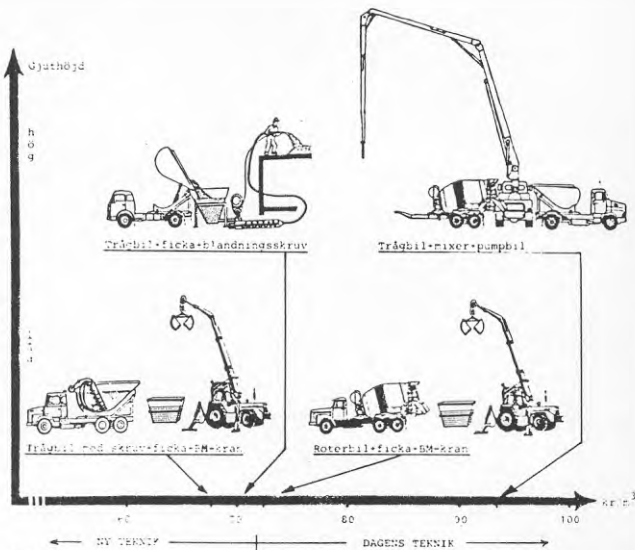
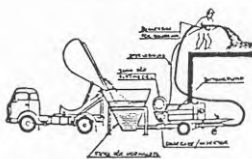


Fig. 3.



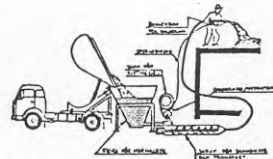
e) Blandningspumpstransportör för tillsättning efter transport

- 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 för "fabriksblandad flytbetong i trågbil, kombinerad med hydraulficka och kranbask", d v s kostnaderna för all hantering och transport från fabrik till gjutform.

Dataanalyser

I diagrammet kan man också se flytbetongens fördelaktiga totalekonomi jämfört med normalbetongens. Merkostnaden för efter-



f) Blandningsskruvstransportör för tillsättning efter transport

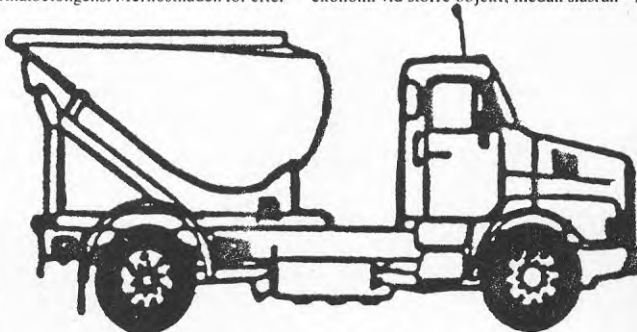
lagning och vibrering är i normalbetongfallet betydligt större än flytbetongens blandnings- och materialmerkostnad.

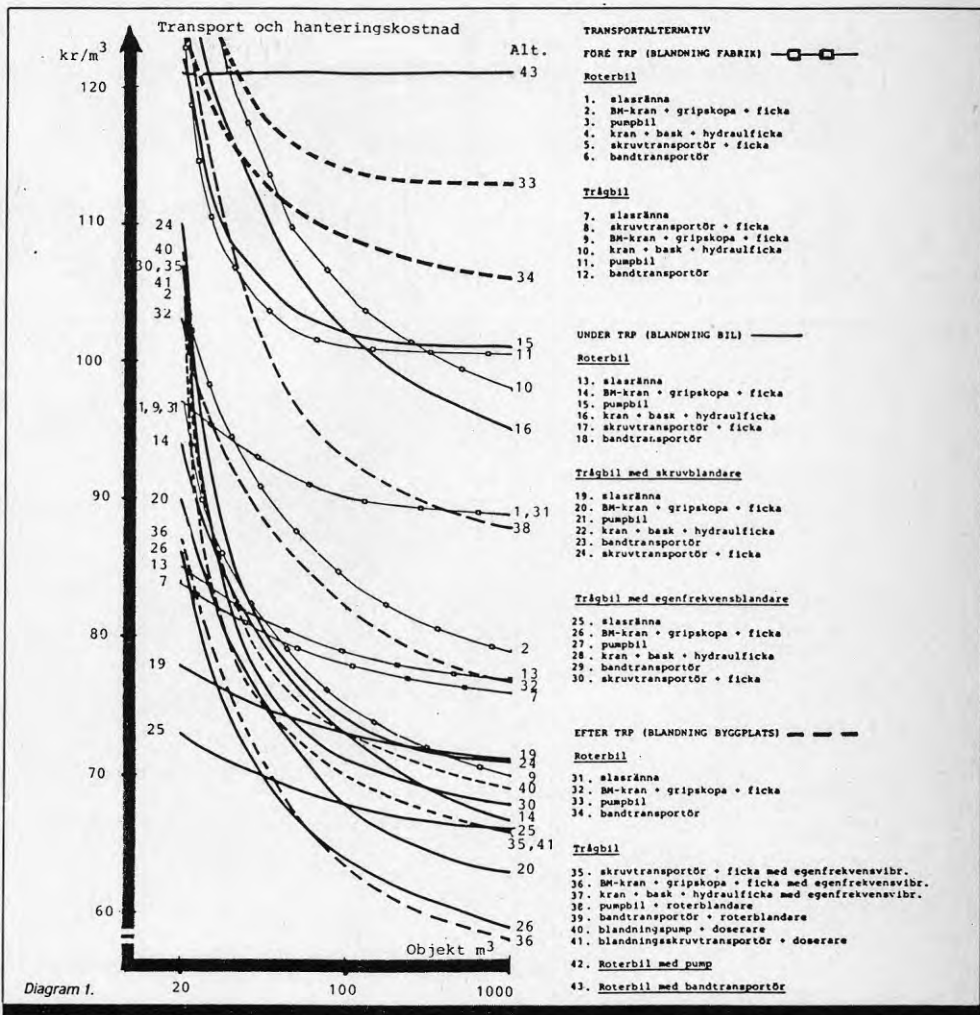
Exemplet gäller väggjutning vid gjuthastigheten 80 m³/dag, vilket ger en besparing på ca 25 kr/m³ med flytbetong.

De 43 tänkbara utrustningsalternativen och transport- och hanteringskostnader för de totalt bästa kombinationerna vid gjuthastigheten 80 m³/dag kan utläsas i diagram 1 (se nästa sida.) Totalt har 645 möjliga kombinationer dataanalyserats och jämförts.

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 skruvbländare för blandning under transport, kombinerad med BM-kran visar god ekonomi vid större objekt, medan slasrån-

av flytbetong
på nytt sätt





na från trågbil med blandning under transport är ekonomiskt motiverbar för mindre gjutobjekt.

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 intertransport. Bästa konventionella alternativ för höghöjdgjutning är trågbil med blandning efter transport i byggplatsmixer och pump för intertransport. Det konventionella alternativet kostar ca 25 proc mer än skruvtransportörsalternativet.

Egenfrekvensblandning mest ekonomisk men tekniskt riskabel

De nya utrustningskombinationerna är förknippade med olika tekniska utvecklings-

risker som bör ingå i en övergripande teknisk-ekonomisk värdering som i fig 2.

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.

Skruvblandning rekommenderas

Om man nu slutligen väger samman teknik, ekonomi och teknisk utvecklingsrisk framstår två nya utrustningskombinationer som de totalt bästa. Båda baseras på skruvblandning och visas i figur 3. Dessa är:

□ **Trågbil med skruvblandning** under transport, kombinerad med **BM-kran**.

□ **Trågbil**, kombinerad med **skruvblandningstransportör**, där den senare kombinationen kan användas för såväl hög som låg gjuthöjd.

Som jämförelse visas också i figuren de två bästa (men relativt ovanliga) utrustningarna bland dagens kombinationer:

□ **Roterbil** för blandning under transport, kombinerad med **BM-kran**.

□ **Trågbil**, kombinerad med **roterblendare** (mixer) och **pumpbil**.

Rekommenderade alternativ för transport och hantering av flytbetong vid objekt över 80 m³/dag.

Det tekniska värdet och den indikerade besparingen med de nya utrustningarna har av branschfolk betecknats som mycket värdefulla. Med anledning härav fortsätter nu projektet med framtagning av prototyp över blandningskruvtransportören, där fullskaletest är planerat att ske i början av 1984.

transport 9/83 nytt



- *New York alltjämt världens största containerhamn*
- *Förhandsreportage Lager och Transport*
- *Transport av flytbetong*
- *Test av marknadens minsta lastbil*
- *Återladdning spar energi för gaffeltruckar*
- *Effektivare materialhantering*

FLYTBETONG kan sänka transportkostnaderna för betong

Flytbetong är en ny typ av betong med många goda egenskaper vid betonggjutningar. Den ställer dock särskilda krav på transporten och delvis annan utrustning krävs.

Industriell Logistik i Mölndal har nyligen slutfört ett undersökningsprojekt med titeln "Transport av flytbetong", finansierat av Bygghörsningsrådet.

Målsättningen med projektet är att utvärdera såväl tekniska som ekonomiska frågor, som slutligen leder fram till rekommendationer av fyra transportsystem. Två konventionella system och två baserade på helt ny teknik, till lägre totalkostnad.

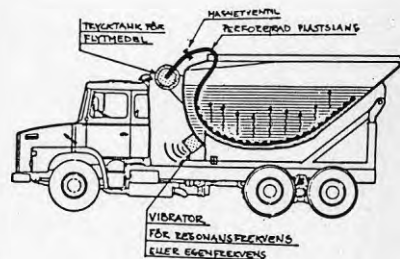
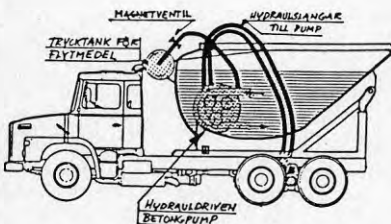
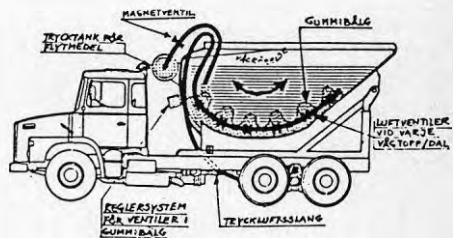
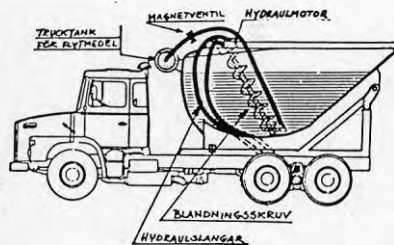
Färsk flytbetong, som erhålles genom inblandning av flytmedel i normalbetong, kännetecknas av mycket goda flytegenskaper. Den lösa konsistensen bibehålles dock endast en kort tid (flyttid ca 30 minuter) efter tillsättningen av flytmedlet. För att de tekniska, ekonomiska och miljömässiga fördelarna med 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:

- före transport (i fabrik)
- under transport (på betongbil)
- 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 fa-



Fyra olika sätt att transportera flytbetongen i trågbil.

Överst t v är tråget utrustat med hydrauldriven blandningsskruv och tank för flytmedel som tillsätts under transport.

Överst t h här har vagnen en tryckluftmatad gummibälg med ventiler i varje väggtopp- och dal.

T v i den här versionen har bilen en hydrauldriven betongpump, som håller betongen i rörelse.

T h samma vagn den här gången med en vibrator under botten av tråget för en frekvens eller resonansfrekvens. Flytmedlet tillsätts genom perforerad slang på trågbotten.



briksblandad flytbetong, ger alltid roterbilen bättre tekniska förutsättningar för en bra flytbetong, medan den å andra sidan kostar ca 25 % mer per m³-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.

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.

Nya tekniska lösningar

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

- Egen- (resonans)-frekvensvibrator för trågbil eller betongficka
- Blandningskruv för trågbil eller betongficka
- Gummibälgsblandare för trågbil
- Blandningspump för trågbil
- Blandningspump med doserare för interntransport
- Blandningskruv med doserare för interntransport

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 transportblandningsutrustningar har vid kontakter visat starkt intresse av att medverka vid prototypframtagningar och tester av de nya utrustningarna.

Totala egenskaperna är avgörande

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
 - dagkostnad för utrustningar
 - personalkostnad
- som också är avhängigt gjutobjektets storlek.

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

Ingen av dessa kombinationer klarar emellertid gjutning på högre höjder. De

	Låg gjuthöjd < 15 m	Hög gjuthöjd > 15 m
Dagensteknik: transport	alt 14 roterbil	alt 38 trågbil
blandning	under trp	fast roterblander (efter trp)
interntransport	Moelvs-kran + gripskopa	pumpbil
kostnad	72 kr/m ³	93 kr/m ³
Ny teknik transport	alt 20 trågbil	alt 41 trågbil
blandning	skruv (under trp)	skruv (efter trp)
interntrp	Moelvs-kran + gripskopa	
kostnad	68 kr/m ³	70 kr/m ³

Rekommenderade alternativ

(transport och hanteringskostnad vid objekt 100 m³, gjuthastighet 80 m³/dag)

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

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

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.

Lager & Transport

forts fr sid 38

systemlösningar för materialhantering bl a CE Nyman AB, agent för Flo-Binsystemet i Skandinavien. Företaget konstruerar, tillverkar och marknadsför semi-bulk-materialhanterings system och utrustningar för vätskor, pulver och granulerade material. På utställning kommer man att visa olika hanteringslösningar.

Distributionscentrum

Under temat "Ett välbeläget distributionscentrum" kommer Malmö hamn

att delta i Lager & Transport. Hamnen kommer i text och bilder att presentera vad man kan erbjuda för tjänster. Hamnen har i dag flexibla anläggningar och en effektiv organisation. Malmö ligger också nära kontinenten och har dessutom goda förbindelser med övriga Sverige genom motorvägarna E4 och E6 samt järnvägsnätet.

Automatiska lösningar

Schindler-Digitron i Göteborg är specialiserade på installationer av automatlager och autotrucksystem. I Sverige har man gjort installationer bl

hos Volvo i Kalmar, Postverkets nya anläggning i Tomtebodan samt IBM:s automatlager i Järfälla.

På Lager & Transport kommer man att, vid sidan av de stora installationerna, visa automatiska lösningar för transport- och lagerproblem i mindre skala. På lagersidan visar man det automatiska plocklagret för smågods typ Mini-Load. På transportsidan det nya autotrucksystemet Robo-Matic. Det sistnämnda är en helt ny styrningsfilosofi för autotruckar. Systemet kan anpassas att hantera en varierande flora av lastbärare och detta kombinerat med enkla och effektiva styrningar.

Bygg & teknik

8·1984

FD BYGGNADSKONST · SVERIGES ÄLDSTA BYGGFACKTIDNING

Ny branschkatolog!



Inom kort distribuerar vi Lindabs nya ventilationskatolog med mängder av nyheter och fakta. Har du inte fått ditt exemplar under oktober månad, kan du beställa det direkt från oss på Lindab.



Lindab AB Telefon 0431 850 00
269 00 Båstad Telex 72436 lptx s
Telefax 0431 620 25

Betong och ekonomi
Nya betongbestämmelser 1985
Klorider och armeringskorrosion

Transport av flytbetong

Royal Viking Hotel

NOV

Transport av flytbetong

Skall vi transportera flytbetong i roterbil eller trågbil? Detta är en fråga som ställs av många betongleverantörer och byggare. Ser man enbart ekonomiskt på frågan är svaret trågbil, medan svaret blir roterbil om man enbart ser tekniskt på frågan.

För att ge ett entydigt svar måste yverna vidgas så att även kringliggande aktiviteter tas med i bedömningen. Exempelvis hur länge binds betongbilen till byggarbetsplatsen, hur mellanlagras betongen, vilka hanteringsutrustningar finns tillgängliga, när sker tillsättning av flytmedel, hur stort är byggobjektet, vilken gjuthastighet eftersträvas osv.

I följande inlägg redogör civ. ing. Per-Ivar Sellergren för ett projekt över olika alternativ för transport av flytbetong, med hänsyn till övergripande teknik och ekonomi. Projektet har finansierats av BFR, Statens Råd för Byggnadsforskning, tillsammans med STU, Styrelsen för Teknisk Utveckling, och genomförts vid ILAB, Industriell Logistik AB, i Mölndal. I artikeln visas också sex nya ideer över flytbetongtransport med trågbilens ekonomiska roterbilens tekniska fördelar.

Betong med möjligheter

Flytbetong erbjuder många positiva egenskaper. Jämfört med normalbetong kan vibrerings- och avjämningsinsatserna reduceras avsevärt samtidigt som efterlagningarna kan minskas till hälften. Kostnadsbesparingen detta innebär är större än motsvarande merkostnad för flytmedel, dosering och blandning.

Figur 1 visar ett exempel på detta (väggjutning år 1983 med trågbil och kran-bask) där flytbetong visar sig ge en besparing på 25 kr/m³ jämfört med normalbetong. För att finna bättre transportmetoder har 43 olika utrustningskombinationer jämförts på motsvarande sätt, med målet att nå lägsta kostnadsintervall utan att för den skull göra avkall på tekniken.

Blandningsplatsen betydelsefull

Flytbetong kräver snabb hantering. Den lösa konsistensen bibehålles endast en kort tid (flyttid ca 30 min) efter tillsättningen av flytmedlet. För att de tekniska, ekonomiska och miljömässiga fördelarna med flytbetong skall

kunna utnyttjas måste därför gjutning ske så fort som möjligt efter tillsättningen.

Tiden som står till förfogande är till stor del beroende av transportsystemet från fabrik till gjutform. Detta innebär att en fabriksblandad flytbetong måste transporteras snabbt till byggarbetsplatsen, eller också måste tillsättningen ske senare. Tillsättningen kan då i princip ske vid tre olika tillfällen:

- före transport (i fabrik)
- under transport (på betongbil)
- 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 nya ideer och utveckling av dessa.

Betongbilens utformning

Vid jämförelse av konventionell roterbil och trågbil för transport av fabriksblandad flytbetong, ger alltid roterbilens bättre tekniska förutsättningar

Artikelförfattaren, civ ing Per-Ivar Sellergren är idégivare till flera nyutvecklade produkter inom materialhanteringsbranschen och driver sådana projekt vid ILAB, Industriell Logistik AB, i Mölndal.



för en bra flytbetong, medan den å andra sidan kostar ca 25% mer per m³ flytbetong vid lika utnyttjandegrad. De främsta anledningarna till roterbilens merkostnad är den lägre lastkapaciteten och högre kapitalkostnaden.

Sker däremot tillsättning i roterbilen under transport (ingen väntetid) är den ekonomiskt fördelaktigare än den konventionella trågbilen, större är inte kostnadsdifferensen.

I praktiken är emellertid inte utnyttjandegraden densamma för de båda betongbilstyperna. Trågbilen har i snitt betydligt bättre beläggning, vilket främst beror på att den kan transportera annat gods än betong. Flexibiliteten och kostnaden är därför huvudanledningarna till att betongleverantörer helst vill ha trågbilen.

Det bästa transportsystemet för flytbetong borde alltså ha roterbilens tek-

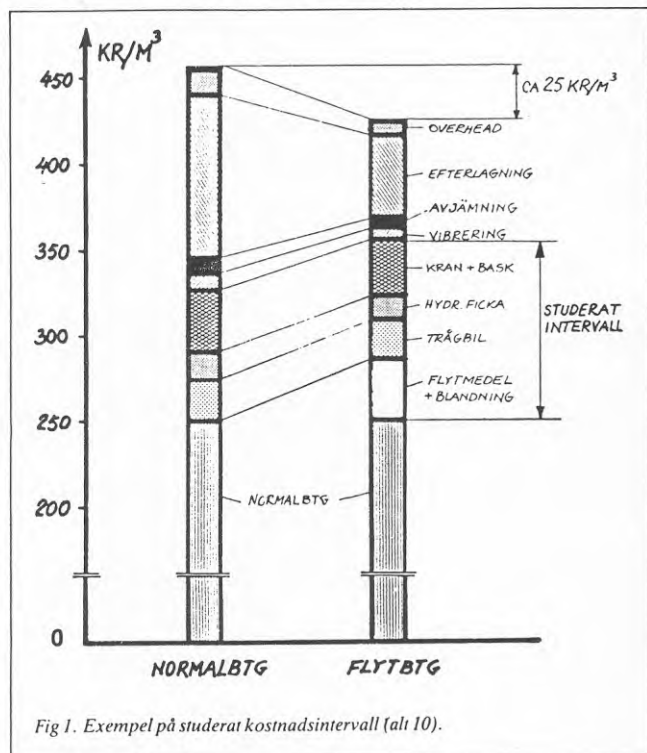


Fig 1. Exempel på studerat kostnadsintervall (alt 10).

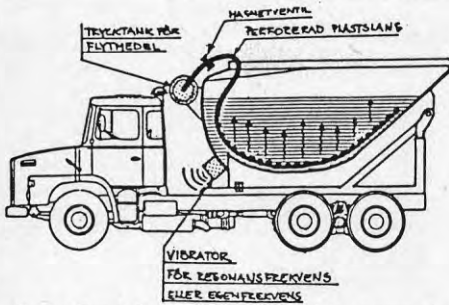


Fig 2a. Egenfrekvensvibrator — blandning genom vibrering.

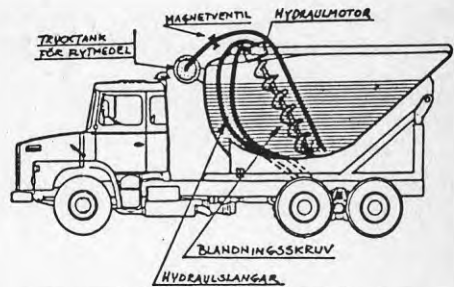


Fig 2b. Blandningsskruv för trägbil (eller ficka).

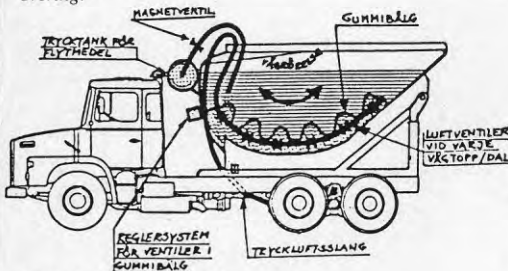


Fig 2c. Gummibälgsblandare för trägbil.

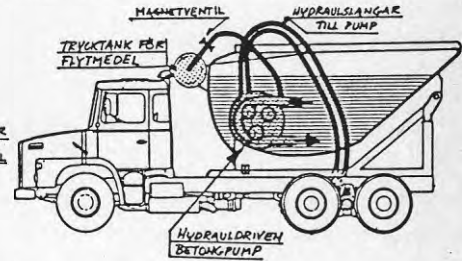


Fig 2d. Blandningspump för trägbil.

niska fördelar och trägbilens ekonomiska fördelar.

Nya tekniska lösningar

Vid ILAB, Industriell Logistik AB, har därför sex idéer över transportsystem, som kombinerar trägbilens och roterbilens fördelar, utvecklats och analyserats se fig 2:

- Egen- (resonans)-frekvensvibrator för trägbil eller ficka, där flytmedlet vibreras upp (stiger pga sin lägre densitet) i normalbetongen.
- Blandningsskruv för trägbil eller betongficka, där flytmedlet doseras och blandas i en archimedesskruv.
- Gummibälgsblandare för trägbil, där en gummimatta på pneumatisk väg fås att gå i vågor och blandar flytbetongen.
- Blandningspump för trägbil, där betongen pumpas igenom och blandas i en press-, kolv eller Terling-pump.
- Blandningspump med doserare för interntransport i en pump motsvarande alt. d) men som också löser det interna transportbehovet till gjutformen.
- Blandningsskruv med doserare för interntransport, där flytbetongen doseras, blandas och transporteras fram till gjutformen.

Vid inbördes teknisk jämförelse mellan dessa, har utrustningarna f och e befunnits ha det högsta tekniska värdet, samtidigt som de har hög teknisk utvecklingsrisk. Alternativ b har låg

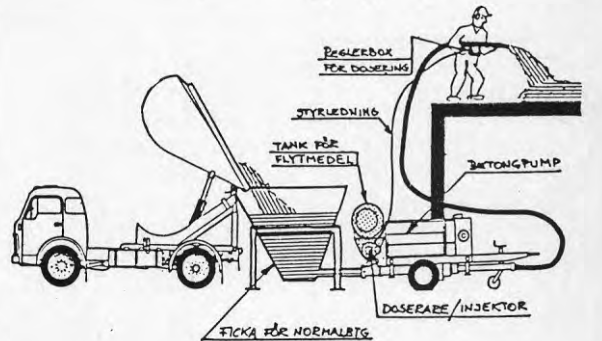


Fig 2e. Blandningspumptransportör för tillsättning efter transport.

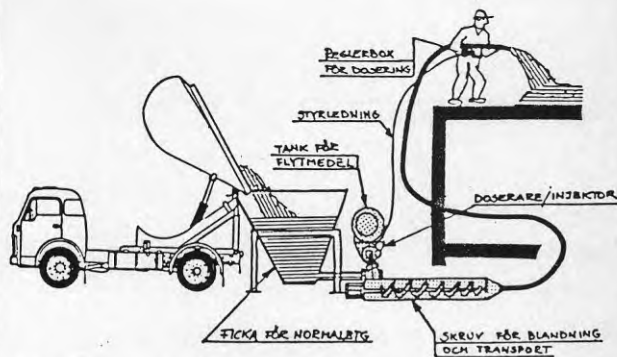


Fig 2f. Blandningsskruvtransportör för tillsättning efter transport.

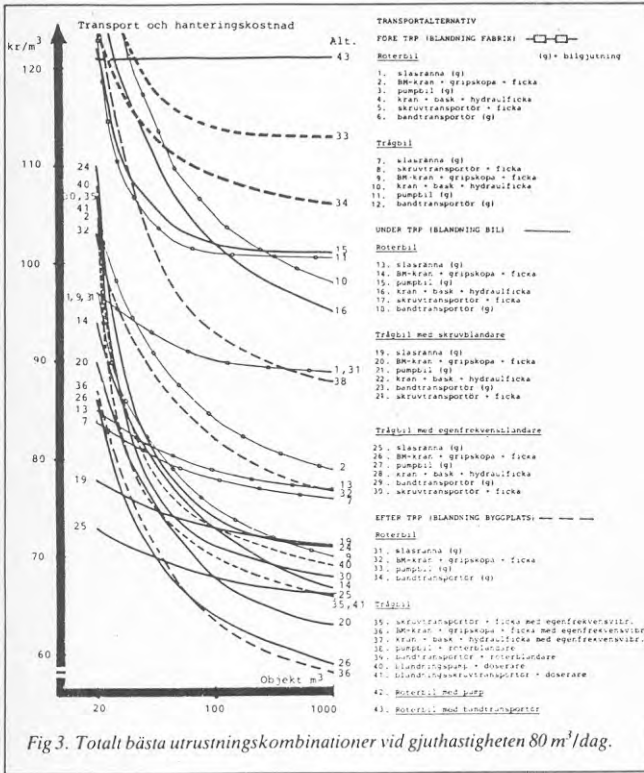


Fig 3. Totalt bästa utrustningskombinationer vid gjuthastigheten 80 m³/dag.

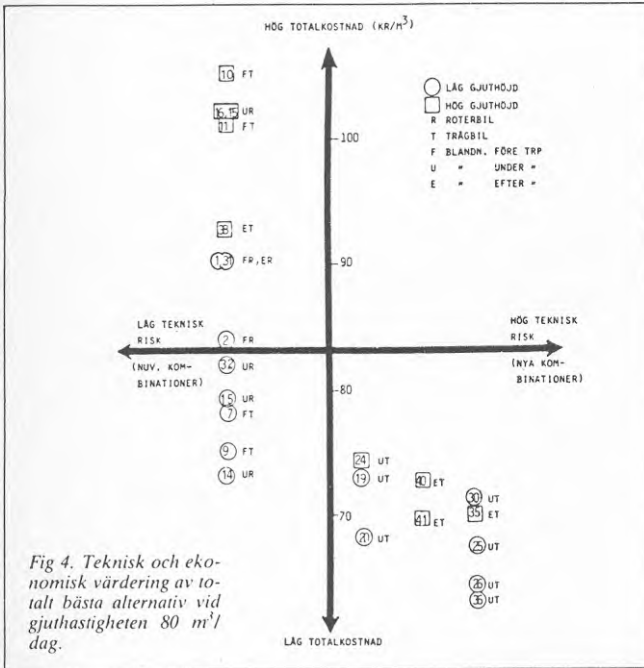


Fig 4. Teknisk och ekonomisk värdering av totalt bästa alternativ vid gjuthastigheten 80 m³/dag.

teknisk risk men ett måttligt teknisk värde.

Flera leverantörer av konventionella transport/blandningsutrustningar har vid kontakter visat stort intresse av att medverka vid prototypframtagningar och tester av dessa nya utrustningar.

Totalekonomisk jämförelse

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 faktorer hör:

- praktisk gjuthastighet
- praktisk gjuthöjd
- gjutobjektets storlek

Till transportsystemets ekonomiska faktorer hör:

- etableringskostnad för utrustningar
- dagkostnad 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 fem gjuthastigheter och tre storlekar på gjutobjekt. Det studerade kostnadsintervallet omfattar kostnaderna för all hantering och transport från fabrik till gjutform.

De totalt bästa utrustningskombinationerna vid gjuthastigheten 80 m³/dag kan utläsas i figur 3. Totalt har 645 möjliga kombinationer dataanalyserats och jämförts.

Egenfrekvensblandning i trågbil resp. i ficka visar sig, vid den ekonomiska jämförelsen, ha de lägsta totalkostnaderna då gripskoefförsedd BM-kran används för internttransporten. Även trågbil med skruvblandare för blandning under transport, kombinerad med BM-kran visar god ekonomi vid större gjutobjekt, medan slasranna från trågbil med blandning under transport är ekonomiskt motiverbar för mindre gjutobjekt.

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

Ekonomisk men teknisk riskabel egenfrekvensblandare.

De nya utrustningskombinationer-

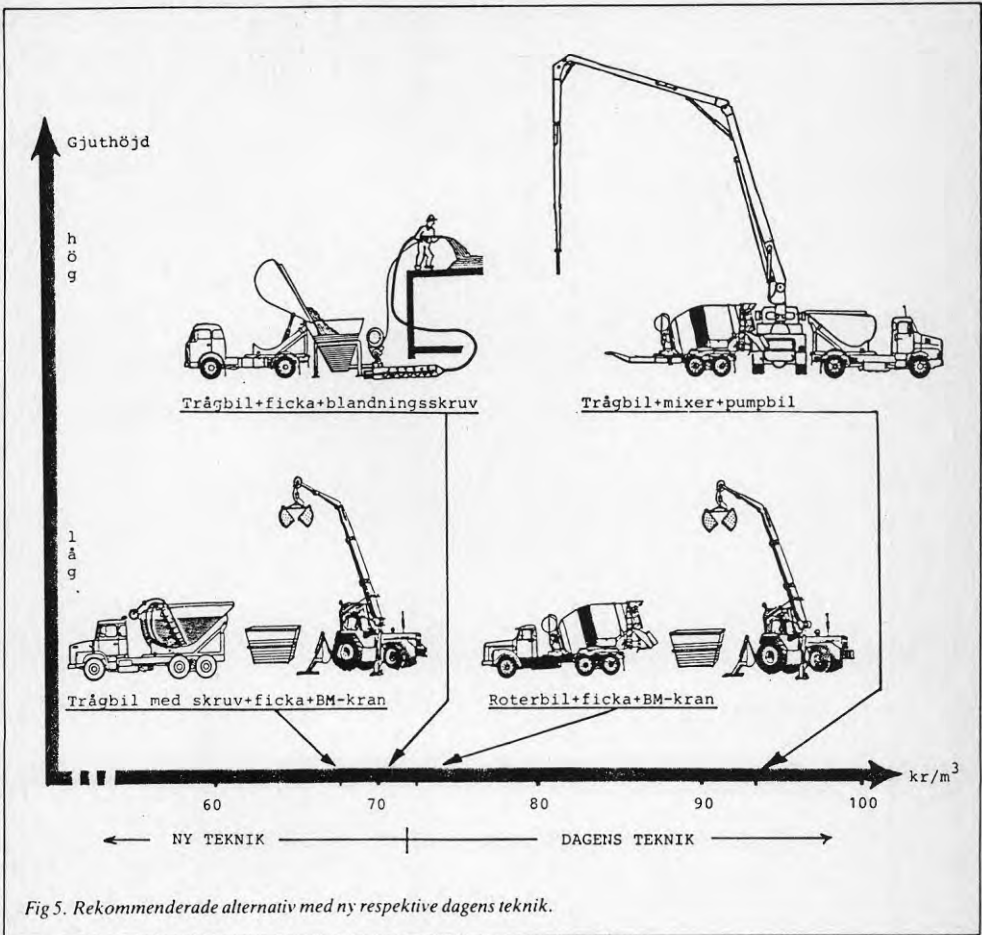


Fig 5. Rekommenderade alternativ med ny respektive dagens teknik.

na är förknippade med olika tekniska utvecklingsrisker som bör ingå i en övergripande teknisk-ekonomisk värdering enligt figur 4 på sid 38.

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 blandningsskraven som dessutom ger låg kostnad. Dagens utrustningskombinationer har ju ingen teknisk utvecklingsrisk, varför enbart den ekonomiska värderingen är avgörande för val av alternativ.

Skrubblandning rekommenderas

Om man nu väger samman teknik, ekonomi och teknisk utvecklingsrisk framstår två nya utrustningskombinationer som de totalt bästa. Båda baseras på skrubblandning och visas till

vänster i figur 5. Dessa är:

— *Trågbil med skrubblandning* under transport, kombinerad med *BM-kran*.

— *Trågbil*, kombinerad med *skrubblandningstransportör*, där den senare kombinationen kan användas för såväl hög som låg gjuthöjd.

Som jämförelse visas också i figuren de två bästa, (men relativt ovanliga) utrustningarna bland dagens kombinationer:

— *Roterbil* för blandning under transport, kombinerad med *BM-kran*.

— *Trågbil*, kombinerad med *roterblandare* (mixer) och *pumpbil*.

I figuren indikeras en marginell kostnadsdifferens mellan läggjutningsalternativen på ca 6%, medan höggjutningsalternativen visar en kostnadsdifferens på ca 25%. Kostnaden avser transport och hantering av flytbetonen från fabrik till och med att flytbetonen ligger i gjutformen.

Detta innebär att man med flytbe-

tong och ny transportteknik kan minska totalkostnaden för färdig gjutning med mer än 10%, jämfört med normalbetong och nuvarande transportteknik.

Prototyp snart klar

Det tekniska värdet och den indikerade besparingen med de nya utrustningarna har av branschfolk betecknats som mycket värdefulla. Därför har en prototyp nu tagits fram över skrubblandningskonceptet. Det är SWEMA-Maskiner AB i Knivsta som tillverkat en 6,5 m³ ficka med vidhängande blandnings/doserskruv. Utrustningen är dimensionerad för en kapacitet på 120 m³ flytbeton per timma. Doseringsaggregatet kommer från Zickerts Ingenjörssfirma i Kungsbacka, medan skrubröret som är invändigt belagt med polyuretan, tillverkats av Traryds Plast i Småland. Skrubblandaren förbereds nu vid SABEMA i Källered för prototyptester under hösten. ■



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

R49: 1986

ISBN 91-540-4563-0

Statens råd för bygnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6706049

**Abonnemangsgrupp:
R. Bygandets ekonomi
och organisation**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 35 kr exkl moms