



Bro över Kulbäcken vid Degerön AC 447

Direktgjuten slitbetong

- den enkla och kostnadseffektiva metoden

Fullskaleförsök med att återskapa all kvalité från 80-talet

Hösten 2007

Förord

Som en del i ett framtida inriktningsdokument har vi provat tidigare använt betongrecept för att få fram den goda bearbetningsbarheten som ska, liksom på 80-talet, ge en jämn och komfortabel överyta, med god vidhäftning och beständighet.

Projektansvariga Bo-Lennart Nilsson och Margareta Berglund, broingenjörer.

Luleå 2007

Vägverket Region Norr
Vägunderhållsavdelningen

Bakgrund

Direktgjuten slitbetong kom i mitten av 80-talet som ett alternativ till konventionell isolering med skyddsbetong och asfaltslitlager.

Från början infördes reparationsmetoden där läckande membranisolering och vittrad skyddsbetong avlägsnades mekaniskt. Därefter vattenbilades konstruktionsbetongens överyta till frisk betong.

Vattenbilning introducerades även den i mitten av 80-talet.

Ytan hölls fuktig fram till gjuttillfället med förvattning varför man fick en god vidhäftning. De gjutningar som utfördes var allt från säckbetong till fabriksbetong med slakarmering, stålfibrer och i ett fall även fibrer av plast.

Metoden var helt ny i Sverige och mycket fokus och intresse var riktat mot Vägförvaltningen i Västerbottens län där de första vattenbilningarna och gjutningarna i fält utfördes.

Alla stora entreprenörer var på hugget och var innovativa och ville ha spetskompetensen. Det blev strålande resultat med en otrolig förenkling vid utbyte av tät- och täckskiktet.

Man vattenbilade till frisk betong och kompletteringsgöt upp till avrinningsnivå på kantbalken.

I slutet av 80-talet användes metoden på nya broar där den direktgjutna slitbetongen göts vått-i-vått med mycket goda resultat.

Metoden blev så småningom slentrian och noggrannheten försvann i och med att egenkontrollen kom och platskontrollanter inte ansågs behövas.

Det var i huvudsak överytans jämnhet som inte klarade kraven på komfort.

Mål

Att i fullskaleförsök påvisa de stora fördelarna med direktgjuten slitbetong som metod.

Utförande

Med högsta fokus på jämnheten beslöt vi att försöka rekonstruera recept och metodutförande från de gjutningar som har legat på det allmänna vägnätet i 20 år utan reparationer med tillhörande trafikstörningar, vilket ger stor kostnadseffektivitet.

Vi valde bro över Kulbäcken vid Degerön (AC 447), en kontinuerlig betongbalkbro i tre spann byggd 1950.

Projektet startade med en träff med **Vägverket Produktion** och betongfabriken **(Västerbottens Byggbetong AB Umeå)** så att alla skulle känna sig delaktiga från start.

Vi beslöt att regionen skulle tillhandahålla betong med varierande cementmängd, vct och fibermängd och så lågt sättmått som möjligt.

Sättmått, temp och vct, skulle noga dokumenteras vid provgjutningstillfället och även vid själva fullskaleprojektet, både i station och vid gjutningen vid bron.

Vi testade olika betongrecept med varierande mängder fibrer på betongfabrikens gårdsplan på Västerslätt.

Gjutningen delades upp i två gjuttillfällen. Först nedströmssidan och när den etappen var härdad och man kunde släppa på trafiken göts uppströmssidan. I varje gjutetapp användes betong med 4 (se nedan 1-4) olika recept mht konsistens, vct och fibermängd.

Det var ett gäng vana gubbar som var väl insatta i **varför** vi utförde projektet.

De var även mycket motiverade då deras åsikt är att det är en enkel metod där man **slipper** alla svarta lager, med många känsliga detaljer och moment och med just nu tillåten epoxiprimning.

Arbetsledningen tillsammans med gubbarna visste att man måste lägga ner mycket omsorg i planering och förberedelse för att resultatet ska bli det önskade. All provningsutrustning var väl kalibrerad och på plats.

Innan betongen lades ut på bron togs temp, sättmått och lufthaltsprov – om dessa resultat var godkända applicerades små mängder, med traktor med betongskopa, ut på bron.

Att använda pump är helt uteslutet med dessa sättmått och fibermängder.

Betongrecept för slitbetongen som användes i projektet:

En kubikmeter betong

Stenstorlek	0 – 8	956 kg
Stenstorlek	8 - 11	851 kg
Anl.cement		440 kg
Vatten	176 – 198 liter	
Vattencementtal	0.4 – 0.45	

Stålfibermängder gjutning nr. 1	20 kg
2	30 kg
3	40 kg
4	50 kg

Resultat

Vårt mål att få en jämn och trafikkomfortabel överyta uppnåddes helt.
Att använda en mycket styv betong med stora mängder fibrer var också helt genomförbart.
Betongrecepten varierade i de olika gjutetapperna på bron.
Vi använde 20, 30, 40 och 50 kg/m³ fibrer med sättmått mellan 3-8cm, och vct 0.4 - 0.45.
Cementmängden var konstant 440 kg/m³. (Se ovan ovan)

Metoden ger ett mycket bra resultat kvalitetsmässigt.

Det går att använda styv betong med stora mängder fibrer (ex. gjutning nr 4 sättmått 3 cm och 50 kg stålfibrer/m³) bara man planerar arbetet och är medveten om att det måste få ta tid vid gjutningstillfället som även innefattar timmarna efter och fram till några dygn innan betongen är helt härdad, med vattning, täckning och annat som gör att resultatet blir bra. För att skapa en bra komfort för trafikanterna, skall sättmättet för stålfiberarmerad slitbetong vara < 7 cm.

Överytans jämnhet varierar från 0 – 3 mm, på en sträcka av en meter, där det högsta värdet uppmättes på enstaka ställen intill kantbalken. Detta påverkades inte av att stålfibermängden varierade från 20 – 50 kg/m³. Slitbetongen ger bra komfort, och passar även på broar med långa spännvidder där trafikanterna kommer att uppleva en hög komfortabel standard.

En bro som har stor lutning, kraftigt skevad eller bomberad måste alltid ha en styv betong så att inte betongen ”kalvar”.

Slutsats

Projektresultatet bekräftar erfarenheten att använda Direktgjuten stålfiberarmerad slitbetong på reparation och vid nyproduktion är

- | | |
|----------------------------|--|
| *Miljövänligt | -- Ingen epoxi
-- Ingen öppen låga
-- Uppsala- Mehedeby 3 dB lägre än asfaltbeläggning |
| *Kostnadeseffektivt | -- Få underhållsåtgärder
-- Få trafikstörningar
-- Robust konstruktion |
| * Inga grundavlopp | -- Undviker därmed utförandeproblem vid nybyggnation och dyra underhållskostnader |
| * Ej årstidskänslig | -- Betong bästa materialet vid höstarbete
-- Motgjutningsytan naturligt förvattnad – betong mot betong. |
| * Ljus beläggning | -- Optisk fördel |

- * **Ärlig och robust yta** -- Alla eventuella skador och förändringar syns vid okulärbesiktning
- Skyddar övergångskonstruktionen
 - (Ej ”undanmyglade” skikt av mattor och asfalt där vatten kan bli stående)

- * **Få moment vid utförandet** -- se jämförelse på nästkommande bildsidersidor

Direktgjutna slitbetongens underhållsfördelar – kostnadsfördelar.

Vid spårbildningsreparationer av direktgjuten slitbetong uteblir nedanstående beskrivna kostsamma trafikantstörningar.

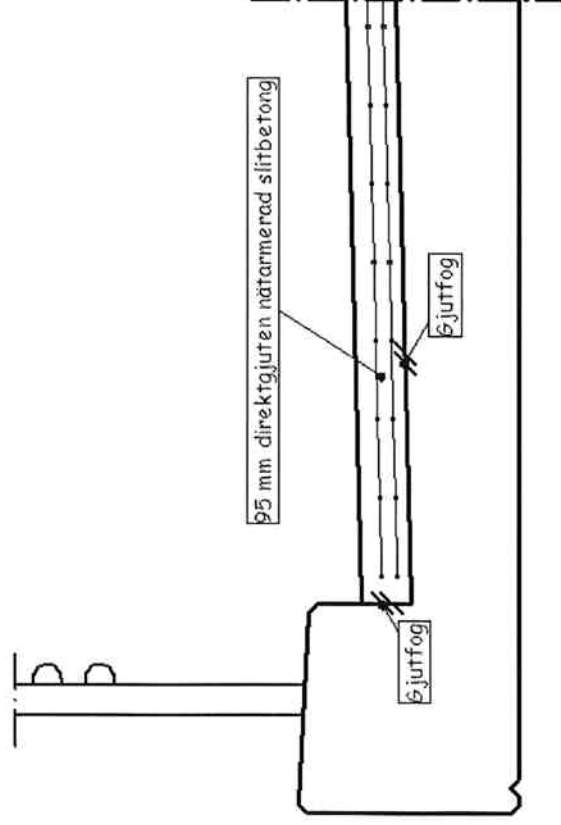
Problem vid reparationer av bitumenbundna slitlager.

Vid spårbildningsreparationer av bitumenbundna slitlager kan isoleringsmattan skadas. Planfräsning vid underhållsbeläggning, medför att beläggningstjockleken blir för tunn och mattan kan knådas och tappa vidhäftning varpå blåsbildning uppstår. Detta medför att beläggningen och isoleringen förstörs och fungerar då inte som tätskikt. Fräsningen kan medföra att omledning av trafik eller i värsta fall stängning av bron kan bli nödvändig.

Direktgjuten slitbetong

- Få moment

- Armeringsnät
alt. stålfibrer
- Gjutning

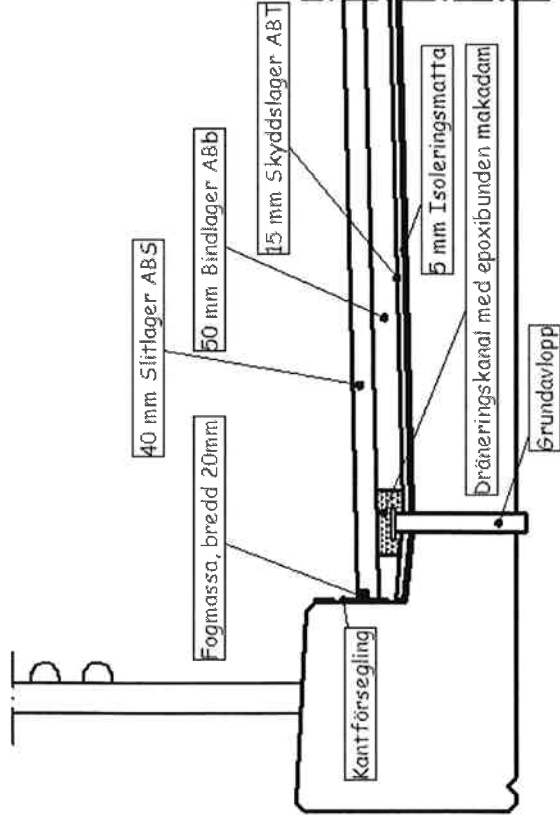


– Ev. fräsning

Isolering och beläggning

- Många moment

- Grundavlopp
- Epoxiprimer
- Isoleringsmatta
- Kantförsegling
- Skyddslager
- Bindlager
- Dräneringskanaler
- Slitlager
- Fogmassa



Beskrivning över arbetets gång.

På följande sätt utfördes utbyte av beläggning till Direktgjuten stålfiberarmerad slitbetong. Borttagning av gammal beläggning utfördes med grävmaskin med tjälkrok till dess att all gammal betong avlägsnats.

Vattenbilning

Innan vattenbilningen påbörjades, som utfördes av en bilningsrobot med lans och med ett tryck av 900-950 bar, skrapades all gammal isolering bort med en tjälkrok med ett påsvetsat hyvelstål.

Kantbalkarnas insidor blästrades.

Vattenmättnad

Den vattenbilade ytan högtryckspolades så att all borrhax samt alla lösa betongbitar avlägsnades och därefter hölls ytan av den gamla betongen fuktig.

Formsättning

På kantbalkarna användes en snedsågad plywood som avdragsbana för att få en högre nivå på slitbetongen än på kantbalken.

I bromitt användes vinklar som expanderades fast i betongen och 2 tum virke i varierande höjd som avdragsbanor.

Gjutning

Betongen påfördes med lastmaskin med betongskopa.

Storleken på betonglassen från betongfabriken anpassades så att man la ut 10 meter per lass. Lämpligt tidsavstånd mellan betongbilarna var cirka en timme (vståndet mellan arbetsplatsen och betongfabriken är 60 km).

Betongen vibrerades noga innan den avjämnades med vibrobrygga, därefter slodades överytan tvärs färdriktningen med magnesiumsloda.

Direkt efter slodningen applicerades membranhärdaren Sika-top 171 efter tillverkarens anvisning.

Efterarbete

Vattning av den nygjutna ytan påbörjades så snart betongen hårdnat så mycket att den inte skadas, därefter täcks ytan in med plast och presenningar.

Vatten påförs med jämna mellanrum så att inte uttorkning sker och tidigast efter 5 dygn avtäcks ytan.

Bemannning

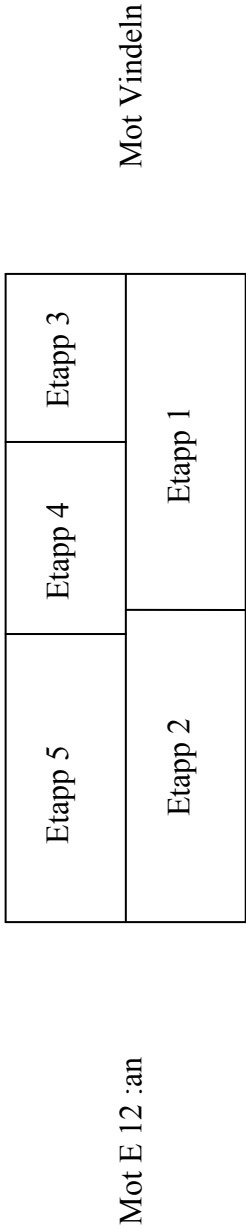
Vid första gjuttillfället, dvs nedströmssidan, var det 4 betongarbetare vilket var i minsta laget, så vid nästa gjutning uppströmshalvan var det 5 betongarbetare.

Resultat gjutningar Bro över Kulbäcken vid Degerön AC 447 å väg 613

Avstånd betongfabriken och bro över Kulbäcken är 60 km
Gjutningen utfördes vid två tillfällen upp- och nedströmshalva (se skiss nedan)
Etappestorlek nedströms 21 m + 21 m (etapp nr 1 och 2)
Etappestorlek uppströms 10 m + 11 m + 21m (etapp 3, 4 och 5)

Gjutetapp. nr	Datum	Lufthalt %	Fiber mängd	Sättnmätt cm	Jämnhet mm	Kommentarer
1	07-08-21		20 kg	40 mm	< 3mm / 1 lm	
2	07-08-21	4.8	30 kg	90 mm	<3mm / 1 lm	
3	07-09-04	5.1	30 kg	45 mm	< 3mm / 1 lm	Första betongbilen fel mängd fibrer
4	07-09-04	5.2	40 kg	35 mm	< 3mm / 1 lm	- återsädes.
5	07-09-04		50 kg	31 mm	< 3 mm / 1 lm	

Betongtemp vid arbetsplatsen +15.1 C till +17.7 C



Resultat provgjutningar Kulbäcken

Utförda i betongfabriken
Etappstorlek 9 m2
Lutning 2,5 %
Konstant stålfibermängd 45 kg/m3

Provgjutn. nr	Recept nr	Datum	Luft temp	Sättnått cm	Jämnhet mm	Gjut- kapacitet	Kommentarer
1	2	2006-05-16	+ 7 C	5 cm	- 3mm	13.5m2/tim	
2	4	2006-05-19	+10 C	5 cm	- 3mm *	18m2/tim	* 3% av ytan 3-5mm
3	3	2006-05-24	+ 8 C	6,5 cm	- 3mm	18m2/tim	
4	1	2006-05-31	+9 C	3 cm	- 4 mm	9m2/tim	
5	5	2006-05-31	+15 C	13 cm	- 8 mm	5.5 m2/tim	60min väntetid sättnått 10 cm

VV Recept 1

Inmatningsfält

Förprovning Umeå

Datum

2006-04-18

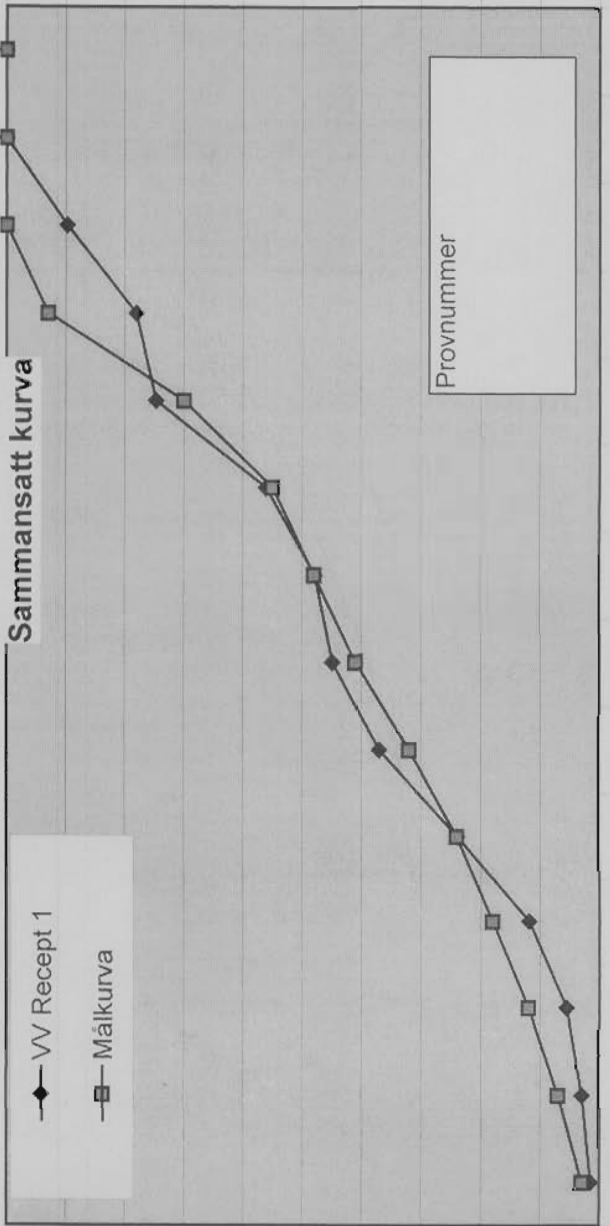
Material	Typ	Antal kg/m3	Ballastfördelning (%)	Densitet (kg/dm3)	Volym (l)	Fukt (%)	Fuktiga material (kg/m3)	Vatten (kg/m3)
Slite ANL	Std PK	420		3,22	130,4348		420	
Vatten		168		1	168		134	134,442
Silica		0		2,3	0		0	
Filler		0		2,8	0		0	
Ballast 8-16	Stön	400	23,9%	2,82	141,844	0,00%	400	0
Ballast 0-8	Frångstorp	875	52,2%	2,69	325,2788	3,36%	904	29,4
Porfyr 8-11	Lycksele	0	0,0%	2,61	0	0,00%	0	0
Ballast 16-32	Stön	400	23,9%	2,82	141,844	0,00%	400	
T-medel	Glenium 51-1:1	0	0,00%	1,05	0	82,5%	0	0
T-medel	Stream	0	0,00%	1	0	93%	0	0
T-medel	Mair 2%	4,2	0,020%	1	4,2	99%	4,2	4,158

Luft	4,5%	50	100
vct	0,400	2,750560667	900
vbt	0,4	Total massa ballast	956,60
Passerar 0,25	5,6%	2475,5046	

Vattenhalt	168
Pastavolym exkl luft	321,9135192
Pastavolym inkl luft	366,9135192
Fines	483,25
Labsats storlek i liter	30

Fuktiga material (kg)	12,60	Cement
	4,033	Vatten
	0,00	Silica
	0,00	Filler
	12,00	Ballast 0-2
	27,13	Ballast 0-8
	0,00	Porfyr 8-11
	12,00	Ballast 16-32
	0,000	Flyt GL 51
	0,000	T-medel
	0,1260	Mair

Sammansatt kurva



Provnnummer

Sättmått

3 cm

Temp

15

Lufthalt

3,5 %

Vikt

VV Recept 2

Förprovning Umeå

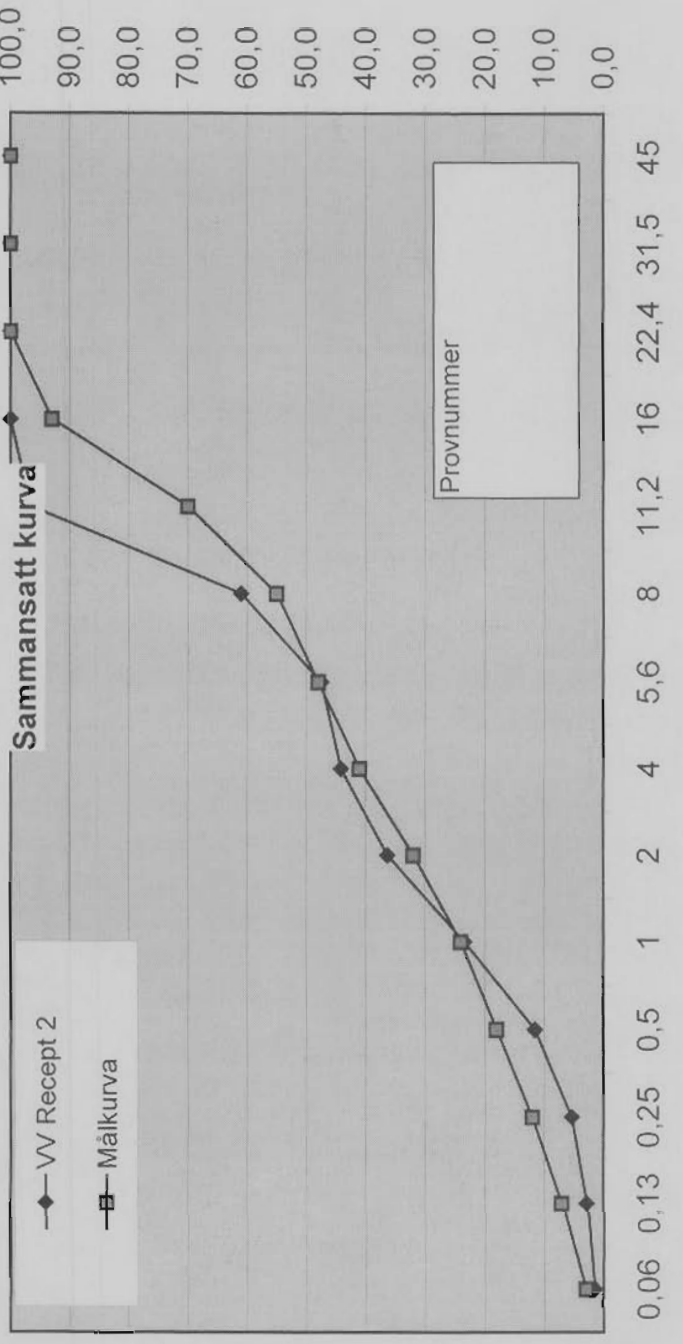
Datum	2006-04-18
-------	------------

Inmatningsfält		Ballastfördelning (%)				T-medelsdosering (%)			
Material	Typ	Antal kg/m3	Densitet (kg/dm3)	Volym (l)	Fukt (%)	Densitet (kg/dm3)	Volym (l)	Fukt (%)	Fuktiga material (kg/m3)
Slite ANL	Std PK	410	3,22	127,3292		3,22	127,3292		410
Vatten		164	1	164		1	164		129
Silica		15	2,3	6,521739		2,3	6,521739		15
Filler		0	2,8	0		2,8	0		0
Ballast 8-16	Stön	840	2,67	314,6037	48,6%	2,67	314,6037	0,00%	840
Ballast 0-8	Frängstorp	890	2,69	330,855	51,4%	2,69	330,855	3,36%	920
Porfyr 8-11	Lycksele	0	2,61	0	0,0%	2,61	0	0,00%	0
Ballast 16-32		0	2,82	0	0,0%	2,82	0	0,00%	0
T-medel	Glenium 51-1:1	0	1,05	0	0,00%	1,05	0	82,5%	0
T-medel	SIKA BV40	2,1197	1	2,1197	0,52%	1	2,1197	60%	1,27182
T-medel	Mair 2%	4,1	1	4,1	0,020%	1	4,1	99%	4,059

Vattenhalt	164
Pastavolym exkl luft	322,5838167
Pastavolym inkl luft	377,5838167
Fines	491,5
Labsats storlek i liter	

Luft	5,5%	50	100
vct	0,400	2,680251731	900
vbt	0,385882353	Total massa ballast	1004,53
Passerar 0,25	5,4%	2412,226558	

Fuktiga material (kg)	30
Cement	12,30
Vatten	3,863
Silica	0,45
Filler	0,00
Ballast 0-2	25,20
Ballast 0-8	27,60
Porfyr 8-11	0,00
Ballast 16-32	0,00
Flyt GL 51	0,000
T-medel	0,064
Mair	0,1230



Sättningsmått	5 cm
Temp	15 °C
Luftfukt	4 %
Vikt	

VV Recept 3

Inmatningsfält

Förprovning Umeå

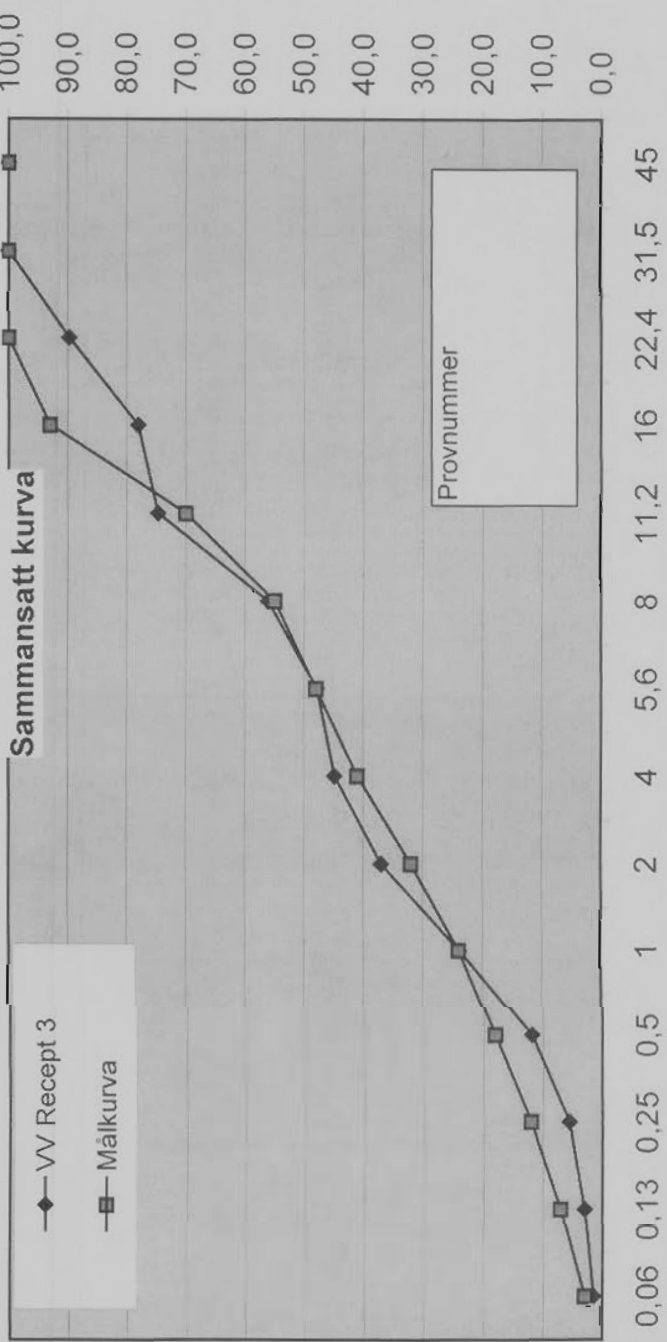
Datum

2006-04-18

Material	Typ	Antal kg/m3	Ballastfördelning (%)	Densitet (kg/dm3)	Volym (l)	Fukt (%)	Fuktiga material (kg/m3)	Vatten (kg/m3)
Slite ANL	Std PK	420		3,22	130,4348		420	
Vatten		168		1	168		134	134,11629
Silica		0		2,3	0		0	
Filler		0		2,8	0		0	
Ballast 8-16		400	23,9%	2,82	141,844	0,00%	400	0
Ballast 0-8	Frängstorp	875	52,2%	2,69	325,2788	3,36%	904	29,4
Porfyr 8-11	Lycksele	0	0,0%	2,61	0	0,00%	0	0
Ballast 16-32		400	23,9%	2,82	141,844	0,00%	400	
T-medel	Glenium 51-1:1	0,3948	0,05%	1,05	0,376	82,5%	0,3948	0,32571
T-medel	Stream	0	0,00%	1	0	93%	0	0
T-medel	Mair 2%	4,2	0,020%	1	4,2	99%	4,2	4,158

Vattenhalt	168
Pastavolym exkl luft	321,9135192
Pastavolym inkl luft	366,9135192
Fines	483,25
Labsats storlek i liter	30

Luft	4,5%	50	100
vct	0,400	2,750560667	900
vbt	0,4	Total massa ballast	956,98
Passerar 0,25	5,6%	2475,5046	



Sättmått

6,5 cm

Temp

17

Lufthalt

8 %

Vikt

VV Recept 4

Förprovning Umeå

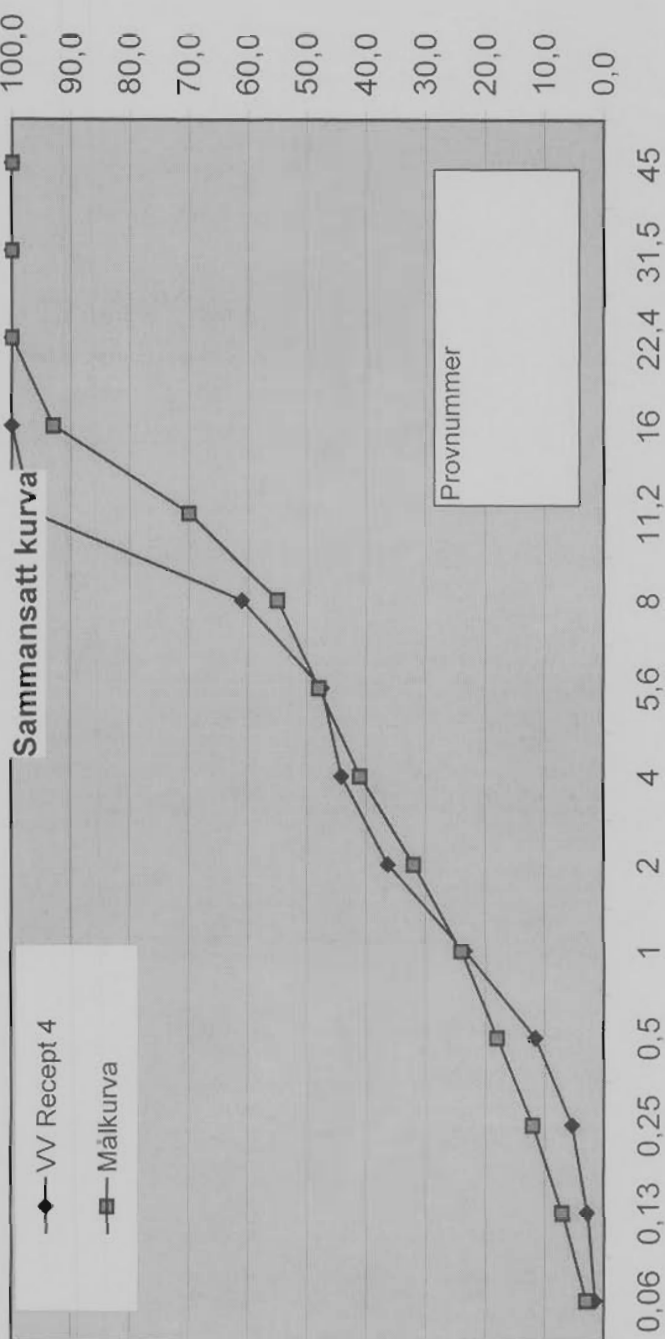
Datum	2006-04-18
-------	------------

Inmatningsfält		Ballastfördelning (%)				T-medelsdosering (%)			
Material	Typ	Antal kg/m3	Densitet (kg/dm3)	Volym (l)	Fukt (%)	Fuktiga material (kg/m3)	Vatten (kg/m3)		
Slite ANL	Std PK	440	3,22	136,646			440		
Vatten		176	1	176			141		
Silica		0	2,3	0			0		
Filler		0	2,8	0			0		
Ballast 8-16		840	2,82	297,8723	0,00%		840		
Ballast 0-8	Frängstorp	890	2,69	330,855	3,36%		920		
Porfyr 8-11	Lycksele	0	2,61	0	0,00%		0		
Ballast 16-32		0	2,82	0	0,00%		0		
T-medel	Glenium 51-1:1	0	1,05	0	82,5%		0		
T-medel	Stream	0	1	0	93%		0		
T-medel	Mair 2%	5,5	1	5,5	99%		5,445		

Luft vct	5,5%	50	100
vbt	0,400	2,751590137	900
Passerar 0,25	0,4	Total massa ballast	1001,87
	5,4%	2476,431123	

Vattenhalt	176
Pastavolym exkl luft	337,2951757
Pastavolym inkl luft	392,2951757
Fines	506,5
Labsats storlek i liter	30

Fuktiga material (kg)	13,20	Cement
	4,220	Vatten
	0,00	Silica
	0,00	Filler
	25,20	Ballast 0-2
	27,60	Ballast 0-8
	0,00	Porfyr 8-11
	0,00	Ballast 16-32
	0,000	Flyt GL 51
	0,000	T-medel
	0,1650	Mair



Sättmått	5 cm
Temp	16°C
Lufthalt	4,5%
Vikt	



Sättningsmåttaget på arbetsplatsen – i detta fall 31 mm



Lufthalten tagen på arbetsplatsen – i detta fall 4.0 %



Betongen läggs ut med traktorskopa. Betongen bearbetas med kratta, vibrostav och brygga. Betongen hade i detta fall sättnått 31mm, fibrer 50kg/³ lufthalt 4.0%.



Slutligen slodas överytan för att uppnå en jämn och för trafikanten en komfortabel överyta.



Den färdiggjutna etappen membranhärdas och täcks när överytan tål att man beträder den. Vattning under härdningen är mycket viktig för att undvika torksprickor.



Rätt bemanning; är att ha rätt antal vana, motiverade och kunniga gubbar!