



# LUND UNIVERSITY

## Högpresterande betong placerad i vägmiljö : resultat från 3 års fältexponering

Fridh, Katja

2001

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Fridh, K. (2001). *Högpresterande betong placerad i vägmiljö : resultat från 3 års fältexponering*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7143). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# **HÖGPRESTERANDE BETONG PLACERAD I VÄGMILJÖ**

**Resultat från 3 års fältexponering**

Katja Fridh

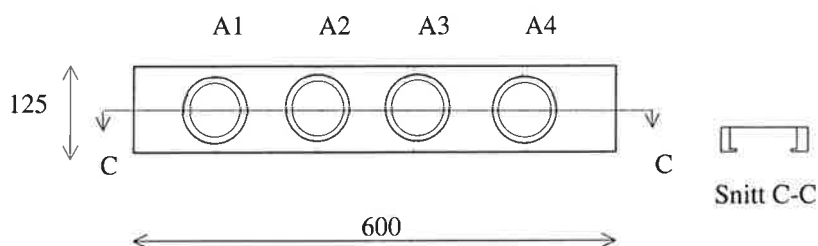
# Högpresterande betong placerad i vägmiljö – resultat från 3 års fältexponering

## 1 Inledning

Som en delstudie i ett doktorandarbete om inre frostbeständighet hos betong studeras högpresterande betong både i laboratorium och i fält. I laboratoriet undersöks längdändring under fryscyklar, vattenabsorption vid kontinuerlig, flerårig lagring samt inre relativ fuktighet hos prover som lagrats i vatten och saltlösning. En del av dessa resultat finns redovisade i [1],[2],[3] och [4]. I föreliggande rapport redovisas resultaten från exponering av högpresterande betong i tösaltad vägmiljö.

## 2 Material

Betongproverna, dvs. cylindrar med diameter 100 mm och längden 250 mm tillverkades 1995. Vattenbindemedelstalet (Vbt) varierades mellan 0.27 och 0.40. Mängden silika var 0%, 5% respektive 10% och mängden luft varierades från naturlig till 9%. Recepten finns i bilaga 1. Hela tiden från gjutning/efterhärdning till utplacering i september 1997 lagrades provkropparna i kalkvatten eller i 3% NaCl-lösning. Till fältprover togs de understa 70 mm av cylindrarna. De placerades i aluminiumriggar (Figur 1) som hade plats för fyra prover. Varje rigg märktes (A-L) och proverna fick nummer (1-4). 46 prover placeras ut (Figur 2) med sågytan uppåt. Resterande delar av cylindrarna lagras i laboratoriet i respektive lagringsbad för andra typer av provningar.



Figur 1. Schematisk bild över aluminiumriggen.

### Utplacering längs Riksväg 40 vid Borås 1997-09-17

	A	B	C	D	E	F	G
1	0,40:0:0:4	0,35:0:4:4	0,33:0:3:4	0,30:10:0:4	0,27:0:0:4	0,40:0:0:7	0,35:10:0:7
2	0,40:0:5:4	0,35:0:5:4	0,33:0:4:4	0,30:0:3:4	0,27:5:0:4	0,40:10:0:7	0,35:0:4:7
3	0,35:0:0:4	0,33:0:0:4	0,33:10:5:4	0,30:0:4:4	0,27:0:3:4	0,40:0:5:7	0,35:0:5:7
4	0,35:10:0:4	0,33:5:0:4	0,30:0:0:4	0,30:10:3:4	0,27:10:3:4	0,35:0:0:7	0,33:0:0:7

	H	I	J	K	L
1	0,33:5:0:7	0,33:0:9:7	0,30:0:3:7	0,27:0:0:7	0,27:10:3:7
2	0,33:10:0:7	0,33:10:8:7	0,30:0:4:7	0,27:5:0:7	0,27:10:4:7
3	0,33:0:3:7	0,30:0:0:7	0,30:10:3:7	0,27:10:0:7	
4	0,33:0:4:7	0,30:10:0:7	0,30:10:4:7	0,27:0:3:7	

Alla prover ligger lika långt ifrån vägen (precis bakom skyddsräcket).

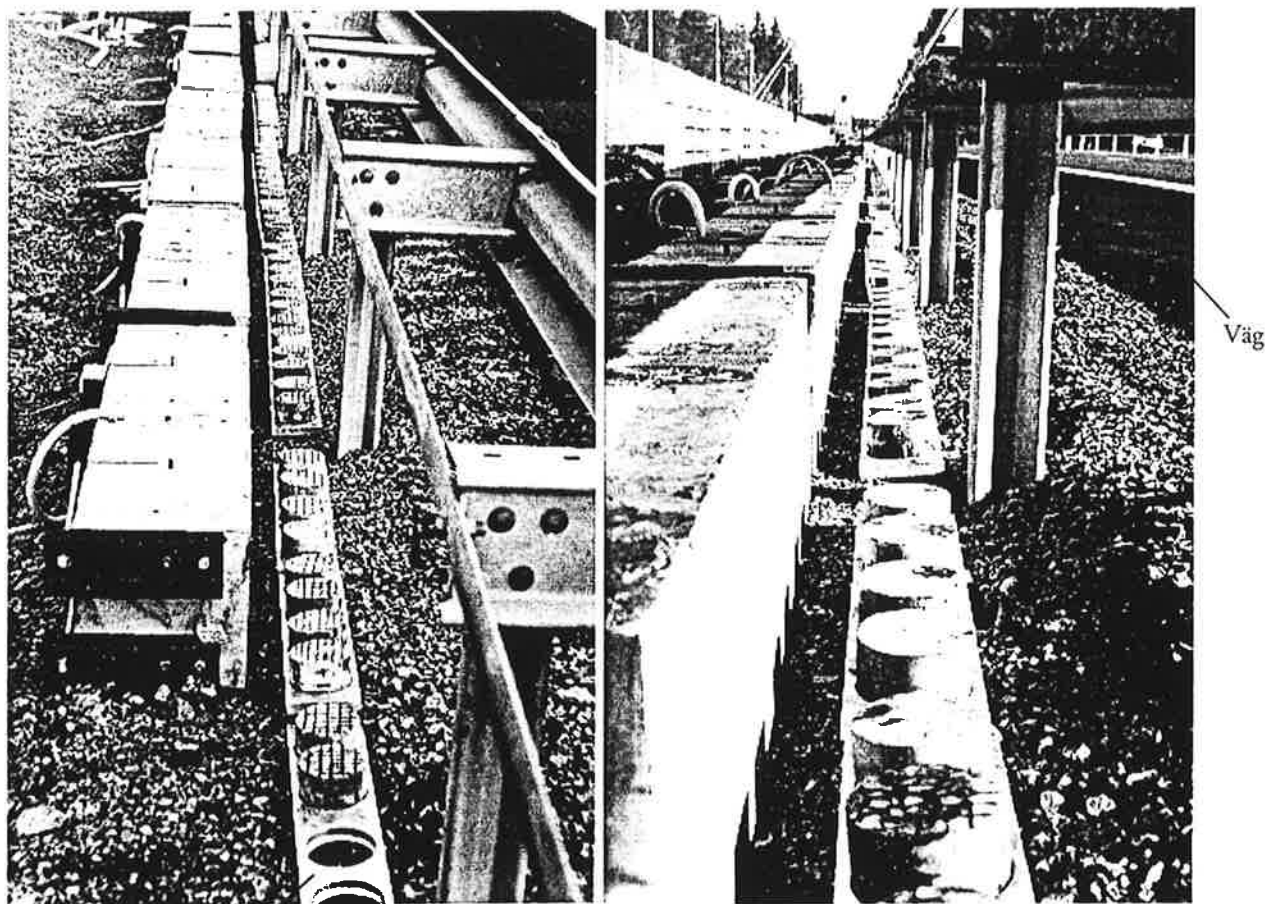
Littring: (exempel): 0,27:10:4:7 - 0,27= vbt, 10= 10% silika, 4= 4% luft (eftersträvat), 7= härdning nr 7

A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	J <sub>1</sub>	J <sub>2</sub>	J <sub>3</sub>	J <sub>4</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>				
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Figur 2. Skiss över utplacerade prover.

### 3 Provingar

Före utplaceringen i september 1997 bestämdes volymen på alla provkropparna genom vägning i luft och vatten. Resultaten finns i bilaga 2. Proverna märktes och placerades i riggarna. De placerades ut längs Riksväg 40 mellan Borås och Göteborg på SP:s provplats (Figur 3,4). Avståndet från proverna till tösaltad vägbanan är ca 2 m. Mätning av volym skedde efter första vintern 97/98, efter andra vintern 98/99 samt efter tredje vintern 99/00. Hösten 1999 gjordes även en ultraljudsmätning (parallellt med gjutriktningen) för att se om proverna hade erhållit inre skador. Utrustningen som användes var Matest C 368 med en frekvens på 200 kHz. Resultaten finns i bilaga 3. Ulytaljudsmätning skedde också hösten 2000. Provernas exponerade yta försågs med ett rutnät påmålat med spritpenna. Avsikten var att det därmed skulle bli lättare att okulärt observera avskalningen.



Aluminiumrigg

Figur 3 och 4. Prover längs Rv 40.

## 4 Resultat & slutsatser

Efter första vintern hade volymen minskat med 1-2%. Detta beror med all sannolikhet inte på frostavskalning eftersom inget prov visade tecken på avskalning. Orsaken är antingen systematisk felmätning pga. otarerad våg (olika vågar användas) eller att proverna krympt permanent pga. självuttorkning eller vanlig uttorkningskrympning. Innan proverna placerades ut hade de lagrats permanent i vatten eller i NaCl-lösning i ca 2 år. Efter utplacering har säkerligen fortsatt hydratation och uttorkning lett till viss krympning. Värdet 1-2% är emellertid tämligen högt. Normal volymkrympning hos betong torde inte uppgå till mer än ca 2‰. Orsaken till volymminskningen är således inte klarlagd.

Volymförändringen mellan resterande mätningar är i stort sett noll.

Mätningarna visar således att samtliga prover har klarat den hårda miljön längs den tösaltade vägen utan skada. Detta är anmärkningsvärt eftersom många andra betongprover som var placerade på samma provsträcka fått avsevärda frostsador efter ett par vintrar.

Ultraljudsmärkningarna efter 2:a respektive 3:e vintern visar på höga värden vilket tyder på att inga skador finns. Medelvärde kring 4700 m/s tyder på E-moduler av storleksordningen 50 GPa vilket är mycket högt.

Försöken kommer att fortsätta och provningarna kommer att ske efter varje vinter för att följa nedbrytningsförloppet. Samtidigt kommer laboratorieförsöken att påbörjas för resterande delar av cylindrarna för att försöka korrelera miljöbelastningen i laboratorium och i fält.

## 5 Referenser

- 
- [1] Nordström, K. and Fagerlund, G. "Mätningar av inre frostbeständighet hos betong som lagrats under ca 18 månader i vatten eller 3% NaCl-lösning". Lunds Tekniska Högskola, Avdelning Byggnadsmaterial, Rapport M2:07, 1998
  - [2] Yang, Q. "Inner RH and degree of saturation in high performance concrete cured in water or salt solution for 2 years", Lund institute of Technology, Lund University, Division of Building Materials, Report TVBM-7115, 1997
  - [3] Nordström, K., Fagerlund, G. "Effect of water storage time on frost resistance of concrete". 8<sup>th</sup> International Conference on Durability of Building Materials and Components, Vancouver, 1999, vol 1, pp 212-221
  - [4] Fridh, K. "Frostbeständighet hos högpresterande betong utsatt för vattenabsorption under lång tid". Lunds Tekniska Högskola, Avdelning Byggnadsmaterial, Rapport TVBM-7152, 2000

Bilaga 1. Betongrecept.

Bilaga 2. Mätdata från volymbestämningar 1997, 1998, 1999 samt 2000.

Bilaga 3. Mätdata från ultraljudsmätning 1999 och 2000.

# BILAGA 1 – BETONGRECEPT

Material	<u>(Vbt)0.40:0:0</u>		Material	<u>(Vbt)0.40:10:0</u>	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	454		Anläggningscement	412	
Silikastoft	0		Silikastoft	40	
Vatten	183		Vatten	181	
Grus (0-8 mm)	701		Grus (0-8 mm)	698	
Kvartsit (8-12 mm)	526		Kvartsit (8-12 mm)	523	
Kvartsit (12-16 mm)	526		Kvartsit (12-16 mm)	523	
LP-medel (88L)	0	0	LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	1.7	3.7	FT-medel (V33)	2.1	5
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2425		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2409	
Eftersträvad lufthalt (%)	0		Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1		Erhållen lufthalt (%)	1.1	

Material	<u>(Vbt)0.40:0:5</u>		Material	<u>(Vbt)0.35:0:0</u>	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	412		Anläggningscement	492	
Silikastoft	0		Silikastoft	0	
Vatten	166		Vatten	172	
Grus (0-8 mm)	696		Grus (0-8 mm)	703	
Kvartsit (8-12 mm)	523		Kvartsit (8-12 mm)	528	
Kvartsit (12-16 mm)	523		Kvartsit (12-16 mm)	527	
LP-medel (88L)	0.2	0.4	LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	0	0	FT-medel (V33)	3.9	8
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2463		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2449	
Eftersträvad lufthalt (%)	5		Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	4.6		Erhållen lufthalt (%)	0.6	

Material	<u>(Vbt)0.35:10:0</u>		Material	<u>(Vbt)0.35:0:4</u>	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	442		Anläggningscement	486	
Silikastoft	45		Silikastoft	0	
Vatten	170		Vatten	170	
Grus (0-8 mm)	697		Grus (0-8 mm)	675	
Kvartsit (8-12 mm)	522		Kvartsit (8-12 mm)	506	
Kvartsit (12-16 mm)	522		Kvartsit (12-16 mm)	506	
LP-medel (88L)	0	0	LP-medel (88L)	1.5	3
FT-medel (V33)	4.4	10	FT-medel (V33)	3.6	7.5
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2446		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2376	
Eftersträvad lufthalt (%)	0		Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	0.9		Erhållen lufthalt (%)	3.6	

<u>(Vbt)0.35:0:5</u>			<u>(Vbt)0.33:0:0</u>		
Material	Dosering av LP/FT-medel		Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	458		Anläggningscement	485	
Silikastoft	0		Silikastoft	0	
Vatten	159		Vatten	161	
Grus (0-8 mm)	678		Grus (0-8 mm)	706	
Kvartsit (8-12 mm)	509		Kvartsit (8-12 mm)	529	
Kvartsit (12-16 mm)	509		Kvartsit (12-16 mm)	529	
LP-medel (88L)	0.3	0.7	LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	4.1	9	FT-medel (V33)	4.8	9.9
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2334		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2450	
Eftersträvad lufthalt (%)	5		Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	5.3		Erhållen lufthalt (%)	1.7	

<u>(Vbt)0.33:5:0</u>			<u>(Vbt)0.33:10:0</u>		
Material	Dosering av LP/FT-medel		Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	460		Anläggningscement	438	
Silikastoft	25		Silikastoft	45	
Vatten	160		Vatten	160	
Grus (0-8 mm)	705		Grus (0-8 mm)	702	
Kvartsit (8-12 mm)	529		Kvartsit (8-12 mm)	527	
Kvartsit (12-16 mm)	529		Kvartsit (12-16 mm)	527	
LP-medel (88L)	0	0	LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	5.5	12	FT-medel (V33)	7.5	17
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2453		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2445	
Eftersträvad lufthalt (%)	0		Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.3		Erhållen lufthalt (%)	1.3	

<u>(Vbt)0.33:0:3</u>			<u>(Vbt)0.33:0:4</u>		
Material	Dosering av LP/FT-medel		Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	487		Anläggningscement	487	
Silikastoft	0		Silikastoft	0	
Vatten	160		Vatten	160	
Grus (0-8 mm)	696		Grus (0-8 mm)	686	
Kvartsit (8-12 mm)	522		Kvartsit (8-12 mm)	514	
Kvartsit (12-16 mm)	522		Kvartsit (12-16 mm)	514	
LP-medel (88L)	0.2	0.3	LP-medel (88L)	0.2	0.5
FT-medel (V33)	4.9	10	FT-medel (V33)	4.9	10
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2419		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2311	
Eftersträvad lufthalt (%)	3		Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	2.5		Erhållen lufthalt (%)	3.5	



Material	<u>(Vbt)0.33:0:9</u>		Material	<u>(Vbt)0.33:10:8</u>	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	428		Anläggningscement	386	
Silikastoft	0		Silikastoft	43	
Vatten	143		Vatten	146	
Grus (0-8 mm)	650		Grus (0-8 mm)	649	
Kvartsit (8-12 mm)	489		Kvartsit (8-12 mm)	490	
Kvartsit (12-16 mm)	489		Kvartsit (12-16 mm)	490	
LP-medel (88L)	0.3	0.8	LP-medel (88L)	0.6	1.5
FT-medel (V33)	29.3	68.5	FT-medel (V33)	29.9	77.5
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2234		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2246	
Eftersträvad lufthalt (%)	5-10		Eftersträvad lufthalt (%)	5-10	
Erhållen lufthalt (%)	9.2		Erhållen lufthalt (%)	8.2	
vbt:	0.34		vbt:	0.34	
			silikadosering i % av C:	11	

Material	<u>(Vbt)0.30:0:0</u>		Material	<u>(Vbt)0.30:10:0</u>	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	501		Anläggningscement	455	
Silikastoft	0		Silikastoft	45	
Vatten	151		Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	535		Grus (0-8 mm)	533	
Kvartsit (8-12 mm)	624		Kvartsit (8-12 mm)	622	
Kvartsit (12-16 mm)	624		Kvartsit (12-16 mm)	621	
LP-medel (88L)	0	0	LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	10	20	FT-medel (V33)	11.2	24.7
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2482		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2469	
Eftersträvad lufthalt (%)	0		Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	1.1		Erhållen lufthalt (%)	0.8	

Material	<u>(Vbt)0.30:0:3</u>		Material	<u>(Vbt)0.30:0:4</u>	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	500		Anläggningscement	498	
Silikastoft	0		Silikastoft	0	
Vatten	150		Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	525		Grus (0-8 mm)	515	
Kvartsit (8-12 mm)	613		Kvartsit (8-12 mm)	601	
Kvartsit (12-16 mm)	613		Kvartsit (12-16 mm)	601	
LP-medel (88L)	0.3	0.6	LP-medel (88L)	0.6	1.2
FT-medel (V33)	6	12	FT-medel (V33)	5.5	11
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2432		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2407	
Eftersträvad lufthalt (%)	3		Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	2.6		Erhållen lufthalt (%)	4	

<u>(Vbt)0.30:10:2</u>			<u>(Vbt)0.30:10:3</u>		
Material	Dosering av LP/FT-medel		Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	456		Anläggningscement	453	
Silikastoft	45		Silikastoft	44	
Vatten	150		Vatten	151	
Grus (0-8 mm)	526		Grus (0-8 mm)	514	
Kvartsit (8-12 mm)	613		Kvartsit (8-12 mm)	601	
Kvartsit (12-16 mm)	613		Kvartsit (12-16 mm)	601	
LP-medel (88L)	0.4	0.8	LP-medel (88L)	0.6	1.3
FT-medel (V33)	6.8	15	FT-medel (V33)	6.8	15
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2438		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2407	
Eftersträvad lufthalt (%)	3		Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	1.9		Erhållen lufthalt (%)	3.2	

<u>(Vbt)0.27:0:0</u>			<u>(Vbt)0.27:5:0</u>		
Material	Dosering av LP/FT-medel		Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	556		Anläggningscement	536	
Silikastoft	0		Silikastoft	25	
Vatten	150		Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	527		Grus (0-8 mm)	518	
Kvartsit (8-12 mm)	613		Kvartsit (8-12 mm)	605	
Kvartsit (12-16 mm)	613		Kvartsit (12-16 mm)	604	
LP-medel (88L)	0	0	LP-medel (88L)	0	0
FT-medel (V33)	13.9	25	FT-medel (V33)	15.2	28.4
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2502		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2493	
Eftersträvad lufthalt (%)	0		Eftersträvad lufthalt (%)	0	
Erhållen lufthalt (%)	0.3		Erhållen lufthalt (%)	0.6	

<u>(Vbt)0.27:10:0</u>			<u>(Vbt)0.27:0:3</u>		
Material	Dosering av LP/FT-medel		Material	Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	497		Anläggningscement	549	
Silikastoft	50		Silikastoft	0	
Vatten	149		Vatten	150	
Grus (0-8 mm)	516		Grus (0-8 mm)	505	
Kvartsit (8-12 mm)	603		Kvartsit (8-12 mm)	589	
Kvartsit (12-16 mm)	603		Kvartsit (12-16 mm)	590	
LP-medel (88L)	0	0	LP-medel (88L)	0.5	1
FT-medel (V33)	12.6	25.3	FT-medel (V33)	8.2	15
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2463		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2421	
Eftersträvad lufthalt (%)	0		Eftersträvad lufthalt (%)	3	
Erhållen lufthalt (%)	1.2		Erhållen lufthalt (%)	3.5	

Material	(Vbt)0.27:10:2		Material	(Vbt)0.27:10:4	
	Dosering av LP/FT-medel			Dosering av LP/FT-medel	
	kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt		kg/m <sup>3</sup> (Våtvikt)	% av C-vikt
Anläggningscement	500		Anläggningscement	493	
Silikastoft	50		Silikastoft	50	
Vatten	148		Vatten	146	
Grus (0-8 mm)	513		Grus (0-8 mm)	498	
Kvartsit (8-12 mm)	597		Kvartsit (8-12 mm)	580	
Kvartsit (12-16 mm)	597		Kvartsit (12-16 mm)	580	
LP-medel (88L)	0.4	0.7	LP-medel (88L)	0.8	1.7
FT-medel (V33)	10.2	20.4	FT-medel (V33)	11.1	22.5
Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2443		Densitet (kg/m <sup>3</sup> )	2382	
Eftersträvad lufthalt (%)	3		Eftersträvad lufthalt (%)	4	
Erhållen lufthalt (%)	2		Erhållen lufthalt (%)	4.2	

## BILAGA 2 – VOLYMBESTÄMNINGAR

Utplacering september 1997.

Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	Vikt <sub>mättad,luft</sub> (kg)	Vikt <sub>mättad,vatten</sub> (kg)	Volym (m <sup>3</sup> )
A:1	0.40:0:0:4	1,44642	0,85781	0,58861
A:2	0.40:0:5:4	1,41086	0,82077	0,59009
A:3	0.35:0:0:4	1,43742	0,8537	0,58372
A:4	0.35:10:0:4	1,44162	0,85204	0,58958
B:1	0.35:0:4:4	1,44248	0,85009	0,59239
B:2	0.35:0:5:4	1,38903	0,80856	0,58047
B:3	0.33:0:0:4	1,4368	0,85373	0,58307
B:4	0.33:5:0:4	1,46567	0,86921	0,59646
C:1	0.33:0:3:4	1,44506	0,85506	0,59
C:2	0.33:0:4:4	1,42436	0,83861	0,58575
C:3	0.33:10:5:4	1,3191	0,75409	0,56501
C:4	0.30:0:0:4	1,47182	0,87881	0,59301
D:1	0.30:10:0:4	1,42339	0,84663	0,57676
D:2	0.30:0:3:4	1,46863	0,87303	0,5956
D:3	0.30:0:4:4	1,40694	0,82775	0,57919
D:4	0.30:10:3:4	1,38741	0,81903	0,56838
E:1	0.27:0:0:4	1,48963	0,89624	0,59339
E:2	0.27:5:0:4	1,47969	0,88829	0,5914
E:3	0.27:0:3:4	1,45812	0,8631	0,59502
E:4	0.27:10:3:4	1,4406	0,85575	0,58485
F:1	0.40:0:0:7	1,40452	0,83283	0,57169
F:2	0.40:10:0:7	1,44245	0,84826	0,59419
F:3	0.40:0:5:7	1,41745	0,83564	0,58181
F:4	0.35:0:0:7	1,45595	0,86717	0,58878
G:1	0.35:10:0:7	1,44456	0,85749	0,58707
G:2	0.35:0:4:7	1,43291	0,85024	0,58267
G:3	0.35:0:5:7	1,40397	0,82443	0,57954
G:4	0.33:0:0:7	1,40711	0,83891	0,5682
H:1	0.33:5:0:7	1,43522	0,85323	0,58199
H:2	0.33:10:0:7	1,46962	0,87148	0,59814
H:3	0.33:0:3:7	1,40514	0,83359	0,57155
H:4	0.33:0:4:7	1,42023	0,84033	0,5799
I:1	0.33:0:5:7	1,36896	0,79114	0,57782
I:2	0.33:10:5:7	1,31766	0,75983	0,55783
I:3	0.30:0:0:7	1,43455	0,85938	0,57517
I:4	0.30:10:0:7	1,46498	0,87204	0,59294
J:1	0.30:0:3:7	1,43604	0,85763	0,57841
J:2	0.30:0:4:7	1,42775	0,84565	0,5821
J:3	0.30:10:3:7	1,41343	0,83757	0,57586
J:4	0.30:10:4:7	1,40561	0,82713	0,57848
K:1	0.27:0:0:7	1,49168	0,89779	0,59389
K:2	0.27:5:0:7	1,44661	0,86939	0,57722
K:3	0.27:10:0:7	1,46729	0,87304	0,59425
K:4	0.27:0:3:7	1,43586	0,85297	0,58289
L:1	0.27:10:3:7	1,44527	0,86155	0,58372
L:2	0.27:10:4:7	1,41467	0,82675	0,58792

Provtagning juli 1998.

Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkorpsnummer	Vikt <sub>mättad,luft</sub> (kg)	Vikt <sub>mättad,vatten</sub> (kg)	Volym (dm <sup>3</sup> )	97/98
A:1	0.40:0:0:4	1,442	0,858	0,584	1,008
A:2	0.40:0:5:4	1,403	0,82	0,583	1,012
A:3	0.35:0:0:4	1,433	0,857	0,576	1,013
A:4	0.35:10:0:4	1,439	0,856	0,583	1,011
B:1	0.35:0:4:4	1,437	0,852	0,585	1,013
B:2	0.35:0:5:4	1,381	0,809	0,572	1,015
B:3	0.33:0:0:4	1,431	0,856	0,575	1,014
B:4	0.33:5:0:4	1,467	0,872	0,595	1,002
C:1	0.33:0:3:4	1,441	0,857	0,584	1,010
C:2	0.33:0:4:4	1,418	0,838	0,58	1,010
C:3	0.33:10:5:4	1,307	0,752	0,555	1,018
C:4	0.30:0:0:4	1,467	0,882	0,585	1,014
D:1	0.30:10:0:4	1,413	0,847	0,566	1,019
D:2	0.30:0:3:4	1,464	0,875	0,589	1,011
D:3	0.30:0:4:4	1,401	0,829	0,572	1,013
D:4	0.30:10:3:4	1,385	0,823	0,562	1,011
E:1	0.27:0:0:4	1,486	0,899	0,587	1,011
E:2	0.27:5:0:4	1,478	0,893	0,585	1,011
E:3	0.27:0:3:4	1,454	0,865	0,589	1,010
E:4	0.27:10:3:4	1,439	0,861	0,578	1,012
F:1	0.40:0:0:7	1,399	0,833	0,566	1,010
F:2	0.40:10:0:7	1,437	0,85	0,587	1,012
F:3	0.40:0:5:7	1,4	0,825	0,575	1,012
F:4	0.35:0:0:7	1,45	0,867	0,583	1,010
G:1	0.35:10:0:7	1,44	0,86	0,58	1,012
G:2	0.35:0:4:7	1,421	0,845	0,576	1,012
G:3	0.35:0:5:7	1,384	0,811	0,573	1,011
G:4	0.33:0:0:7	1,4	0,838	0,562	1,011
H:1	0.33:5:0:7	1,431	0,856	0,575	1,012
H:2	0.33:10:0:7	1,466	0,875	0,591	1,012
H:3	0.33:0:3:7	1,394	0,829	0,565	1,012
H:4	0.33:0:4:7	1,406	0,833	0,573	1,012
I:1	0.33:0:5:7	1,35	0,779	0,571	1,012
I:2	0.33:10:5:7	1,306	0,757	0,549	1,016
I:3	0.30:0:0:7	1,428	0,86	0,568	1,013
I:4	0.30:10:0:7	1,461	0,876	0,585	1,014
J:1	0.30:0:3:7	1,427	0,854	0,573	1,009
J:2	0.30:0:4:7	1,415	0,839	0,576	1,011
J:3	0.30:10:3:7	1,41	0,84	0,57	1,010
J:4	0.30:10:4:7	1,402	0,83	0,572	1,011
K:1	0.27:0:0:7	1,486	0,899	0,587	1,012
K:2	0.27:5:0:7	1,444	0,873	0,571	1,011
K:3	0.27:10:0:7	1,465	0,878	0,587	1,012
K:4	0.27:0:3:7	1,425	0,849	0,576	1,012
L:1	0.27:10:3:7	1,442	0,865	0,577	1,012
L:2	0.27:10:4:7	1,411	0,829	0,582	1,010

Medelvärde: 1,012

Provtagning september 1999.

Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	Vikt <sub>mättad,luft</sub> (kg)	Vikt <sub>mättad,vatten</sub> (kg)	Volym (m <sup>3</sup> )	97/99
A:1	0.40:0:0:4	1,437	0,853	0,584	1,008
A:2	0.40:0:5:4	1,4	0,816	0,584	1,010
A:3	0.35:0:0:4	1,43	0,854	0,576	1,013
A:4	0.35:10:0:4	1,438	0,855	0,583	1,011
B:1	0.35:0:4:4	1,428	0,846	0,582	1,018
B:2	0.35:0:5:4	1,378	0,806	0,572	1,015
B:3	0.33:0:0:4	1,428	0,853	0,575	1,014
B:4	0.33:5:0:4	1,459	0,87	0,589	1,013
C:1	0.33:0:3:4	1,437	0,854	0,583	1,012
C:2	0.33:0:4:4	1,415	0,836	0,579	1,012
C:3	0.33:10:5:4	1,304	0,75	0,554	1,020
C:4	0.30:0:0:4	1,465	0,88	0,585	1,014
D:1	0.30:10:0:4	1,411	0,845	0,566	1,019
D:2	0.30:0:3:4	1,462	0,873	0,589	1,011
D:3	0.30:0:4:4	1,398	0,827	0,571	1,014
D:4	0.30:10:3:4	1,383	0,822	0,561	1,013
E:1	0.27:0:0:4	1,483	0,897	0,586	1,013
E:2	0.27:5:0:4	1,476	0,891	0,585	1,011
E:3	0.27:0:3:4	1,451	0,863	0,588	1,012
E:4	0.27:10:3:4	1,438	0,859	0,579	1,010
F:1	0.40:0:0:7	1,394	0,829	0,565	1,012
F:2	0.40:10:0:7	1,435	0,848	0,587	1,012
F:3	0.40:0:5:7	1,395	0,821	0,574	1,014
F:4	0.35:0:0:7	1,447	0,865	0,582	1,012
G:1	0.35:10:0:7	1,438	0,859	0,579	1,014
G:2	0.35:0:4:7	1,418	0,842	0,576	1,012
G:3	0.35:0:5:7	1,381	0,808	0,573	1,011
G:4	0.33:0:0:7	1,396	0,835	0,561	1,013
H:1	0.33:5:0:7	1,429	0,854	0,575	1,012
H:2	0.33:10:0:7	1,464	0,873	0,591	1,012
H:3	0.33:0:3:7	1,39	0,826	0,564	1,013
H:4	0.33:0:4:7	1,403	0,83	0,573	1,012
I:1	0.33:0:5:7	1,345	0,775	0,57	1,014
I:2	0.33:10:5:7	1,302	0,755	0,547	1,020
I:3	0.30:0:0:7	1,426	0,858	0,568	1,013
I:4	0.30:10:0:7	1,461	0,875	0,586	1,012
J:1	0.30:0:3:7	1,424	0,852	0,572	1,011
J:2	0.30:0:4:7	1,411	0,836	0,575	1,012
J:3	0.30:10:3:7	1,408	0,838	0,57	1,010
J:4	0.30:10:4:7	1,399	0,827	0,572	1,011
K:1	0.27:0:0:7	1,484	0,897	0,587	1,012
K:2	0.27:5:0:7	1,442	0,872	0,57	1,013
K:3	0.27:10:0:7	1,464	0,876	0,588	1,011
K:4	0.27:0:3:7	1,421	0,846	0,575	1,014
L:1	0.27:10:3:7	1,442	0,864	0,578	1,010
L:2	0.27:10:4:7	1,41	0,829	0,581	1,012

Medelvärde: 1,013

Provtagning oktober 2000.

Märkning: Vbr: % silika : %luft: 4:lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkroppsnummer	Vikt <sub>mätad,luft</sub> (kg)	Vikt <sub>mätad,vatten</sub> (kg)	Volym (dm <sup>3</sup> )	97/00
A:1	0.40:0:0:4	1,439	0,855	0,584	1,008
A:2	0.40:0:5:4	1,401	0,818	0,583	1,013
A:3	0.35:0:0:4	1,431	0,855	0,576	1,013
A:4	0.35:10:0:4	1,439	0,856	0,583	1,012
B:1	0.35:0:4:4	1,429	0,848	0,581	1,019
B:2	0.35:0:5:4	1,380	0,808	0,573	1,014
B:3	0.33:0:0:4	1,429	0,854	0,575	1,014
B:4	0.33:5:0:4	1,460	0,871	0,589	1,013
C:1	0.33:0:3:4	1,439	0,856	0,583	1,011
C:2	0.33:0:4:4	1,416	0,837	0,578	1,013
C:3	0.33:10:5:4	1,306	0,752	0,554	1,020
C:4	0.30:0:0:4	1,466	0,881	0,585	1,013
D:1	0.30:10:0:4	1,411	0,846	0,565	1,021
D:2	0.30:0:3:4	1,463	0,874	0,589	1,012
D:3	0.30:0:4:4	1,400	0,828	0,572	1,013
D:4	0.30:10:3:4	1,384	0,823	0,561	1,014
E:1	0.27:0:0:4	1,483	0,897	0,586	1,013
E:2	0.27:5:0:4	1,477	0,892	0,585	1,011
E:3	0.27:0:3:4	1,453	0,864	0,588	1,012
E:4	0.27:10:3:4	1,438	0,860	0,578	1,011
F:1	0.40:0:0:7	1,396	0,832	0,565	1,012
F:2	0.40:10:0:7	1,437	0,850	0,587	1,012
F:3	0.40:0:5:7	1,398	0,824	0,574	1,014
F:4	0.35:0:0:7	1,449	0,867	0,582	1,012
G:1	0.35:10:0:7	1,438	0,860	0,579	1,014
G:2	0.35:0:4:7	1,420	0,843	0,577	1,012
G:3	0.35:0:5:7	1,382	0,809	0,573	1,011
G:4	0.33:0:0:7	1,398	0,837	0,561	1,013
H:1	0.33:5:0:7	1,430	0,855	0,575	1,012
H:2	0.33:10:0:7	1,465	0,874	0,591	1,012
H:3	0.33:0:3:7	1,392	0,827	0,565	1,013
H:4	0.33:0:4:7	1,404	0,832	0,573	1,012
I:1	0.33:0:5:7	1,347	0,777	0,570	1,014
I:2	0.33:10:5:7	1,303	0,756	0,547	1,020
I:3	0.30:0:0:7	1,428	0,856	0,571	1,013
I:4	0.30:10:0:7	1,461	0,876	0,585	1,012
J:1	0.30:0:3:7	1,425	0,853	0,572	1,011
J:2	0.30:0:4:7	1,412	0,837	0,575	1,012
J:3	0.30:10:3:7	1,408	0,840	0,569	1,010
J:4	0.30:10:4:7	1,400	0,828	0,572	1,011
K:1	0.27:0:0:7	1,485	0,898	0,587	1,012
K:2	0.27:5:0:7	1,443	0,873	0,571	1,013
K:3	0.27:10:0:7	1,465	0,877	0,587	1,011
K:4	0.27:0:3:7	1,424	0,848	0,576	1,014
L:1	0.27:10:3:7	1,442	0,865	0,577	1,010
L:2	0.27:10:4:7	1,411	0,830	0,581	1,012

Medelvärde: 1,014



## BILAGA 3 - ULTRALJUDSMÄTNINGAR

Ultraljudsmätningar september 1999.

Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4: lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkropp	Höjd (mm)	Tid 1(μs)	Tid 2 (μs)	Medeltid (μs)	Hastighet (m/s)
A:1	0.40:0:0:4	70,4	14,2	14,5	14,35	4906
A:2	0.40:0:5:4	71,55	14,8	15,5	15,15	4723
A:3	0.35:0:0:4	69,5	14,5	14,5	14,5	4793
A:4	0.35:10:0:4	70,35	14,2	14,2	14,2	4954
B:1	0.35:0:4:4	71,15	14,5	14,8	14,65	4857
B:2	0.35:0:5:4	69,3	14,2	14,5	14,35	4829
B:3	0.33:0:0:4	71,2	14,2	13,8	14	5086
B:4	0.33:5:0:4	71,8	14,8	14,2	14,5	4952
C:1	0.33:0:3:4	70,8	14,5	14,2	14,35	4934
C:2	0.33:0:4:4	70,8	14,2	14,2	14,2	4986
C:3	0.33:10:5:4	69	15,5	14,5	15	4600
C:4	0.30:0:0:4	70,9	14,2	14,2	14,2	4993
D:1	0.30:10:0:4	70,2	13,5	14,2	13,85	5069
D:2	0.30:0:3:4	71,6	14,8	14,8	14,8	4838
D:3	0.30:0:4:4	69,1	13,8	14,2	14	4936
D:4	0.30:10:3:4	68,2	13,5	13,8	13,65	4996
E:1	0.27:0:0:4	70,9	15,5	15,5	15,5	4574
E:2	0.27:5:0:4	70,4	14,5	14,2	14,35	4906
E:3	0.27:0:3:4	70,85	14,2	14,2	14,2	4989
E:4	0.27:10:3:4	70,2	14,5	14,8	14,65	4792
F:1	0.40:0:0:7	68,2	14,5	15,5	15	4547
F:2	0.40:10:0:7	70,9	14,8	15,5	15,15	4680
F:3	0.40:0:5:7	69,7	14,5	14,8	14,65	4758
F:4	0.35:0:0:7	70,25	14,8	14,2	14,5	4845
G:1	0.35:10:0:7	70,3	14,2	14,2	14,2	4951
G:2	0.35:0:4:7	69,9	14,5	13,8	14,15	4940
G:3	0.35:0:5:7	68	14,5	14,8	14,65	4642
G:4	0.33:0:0:7	68,05	13,5	14,8	14,15	4809
H:1	0.33:5:0:7	69,3	14,2	15,1	14,65	4730
H:2	0.33:10:0:7	71,4	14,8	15,8	15,3	4667
H:3	0.33:0:3:7	68,3	14,5	14,8	14,65	4662
H:4	0.33:0:4:7	68,9	17,1	14,5	15,8	4361
I:1	0.33:0:5:7	69,5	15,8	15,8	15,8	4399
I:2	0.33:10:5:7	69,3	16,1	16,4	16,25	4265
I:3	0.30:0:0:7	68,6	14,2	14,2	14,2	4831
I:4	0.30:10:0:7	70,7	14,5	14,8	14,65	4826
J:1	0.30:0:3:7	69,15	14,5	14,2	14,35	4819
J:2	0.30:0:4:7	69,5	14,2	14,8	14,5	4793
J:3	0.30:10:3:7	69,15	14,2	14,8	14,5	4769
J:4	0.30:10:4:7	69,15	14,5	14,2	14,35	4819
K:1	0.27:0:0:7	70,9	14,8	14,8	14,8	4791
K:2	0.27:5:0:7	68,4	13,8	14,8	14,3	4783
K:3	0.27:10:0:7	70,6	14,8	15,1	14,95	4722
K:4	0.27:0:3:7	68,9	14,2	13,8	14	4921
L:1	0.27:10:3:7	69	14,2	14,8	14,5	4759
L:2	0.27:10:4:7	69,8	15,1	16,4	15,75	4432

Medelvärde: 4788

Ultraljudsmätningar oktober 2000.

Märkning: Vbt: % silika : %luft: 4:lagring i kalkvatten, 7: lagring i 3% NaCl-lösning före exponering.

Rigg: nr	Provkropp	Höjd (mm)	Tid 1(μs)	Tid 2 (μs)	Medeltid (μs)	Hastighet (m/s)
A:1	0.40:0:0:4	70,4	14,5	14,5	14,5	4855
A:2	0.40:0:5:4	71,55	15,5	15,5	15,5	4616
A:3	0.35:0:0:4	69,5	14,2	14,5	14,2	4894
A:4	0.35:10:0:4	70,35	14,5	14,2	14,5	4852
B:1	0.35:0:4:4	71,15	14,8	15,0	14,9	4775
B:2	0.35:0:5:4	69,3	14,5	14,8	14,65	4730
B:3	0.33:0:0:4	71,2	14,5	14,5	14,5	4910
B:4	0.33:5:0:4	71,8	14,8	14,5	14,65	4901
C:1	0.33:0:3:4	70,8	14,8	14,8	14,8	4784
C:2	0.33:0:4:4	70,8	14,5	14,5	14,5	4883
C:3	0.33:10:5:4	69	14,8	15,0	14,9	4631
C:4	0.30:0:0:4	70,9	14,2	14,5	14,35	4941
D:1	0.30:10:0:4	70,2	14,8	14,8	14,8	4743
D:2	0.30:0:3:4	71,6	14,8	14,5	14,65	4887
D:3	0.30:0:4:4	69,1	14,5	14,5	14,5	4766
D:4	0.30:10:3:4	68,2	14,2	14,5	14,35	4753
E:1	0.27:0:0:4	70,9	14,5	14,8	14,65	4840
E:2	0.27:5:0:4	70,4	14,8	14,5	14,65	4805
E:3	0.27:0:3:4	70,85	14,5	14,5	14,5	4886
E:4	0.27:10:3:4	70,2	14,5	15,0	14,75	4759
F:1	0.40:0:0:7	68,2	15,5	14,5	15	4547
F:2	0.40:10:0:7	70,9	15,0	14,8	14,9	4758
F:3	0.40:0:5:7	69,7	15,0	15,0	15	4647
F:4	0.35:0:0:7	70,25	14,8	14,5	14,65	4795
G:1	0.35:10:0:7	70,3	14,5	15,5	15	4687
G:2	0.35:0:4:7	69,9	14,2	14,8	14,5	4821
G:3	0.35:0:5:7	68	14,8	14,8	14,8	4595
G:4	0.33:0:0:7	68,05	14,2	14,2	14,2	4792
H:1	0.33:5:0:7	69,3	14,8	15,0	14,9	4651
H:2	0.33:10:0:7	71,4	15,1	15,1	15,1	4728
H:3	0.33:0:3:7	68,3	14,8	15,1	14,95	4569
H:4	0.33:0:4:7	68,9	15,1	14,8	14,95	4609
I:1	0.33:0:5:7	69,5	15,8	16,0	15,9	4371
I:2	0.33:10:5:7	69,3	15,8	16,0	15,9	4358
I:3	0.30:0:0:7	68,6	14,2	14,2	14,2	4831
I:4	0.30:10:0:7	70,7	14,8	15,0	14,9	4745
J:1	0.30:0:3:7	69,15	14,5	15,0	14,75	4688
J:2	0.30:0:4:7	69,5	14,5	14,5	14,5	4793
J:3	0.30:10:3:7	69,15	15,0	14,5	14,75	4688
J:4	0.30:10:4:7	69,15	14,5	14,8	14,65	4720
K:1	0.27:0:0:7	70,9	14,8	15,0	14,9	4758
K:2	0.27:5:0:7	68,4	14,8	14,8	14,8	4622
K:3	0.27:10:0:7	70,6	14,5	15,5	15	4707
K:4	0.27:0:3:7	68,9	14,5	15,0	14,75	4671
L:1	0.27:10:3:7	69	14,2	14,5	14,35	4808
L:2	0.27:10:4:7	69,8	15,0	15,0	15	4653

Medelvärde: 4735