

Tekniska Högskolan i Lund

Avdelningen för Bärande Konstruktioner



Lund Institute of Technology

Department of Structural Engineering

Sture



SNÖLAST PÅ GLASTAK

EXAMENSARBETE

Handledare: Sture Åkerlund

Arkiv
Konstruktionsteknik



LUND SEPTEMBER 1988

Mats Dahlberg
Lars Hansson
Thomas Lindh

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	2
Bakgrund	3
Sammanfattning	4
1 Metodbeskrivning	7
1.1 Framtagning av meteorologiska data	7
1.2 Statistisk bearbetning och hantering av materialet	10
1.2.1 Extremvärdesfördelning av nederbörd	11
1.2.2 Extremvärdesfördelning av utetemperatur	13
1.2.3 Kontroll av antagna extremvärdesfördelningar med chi-två test	15
1.2.4 Kontroll av extremvärdesfördelning för utetemperatur	16
1.3 Korrektion av nederbörd p.g.a. vindens inverkan	17
1.4 " Fysisk vecka "	20
1.5 Beräkning av snöns avsmältning	30
1.5.1 Teori för avsmältning	30
1.5.2 Datorbehandling av avsmältning	33
1.6 Resultat	38
2 Sammanställning av övriga undersökta stationer	43
2.1 Haparanda	43
2.2 Stensele	49
2.3 Härnösand	55
2.4 Stockholm	61
2.5 Karlstad	67
2.6 Linköping/Malmslätt	74
2.7 Visby	80
2.8 Göteborg/Säve	87
2.9 Lund	94
3 Sammanställning av resultat	100
4 Lutning på glastak	104
5 Allmänna synpunkter	105
Litteraturförteckning	107
Bilaga 1. Karta över orternas geografiska spridning	

FÖRORD

Denna rapport är ett examensarbete vid Institutionen för Bärande Konstruktioner LTH. Det har tillkommit på förslag av Per-Olof Carlson vid Arne Johnson Ingenjörbyrå, Stockholm

Handledare till examensarbetet har varit:

- Sture Åkerlund Inst. för Bärande Konstruktioner LTH
- Per-Olof Carlson Arne Johnson Ingenjörbyrå AB
- Tomas Grange Pilkington floatglas AB

Forskningsassistent Anders Nilsson vid Inst. för Bärande Konstruktioner LTH, har bidragit med råd och synpunkter.

Ett tack riktar vi till Glasbranschrådet och Icopal AB som bidragit till examensarbetet genom att finansiera ett studiebesök till Oslo och Trondheim.

Material och synpunkter har tillhandahållits från följande:

- Anker F. Nielsen Norges Byggforskningsinstitut
- Carsten Dreier Norges Byggforskningsinstitut
- Rune Sandvik Norges Byggstandardiseringsråd
- Icopal AB
- Emmaboda glas AB
- Glaslindberg AB
- Sapafront
- Engdahls plåt och smide

Ett speciellt tack till all personal vid Inst. för Bärande Konstruktioner LTH.

Författarna

BAKGRUND

Överglasade rum har blivit mycket vanliga även på nordliga breddgrader där snö är den dimensionerande lasten för glastak. Hittills har man i Sverige tillämpat full snölast på glastak, eller jämställt glastaket med växthus. Detta har dock starkt ifrågasatts, speciellt som man i t.ex. Norge kraftigt reducerar snölasten. Härigenom skulle man kunna få slankare och därmed billigare konstruktioner för glastak, utan att säkerheten blir lägre än i andra jämförbara takkonstruktioner.

Följande frågeställningar behandlas:

* På vilket sätt och hur mycket kan snölasten reduceras

* Under vilka förutsättningar skall dessa reduktioner få ske, t.ex. m.a.p.

- temperatur i det överglasade rummet
- U-värde på glastaket
- glastakets utformning m.h.t. avledning av snö och vatten

SAMMANFATTNING

Undersökningen omfattar 10 st orter i Sverige med stor geografisk spridning, snözoner 1.0 - 3.0, se Bilaga 1. Orterna är följande:

- Haparanda
- Stensele
- Härnösand
- Falun
- Stockholm
- Karlstad
- Linköping/Malmslätt
- Visby
- Göteborg/Säve
- Lund

Inledningsvis utfördes en omfattande studie av meteorologiska data, innehållande nederbörd, temperatur och vind. Även snödjup och väderleksförlopp har i viss mån beaktats.

Dessa data tilligger grund för en statistisk bearbetning, d.v.s. framtagning av extremvärde och medelvärde för nederbörd och temperatur. Vindhastigheten användes för bestämning av korrektionsfaktor för nederbörd.

Då snö på glastak över uppvärmt utrymme smälter har vi bedömt att dimensionerande snölast kommer att inträffa inom en vecka från det att ett intensivt snöfall inleds. Vi har därför valt att studera snöfall under sjudagarsperioder.

För att erhålla en så korrekt fördelning som möjligt av nederbörden över sjudagarsperioden har en så kallad "fysisk" vecka framtagits. Denna fysiska vecka bygger på procentuella medelvärden.

För bestämning av avsmältning av snötäcket på glastaket, beroende på värmeutflöde från underliggande uppvärmda utrymme, har en värmeflödesmodell antagits. Modellen ligger till grund för ett dataprogram som ger kvarvarande snömängd på taket, där densiteten och därför också värmekonduktiviteten har antagits konstanta.

Två olika fall har undersökts:

- 50-års värde på nederbörd och medelvärde av temperatur under sjudagarsperioden.
- medelvärde på nederbörd och 50-års värde av temperatur under sjudagarsperioden.

Kvarvarande snömängd ger ett absolut värde på belastningen av glastaket. Detta redovisas slutligen i diagram och tabellform.

Resultaten av genomförda beräkningar visar att snölasten på glastak kan reduceras i förhållande till Svensk Byggnorms dimensioneringskrav.

För varje ort har reduktionsfaktorer framtagits för innetemperaturerna 5, 10 och 18°C vid U-värdena 3.0 och 2.0 W/m²·°C, vilket motsvarar 2- resp. 3-glasrutor. För erhållande av karaktäristisk snölast på glastaket multipliceras reduktionsfaktorn med snözonsvärdet.

$$S_k = C_t * \mu * S_0 \quad (\text{analogt med SBN})$$

där C_t är reduktionsfaktorn

Det bör dock beaktas att vid innetemp. 5°C och i vissa fall 10°C kan man ifrågasätta om kvarvarande snömängd på glastaket vid sjudagarsperiodens början är lika med noll. Detta är en förutsättning för beräkningsmodellen. Därför bör reduktion nogga övervägas från fall till fall.

Resultatöversikt av reduktionsfaktorer C_t

	U-värde ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	innetemp. ($^\circ C$)		
		5	10	18
Haparanda	3.0	0.31	0.21	0.12
snözon 2.5	2.0	0.34	0.27	0.17
Stensele	3.0	0.19	0.11	0.09
snözon 3.0	2.0	0.21	0.16	0.12
Härnösand	3.0	0.35	0.25	0.10
snözon 2.5	2.0	0.39	0.32	0.21
Falun	3.0	0.32	0.22	0.07
snözon 2.5	2.0	0.35	0.28	0.18
Stockholm	3.0	0.22	0.16	0.07
snözon 1.5	2.0	0.28	0.17	0.13
Linköping/Malmslätt	3.0	0.33	0.18	0.10
snözon 1.5	2.0	0.38	0.27	0.16
Karlstad	3.0	0.48	0.30	0.08
snözon 1.5	2.0	0.54	0.42	0.24
Visby	3.0	0.34	0.16	0.05
snözon 1.5	2.0	0.40	0.28	0.11
Göteborg/Säve	3.0	0.50	0.26	0.09
snözon 1.0	2.0	0.58	0.41	0.20
Lund	3.0	0.62	0.34	0.06
snözon 1.0	2.0	0.71	0.53	0.26

1 METODBESKRIVNING

För att lättare kunna följa metodbeskrivningen, kommer det parallellt att redovisas ett konkret exempel med fullständiga beräkningar från en ort, Falun.

1.1 FRAMTAGNING AV METEOROLOGISKA DATA

Då SMHI (Sveriges Meteorologiska och hydrologiska institut) tyvärr håller orimligt höga priser på uppgifter från sin befintliga databas av meteorologiska observationer, har data insamlats från tidigare års utgivna publikationer av SMHI.

Ur " Meteorologiska Iakttagelser i Sverige , årsbok del 2.2 ", har all grundläggande data hämtats.

Dygnsvärden har utlästs årligen under en period av 15 år, 1967-81.

Januari		Falun											1981															
		$\phi = 60^{\circ} 37' N$ $\lambda = 15^{\circ} 38'$																										
		H _b = 122m																										
D a t u m	Luftryck			Lufttemperatur					Fuktighetstryck			Relativ fuktighet			Vindens riktning och hastighet			Molnighet och väderlek			S t v V	Neder- börd R	Snö- djup S	Väderleks- förlopp				
	P	T		e					U			D, F			N, ww			19-7-13 -19										
	7	13	19	7	13	19	max	min	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	13							
1	56.4	61.9	69.6	-1.0	-6.4	-3.5	2.4	-6.6	5.1	3.1	3.9	90	83	82	NW	3	NNW	3	NW	3	8	4	6	99		24	*	
2	78.9	78.9	78.3	-5.5	-3.6	-10.3	-2.2	-10.4	3.5	3.5	2.5	87	75	91	NNW	1	NNW	1		0	6	6	4	99		24		
3	74.7	74.3	76.9	-16.1	-9.5	-6.9	-5.0	-16.3	1.5	2.7	3.2	89	92	89	0	W	1	NNW	3	0	8	8	*	96	0.2	24	* *	
4	81.6	84.0	86.1	-9.0	-12.7	-18.9	-6.5	-19.1	3.0	2.0	1.2	96	86	86	NNW	1	NNW	3	NNW	3	8	2	6	98	0.1	24	* *	
5	93.4	95.6	95.4	-17.5	-16.0	-21.6	-16.0	-21.9	1.3	1.5	0.9	87	86	85	NNW	3	NNW	1		0	5	0	0	98		24		
6	96.0	97.0	97.2	-25.7	-20.3	-21.0	-19.5	-25.8	0.6	1.1	1.0	85	87	86	0		0	NW	3	7	2	8	98	0.1	24			
7	3.5	8.9	13.0	-13.4	-10.8	-14.6	-9.4	-21.1	1.8	1.9	1.6	82	72	80	NNW	3	NW	3	NW	1	3	0	6	98	0.1	24	*	
8	4.0	99.3	93.1	-7.5	-1.1	1.6	2.2	-17.1	2.9	4.8	6.1	82	86	89	SSW	5	SSW	3	SW	3	8	8	*	97	0.7	24	* * *	
9	85.9	86.9	86.6	4.9	1.9	-1.0	5.5	-1.1	7.0	6.4	5.4	81	91	96	NNW	3	0		0	7	6	0	98	0.0	22			
0	92.4	95.9	3.1	-10.8	-3.2	-3.4	-1.0	-12.0	2.5	3.8	3.3	94	78	70	0	NNW	3	NNW	1	0	1	0	99		21			
1	3.7	1.1	94.1	-10.5	-6.0	-7.6	-3.0	-11.5	2.5	2.8	3.0	92	73	88	0		0		0	0	7	7	98	0.0	21	*		
2	73.8	71.2	74.2	1.9	2.2	-0.7	2.6	-9.2	5.5	5.1	5.4	79	72	93	SSW	5	WSW	5		0	7	7	8	98	6.2	20	* *	
3	79.3	81.5	82.7	-12.6	-6.2	-14.0	-0.6	-15.1	2.1	3.6	1.8	89	93	87	0	NNW	1		0	0	6	0	98		27	*		
4	74.5	61.1	53.7	-17.8	-4.3	-1.3	-1.3	-20.1	1.3	4.1	5.3	89	93	95	0	ESE	3	S	1	8	8	8	*	96	6.0	27	* * *	
5	41.1	40.1	45.1	-2.1	-2.2	-5.1	-0.5	-5.2	5.1	4.9	3.8	97	95	90	NNW	1	NNW	1		0	8	8	*	98	6.8	32	* * *	
6	58.9	60.7	66.9	-3.8	-3.5	-4.6	-3.3	-5.4	3.6	3.5	3.5	77	75	80	N	5	N	3	E	3	8	8	98	0.3	40	*		
7	77.7	84.8	91.0	-7.0	-6.4	-7.2	-4.3	-9.7	2.9	2.9	3.0	81	77	85	E	3	NNW	3	NNW	5	4	6	8	98	0.8	40	*	
8	2.9	6.0	8.0	-12.5	-14.6	-20.7	-7.1	-20.8	1.9	1.6	1.0	83	83	85	N	1	NNW	1	NNW	1	1	0	1	99		40	*	
9	2.0	98.9	96.4	-16.0	-13.5	-13.9	-13.0	-21.1	1.5	1.8	1.8	87	82	84	0	N	1	N	1	8	6	7	98	0.5	40			
0	0.0	3.2	5.2	-23.0	-16.2	-19.6	-13.8	-23.6	0.8	1.5	1.1	85	86	87	0		0		0	0	0	7	99	1.2	41	*		
1	3.6	5.1	5.9	-13.6	-8.9	-6.6	-6.5	-21.2	1.9	2.7	3.4	88	88	90	0		0		0	8	8	8	97	0.3	43	*		
2	2.8	1.6	4.3	0.8	1.2	0.6	2.5	-6.8	6.1	6.1	5.9	94	92	92	SSW	5	W	3	W	1	8	8	3	97	0.8	42	*	
3	6.2	5.6	3.7	-9.7	-2.4	-6.2	0.9	-10.7	2.8	5.0	3.7	96	98	97	NNW	1	S	1	SW	1	2	7	1	97		40	≡	
4	93.7	85.6	81.8	-4.0	3.8	3.4	4.5	-7.9	4.5	6.9	6.5	98	86	83	S	1	SSW	5	SW	5	8	7	4	98		40		
5	79.1	81.9	86.1	0.5	0.6	-3.9	3.5	-4.0	3.7	3.0	3.7	59	47	80	SW	5	W	7	NW	5	4	1	8	99	0.2	33	*	
6	2.6	7.8	11.2	-8.4	-3.1	-10.3	-2.2	-10.4	2.4	2.9	2.4	75	60	85	NNW	1	NNW	1		0	0	6	1	99		30	*	
7	10.4	8.4	9.2	-17.4	-1.2	-6.8	-0.1	-18.0	1.4	3.4	3.3	89	61	91	N	3	SSW	1		0	3	7	0	99		30		
8	12.4	12.1	10.2	-13.9	-6.3	-10.0	-3.7	-14.7	1.9	3.6	2.7	93	93	94	0		0	NW	1	0	1	0	99		30			
9	6.9	6.6	3.7	-11.8	1.7	0.7	3.0	-13.2	2.3	5.6	6.0	91	81	93	NNW	4	NNW	1	NNE	1	0	7	4	98		30		
0	93.9	0.9	1.5	4.0	4.4	0.6	5.5	-2.1	6.1	4.4	4.8	75	53	76	NNW	3	NNW	5	NW	1	1	7	6	99	0.0	30		
1	95.1	98.8	94.9	1.4	4.8	5.0	5.4	-2.3	5.4	5.3	7.5	80	62	86	N	1	W	3	SSW	1	2	6	8	99	0.0	30	*	
M	89.9	90.5	91.3	-8.9	-5.1	-7.3	-2.6	-13.0	3.1	3.6	3.5	86	80	87	1.9	2.0	1.4	4.3	5.1	4.7						24.3		

Figur 1.1 a Exempel på datablad.

Information som har utlästs är följande:

- lufttemperatur ($^{\circ}\text{C}$), 3 st. mätvärden per dygn.
- vindens hastighet (m/s), 3 st. mätvärden per dygn.
- nederbördsmängden (m.m. vatten), 1 st. mätvärde per dygn.
- snödjup (c.m.), 1 st. mätvärde per dygn.
- väderleksförlopp, 3 st. observationer per dygn.

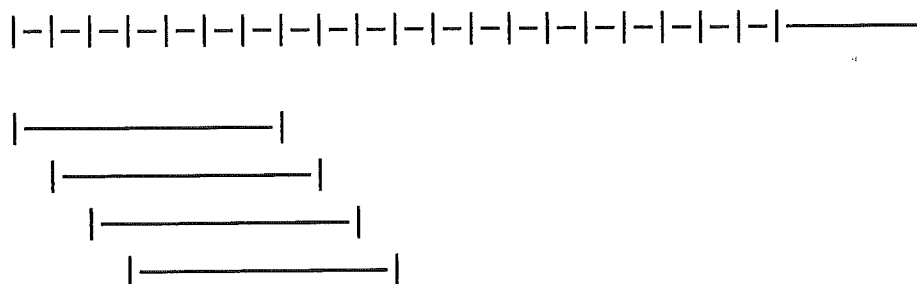
Indelningen i kalenderår är ogynnsam på grund av att en och samma vinter delas och hamnar i början resp. slutet av året. Att välja en årsindelning från 1/7 till 30/6 är gynnsam ur två aspekter:

- vintern blir sammanhängande
- nederbördsmängden i form av snö börjar från noll

Med hjälp av snödjup och nederbördsförlopp erhålls den nederbörd som belastar glastaket. Regn i befintligt snötäcke antas belasta taket.

Varje dygnsvärde på nederbörden under ett år läses in i en indatafil. Denna bearbetas i ett eget utvecklat data-program, som kontrollerar under vilken sammanhängande sju-dagarsperiod det har fallit mest nederbörd samt beräknar denna summa.

Snölasten är den ackumulerade nederbördsmängden på taket. Alltså 100 mm vatten per m^2 motsvarar en q-last på 1.0 kN/m^2 , ty vattnets densitet är lika med 1000 kg/m^3 .



Figur 1.1 b Principskiss av glidande medelvärde.

Under denna sjudagarsperiod med maximal nederbörd beräknas lufttemperaturens och vindhastighetens medelvärde.

FALUN			
År	Max nederbörd (mm vatten)	Temperatur (°C)	Vind (m/s)
67/68	27,8	+1,05	2,33
68/69	93,2	+0,07	2,48
69/70	28,6	-0,87	1,43
70/71	35,5	-0,58	1,62
71/72	28,0	+1,42	3,00
72/73	27,2	-0,87	2,38
73/74	29,4	-11,14	1,00
74/75	18,9	-4,88	1,10
75/76	23,3	-5,10	1,90
76/77	37,3	-11,22	1,71
77/78	39,1	-3,91	2,67
78/79	24,1	-5,61	2,38
79/80	32,3	+0,51	1,95
80/81	39,2	-0,54	1,95
81/87	40,8	-2,77	3,00

Tabell 1.1 c Sammanställning av meteorologiska data under sjudagarsperioden.

1.2 STATISTISK BEARBETNING OCH HANTERING AV MATERIALET

Fördelningen $F(x) = \exp(-\exp(-\alpha(x-\beta)))$

kallas extremvärdesfördelning typ 1 för största värdet. Enl." rapport 24 LTH " har det visat sig att denna fördelning kan spegla verkligheten för många klimatologiskt betingade fenomen.

α och β bestäms på följande sätt:

1. Medelvärde M och standardavvikelsen S per år beräknas
2. I " Statistics of extremes " av Gumbel/1960/ ges att $\alpha = \sigma_n/S$, $\beta = M - S \cdot y_n / \sigma_n$, där σ_n är lika med reducerad standardavvikelse och y_n är lika med reducerat medelvärde. σ_n och y_n är beroende av antalet observationer och finns tabellerade i " Statistics of extremes " av Gumbel /1960/.

Bestämning av α och β enligt ovan innebär att fördelningsfunktionen anpassas till observerade värden med hjälp av en modifierad minsta kvadratmetod.

När sannolikheten eller upprepningstiden är känd uttrycks det karakteristiska värdet: $x_k = \beta - 1/\alpha \cdot \ln(-\ln F(x))$.

Upprepningstiden n år ger $F(x) = 1 - 1/n$.

En upprepningstid på $n = 50$ år leder till $F(x) = 0.98$

Anledningen till att just 50-årsvärdet väljes är att samtliga svenska byggnormer hänför sig till just 50-årsvärdet.

1.2.1 Extremvärdesfördelning av nederbörd

$F(p) = \exp(-\exp(-\alpha(p-\beta)))$, där p är lika med nederbörd
i mm vatten .

$$M = 34.98 = P_m$$

$$S = 17.3556$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.0588$$

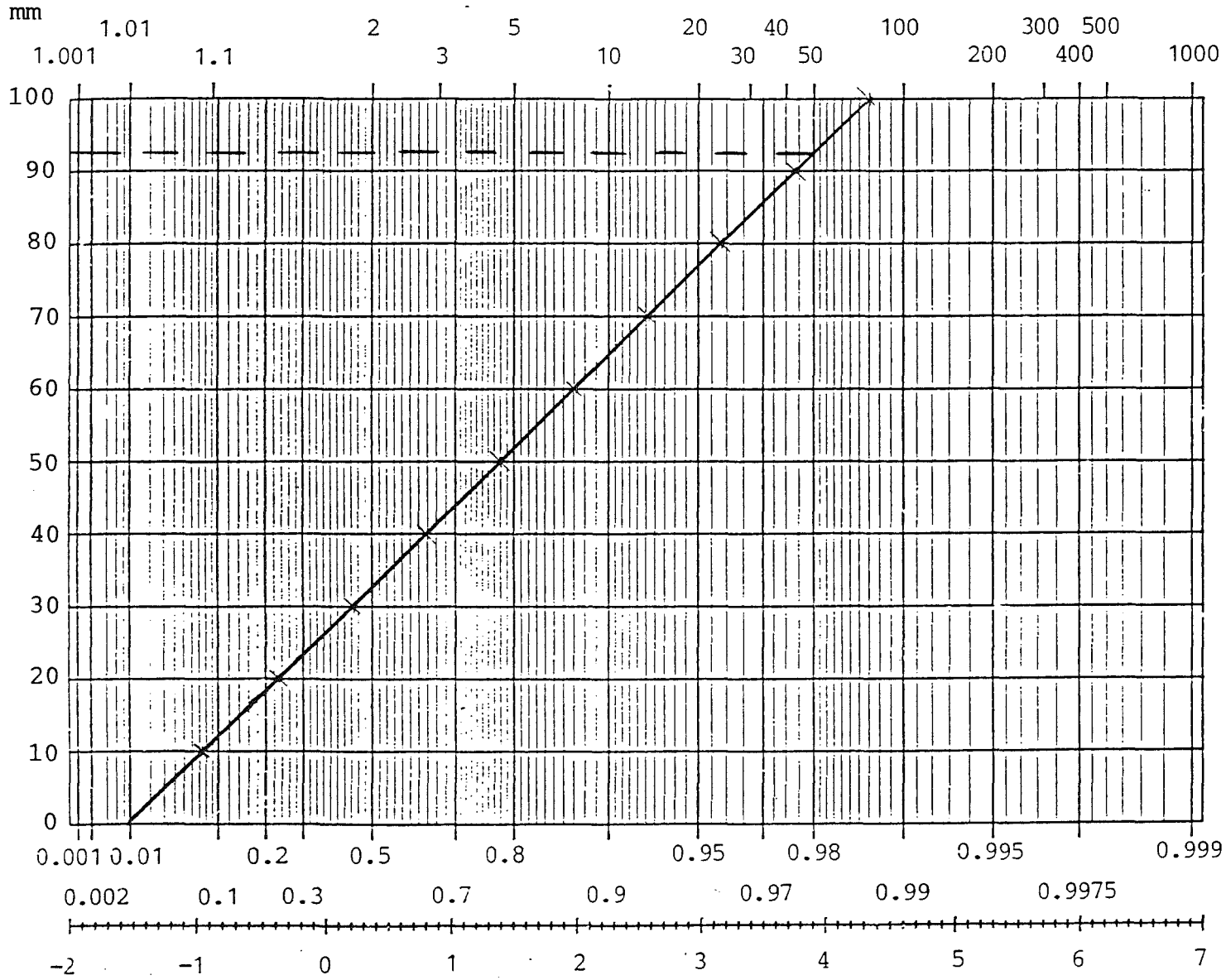
$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 26.2597$$

50-årsvärdet ger $F(p) = 0.98$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 92.61 \text{ m.m. vatten}$$

EXTREMVÄRDESPAPPER: $F(t) = \exp(-e^{-t})$

Diagram 1.2.1 a Extremvärdesfördelning av nederbörd.



1.2.2 Extremvärdesfördelning av utetemperatur

$$F(T) = \exp(-\exp(-\alpha(T-\beta)))$$

där T är lika med temperaturen (°C).

Då temperaturen kan vara negativa tal, måste temperaturskalan transformeras för att en statistisk extremvärdesberäkning skall kunna genomföras.

$$T_t = 20 - T_r$$

T_t = transformerad temperatur

T_r = verklig temperatur

$M = 22.9627$; verkligt medelvärde $T = -2.96^\circ\text{C}$

$S = 4.0365$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.2528$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 20.9346$$

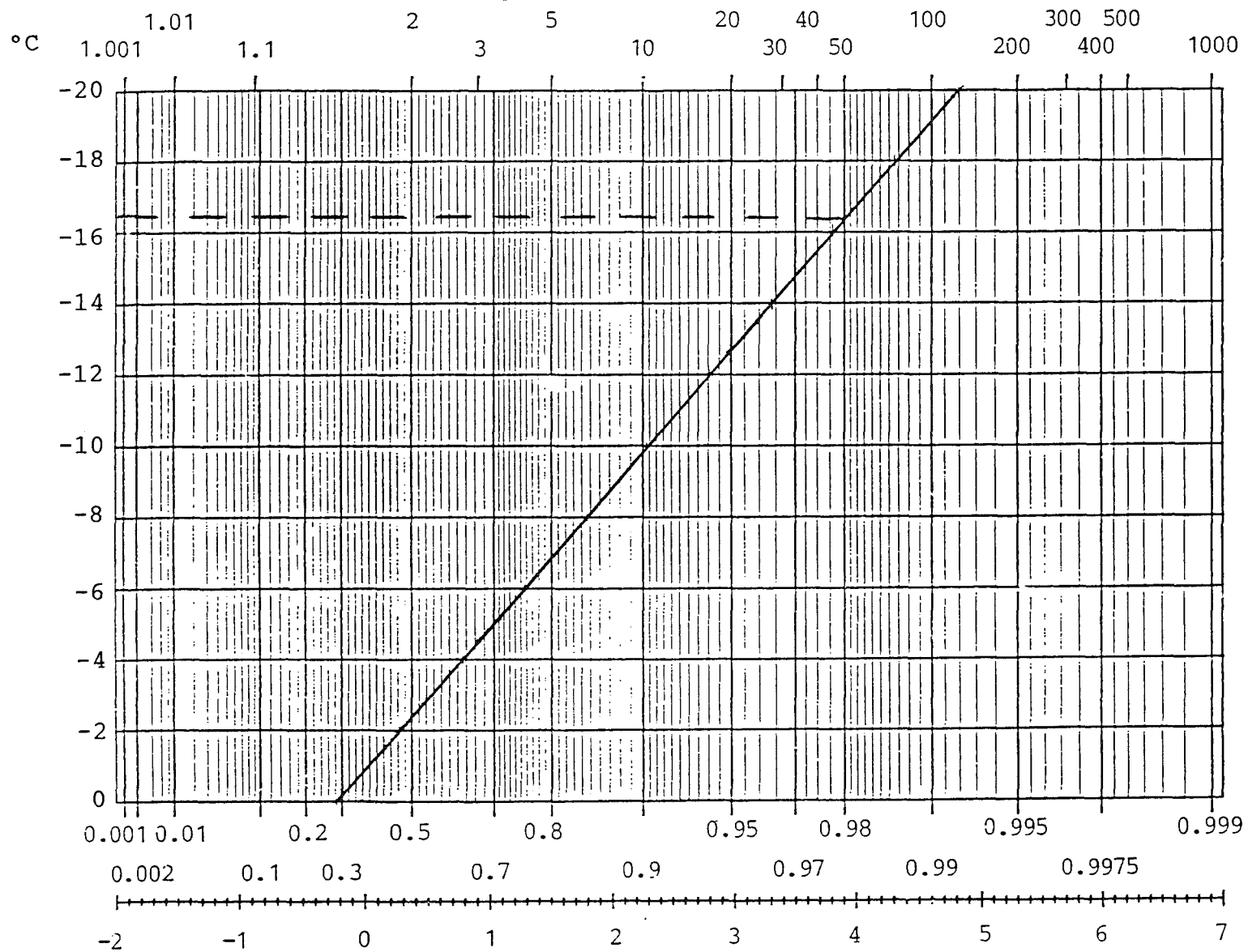
50-årsvärdet ger $F(p) = 0.98$

$$T_t = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 36.3690$$

verklig temperatur $T^{50} = -16.37^\circ\text{C}$

EXTREMVÄRDESPAPPER: $F(t) = \exp(-e^{-t})$

Diagram 1.2.2 a Extremvärdesfördelning av utetemperatur.



1.2.3 Kontroll av antagna extremvärdesfördelningar med chi-två test

Kontroll av extremvärdesfördelning för nederbörden:

Klassindelning	$n \cdot p_i$	x_i
0-10	0.974	0
10-17	1.563	0
17-22	1.475	1
22-26	1.283	2
26-32	1.914	5
32-38	1.737	3
38-46	1.880	3
46-55	1.506	0
55-67	1.221	0
67-120	1.246	1

n = antal försök

p_i = sannolikheten att försöket hamnar inom ett visst intervall

x_i = antalet försök inom ett visst intervall

Q = teststorhet

$Q = \sum ((x_i - n \cdot p_i)^2 / n \cdot p_i)$, i går från 1 till 15

$Q = 11.509$

f = antalet frihetsgrader

f = antal klasser - antal skattade parametrar - 1

$f = 10 - 2 - 1 = 7$

chi-två (7) på 5%-nivån = 14.1 (taget ur tabellverk)

$Q <$ chi-två på 5%-nivån, modellen kan ej förkastas på 5%-nivån.

Resultatet motsäger inte riktigheten av den antagna fördelningen.

1.2.4 Kontroll av extremvärdesfördelning för utetemperatur

Klassindelning	$n \cdot p_i$	x_i
+5 / +2	1.668	0
+2 / +1	1.099	2
+1 / 0	1.290	2
0 / -1	1.382	4
-1 / -2	1.378	0
-2 / -3	1.300	1
-3 / -4	1.174	1
-4 / -5	1.026	1
-5 / -7	1.600	2
-7 / -10	1.468	0
-10 / -20	1.323	2

$$Q = \sum ((x_i - n \cdot p_i)^2 / n \cdot p_i) , i \text{ går från } 1 \text{ till } 15$$

$$Q = 11.148$$

$$f = 11 - 2 - 1 = 8$$

$$\text{chi-två } (8) \text{ på } 5\% \text{-nivån} = 15.5$$

Resultatet motsäger inte riktigheten av den antagna fördelningsfunktionen.

1.3 KORREKTION AV NEDERBÖRD P.G.A. VINDENS INVERKAN

Det har visat sig att resultaten vid användning av vindskydd runt snömätare minskar snöuppsamlingen. Därför måste den uppmätta nederbördsmängden korrigeras.

I " The Improvement of Point Precipitation Data on an Operational Basis " redovisas resultaten av en studie (Hamon's, 1973) som tillämpas i Norge för korrektion av nederbördsmängd.

Studien resulterar i följande korrektionsformel:

$$p_C = p_m * e^{a(T)*v}$$

där p_C = korrigerad nederbörd

p_m = uppmätt nederbörd

$a(T)$ = koefficient beroende av temperaturen

v = vindhastighet

Då det i Sverige inte finns någon metod som ger tillfredställande resultat, så används ovan visade formel.

Då nederbördsmängden mäts på höjden 2 m och vindhastigheten på höjden 10 m, måste vindhastigheten transformeras till ett värde som motsvarar 2 m.

Formel för transformation enl. " Luftströmning " av Ann-Charlotte Andersson:

$$v = v_0 * (z/z_0)^c$$

där v = vindhastigheten på höjden z

v_0 = vindhastigheten på en referensnivå z_0

c = konstant som beror av underlagets skrovlighet

Terrängtyp	Beskrivning	c
A	Utsatt öppen terräng med få eller inga hinder, t ex kust eller plan slätt.	0.1
R	Öppen terräng med små, spridda hinder, t ex flygfält, öppna landskap med enstaka byggnader. Referensterräng för vindmätning.	0.15
B	Terräng med talrika, tätt placerade hinder. Typen inkluderar små skogsbestånd, förorter till stora städer.	0.22
C	Terräng med stora byggnader. Typen inkluderar storstadscentra.	0.3

Tabell 1.3 a Konstant c som beror av underlaget.

Exempel:

$v_0 = 2.06$ m/s, vilket är ett medelvärde av vindhastigheten för 15 år i den dimensionerande sjudagarsperioden

$z = 2.0$ m

$z_0 = 10.0$ m

$c = 0.15$, referensterräng för vindmätning

$$v = 2.06 * (2/10)^{0.15} = 1.62 \text{ m/s}$$

Faktorn $a(T)$ bestäms i nedanstående tabell:

temp.	+1.7 > T > 0	0 > T > -5	-5 > T > -10
nederbördstyp	regn i snö	snö	snö
a(T)	0.0271	0.0486	0.0819

Tabell 1.3 b

I Falun erhöjls medeltemperaturen $T = -2.96^{\circ}\text{C}$, vilket ger $a(T) = 0.0486$.

Medelvärde och 50-årsvärde av nederbörden är intressanta då dessa kan kombineras med motsvarande värde på temperaturen. Följande kombinationer förekommer:

- 50-årsvärde på nederbörden och medelvärde på temperaturen under sjudagarsperioden.
- medelvärde på nederbörden och 50-årsvärde på temperaturen under sjudagarsperioden.

Exempel:

$$p_C = p_m * e^{a(T)*v} = 34.98 * e^{0.0486*1.62} = 37.8 \text{ m.m.}$$

$$p_C^{50} = p_m^{50} * e^{a(T)*v} = 92.61 * e^{0.0486*1.62} = 100.0 \text{ m.m.}$$

Alltså medelvärdet ökas med 8% i detta fallet.

1.4 " FYSISK VECKA "

För att erhålla en så korrekt fördelning som möjligt av beräknade 50-årsvärden och medelvärde av nederbörden skapas en s.k. fysisk vecka.

Den fysiska veckan visar hur nederbörden fördelar sig procentuellt per dag över en sjudagarsperiod.

50-årsvärdet respektive medelvärdet fördelas ut över den fysiska veckan, varpå nederbörden i m.m. vatten erhålls per dag.

Den erhållna nederbördsmängden per dag används vidare som ingångsparameter vid beräkning av avsmältning från glastaket.

För varje års dimensionerande sjudagarsperiod konstateras hur nederbörden fördelar sig, detta visas i diagram

1.4 a - 1.4 o.

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD ÅR 67-68

nederbörd Σ 27.8 mm

snö 1 mm vatten

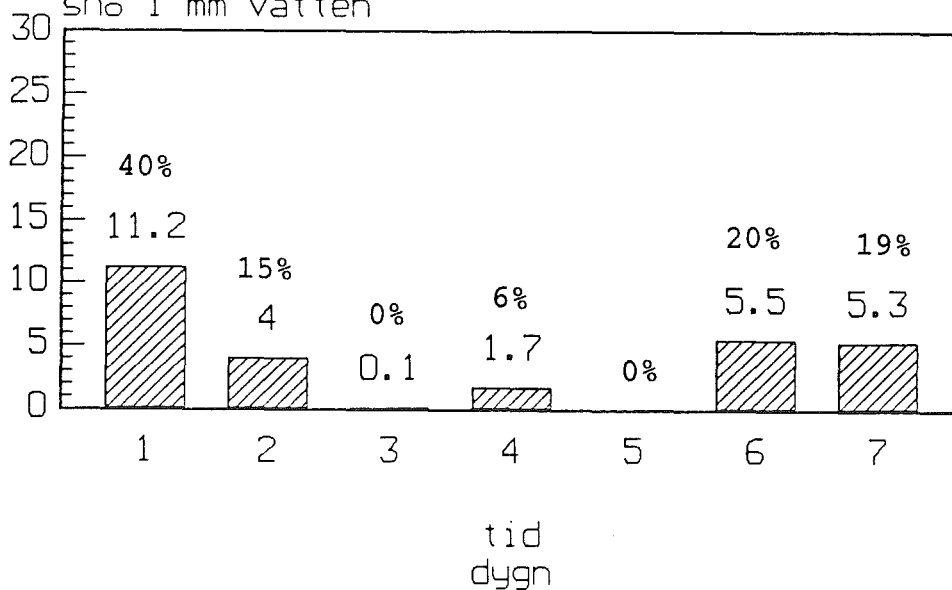


Diagram 1.4 a

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
68-69

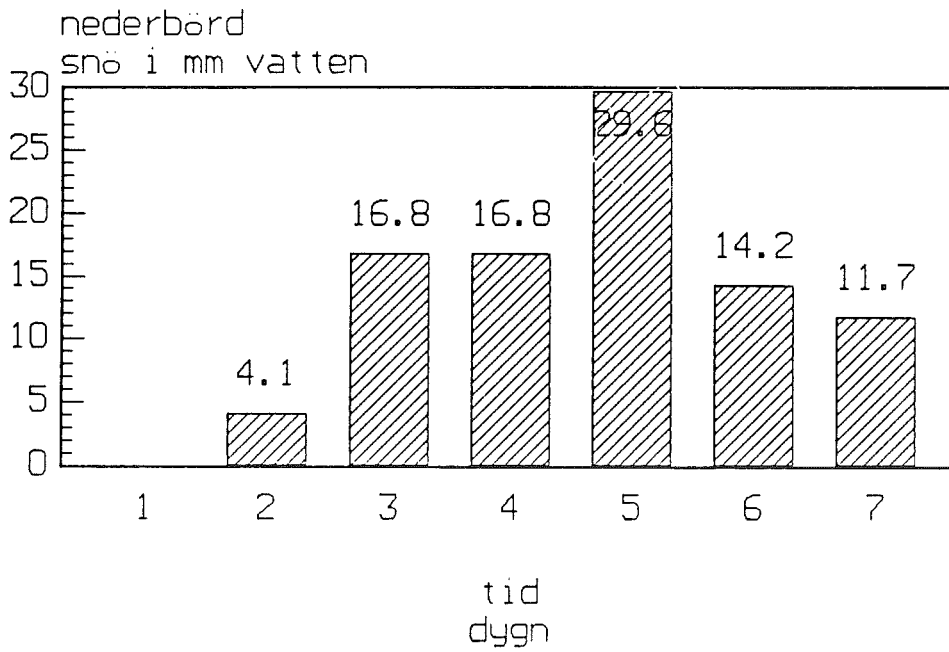


Diagram 1.4 b

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
69-70

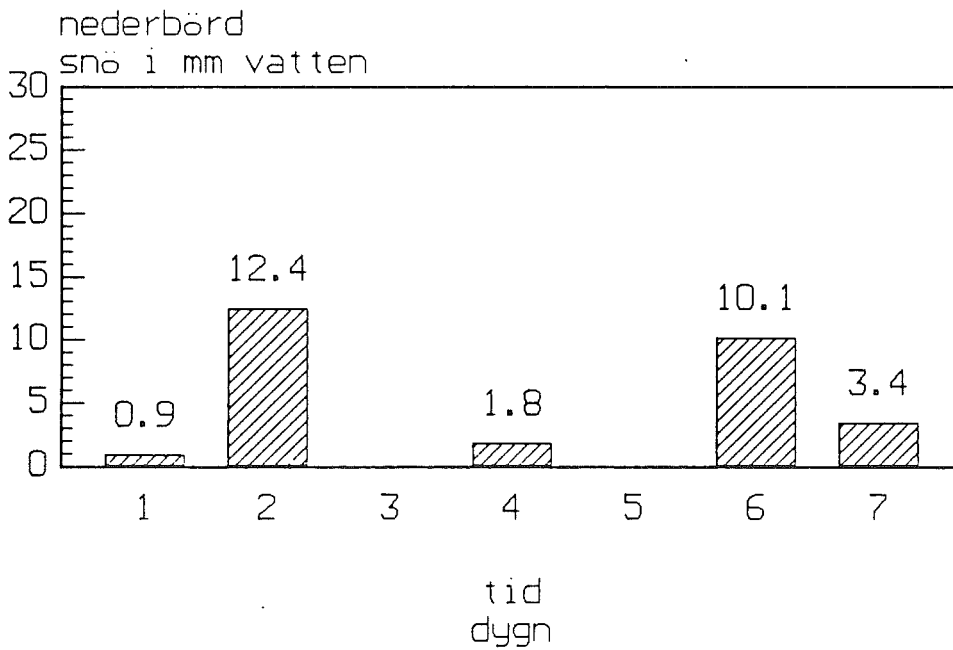


Diagram 1.4 c

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
70-71

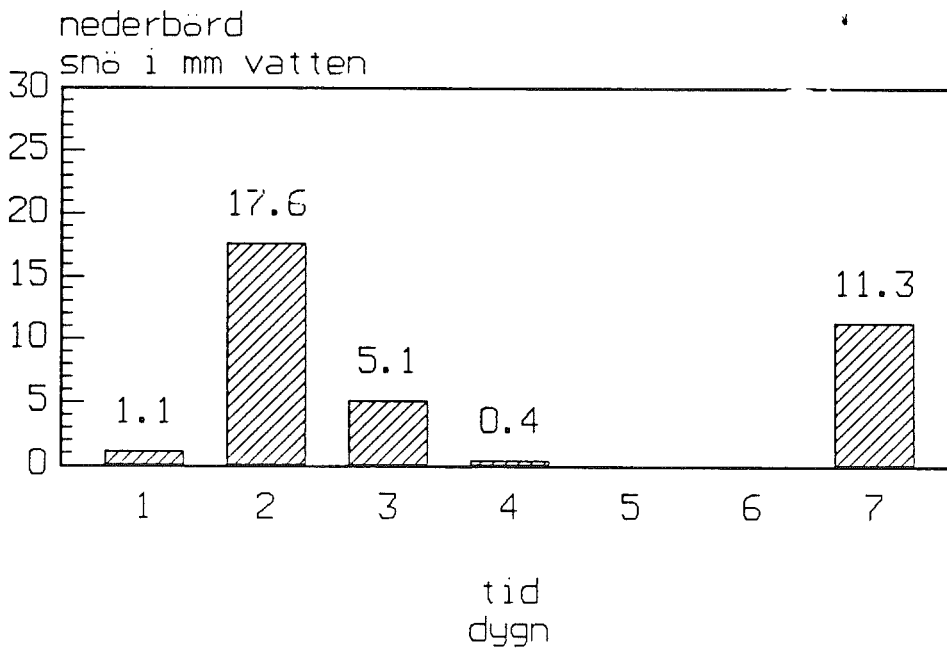


Diagram 1.4 d

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
71-72

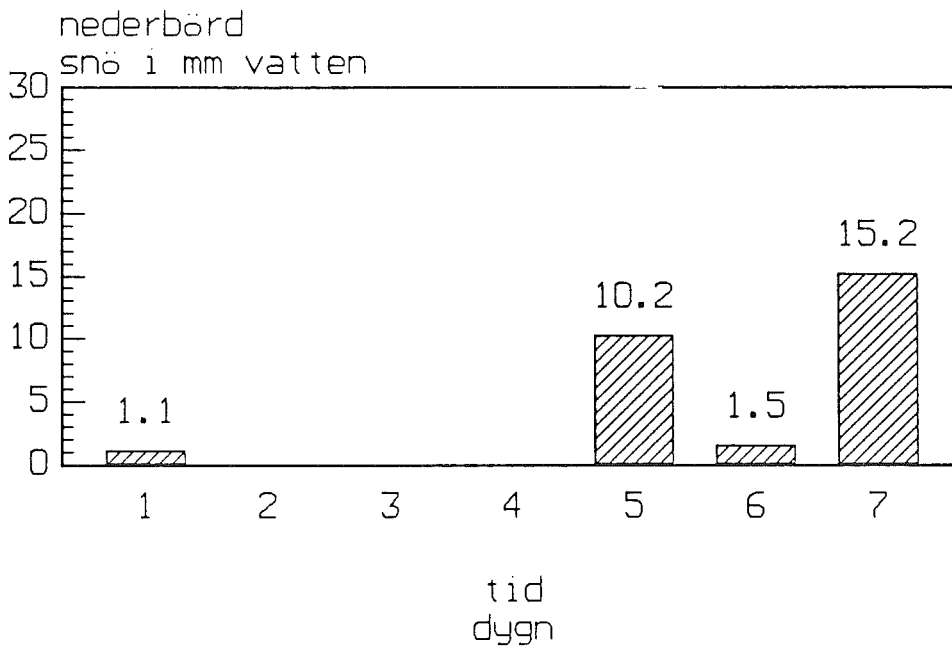


Diagram 1.4 e

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
72-73

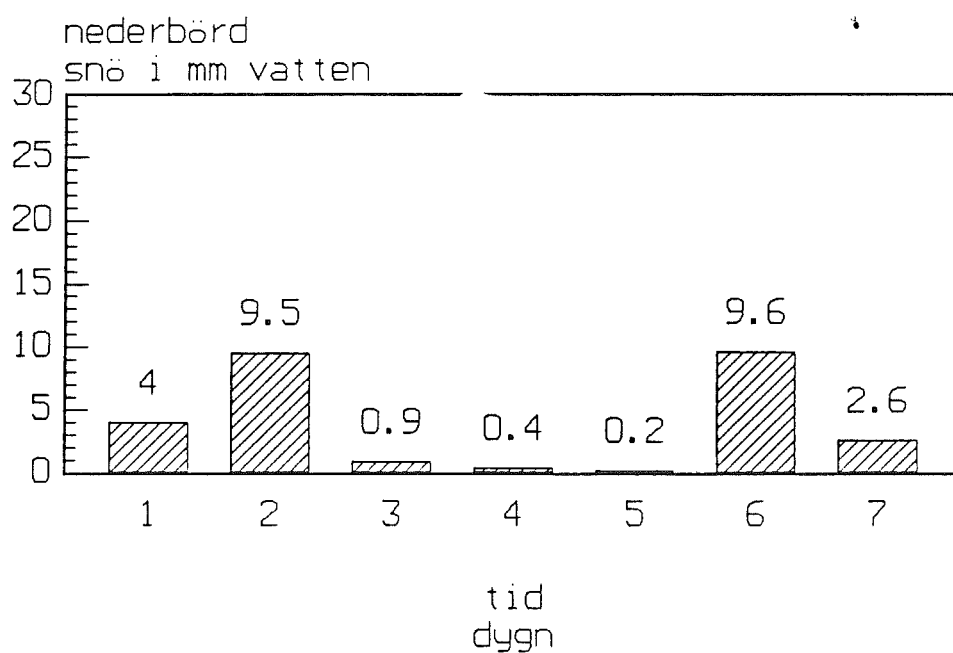


Diagram 1.4 f

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
73-74

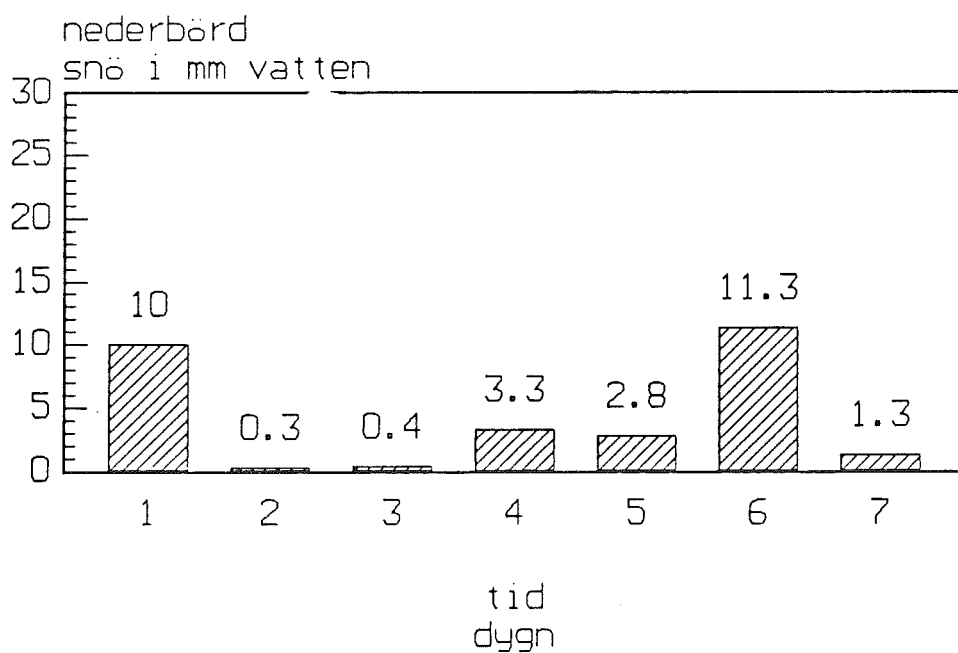


Diagram 1.4 g

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
74-75

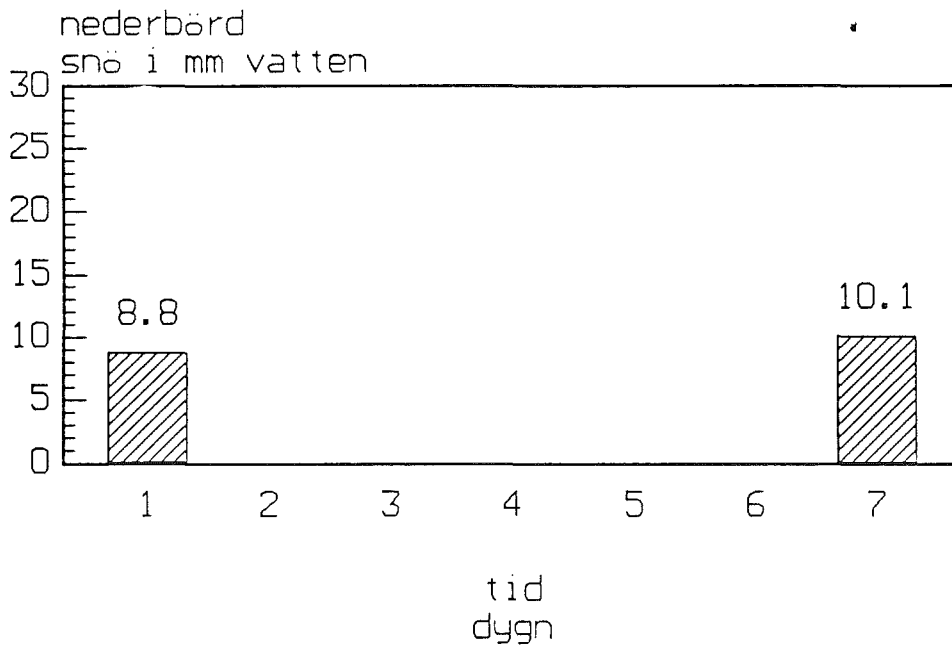


Diagram 1.4 h

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
75-76

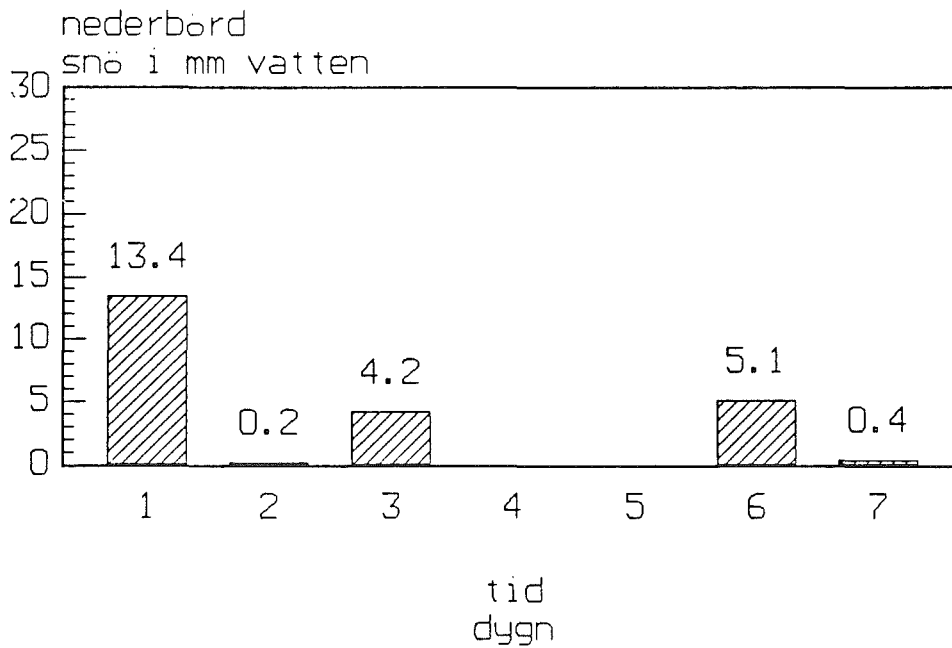


Diagram 1.4 i

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
76-77

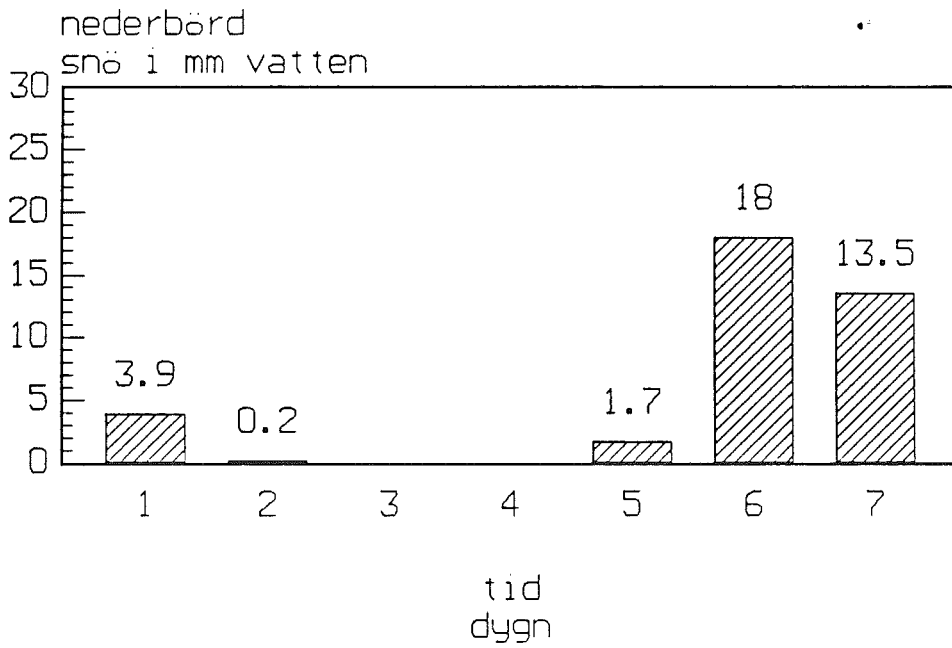


Diagram 1.4 j

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
77-78

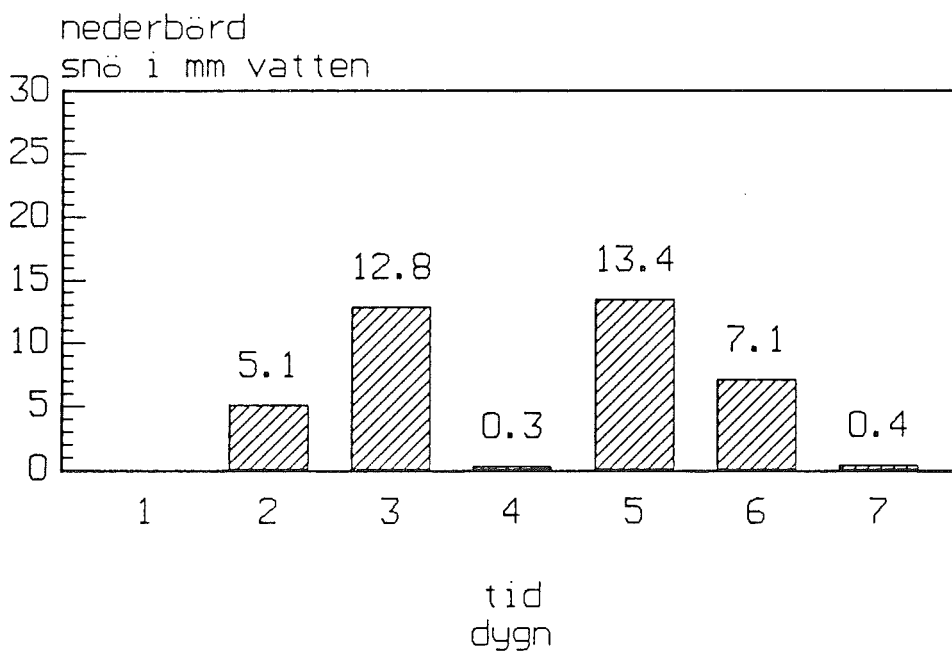


Diagram 1.4 k

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
78-79

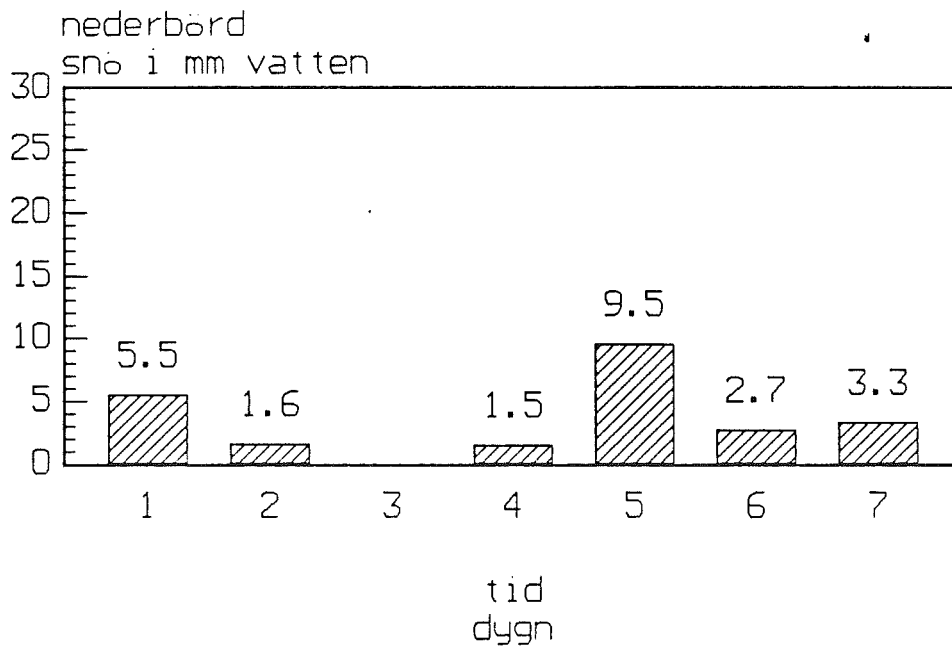


Diagram 1.4 l

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
79-80

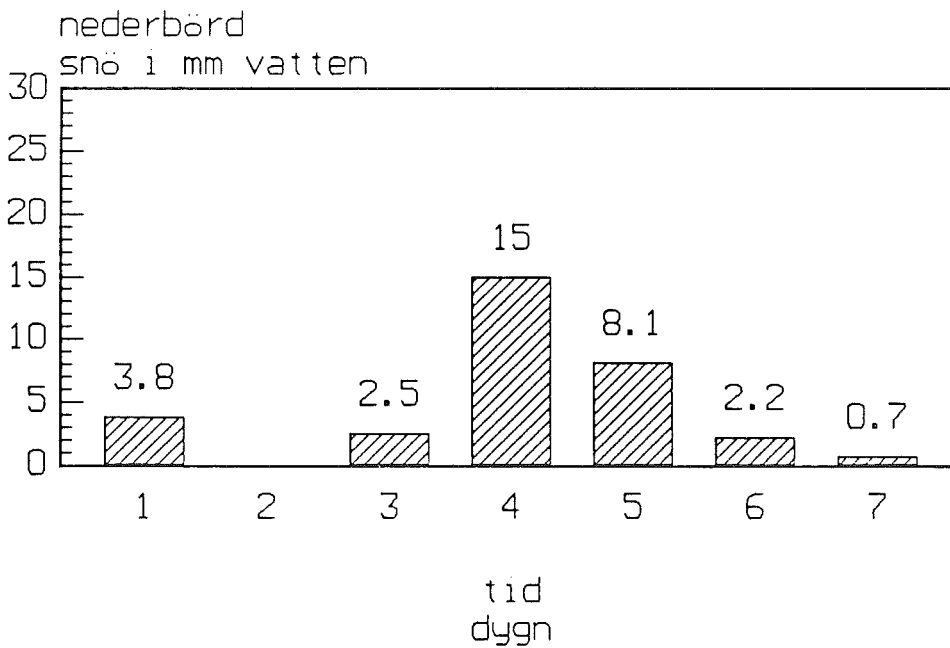


Diagram 1.4 m

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
80-81

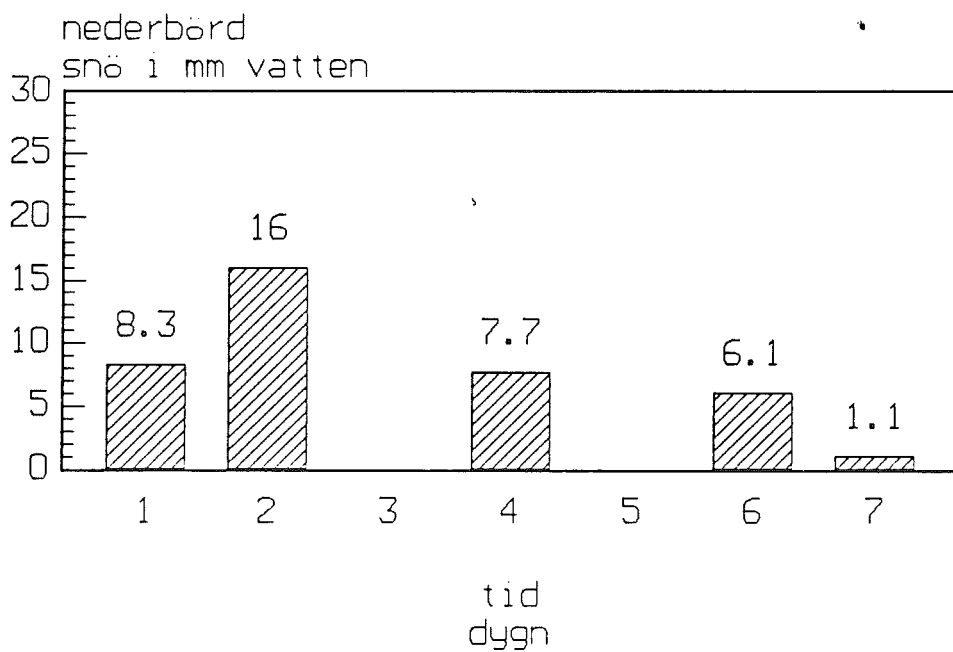


Diagram 1.4 n

NEDERBÖRD I FORM AV SNÖ
DIMENSIONERANDE 7-DAGARS PERIOD
81-67

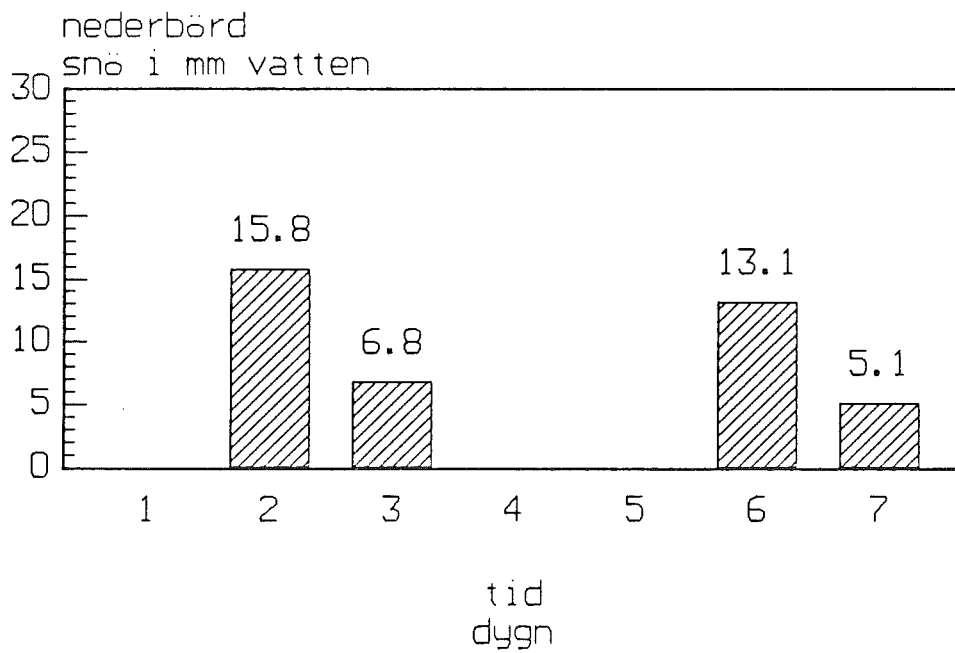


Diagram 1.4 o

Från dessa diagram framtages procentsatser för varje dag utav den totala nederbördsmängden under sjudagarsperioden, alltså horisontell summering ger 100%.

år	dagnr.							Σ
	1	2	3	4	5	6	7	
6768	40	15	0	6	0	20	19	100
6869	0	4	18	18	32	15	13	100
6970	3	43	0	7	0	35	12	100
7071	3	50	14	1	0	0	32	100
7172	4	0	0	0	36	6	54	100
7273	15	35	3	1	1	35	10	100
7374	34	1	1	12	9	39	4	100
7475	47	0	0	0	0	0	53	100
7576	57	1	18	0	0	22	2	100
7677	10	1	0	0	4	49	36	100
7778	0	13	33	0	35	18	1	100
7879	23	6	0	7	39	11	14	100
7980	12	0	7	47	25	7	2	100
8081	21	41	0	20	0	15	3	100
8167	0	39	16	0	0	33	12	100
medelv.	18	16	8	8	12	20	18	100

Tabell 1.4 p Procentuell fördelning av dimensionerande sjudagarsperioder.

Ett medelvärde beräknas för var och en av de sju dagarna, alltså medelvärde av procentsatserna vertikalt.

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
FALUN
MEDELVÄRDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

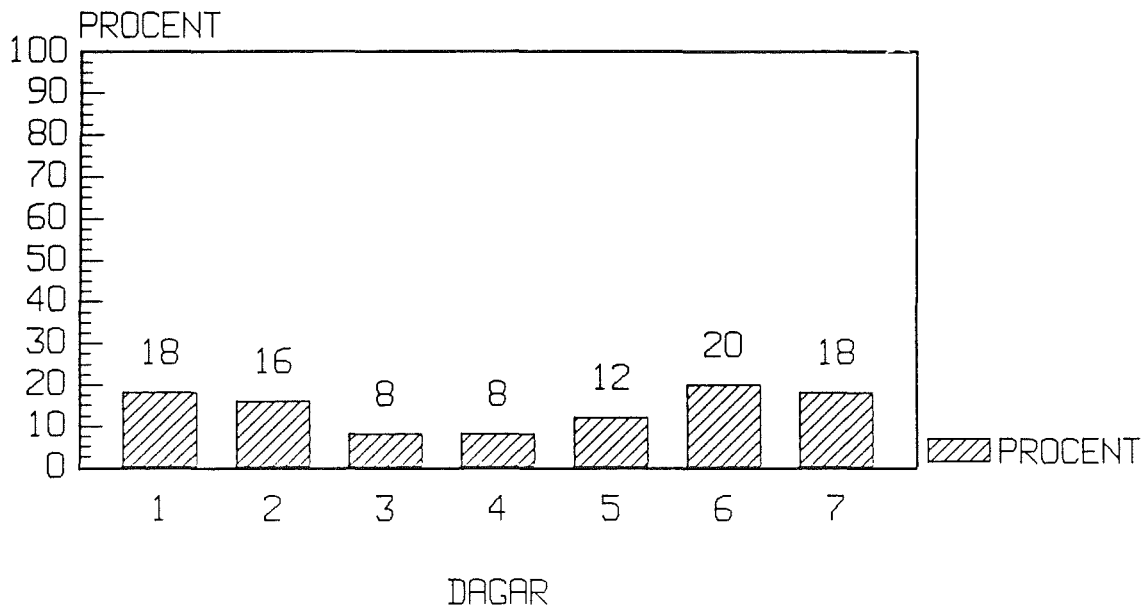


Diagram 1.4 g Fysisk vecka för Falun.

1.5 BERÄKNING AV SNÖNS AVSMÄLTNING

1.5.1 Teori för avsmältning

En värmefflödesmodell har använts för att beräkna reduktionen av snölast på glastaket p.g.a. värmeförluster genom glastaket, vilket resulterar i snöns avsmältning.

I samråd med tf. professor Kenneth Sandin vid avd. för Husbyggnadsteknik Lunds Tekniska Högskola har följande modell skapats:

$$dM = (dt/L)((k_1 * U_{\text{tak}} * T_1) + (k_2 * U_{\text{snö}} * T_2))$$

där dM = massan av smält snö per areaenhet

dt = tidsintervallet för beräknad avsmältning

L = smältvärmets per massenhet för snö

U_{tak} = värmegenomgångskoefficient för taket, med yttre värmegenomgångsmotstånd lika med noll

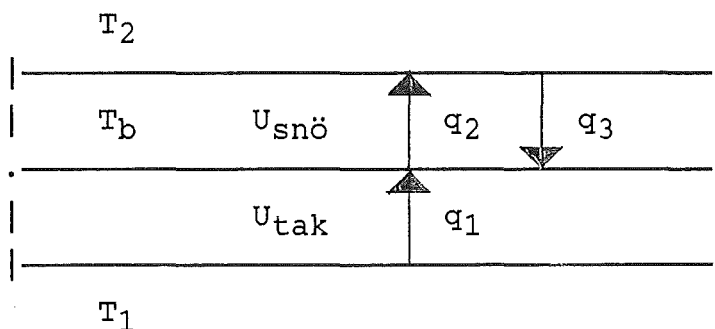
$U_{\text{snö}}$ = värmegenomgångskoefficient för snölagret på taket, med värmeövergångsmotståndet i botten av snölagret lika med noll

T_1 = innetemperaturen

T_2 = utetemperaturen

k_1, k_2 = konstanter som antar värdena ett eller noll beroende på i vilka skikt värmefflöde förekommer som bidrar till avsmältning

T_b = temperaturen i botten av snölagret



Värmefflödet: $q = u * dT$

T_b är alltid lika med noll vid smältning.

I och med att $T_b = 0$ fås den kritiska utetemperaturen, T_2^{cr} , som inte får underskridas om avsmältning skall vara möjlig.

Kritiska utetemperaturen erhålls enligt följande:

$T_b = 0$, utan avsmältning

$q_1 = q_2$, värmeflödena lika

$q_1 = U_{tak} * T_1$

$q_2 = U_{snö} * (-T_2)$

då värmeflödena är lika fås

$T_2^{cr} = -(U_{tak}/U_{snö}) * T_1$

Modellen ger att tre olika fall är aktuella vid beräkning av avsmältning.

Fall 1: Utetemperaturen är lägre än kritisk utetemperatur $T_2 < T_2^{cr}$, vilket medför att $T_b < 0$ detta ger ingen avsmältning.

$$q_1 = q_2 = 0 \quad \text{alltså} \quad k_1 = k_2 = 0$$

Fall 2: Utetemperaturen är högre än kritisk utetemperatur och även högre än noll, $T_2 > T_2^{cr}$ och $T_2 > 0$.

Värmeflödet går från varmt till kallt vilket resulterar i att flödet inifrån endast passerar genom taket till gränsskiktet mellan snö och tak.

$$q_1 = U_{tak} * (T_1 - T_b) = U_{tak} * T_1$$

$$q_2 = 0$$

$$\text{alltså} \quad k_1 = 1 \quad \text{och} \quad k_2 = 0$$

Fall 3: Utetemperaturen är högre än kritisk utetemperatur men lägre än noll, $T_2 > T_2^{cr}$ och $T_2 < 0$.
Värmeflödet inifrån passerar både taket och snöskiktet.

$$q_1 = U_{tak} * (T_1 - T_b) = U_{tak} * T_1$$

$$q_2 = U_{snö} * (T_b - T_2) = U_{snö} * (-T_2)$$

alltså $k_1 = 1$ och $k_2 = 1$

Man kan även ta hänsyn till solstrålningens inverkan på avsmältningsförloppet med följande samband:

$$q_3 = a * U_{snö} * (T_2 - T_b)$$

a = absorptionskoefficient, ungefär 0.3 för snö

Detta har utelämnats p.g.a. att kopplingen mellan solstrålning och dimensionerande sjudagarsperiod är svår att uppskatta.

Även om solstrålningen medtages ger detta en obetydlig inverkan på resultatet.

Ett utelämnande av termen q_3 ger ett resultat på säkra sidan.

1.5.2 Datorbehandling av avsmältning

Teorin som har beskrivits i föregående avsnitt har resulterat i ett datorprogram. Datorprogrammet har skapats utifrån ett liknande program av Rune Sandvik vid Norges Byggstandardiseringsråd.

De parametrar som läses in till programmet är följande:

- Tidsintervall (h)
- Innetemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
- U-värde på taket ($\text{W}/\text{m}^2\text{C}$)
- Utetemperatur ($^{\circ}\text{C}$)
- Nederbörds mängd (m.m. vatten)
- Snöns densitet (kg/m^3)

Då nederbörden mätes en gång per dygn är det även här lämpligt att använda samma tidsintervall, 24 timmar.

Vid val av innetemperatur har hänsyn tagits till SBN's indelning av temperaturzoner, $0-10^{\circ}\text{C}$, $10-18^{\circ}\text{C}$ och 18°C och varmare.

Tre olika innetemperaturer $+5^{\circ}\text{C}$, $+10^{\circ}\text{C}$ och $+18^{\circ}\text{C}$ har undersökts i kombination med 2 olika U-värde $2.0 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$ och $3.0 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$, vilket motsvarar en 3-glasruta respektive en 2-glasruta.

Dessa 6 fall har undersökts för 50-årsvärdet på nederbörden, p_C^{50} , i kombination med medelvärdet på utetemperaturen T .

I de fall när kvarvarande snö på tak understiger medelvärdet på nederbörden, p_C , undersöks kombinationen p_C och 50-årsvärdet på utetemperaturen T^{50} .

Den nederbördsmängd som läses in är kvarvarande snö på taket från föregående dag plus dagens nederbörd. Det förutsätts att ingen snö finns på taket då den dimensionerande sjudagarsperioden börjar.

Densiteten används för bestämning av värmekonduktiviteten Λ , vilket i sin tur bestämmer snöns värmegenomgångskoefficient $U_{\text{snö}}$.

Teorin för dessa samband visas nedan. Diagram 1.5.2 a kan plottas med värden erhållna ur " Handbook of snow ".

Kurvan kan uttryckas matematiskt med formeln
 $\Lambda = (R_o - 100) * 0.001 + 0.05$, $100 \leq R_o \leq 350$

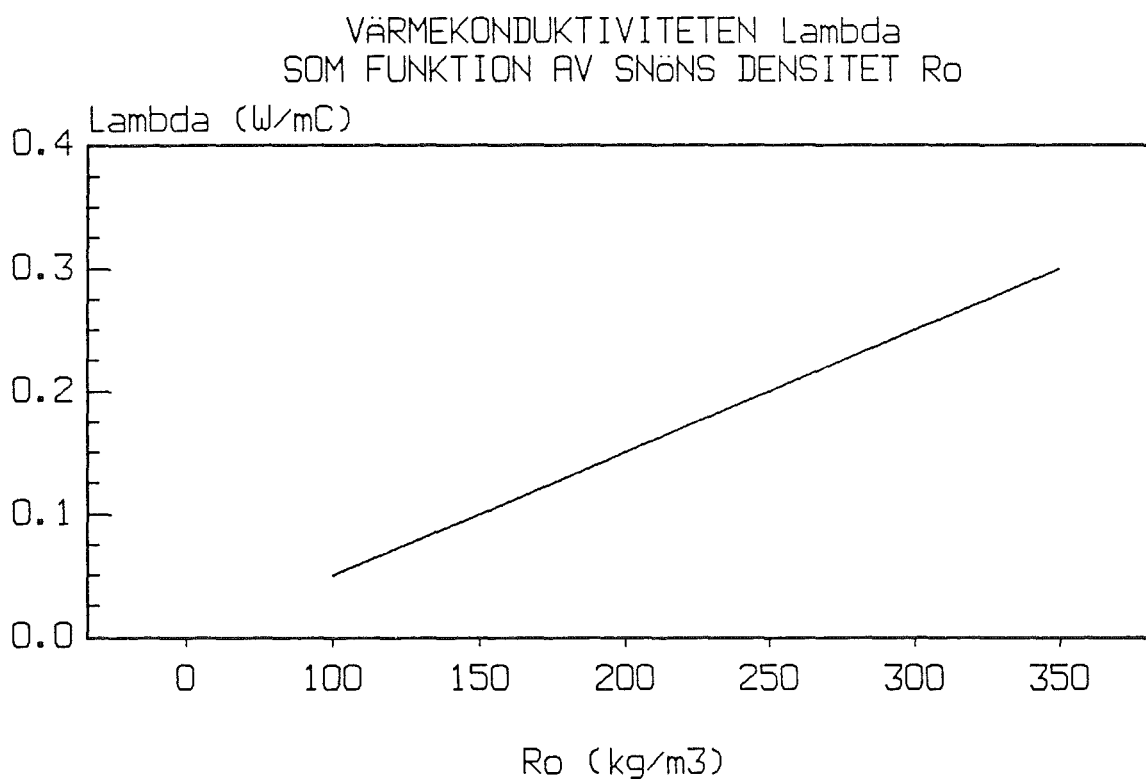


Diagram 1.5.2 a Förhållandet värmekonduktivitet-densitet.

I diagram 1.5.2 a som redovisades på föregående sida, erhålls $U_{\text{Snö}}$ genom följande beräkning:

$$q_{\text{Snö}} = \text{snölast på glastak (kN/m}^2\text{)}$$

$$d = \text{snödjup (m)}$$

$$p = \text{nederbörd (mm vatten)}$$

$$q_{\text{Snö}} = 9.81 * p * 0.001$$

$$d = q_{\text{Snö}} / R_o * 9.81 * 0.001$$

$$U_{\text{Snö}} = 1 / (d / \text{Lambda} + 0.04) \quad (\text{W/m}^2\text{°C})$$

För att erhålla en enklare matematisk hantering av avsmältning söktes ett konstant värde på densiteten.

För att få ett så korrekt värde som möjligt på densiteten har tre stycken olika metoder använts.

Metod 1 (Egen modell)

$$p = \text{nederbörd (mm vatten)}$$

$$d = \text{snödjup (m)}$$

$$R_o = \text{densitet (kg/m}^3\text{)}$$

$$R_o = R_{o\text{vatten}} * p * 0.001 / d$$

Metod 2 (Svensk modell enl. " Snödjup och vattenvärde rapport 24 ")

$$t = \text{antal dygn snön har legat}$$

$$R_o = 136 + 0.8 * t$$

Metod 3 (Rysk modell enl." Snödjup och vattenvärde
rapport 24 ")

d = snödjup (m)

T^3 = medeltemperatur av årets 3 kallaste månader ($^{\circ}\text{C}$)

$$R_o = 255 + d \cdot 100 / 2 + T^3 \cdot 6$$

Beräkningarna utföres för den sjudagarsperiod som ger mest nederbörd under året.

Metoderna ger värden enligt följande:

I tabellen anges densiteterna i kg/m^3

År	Metod 1	Metod 2	Metod 3
67/68	? *	211.2	213.0
68/69	233	144.8	225.7
69/70	? *	141.6	188.4
70/71	164	175.2	248.3
71/72	? *	202.4	236.9
72/73	132	163.2	261.7
73/74	140	169.6	249.4
74/75	? *	142.4	246.6
75/76	122	143.2	227.4
76/77	233	161.6	229.8
77/78	195	140.8	229.4
78/79	203	173.6	234.8
79/80	198	140.0	209.3
80/81	145	160.0	240.7
81/67	? *	143.2	212.4

* Frågetecken innebär att mätvärdena ej varit tillfredställande

Tabell 1.5.2 b Sammanställning av densitetsberäkning.

Synpunkter ifrån sakkunniga har inhämtats om ett rimligt konstant värde på densiteten. PhD Lars Anderberg på avdelningen för Teknisk vattenresurslära vid Lunds Tekniska högskola hävdar att densiteten ej överstiger 150 kg/m^3 .

Tekn. lic. Anker F. Nielsen och ingenjör Carsten Dreier vid Norges Byggeforskningsinstitut i Trondheim, menar att snöns densitet på glastak ej överstiger 100 kg/m^3 . Detta motiveras med att snön på glastaket ej ligger kvar någon längre tid, så att någon packning av snön ej är möjlig.

Rune Sandvik vid Norges Byggstandardiseringsråd i Oslo är något försiktigare i sin bedömning och framhåller att en densitet på 250 kg/m^3 ligger på säkra sidan.

Rune Sandvik arbetar med normskrivning till norsk standard och är i färd med att avsluta ett förslag, hur man skall reducera snölasten på glastak i Norge, där densiteten sättes till en konstant lika med 250 kg/m^3 .

Fortsättningsvis kommer densiteten att sättas till 250 kg/m^3 i samtliga beräkningar.

1.6 RESULTAT

Som utparametrar från datorbehandlingen erhålls avsmältning per dygn i mm vatten, samt kvarvarande mängd snö på glastaket också givet per dygn och i m.m vatten.

Resultatet av beräkningarna redovisas i form av kurvor visande smält snö, kvarvarande snö på taket och ackumulerad snömängd på mark.

I diagram 1.6 a - 1.6 f redovisas resultatet för nederbördens 50-årsvärde och medeltemperatur.

Då maximal kvarvarande snömängd på taket under sjudagarsperioden är mindre än medelvärdet av nederbörden över samma period, undersöks även fallet med medelvärde på nederbörden och 50-årsvärde på utetemperaturen.

I exemplet inträffar detta endast då innetemperaturen är lika med $+18^{\circ}\text{C}$ och takets U-värde är lika med $3.0 \text{ W/m}^2\text{C}$, vilket visas i diagram 1.6 c.

I diagram 1.6 g redovisas resultatet av medelvärde på nederbörden och 50-årsvärde på utetemperaturen.

En sammanställning av de dimensionerande fallen för samtliga 10 stationer som har undersökts redovisas i tabellform på sidorna 100 - 102.

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
FALUN

UTETEMP=-2.96 C , INNETEMP=5 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

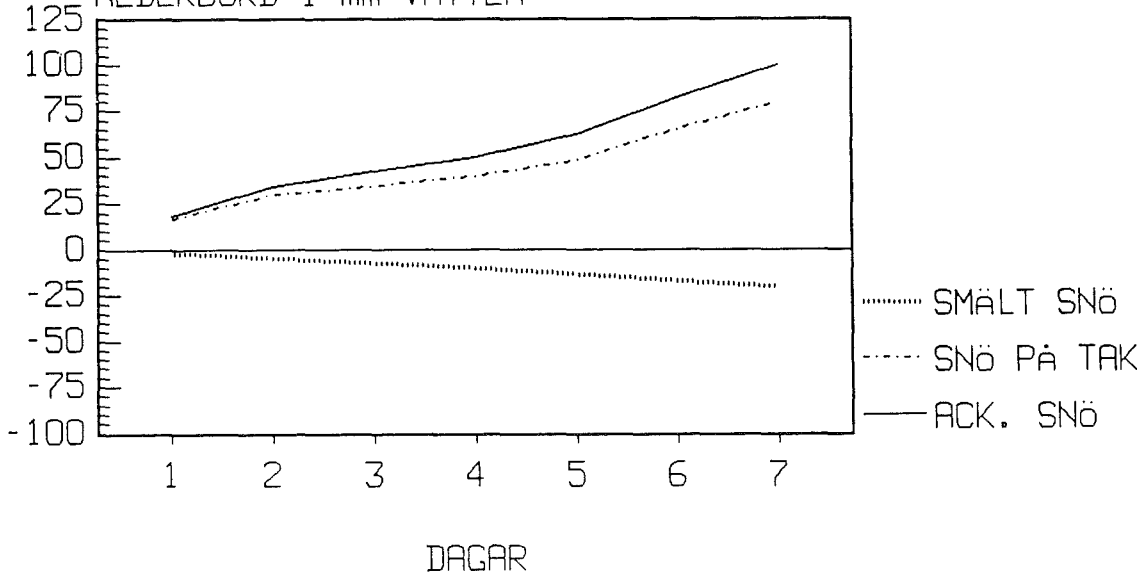


Diagram 1.6 a

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
FALUN

UTETEMP=-2.96 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

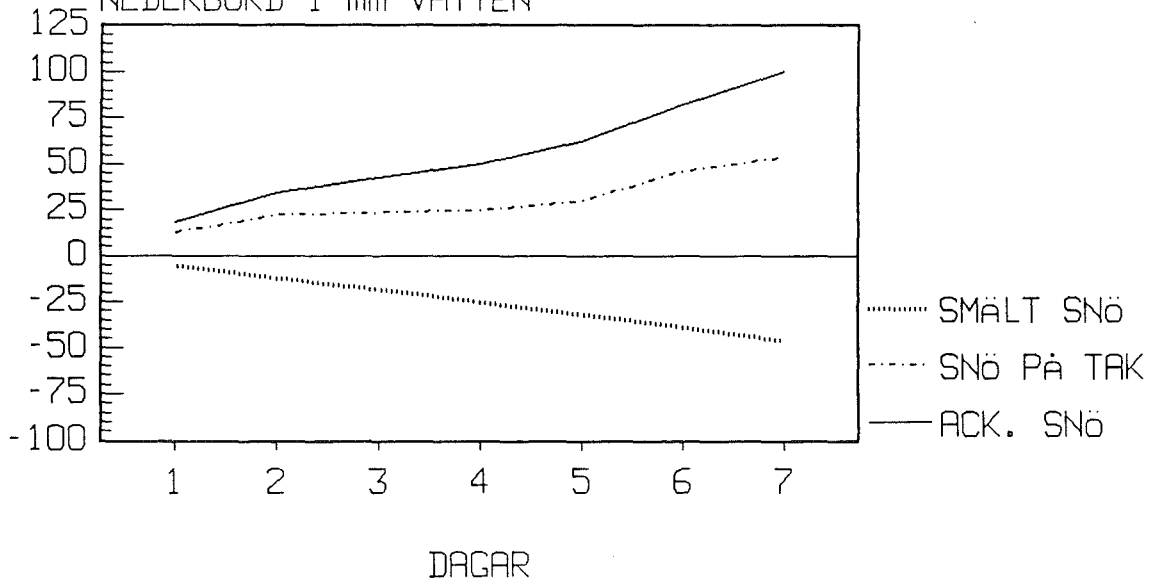


Diagram 1.6 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

FALUN

UTETEMP=-2.96 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

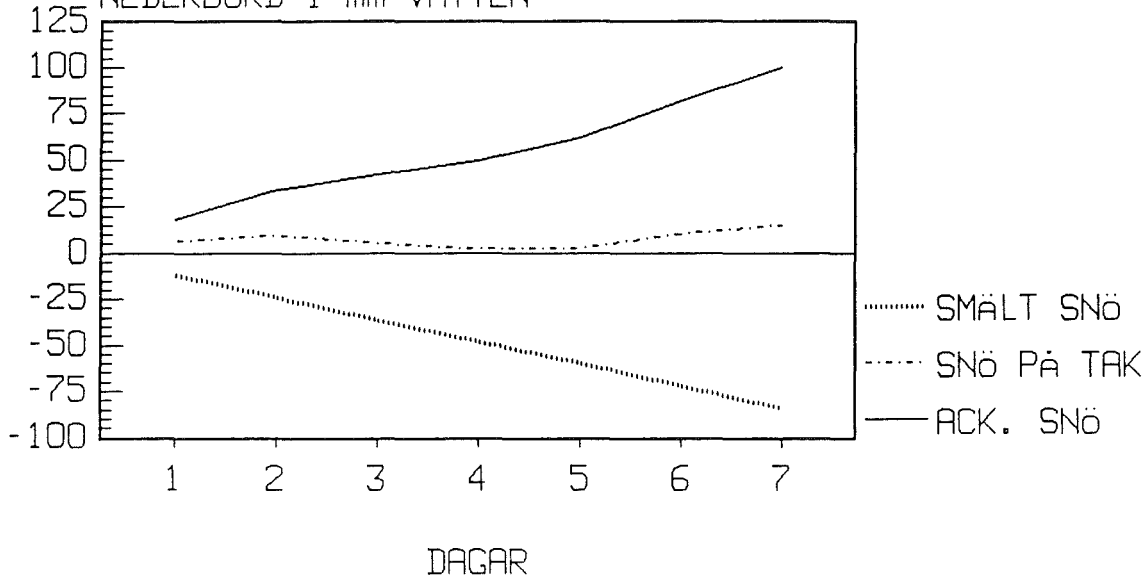


Diagram 1.6 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

FALUN

UTETEMP=-2.96 C , INNETEMP=5 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

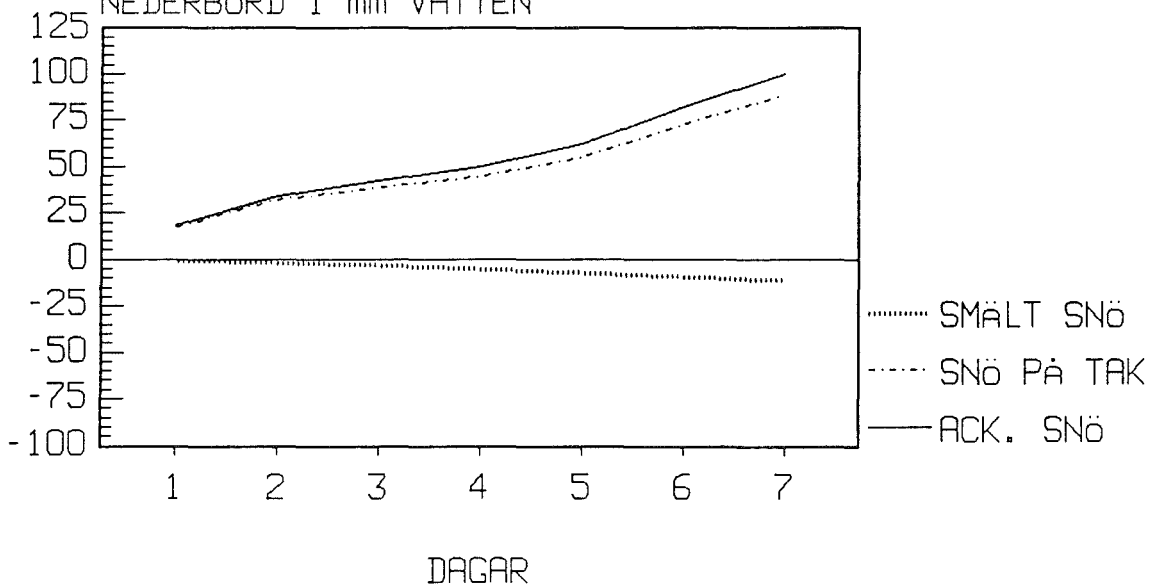


Diagram 1.6 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
FALUN

UTETEMP=-2.96 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

NEDERBÖRD I mm VATTEN

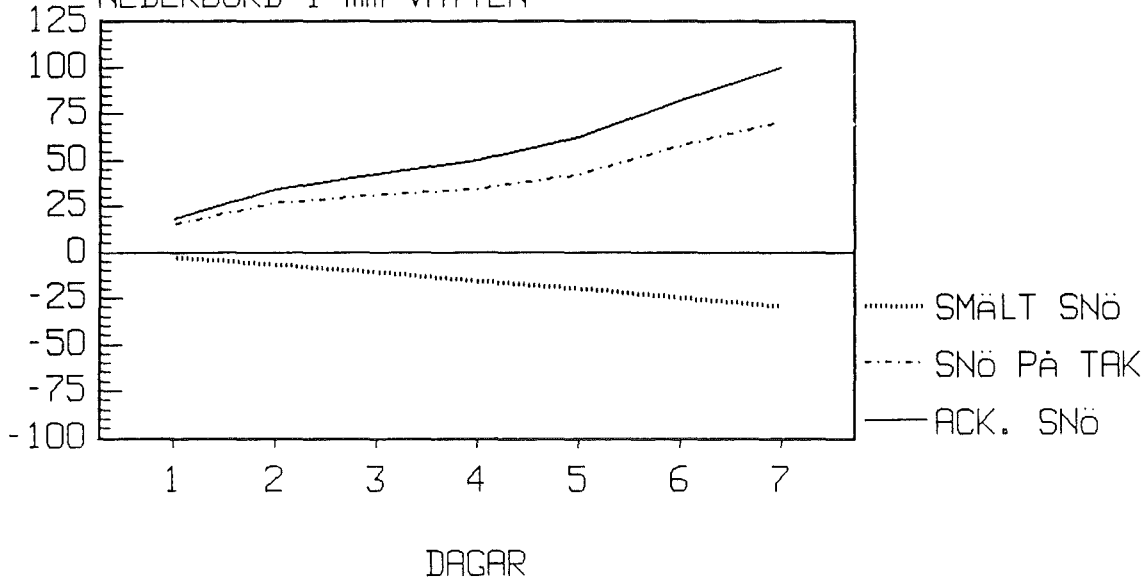


Diagram 1.6 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
FALUN

UTETEMP=-2.96 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

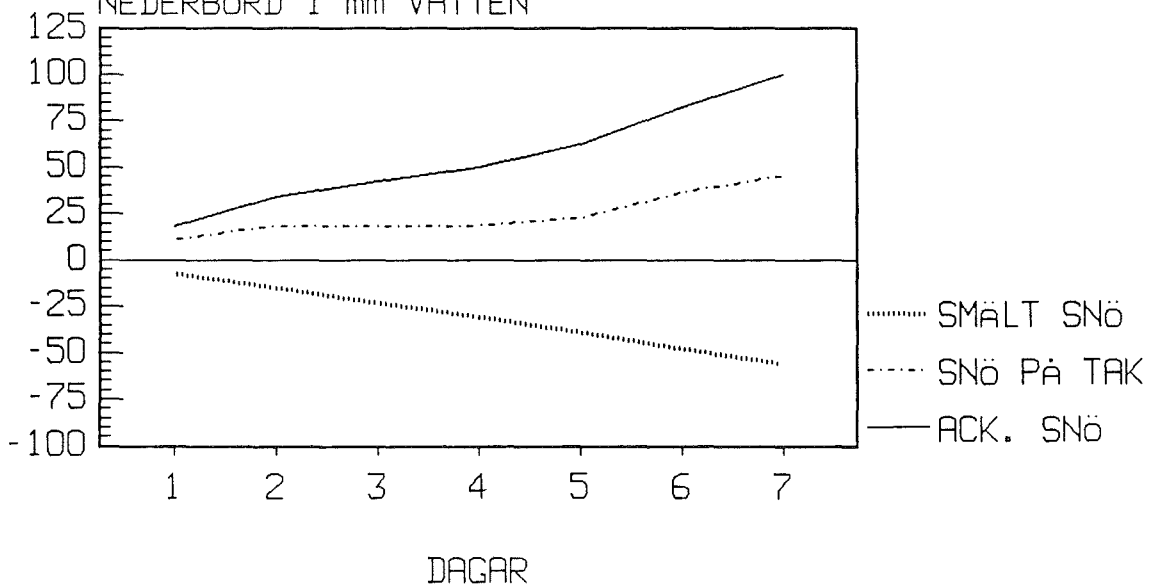


Diagram 1.6 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

FALUN

UTETEMP=-16.37 C , INNETEMP=18 C
U-VARDE=3 W/m2C , DENSITET=250 kg/m3.

NEDERBÖRD I mm VATTEN

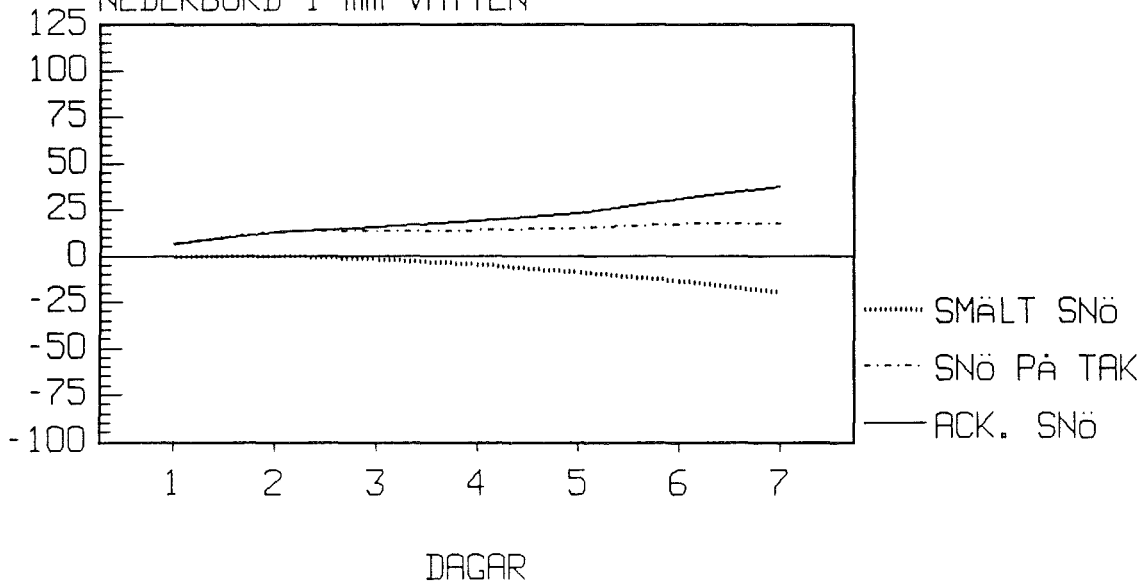


Diagram 1.6 g

2 SAMMANSTÄLLNING AV ÖVRIGA UNDERSÖKTA STATIONER

2.1 HAPARANDA

2.1.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 39.88$$

$$S = 12.14$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.0841$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 33.7806$$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 80.19 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 5.768$, chi-två(8) på 5%-nivån = 15.5

Temperatur:

$$M = 24.58 ; \text{verkligt medelvärde } T = -4.58^\circ\text{C}$$

$$S = 6.39$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.1597$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 21.3693$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 45.80 ; T^{50} = -25.80^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 10.849$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Vind:

$$v_0 = 4.50 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 3.53 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbörds mängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.19$$

$$p_c^{50} = 80.19 * 1.19 = 95.4 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 39.88 * 1.19 = 47.5 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
HAPARANDA
MEDELVÄRDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

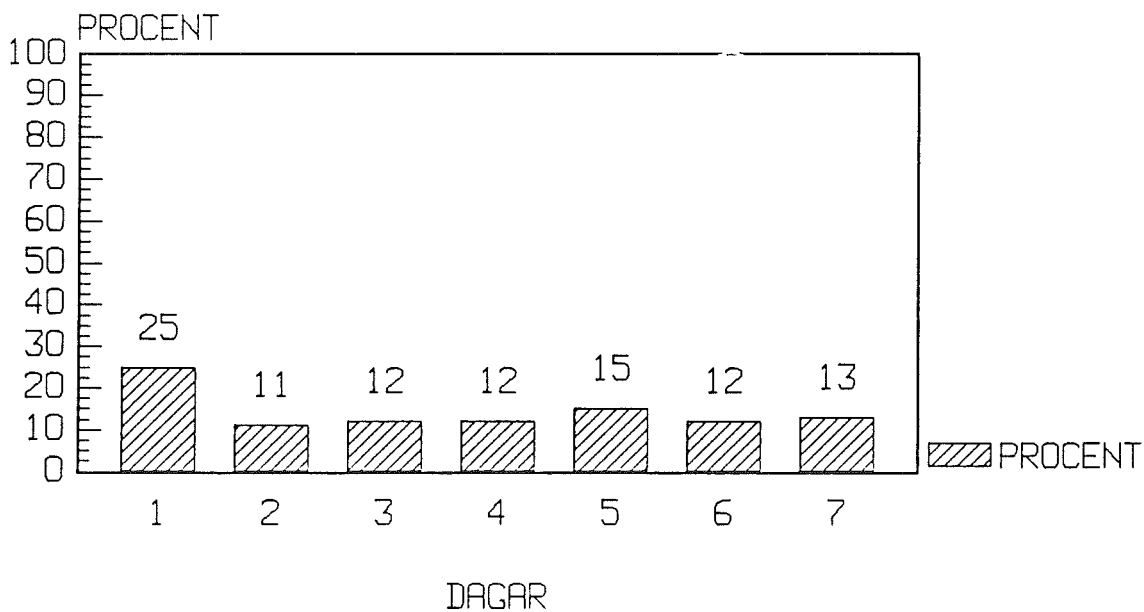


Diagram 2.1.1 a

2.1.2 Resultat

45

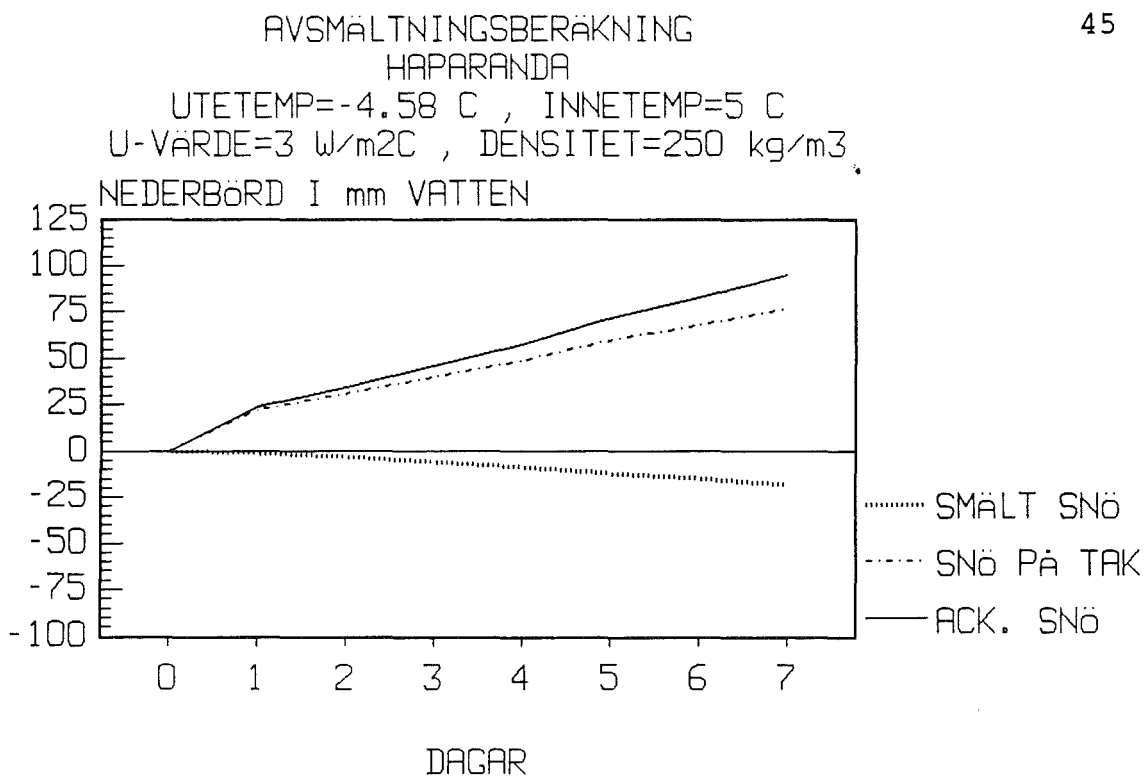


Diagram 2.1.2 a

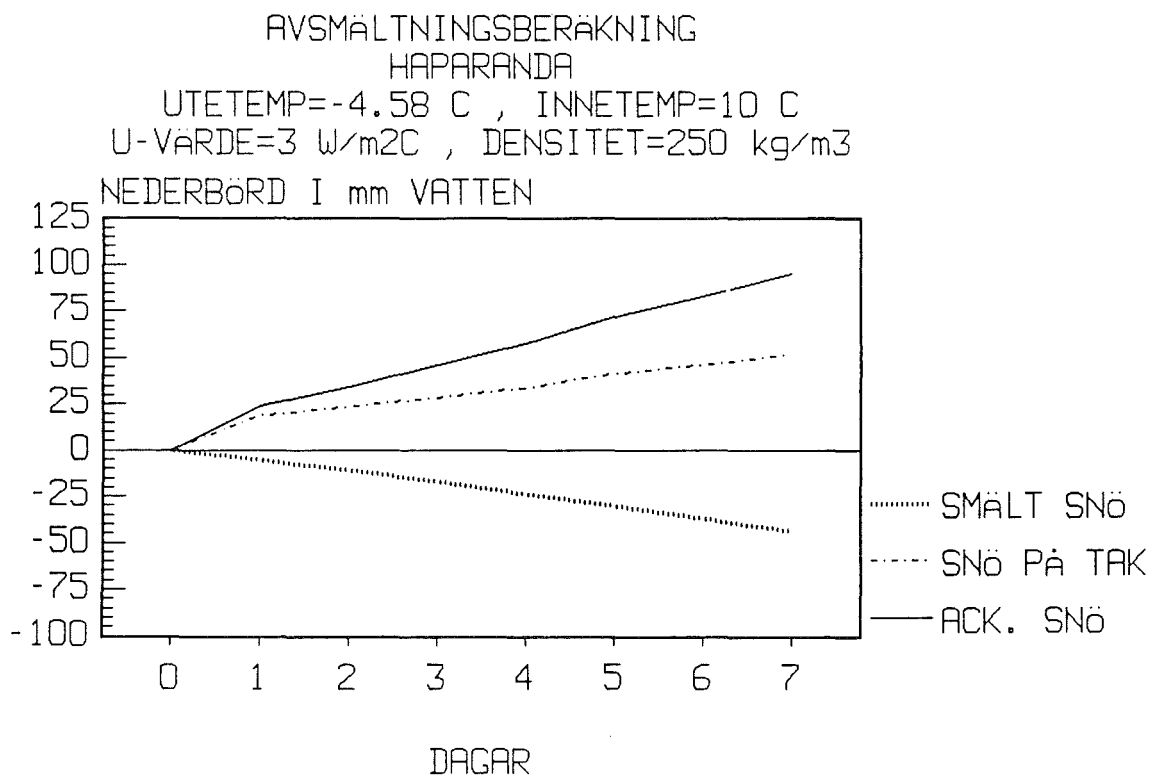


Diagram 2.1.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HAPARANDA

UTETEMP=-4.58 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

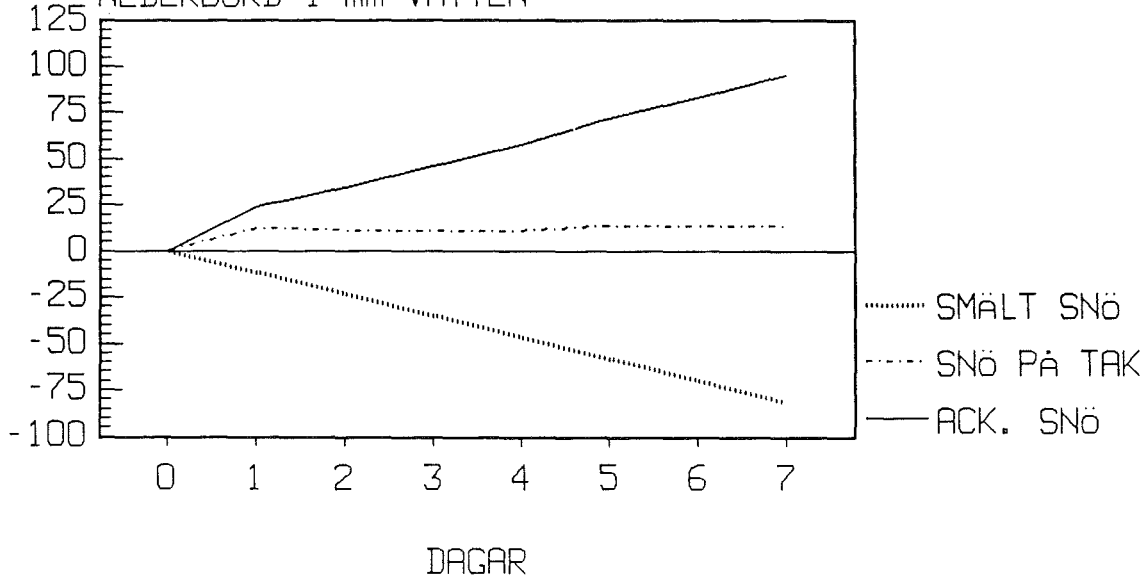


Diagram 2.1.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HAPARANDA

UTETEMP=-4.58 C , INNETEMP=5 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

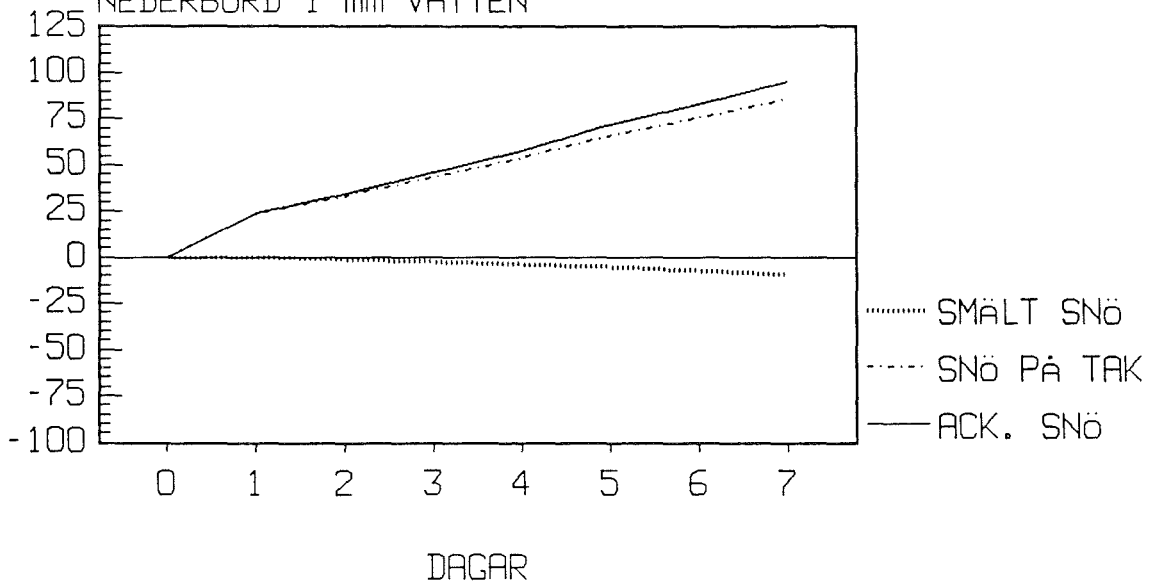


Diagram 2.1.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
HAPARANDA

UTETEMP=-4.58 C , INNETEMP=10 C
U-VARDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

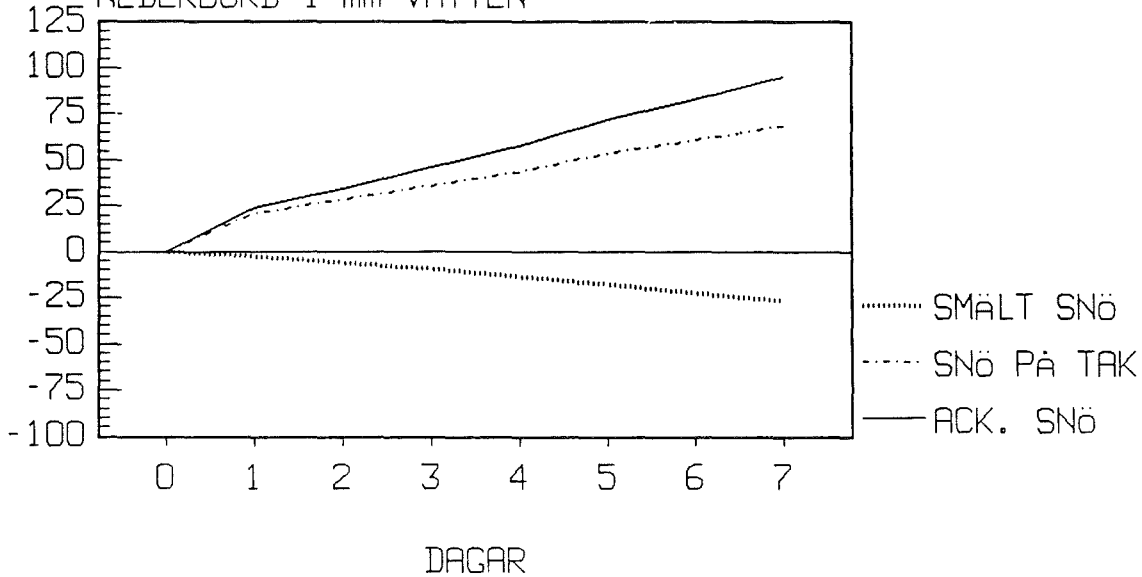


Diagram 2.1.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
HAPARANDA

UTETEMP=-4.58 C , INNETEMP=18 C
U-VARDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

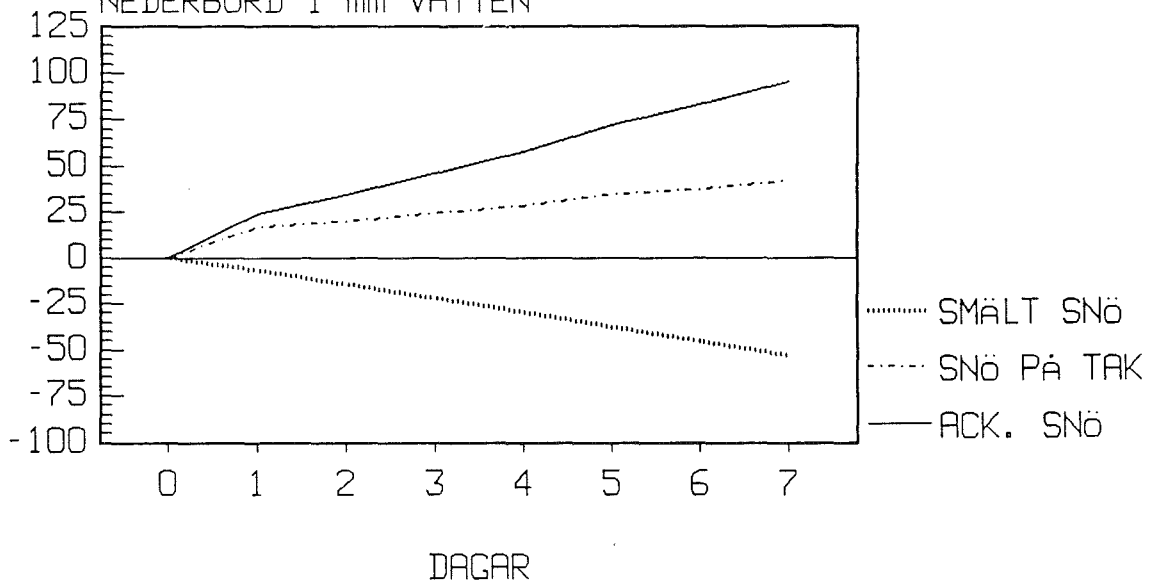


Diagram 2.1.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HAPARANDA

UTETEMP=-25.8 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

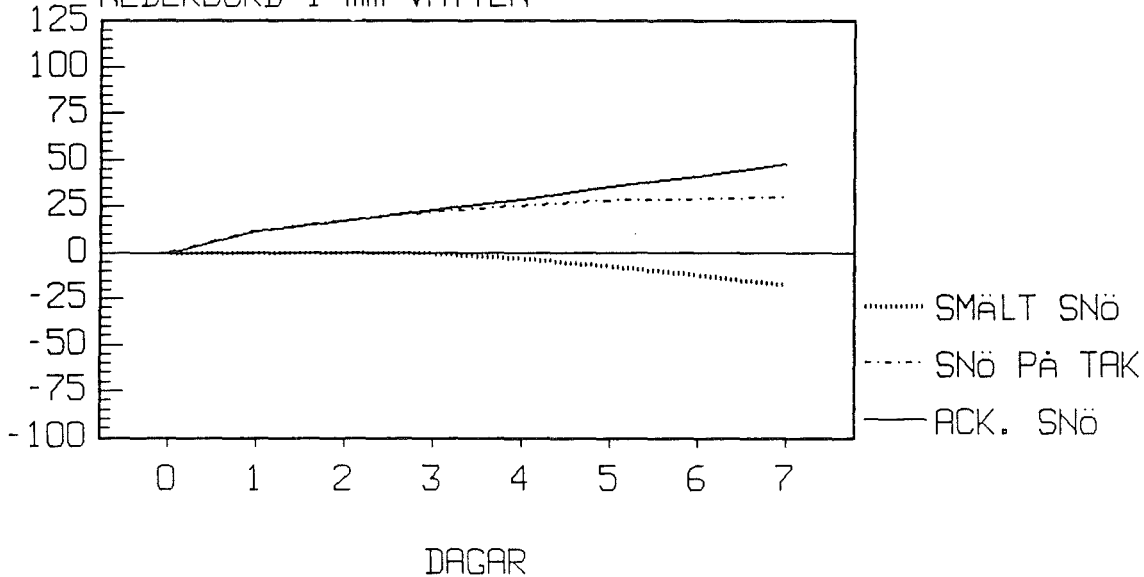


Diagram 2.1.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HAPARANDA

UTETEMP=-25.8 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

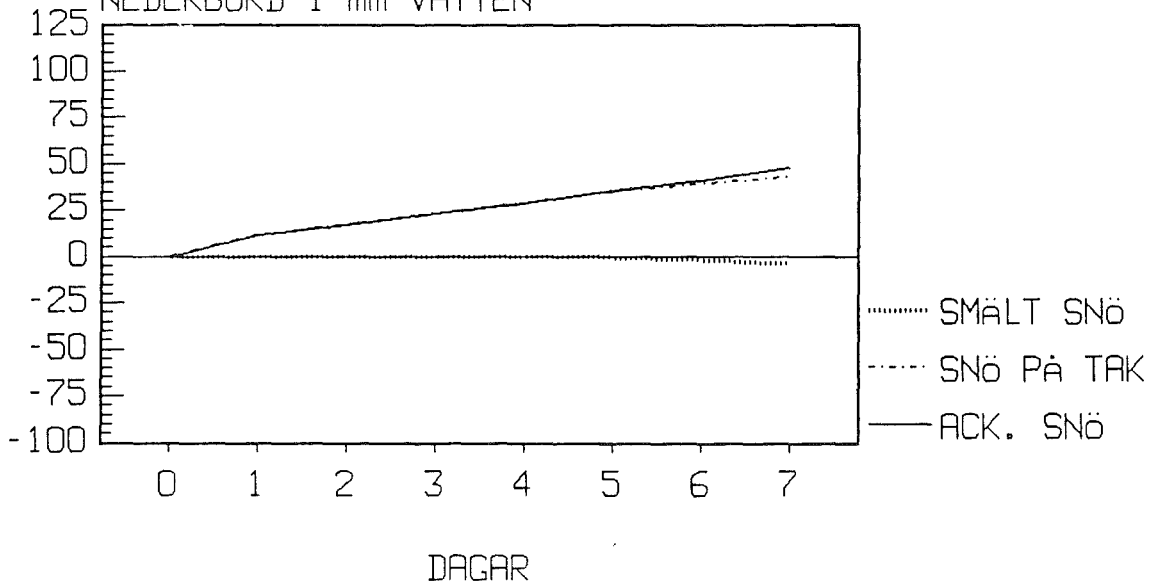


Diagram 2.1.2 h

2.2 STENSELE

2.2.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 31.56$$

$$S = 8.70$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.1174$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 27.1902$$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 60.43 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 8.911$, chi-två(8) på 5%-nivån = 15.5

Temperatur:

$$M = 25.70 ; \text{verkligt medelvärde } T = -5.70^\circ\text{C}$$

$$S = 6.11$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.1671$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 22.6269$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 45.98 ; T^{50} = -25.98^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 4.123$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Vind:

$$v_0 = 1.89 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 \cdot (z/z_0)^c = 1.48 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbördsmängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_C = p_m \cdot e^{a(T) \cdot v} = p_m \cdot 1.13$$

$$p_C^{50} = 60.43 \cdot 1.13 = 68.2 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_C = 31.56 \cdot 1.13 = 35.6 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
STENSELE
MEDELVÄRDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

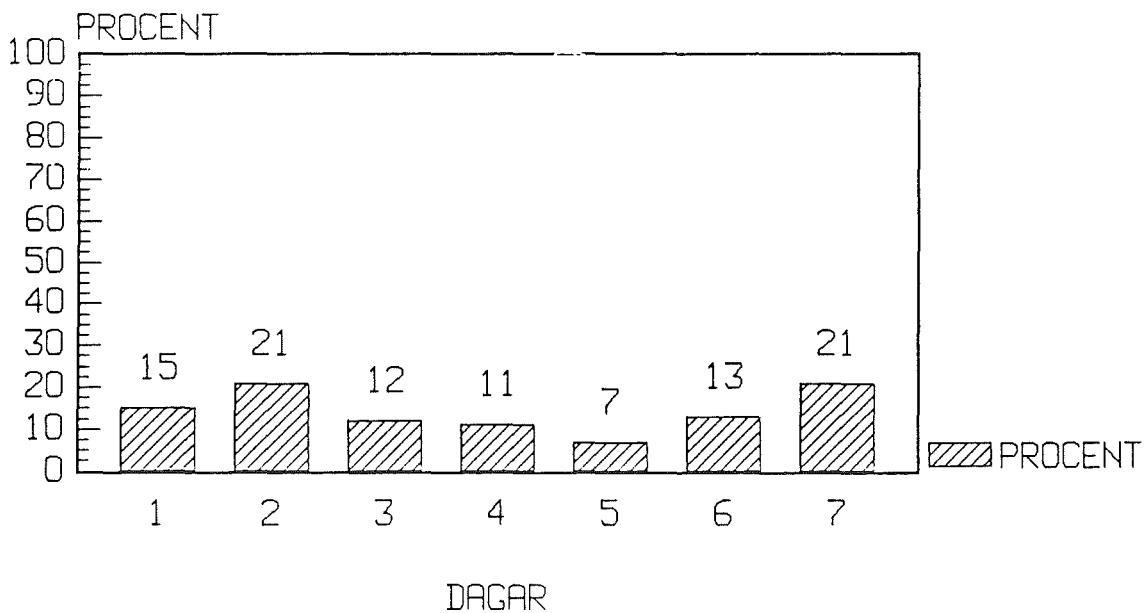


Diagram 2.2.1 a

2.2.2 Resultat

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-5.70 C , INNETEMP=5 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³ .

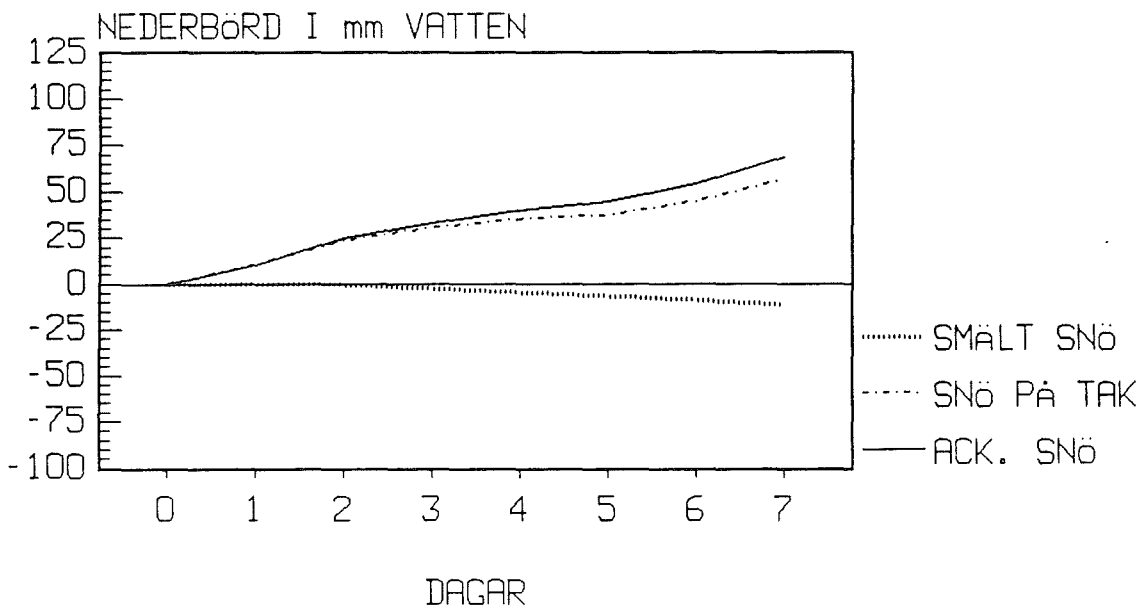


Diagram 2.2.2 a

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-5.70 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

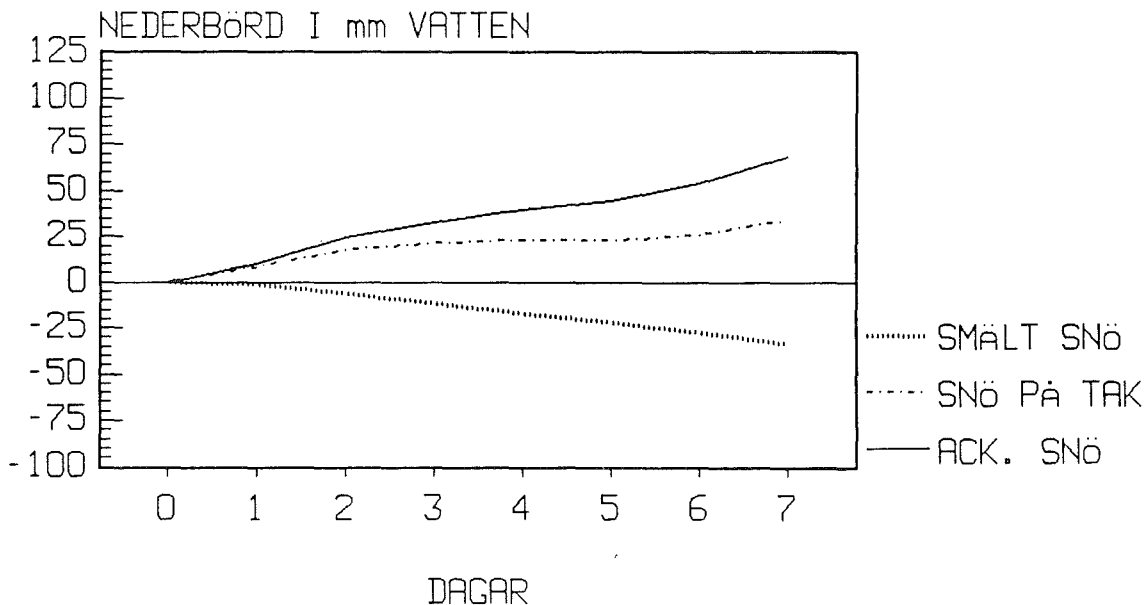


Diagram 2.2.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-5.70 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

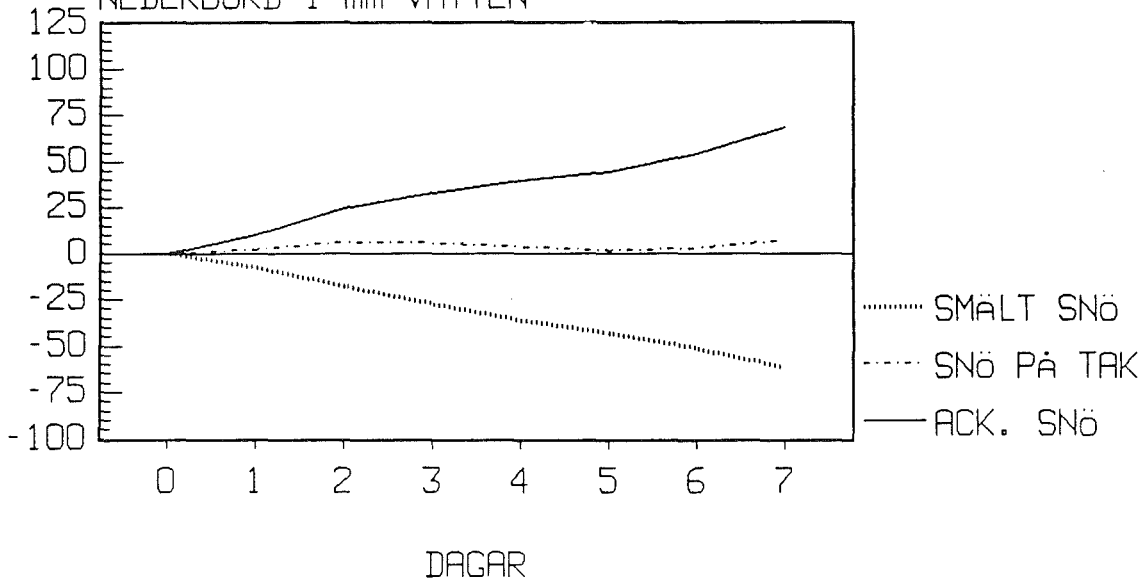


Diagram 2.2.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-5.70 C , INNETEMP=5 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

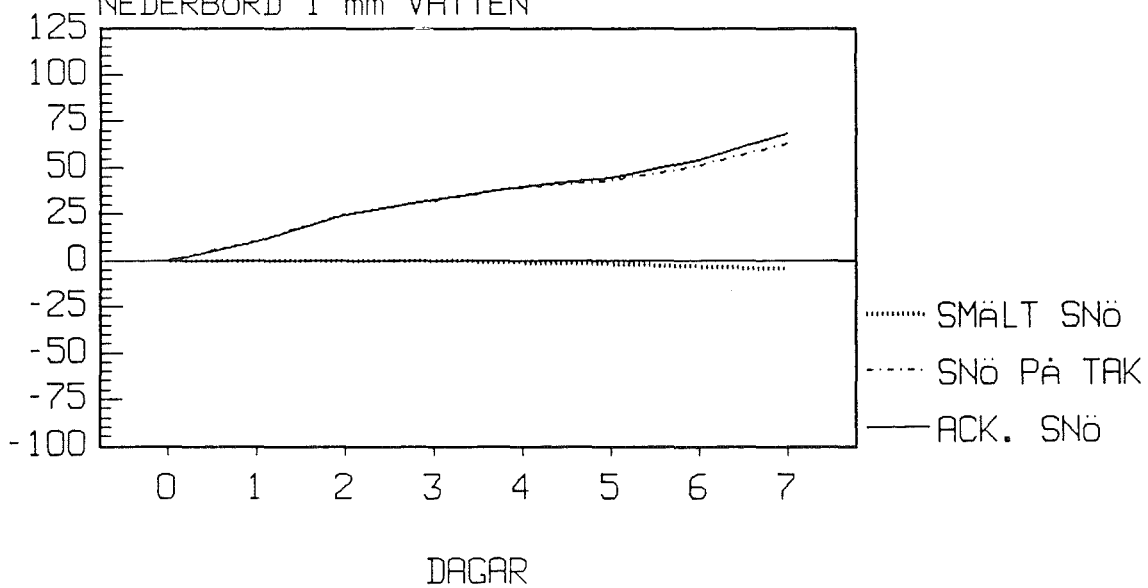


Diagram 2.2.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-5.70 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

NEDERBÖRD I mm VATTEN

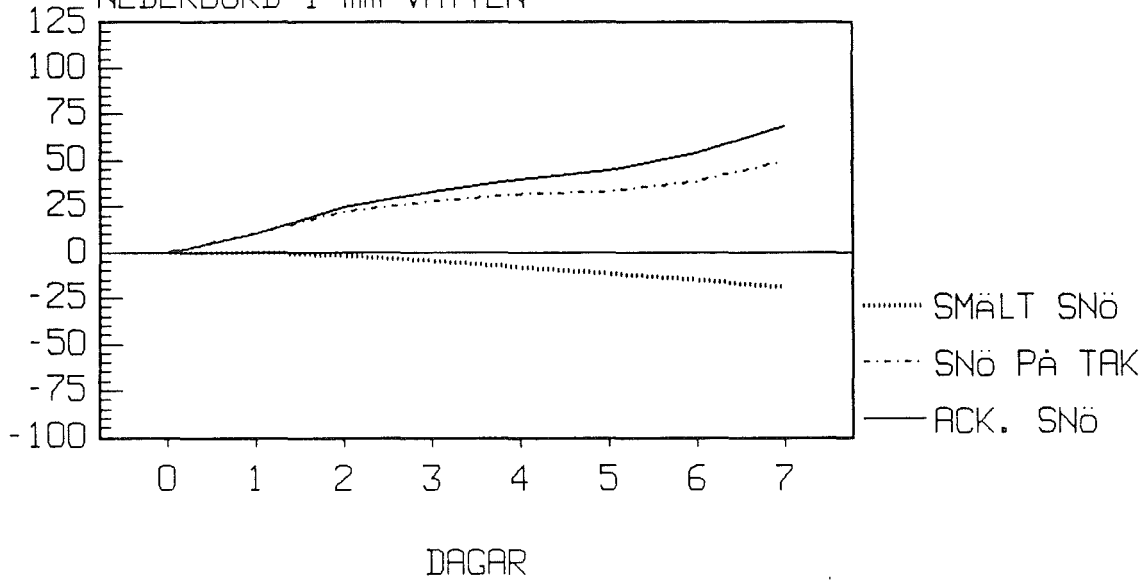


Diagram 2.2.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-5.70 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

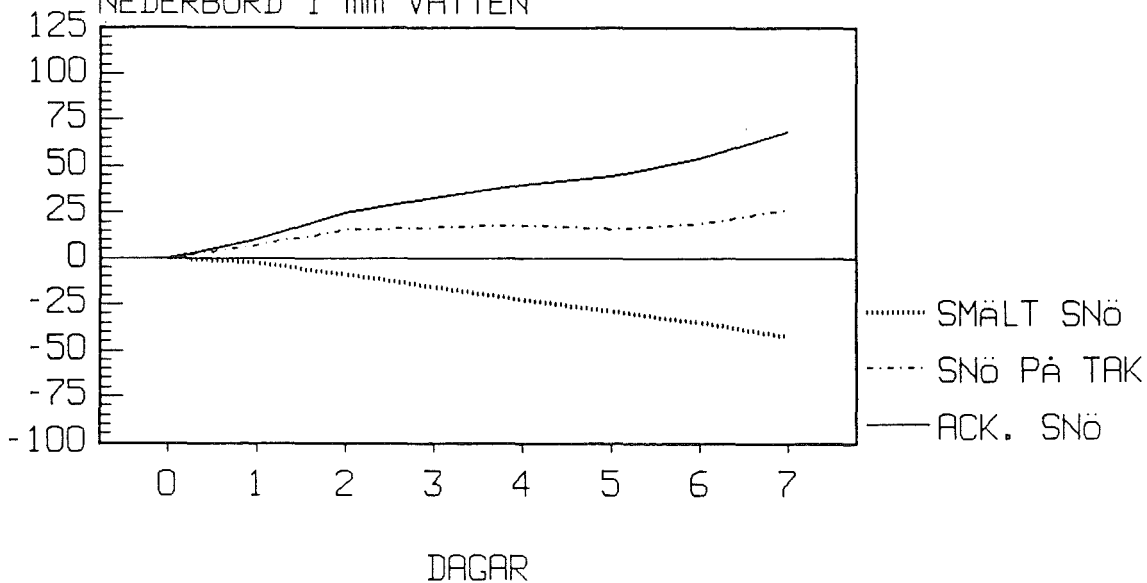


Diagram 2.2.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

54

UTETEMP=-25.98 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

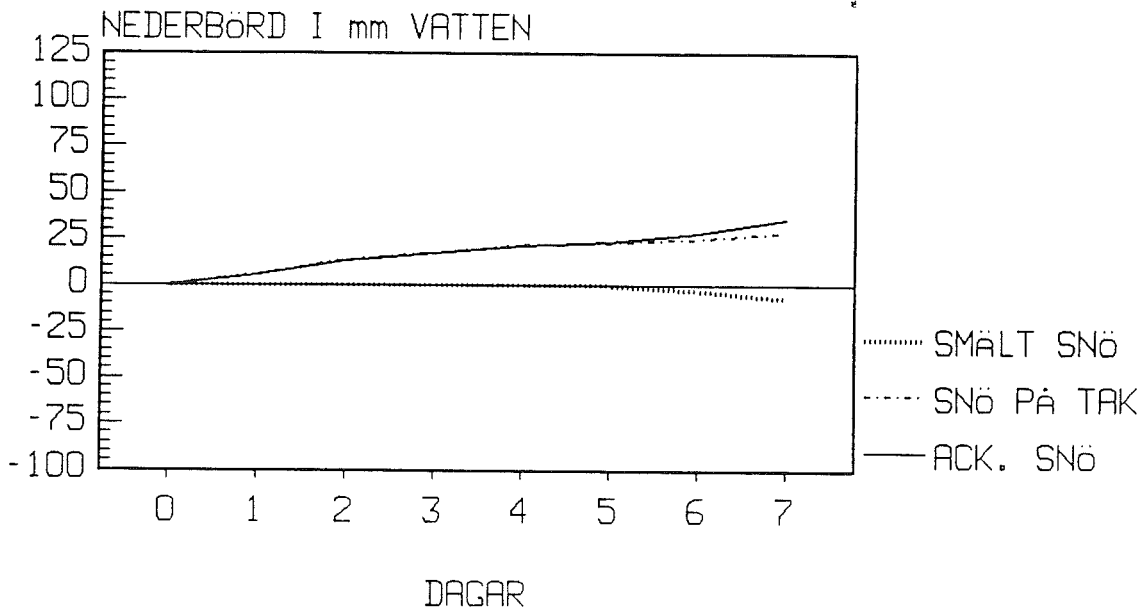


Diagram 2.2.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STENSELE

UTETEMP=-25.98 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

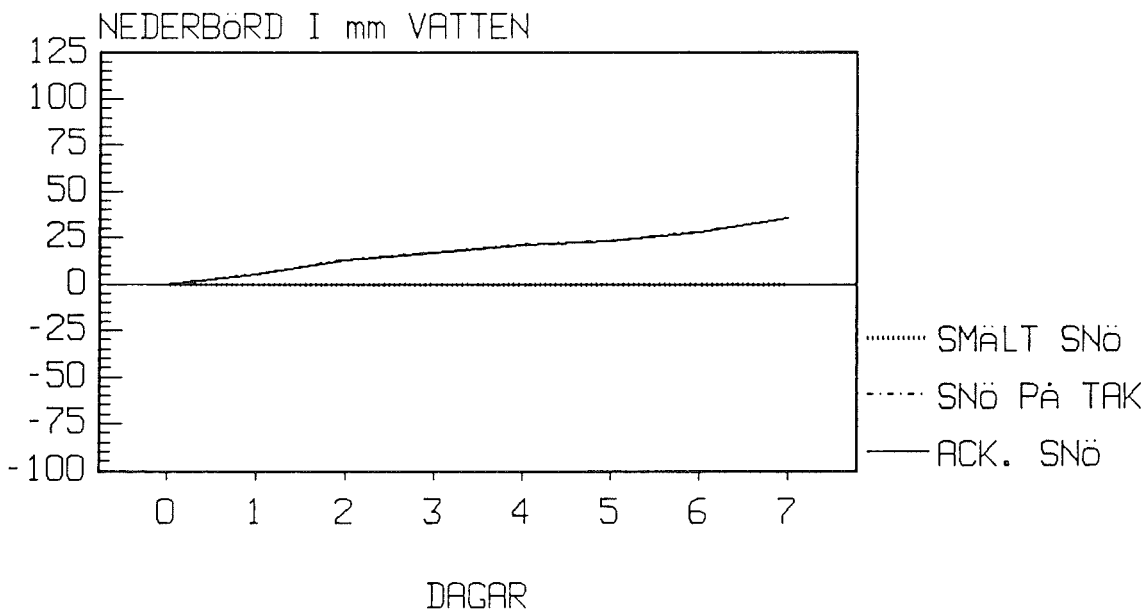


Diagram 2.2.2 h

2.3 HÄRNÖSAND

2.3.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 51.65$$

$$S = 15.26$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.0669$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 43.983$$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 102.31 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 9.822$, chi-två(8) på 5%-nivån = 15.5

Temperatur:

$$M = 22.16 ; \text{ verkligt medelvärde } T = -2.16^\circ\text{C}$$

$$S = 3.79$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.2693$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 20.2557$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 34.75 ; T^{50} = -14.75^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 6,496$, chi-två(6) på 5%-nivån = 12.6

Vind:

$$v_0 = 2.41 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 1.89 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbördsmängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.10$$

$$p_c^{50} = 102.31 * 1.10 = 112.2 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 51.65 * 1.10 = 56.6 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
HÄRNÖSAND
MEDELVÄRDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

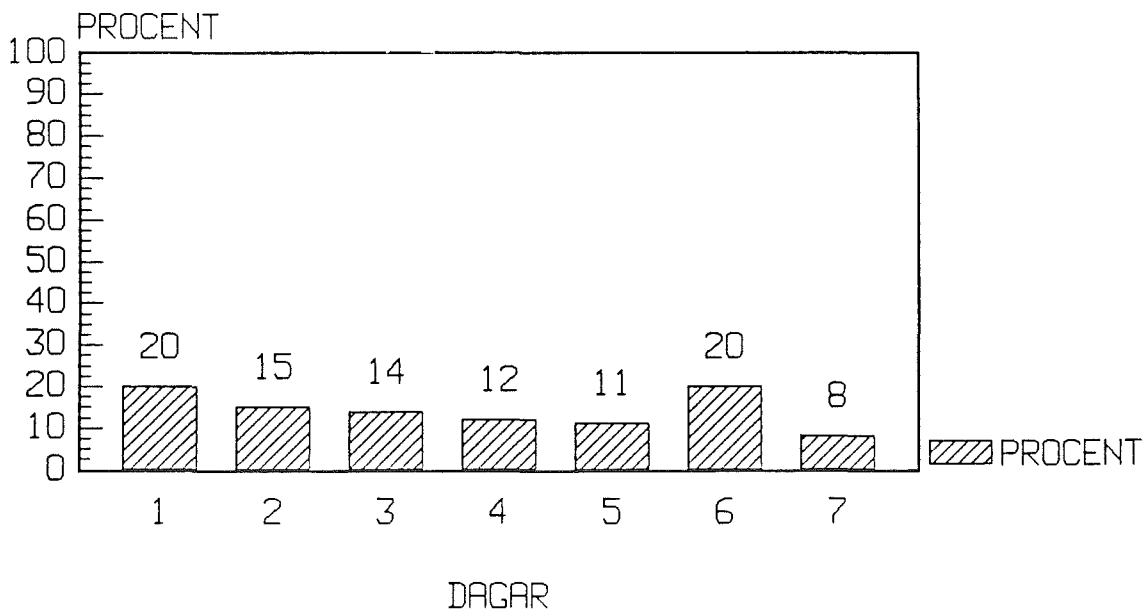


Diagram 2.3.1 a

2.3.2 Resultat

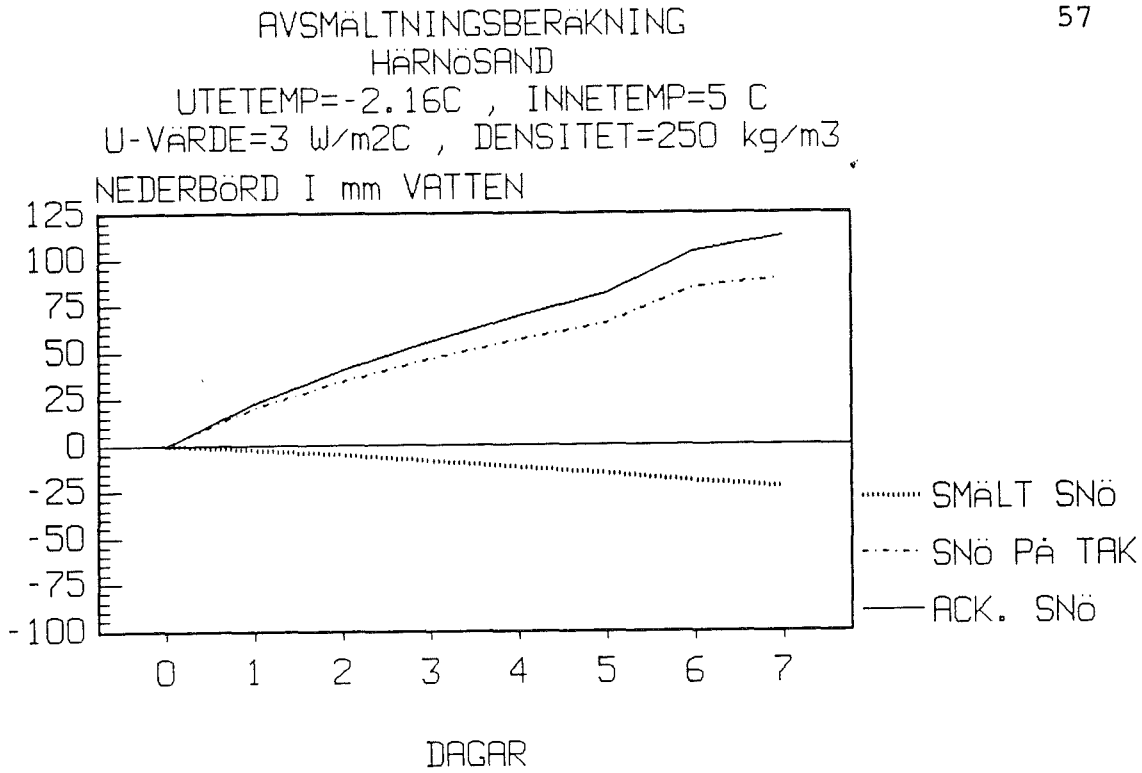


Diagram 2.3.2 a

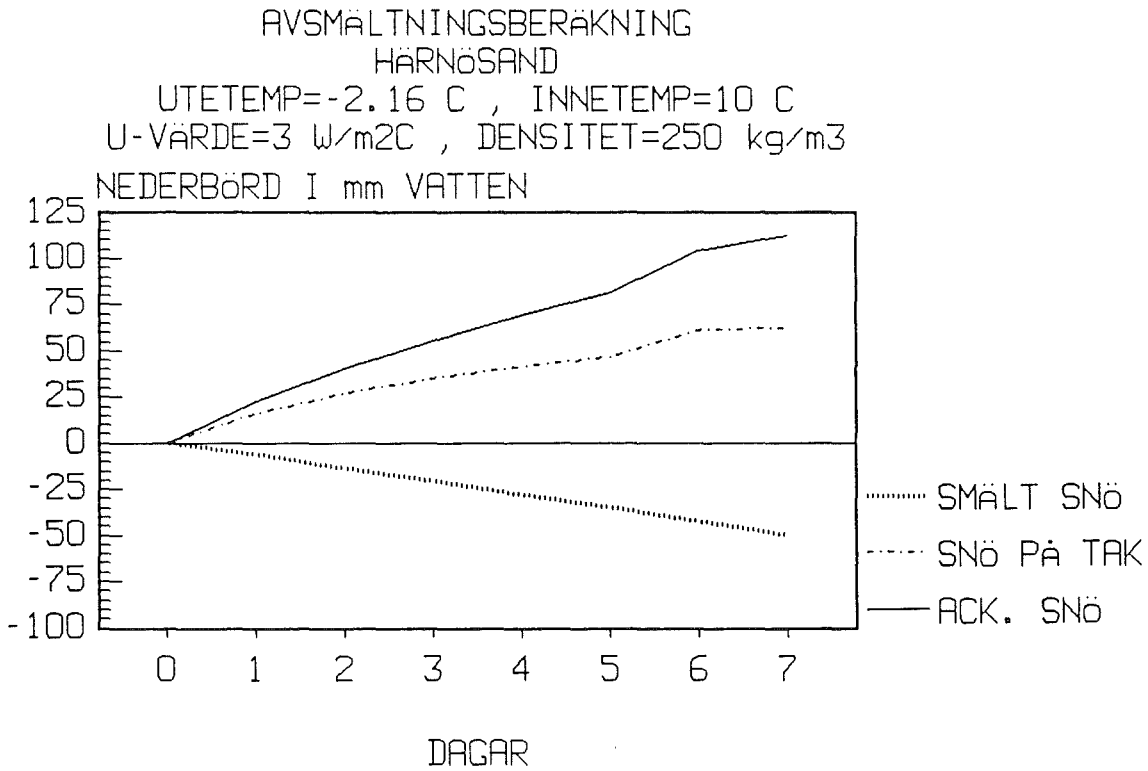


Diagram 2.3.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HÄRNÖSAND

UTETEMP=-2.16 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

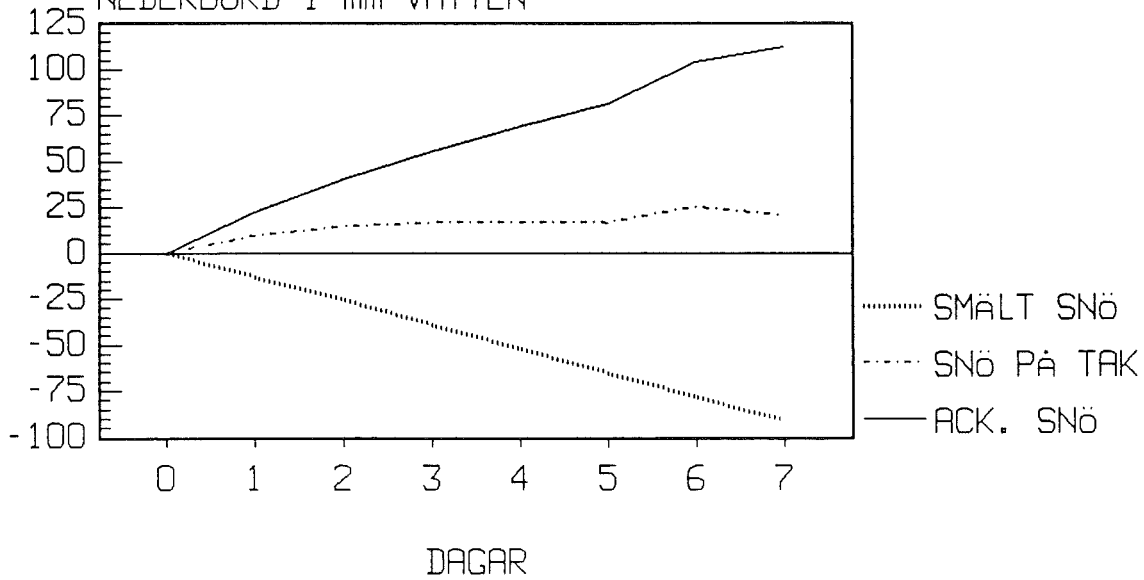


Diagram 2.3.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HÄRNÖSAND

UTETEMP=-2.16 C , INNETEMP=5 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

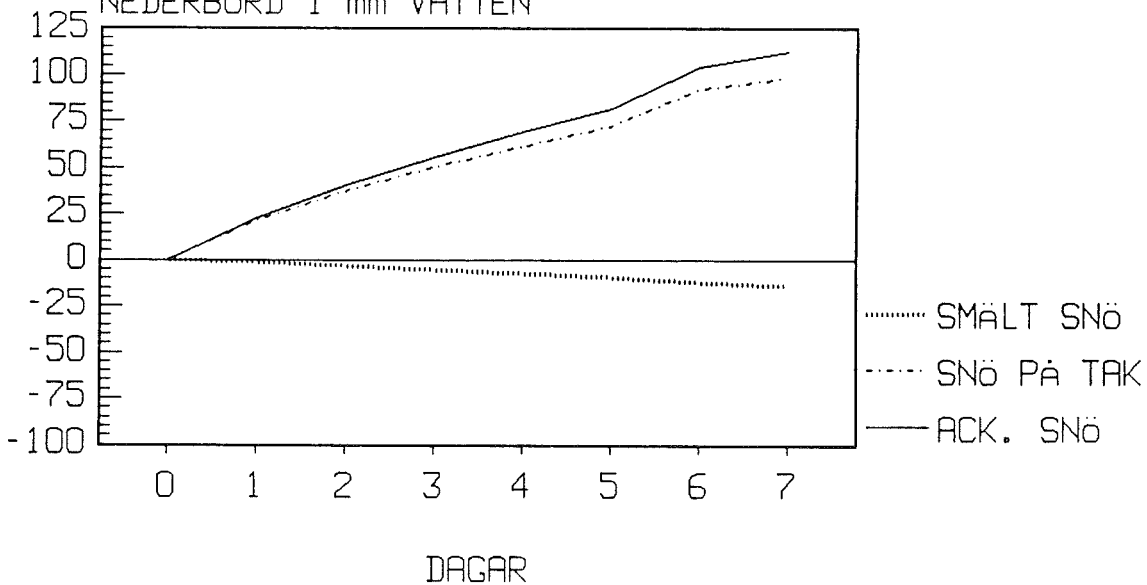


Diagram 2.3.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HÄRNÖSAND

UTETEMP=-2.16 C , INNTEMP=10 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

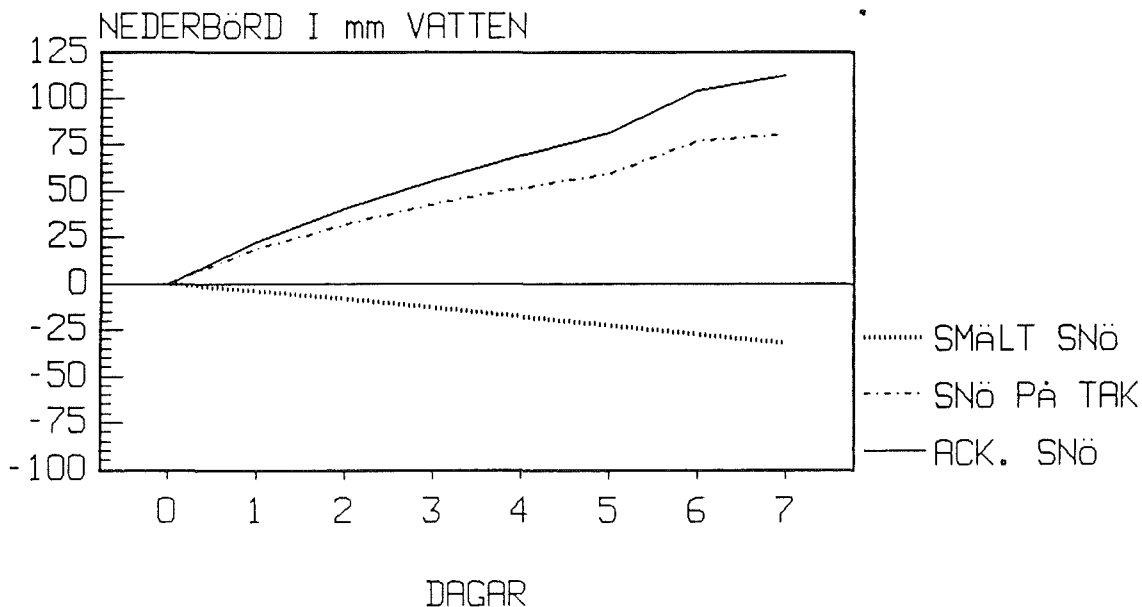


Diagram 2.3.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HÄRNÖSAND

UTETEMP=-2.16 C , INNTEMP=18 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

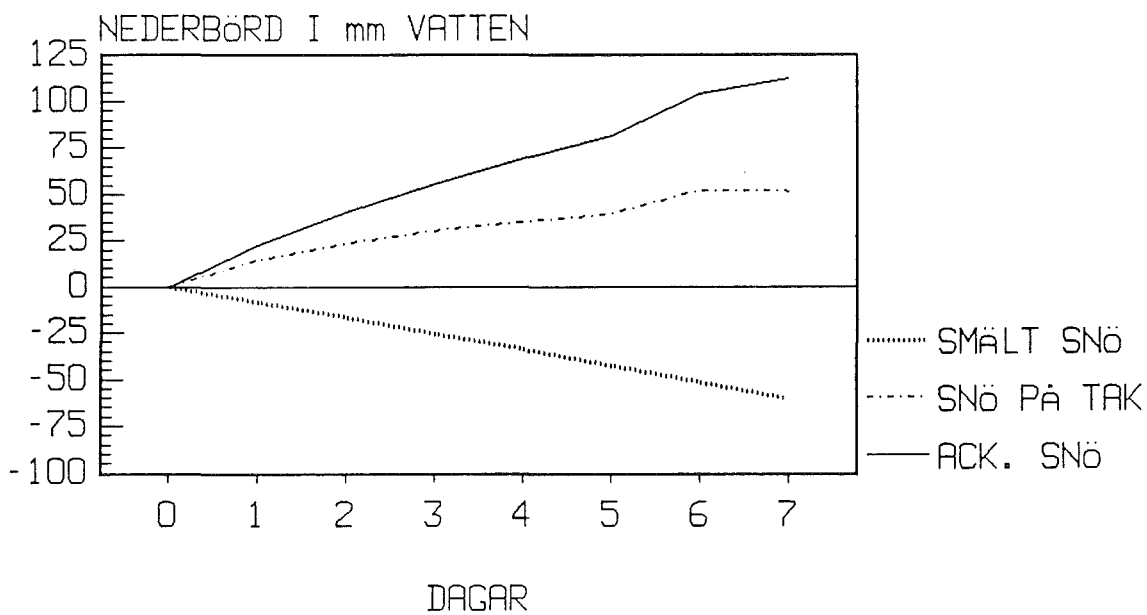


Diagram 2.3.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HÄRNÖSAND

UTETEMP=-14.75 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

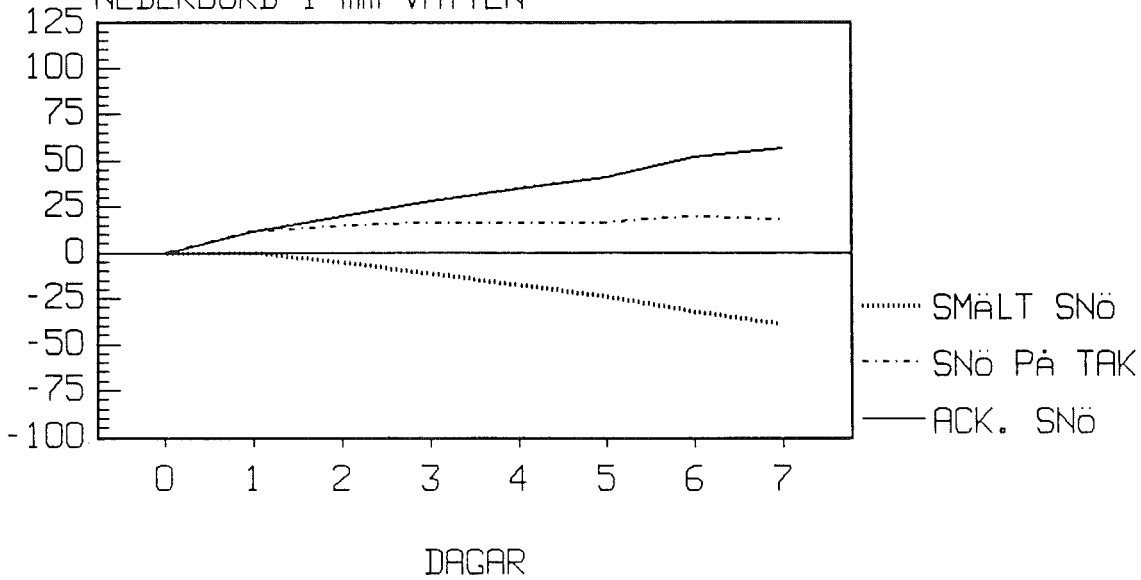


Diagram 2.3.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

HÄRNÖSAND

UTETEMP=-14.75 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

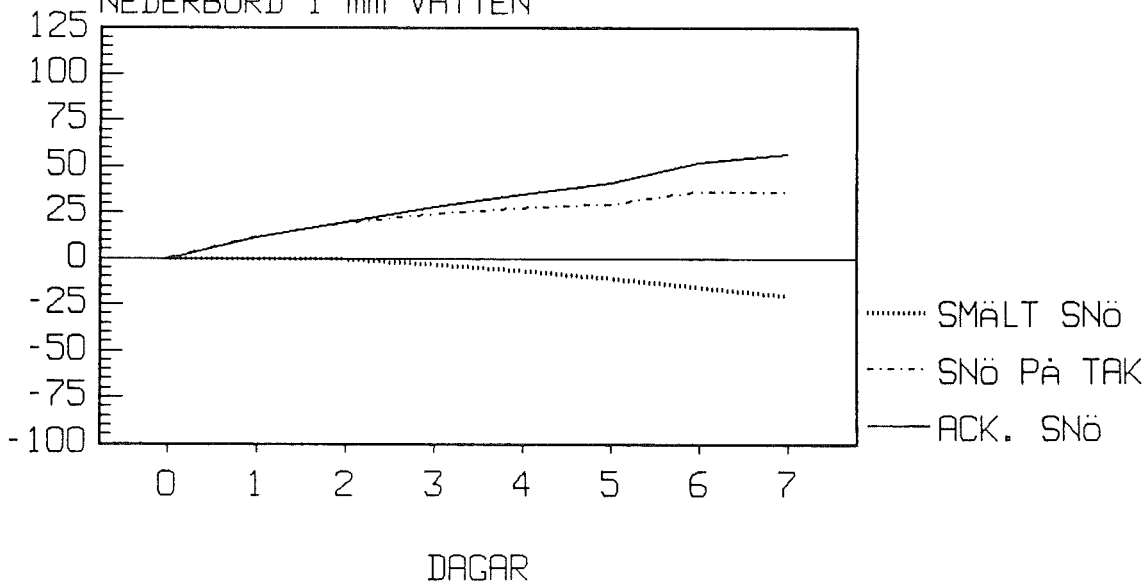


Diagram 2.3.2 h

2.4 STOCKHOLM

2.4.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 26.43$$

$$S = 5.61$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.1819$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 23.6112$$

$$P_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 42.82 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 6.580$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Temperatur:

$$M = 23.36 ; \text{verkligt medelvärde } T = -3.36^\circ\text{C}$$

$$S = 3.03$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.3368$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 21.8376$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 33.42 ; T^{50} = -13.42^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 6.403$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Vind:

$$v_0 = 3.66 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 2.88 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbörds mängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.15$$

$$p_c^{50} = 42.82 * 1.15 = 49.2 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 26.43 * 1.15 = 30.4 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
STOCKHOLM
MEDELVÄRDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

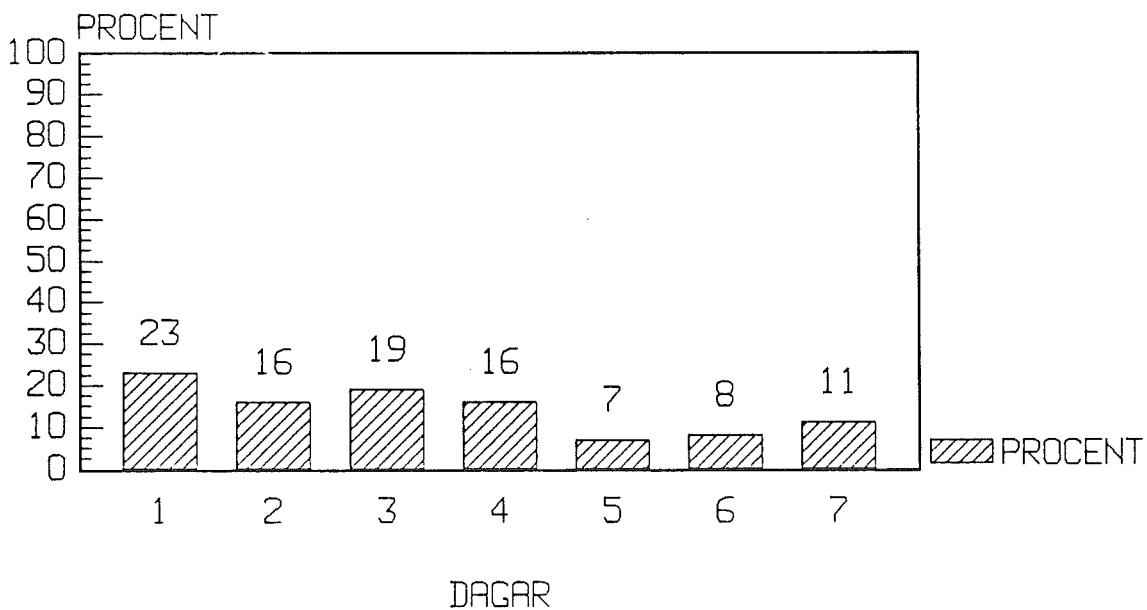


Diagram 2.4.1 a

2.4.2 Resultat

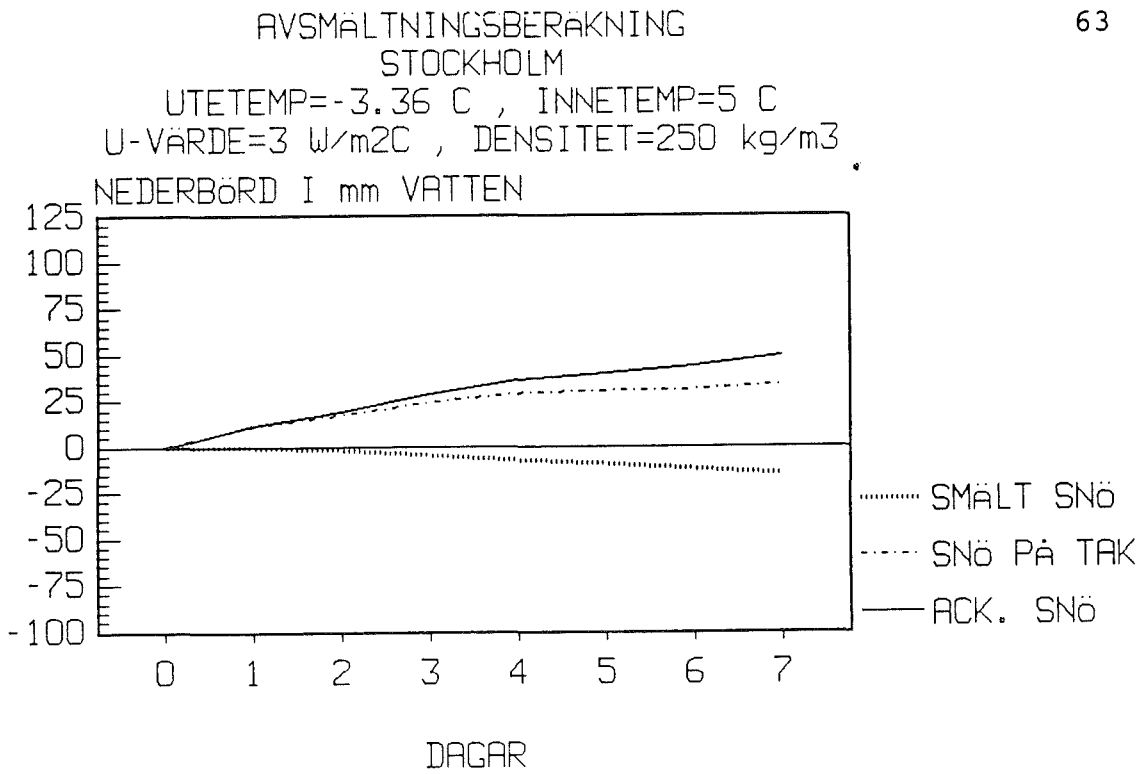


Diagram 2.4.2 a

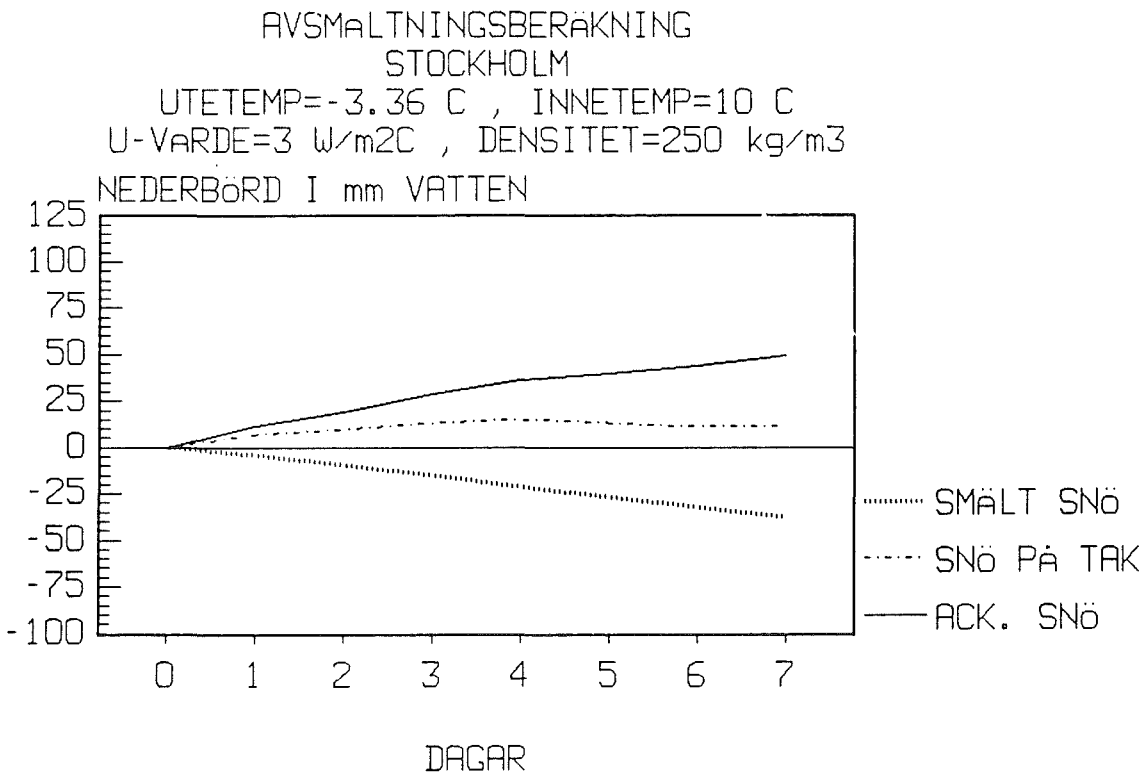


Diagram 2.4.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

UTETEMP=-3.36 C , INNETEMP=18 C
U-VARDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

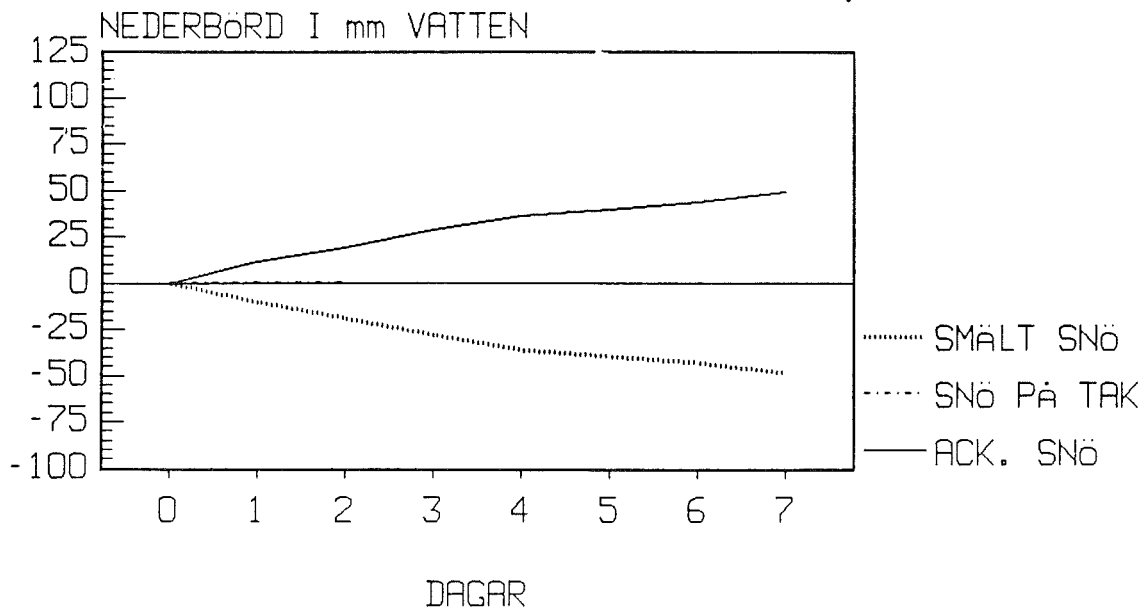


Diagram 2.4.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

UTETEMP=-3.36 C , INNETEMP=5 C
U-VARDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

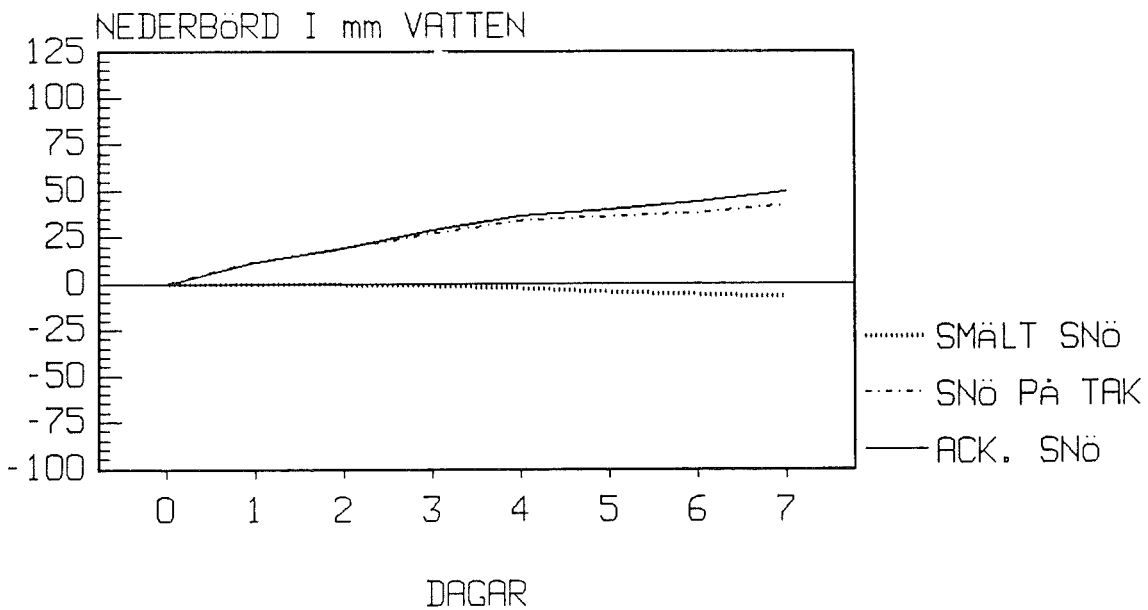


Diagram 2.4.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

UTETEMP=-3.36 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

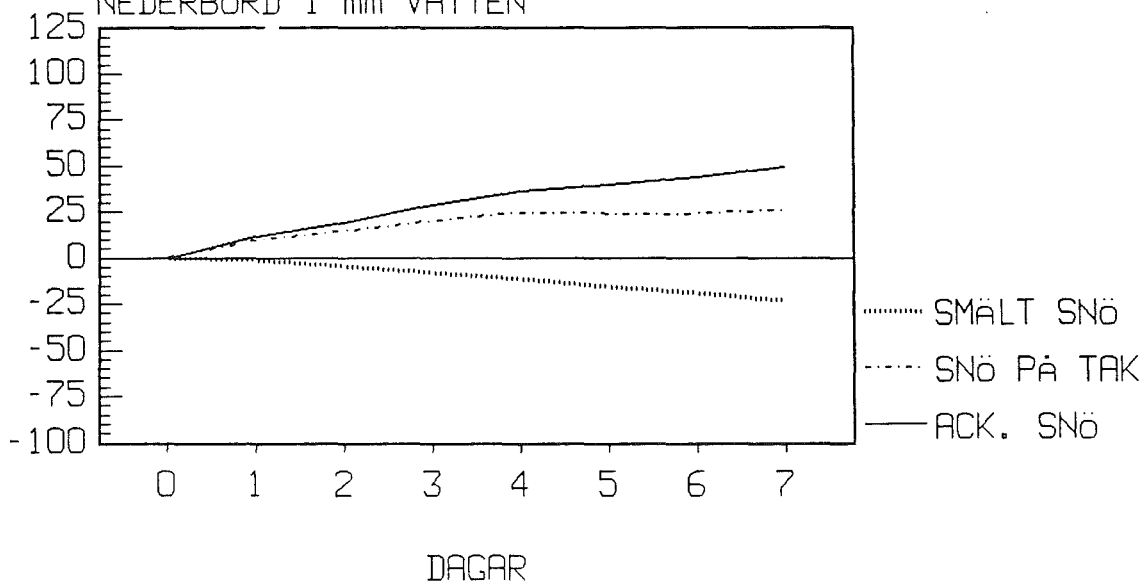


Diagram 2.4.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

UTETEMP=-3.36 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

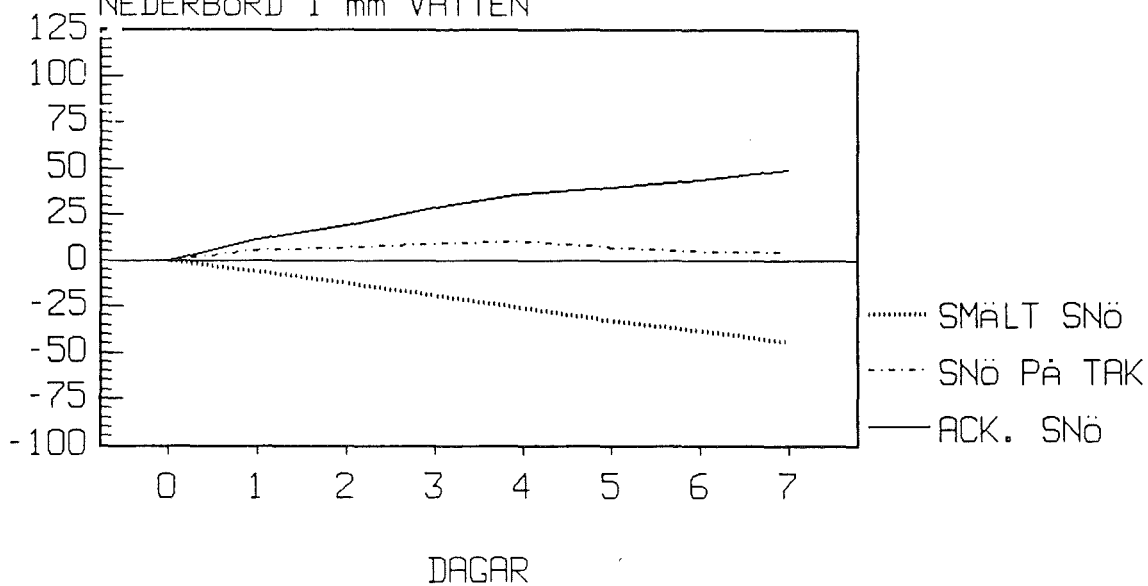


Diagram 2.4.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

66

UTETEMP=-13.42 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

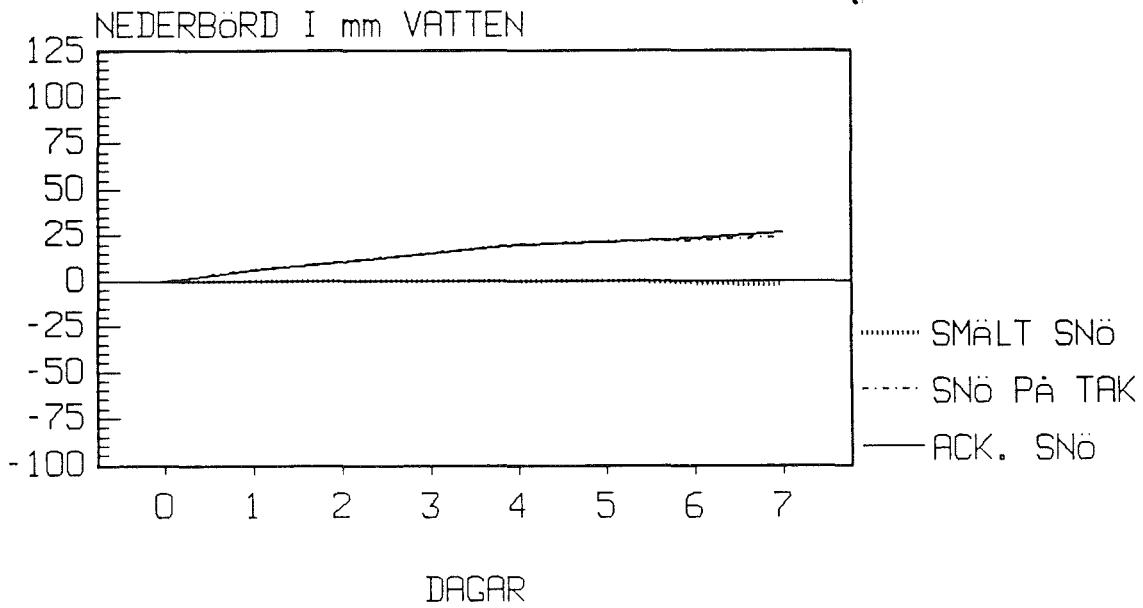


Diagram 2.4.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

UTETEMP=-13.42 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

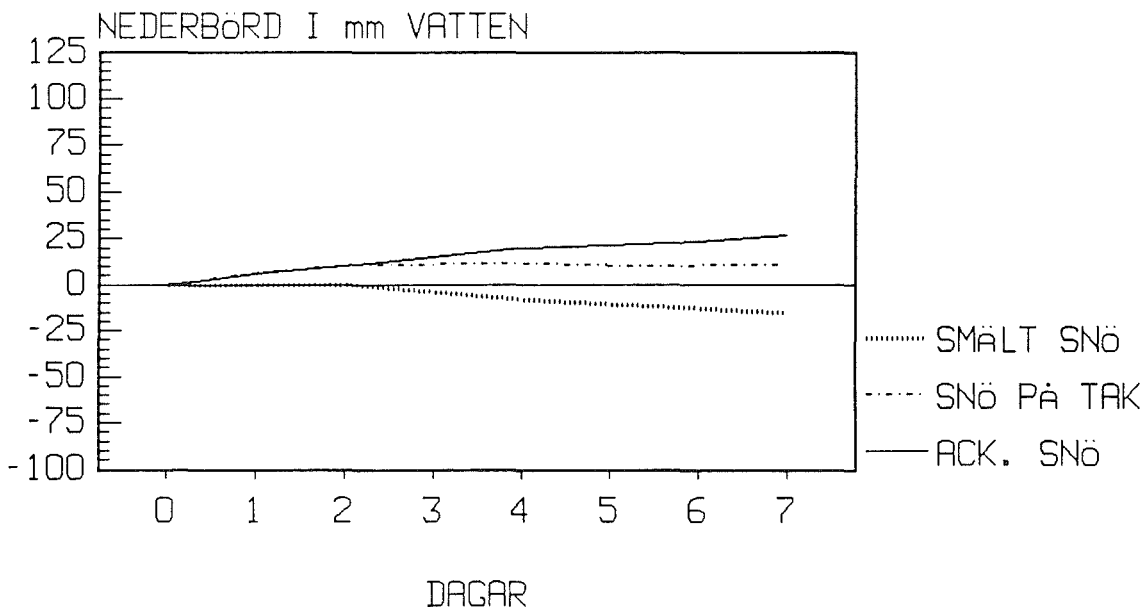


Diagram 2.4.2 h

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
STOCKHOLM

67

UTETEMP=-13.42 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

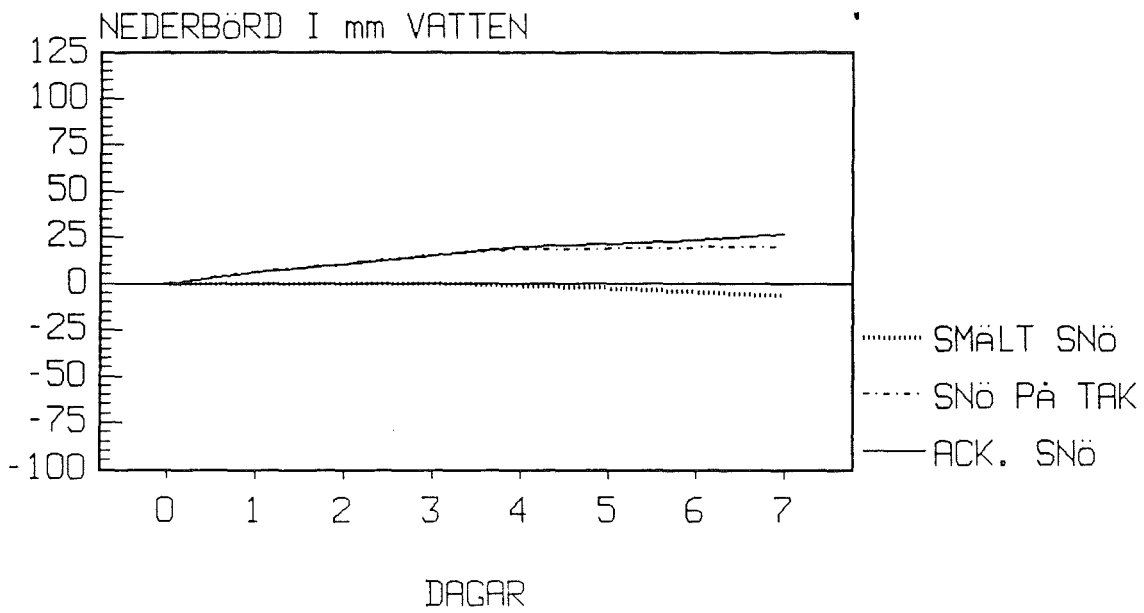


Diagram 2.4.2 i

2.5 KARLSTAD

2.5.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 31.94$$

$$S = 13.62$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.0750$$

$$\beta = M - S \cdot y_{15} / \sigma_{15} = 25.0966$$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha \cdot \ln(-\ln 0.98) = 77.17 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 7.689$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Temperatur:

$$M = 22.70 ; \text{verkligt medelvärde } T = -2.70^\circ\text{C}$$

$$S = 3.15$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.3240$$

$$\beta = M - S \cdot y_{15} / \sigma_{15} = 21.1173$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha \cdot \ln(-\ln 0.98) = 33.16 ; T^{50} = -13.16^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 15.088$, chi-två(7) på 2.5%-nivån = 16.0

Vind:

$$v_0 = 4.80 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 3.77 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbördsmängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.20$$

$$p_c^{50} = 77.17 * 1.20 = 92.7 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 31.94 * 1.20 = 38.3 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
KARLSTAD
MEDELVARDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

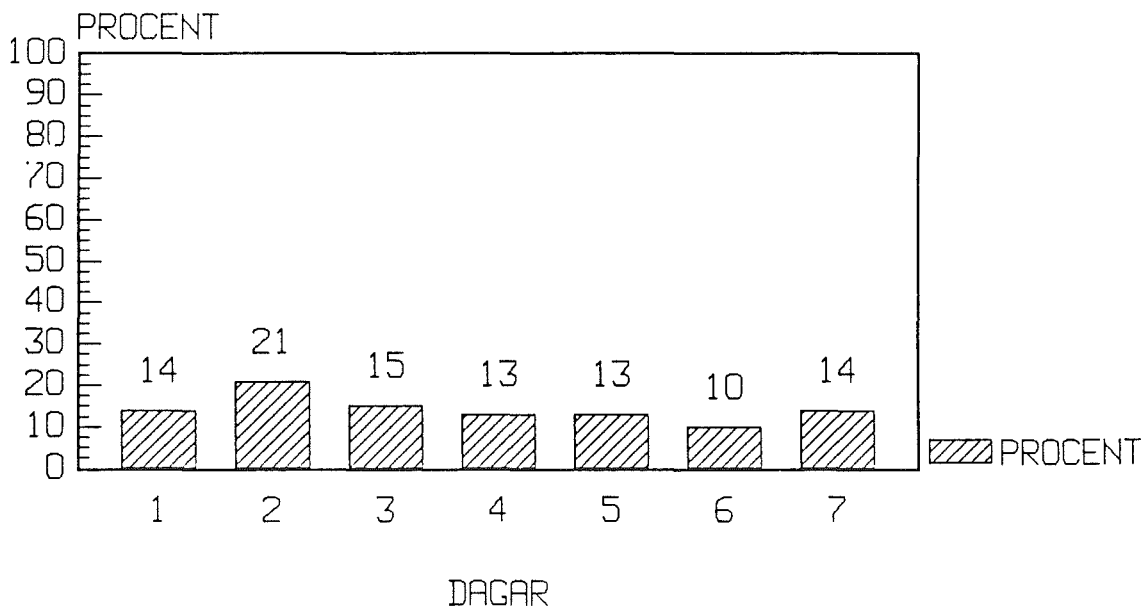


Diagram 2.5.1 a

2.5.2 Resultat

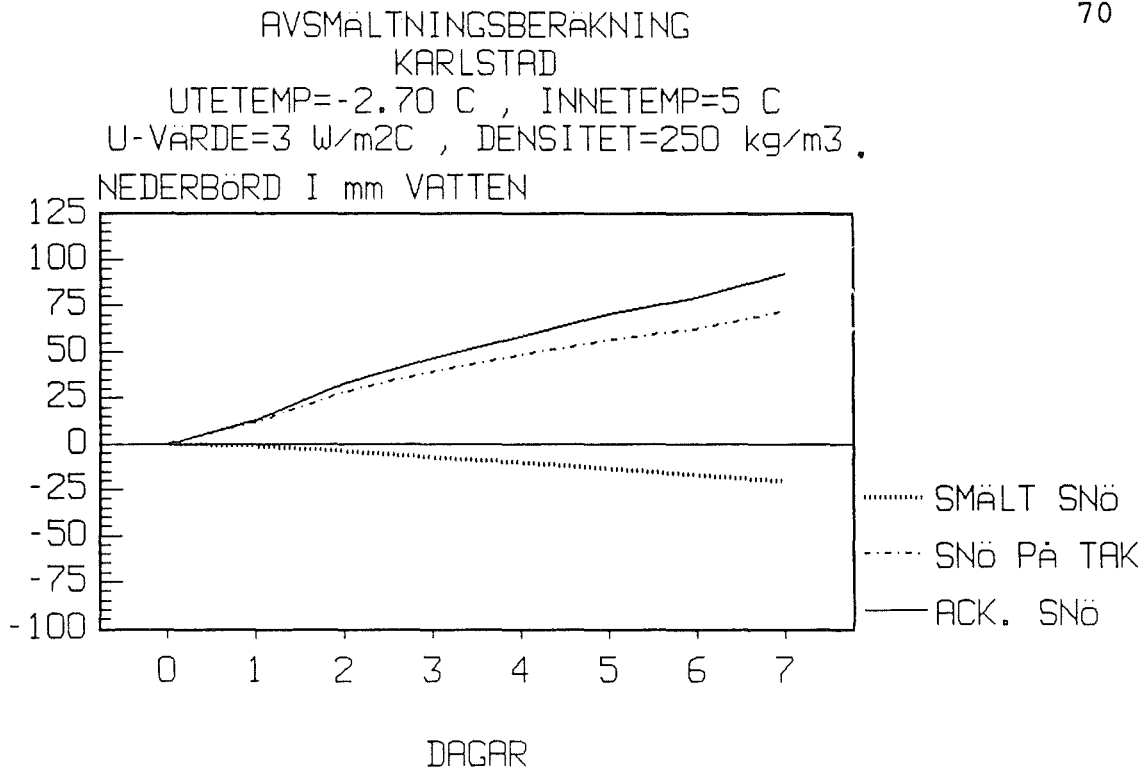


Diagram 2.5.2 a

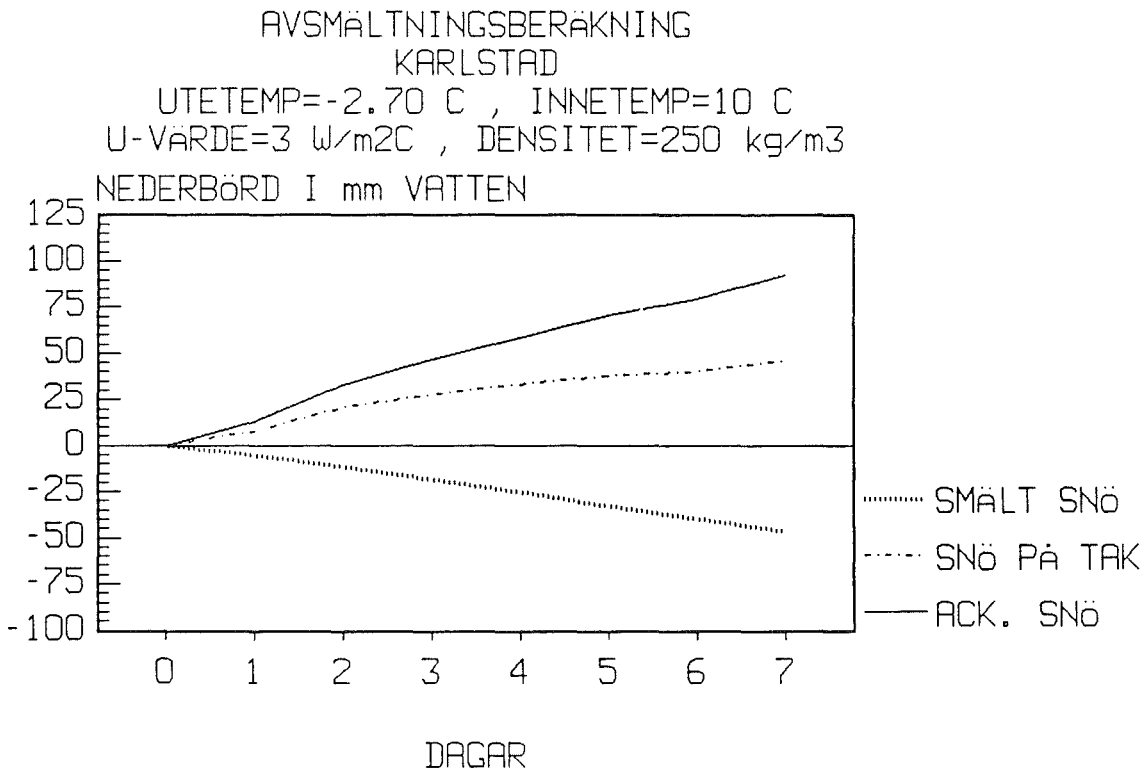


Diagram 2.5.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
KARLSTAD

71

UTETEMP=-2.70 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

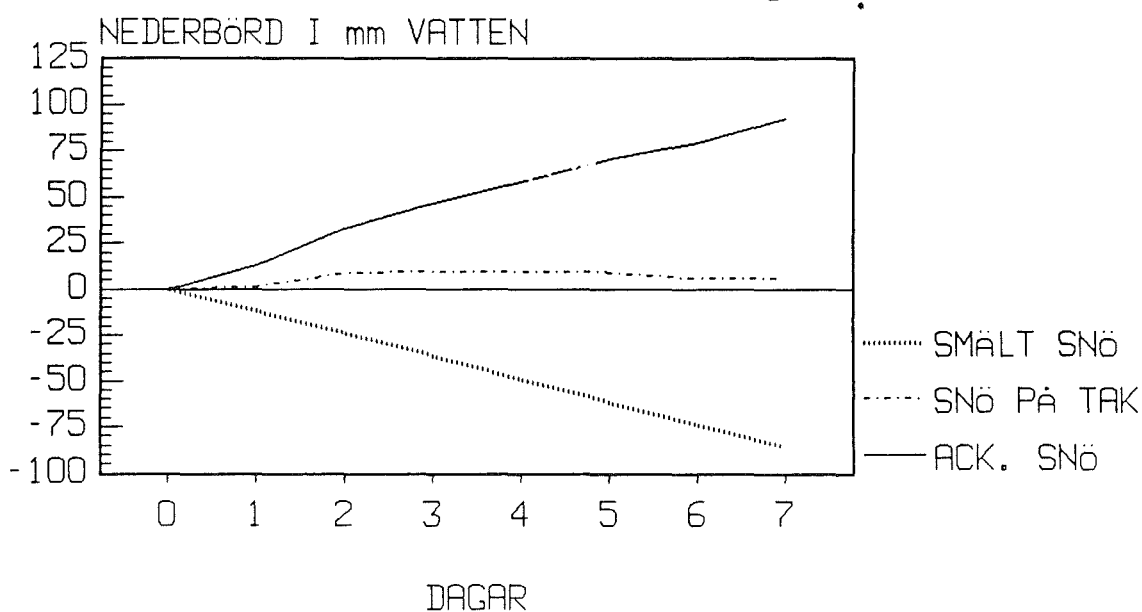


Diagram 2.5.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
KARLSTAD

UTETEMP=-2.70 C , INNETEMP=5 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

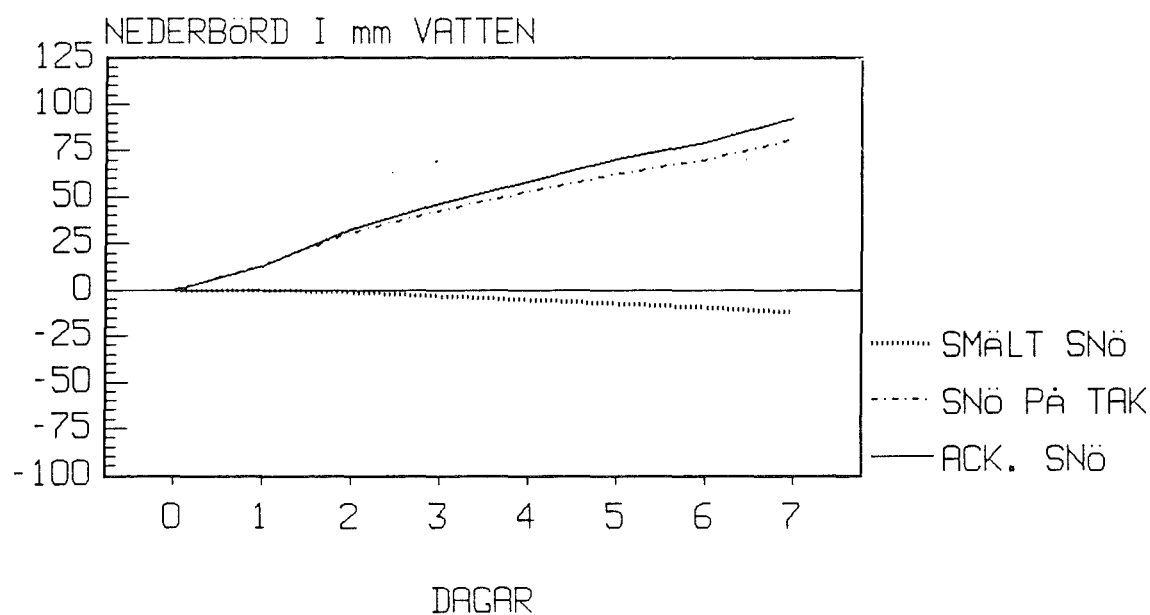


Diagram 2.5.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
KARLSTAD

72

UTETEMP=-2.70 C , INNETEMP=10 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

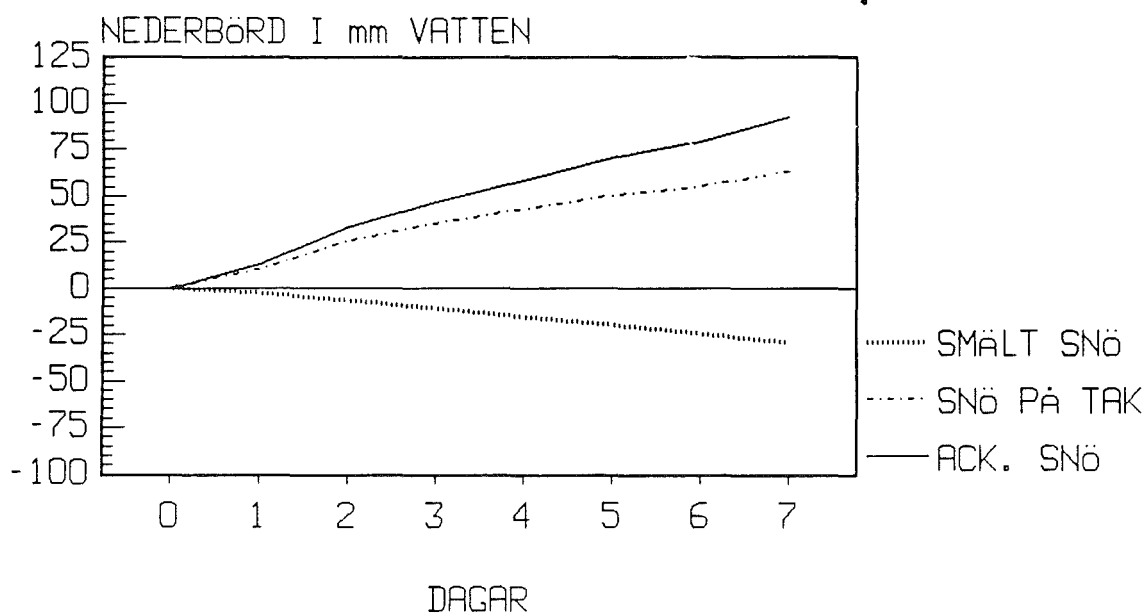


Diagram 2.5.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
KARLSTAD

UTETEMP=-2.70 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

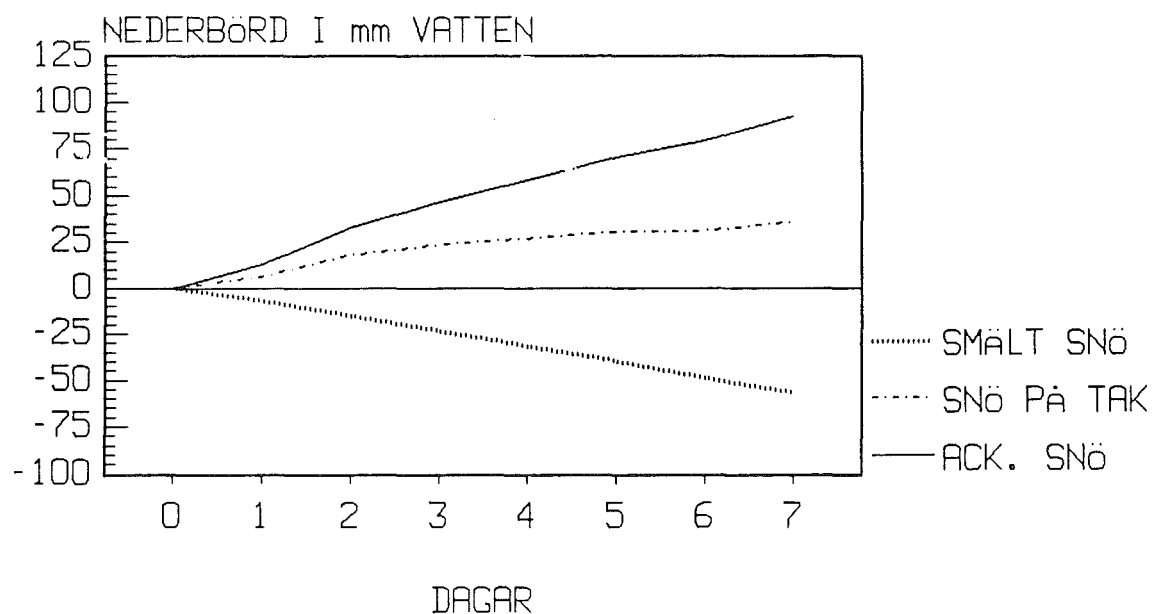


Diagram 2.5.2 f

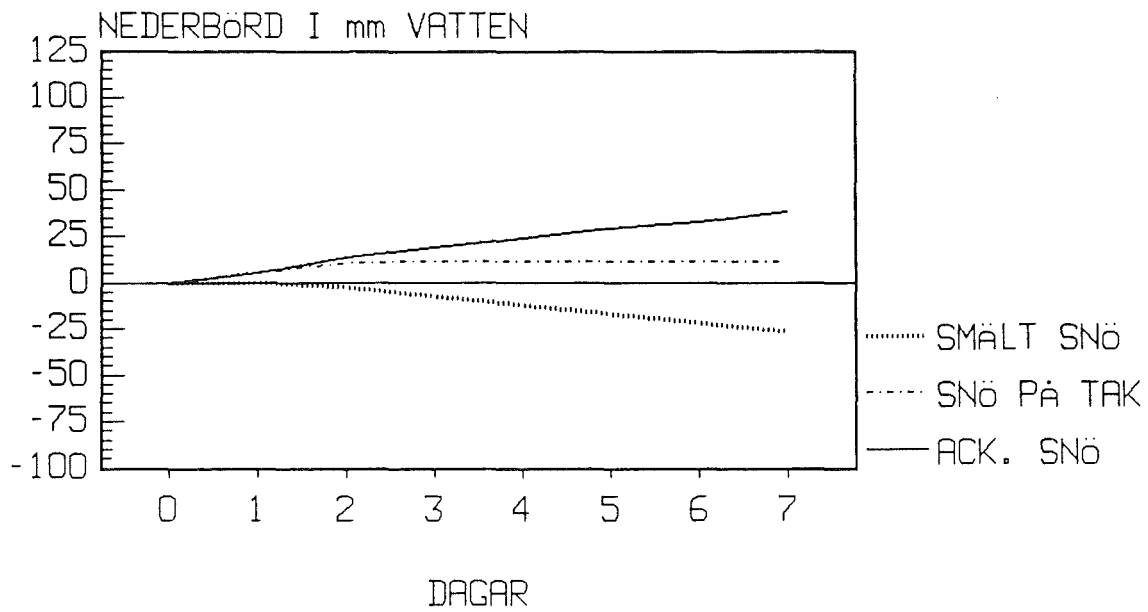
AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
KARLSTADUTETEMP=-13.16 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

Diagram 2.5.2 g

2.6 LINKÖPING/MALMSLÄTT

2.6.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 34.39$$

$$S = 8.83$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.1155$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 29.9514$$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 63.73 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 5.022$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Temperatur:

$$M = 21.71 ; \text{verkligt medelvärde } T = -1.71^\circ\text{C}$$

$$S = 3.63$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.2809$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 19.8846$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 33.78 ; T^{50} = -13.78^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 7.255$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Vind:

$$v_0 = 3.00 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 2.36 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbördsmängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.12$$

$$p_c^{50} = 63.73 * 1.12 = 71.5 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 34.39 * 1.12 = 38.6 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
LINKÖPING/MALMSLÄTT
MEDELVARDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

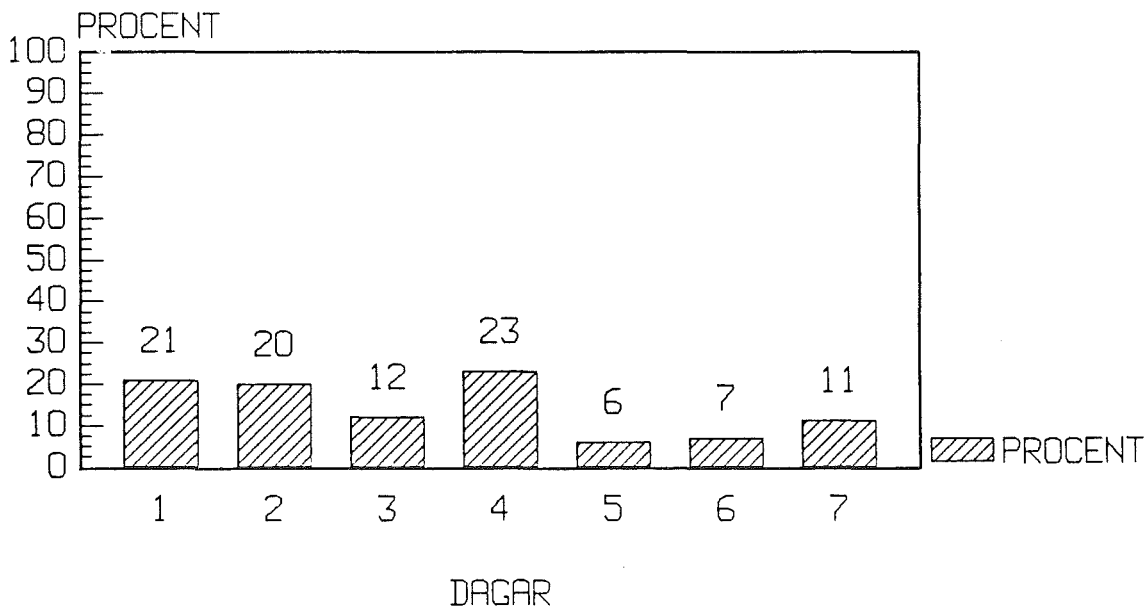


Diagram 2.6.1 a

2.6.2 Resultat

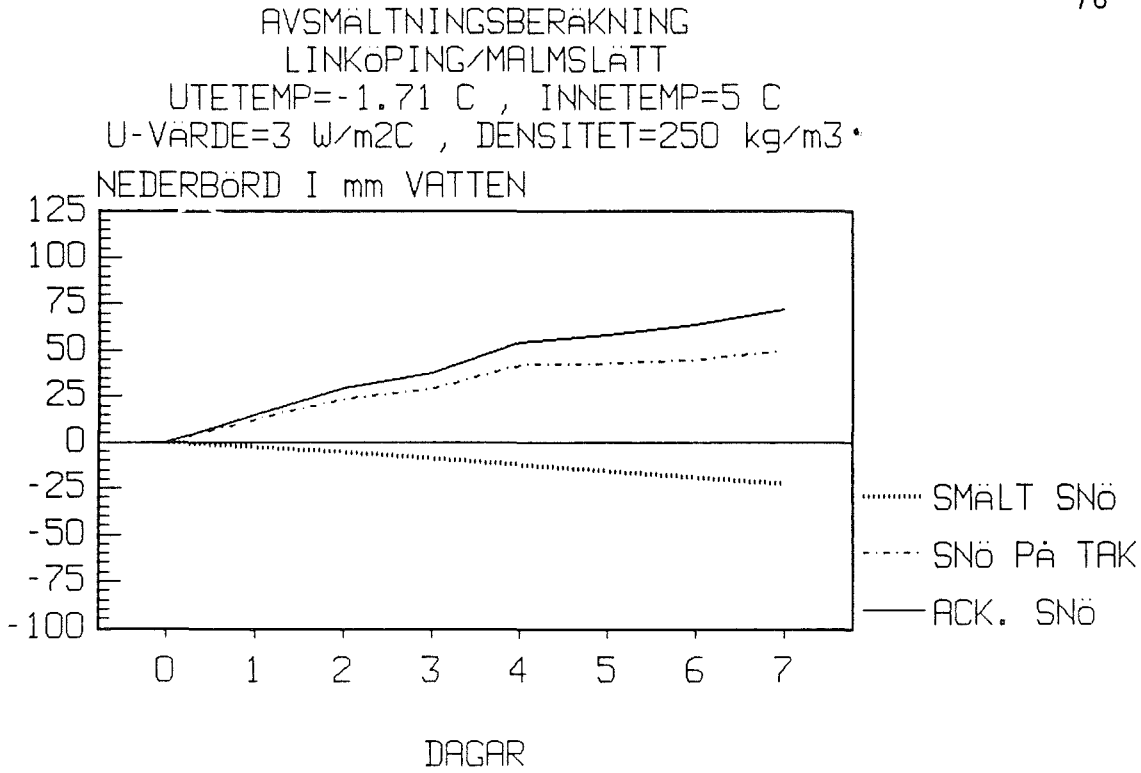


Diagram 2.6.2 a

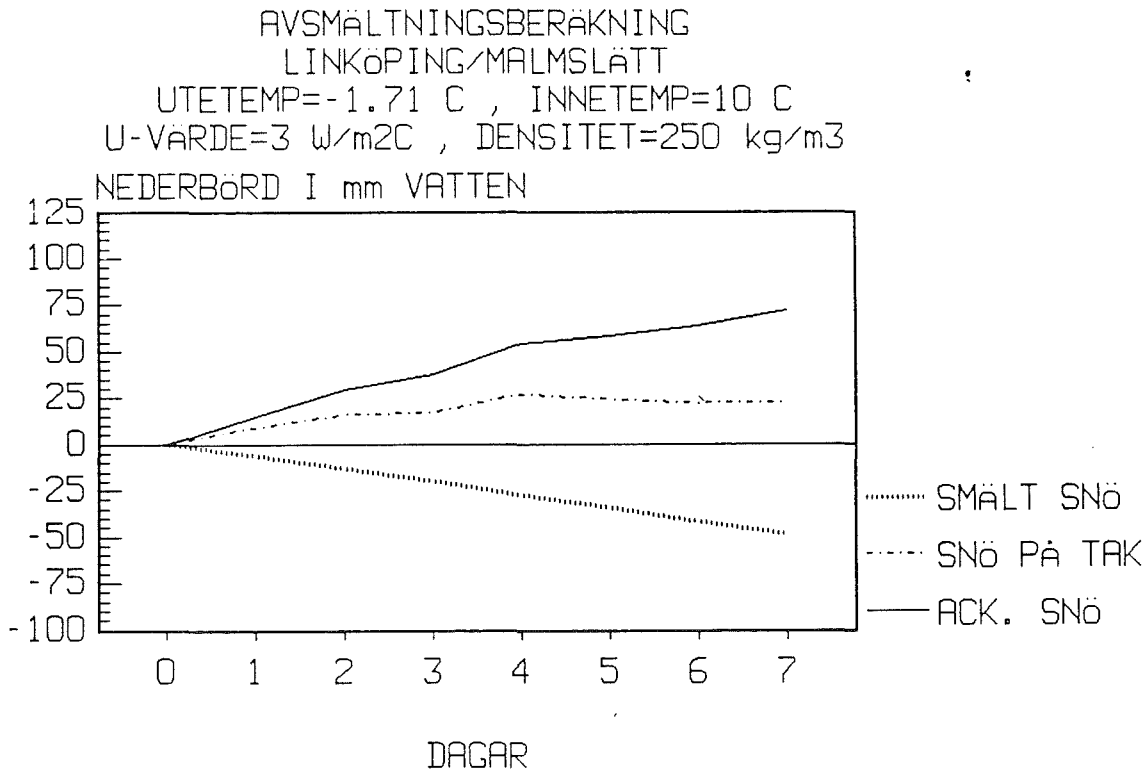


Diagram 2.6.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
 LINKÖPING/MALMSLÄTT
 UTETEMP=-1.71 C , INNETEMP=18 C
 U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³ .

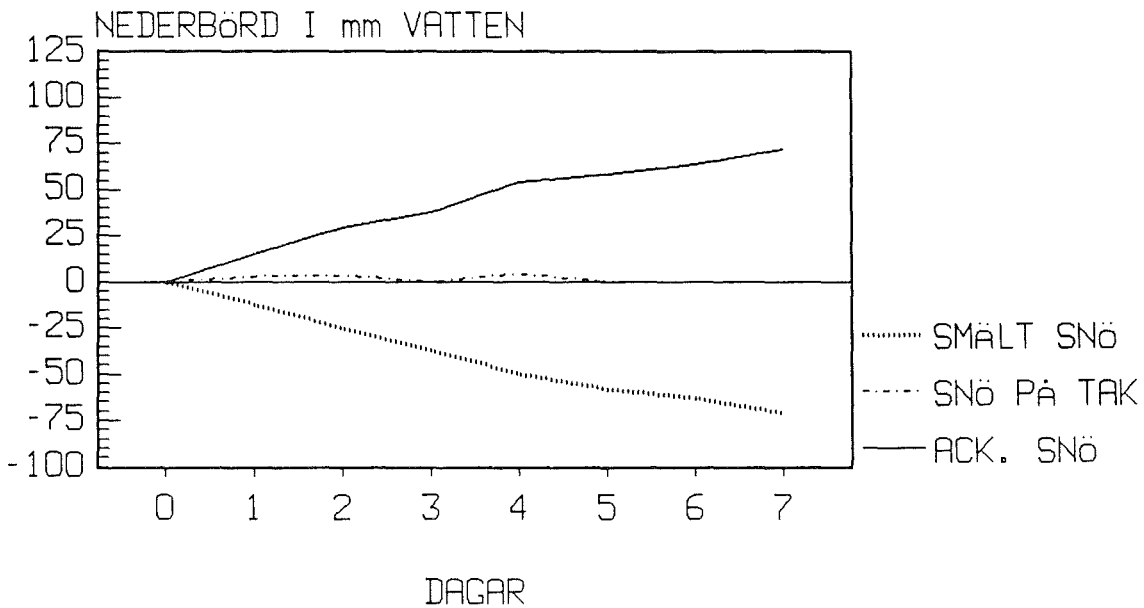


Diagram 2.6.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
 LINKÖPING/MALMSLÄTT
 UTETEMP=-1.71 C , INNETEMP=5 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

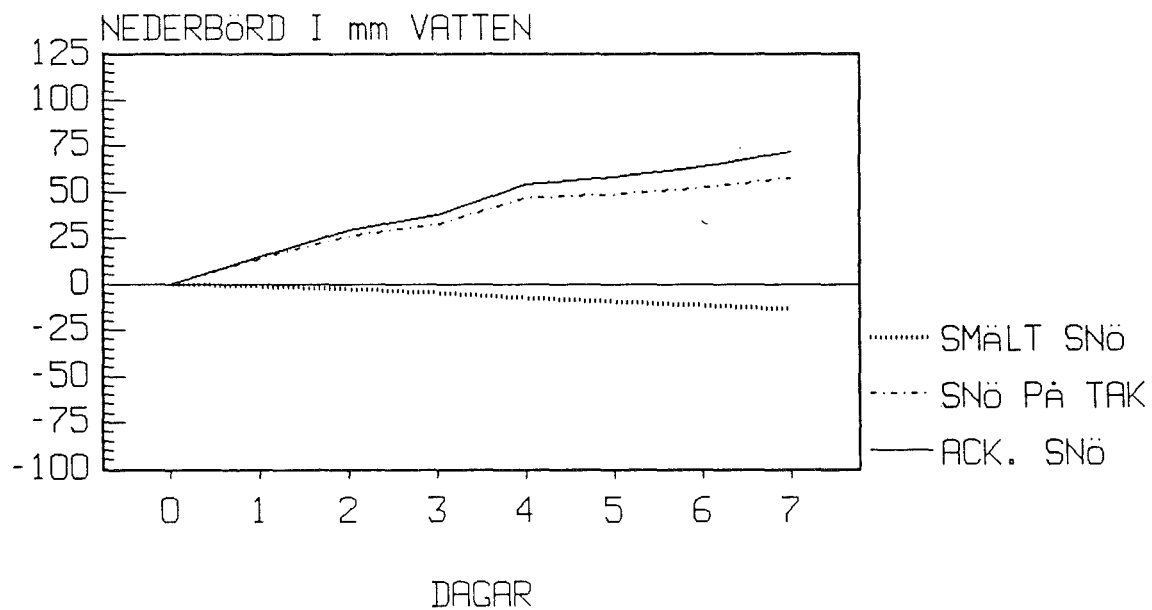


Diagram 2.6.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LINKÖPING/MALMSLÄTT

UTETEMP=-1.71 C , INNETEMP=10 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

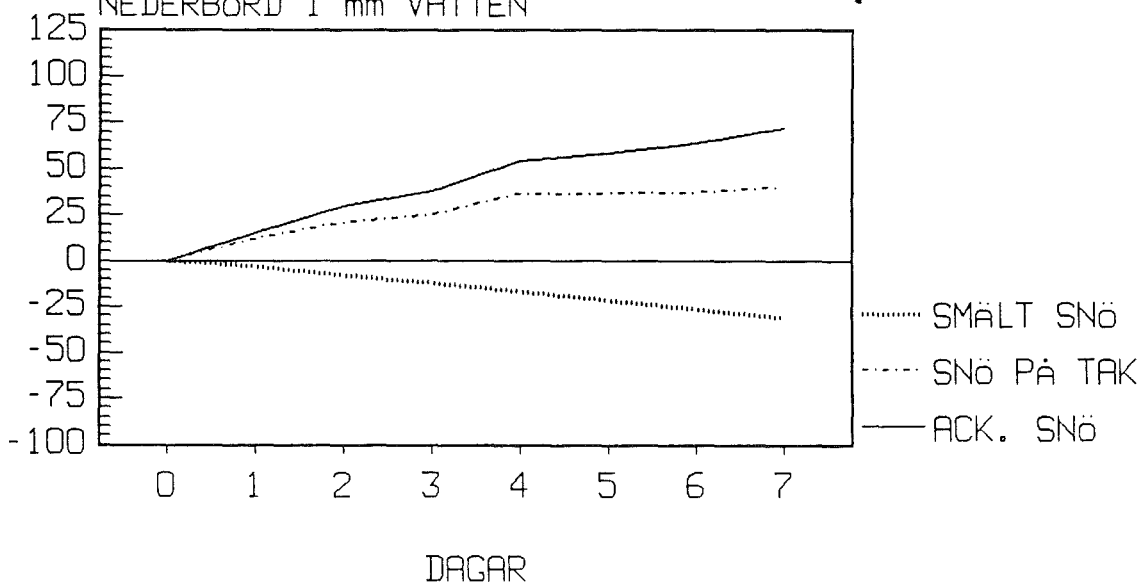


Diagram 2.6.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LINKÖPING/MALMSLÄTT

UTETEMP=-1.71 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

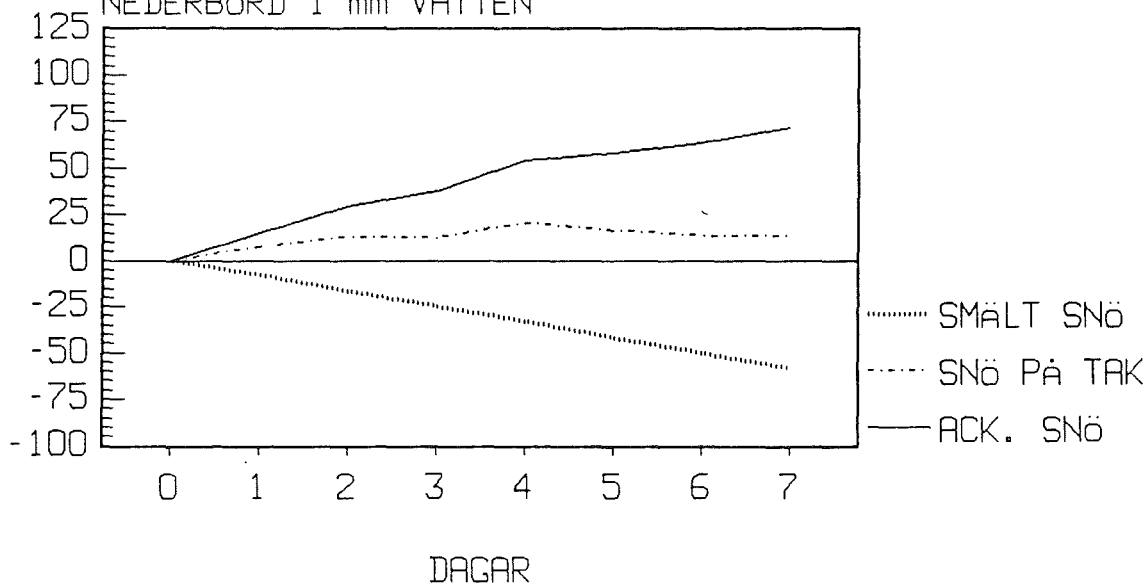


Diagram 2.6.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LINKÖPING/MALMSLÄTT

UTETEMP=-13.78 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

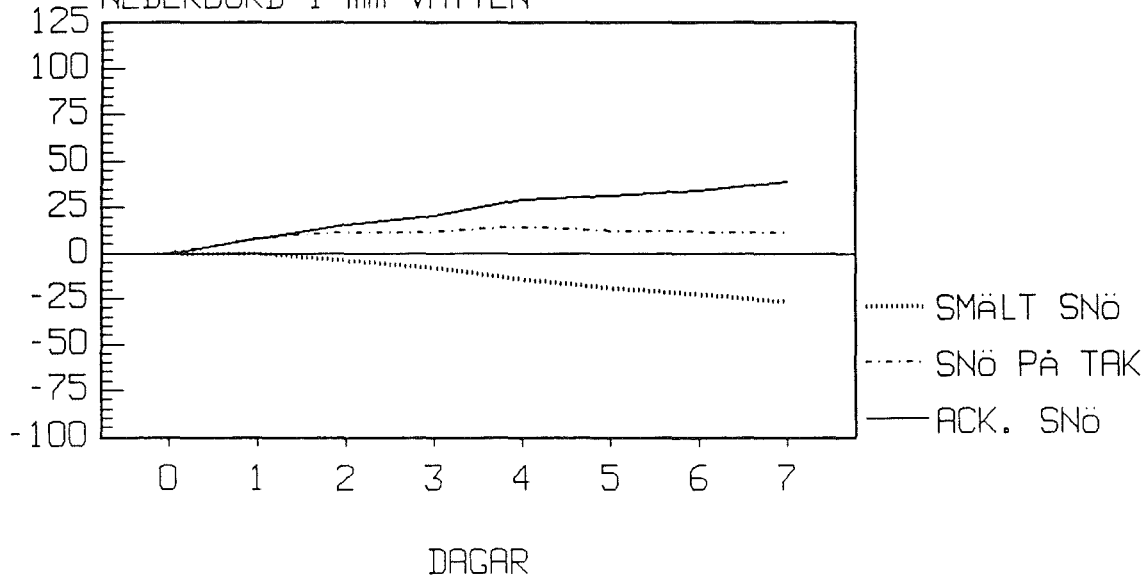


Diagram 2.6.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LINKÖPING/MALMSLÄTT

UTETEMP=-13.78 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

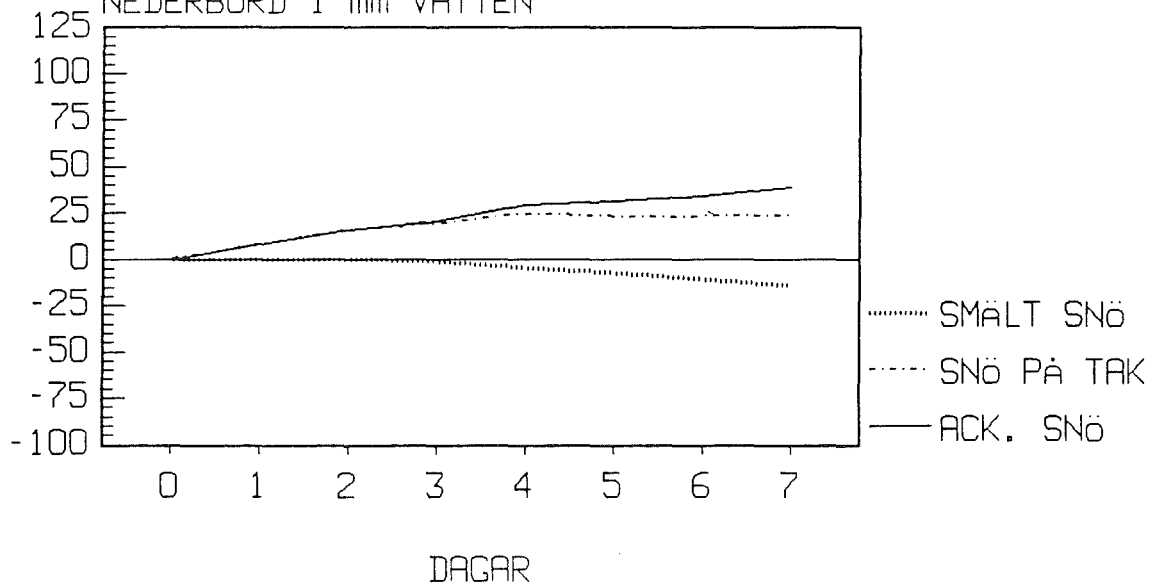


Diagram 2.6.2 h

2.7 VISBY2.7.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 29.67$$

$$S = 8.39$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.1217$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 25.4590$$

$$p_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 57.52 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 4.825$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Temperatur:

$$M = 21.38 ; \text{verkligt medelvärde } T = -1.38^\circ\text{C}$$

$$S = 2.31$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.4412$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 20.2170$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 29.06 ; T^{50} = -9.06^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 7.354$, chi-två(6) på 5%-nivån = 12.6

Vind:

$$v_0 = 6.64 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 5.22 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbördsmängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.29$$

$$p_c^{50} = 57.52 * 1.29 = 74.1 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 29.67 * 1.29 = 38.2 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
VISBY
MEDELVÄRDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

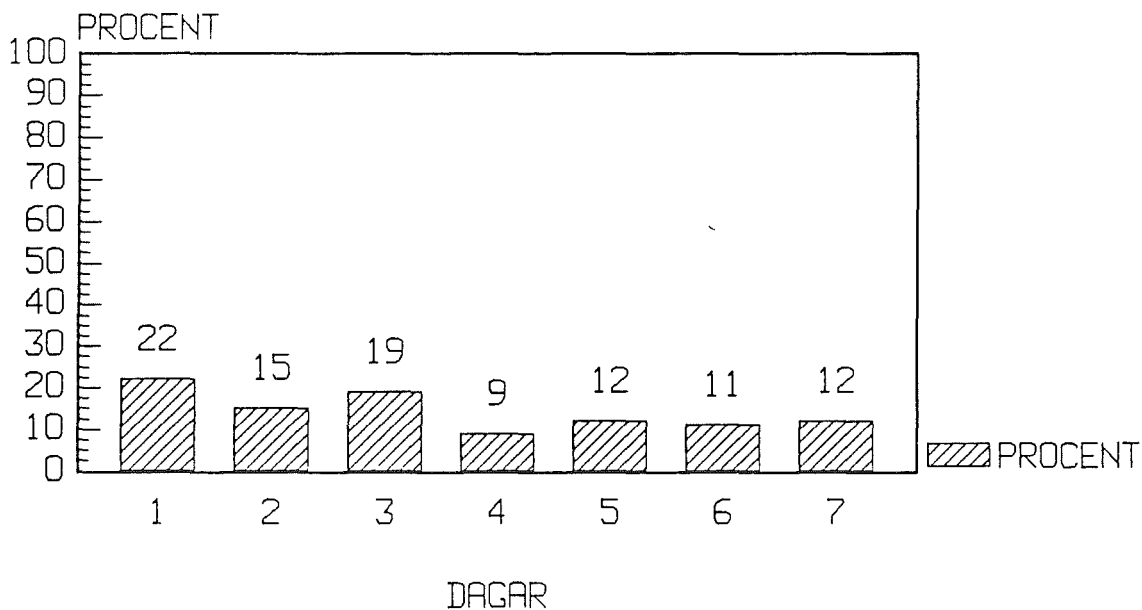


Diagram 2.7.1 a

2.7.2 Resultat

82

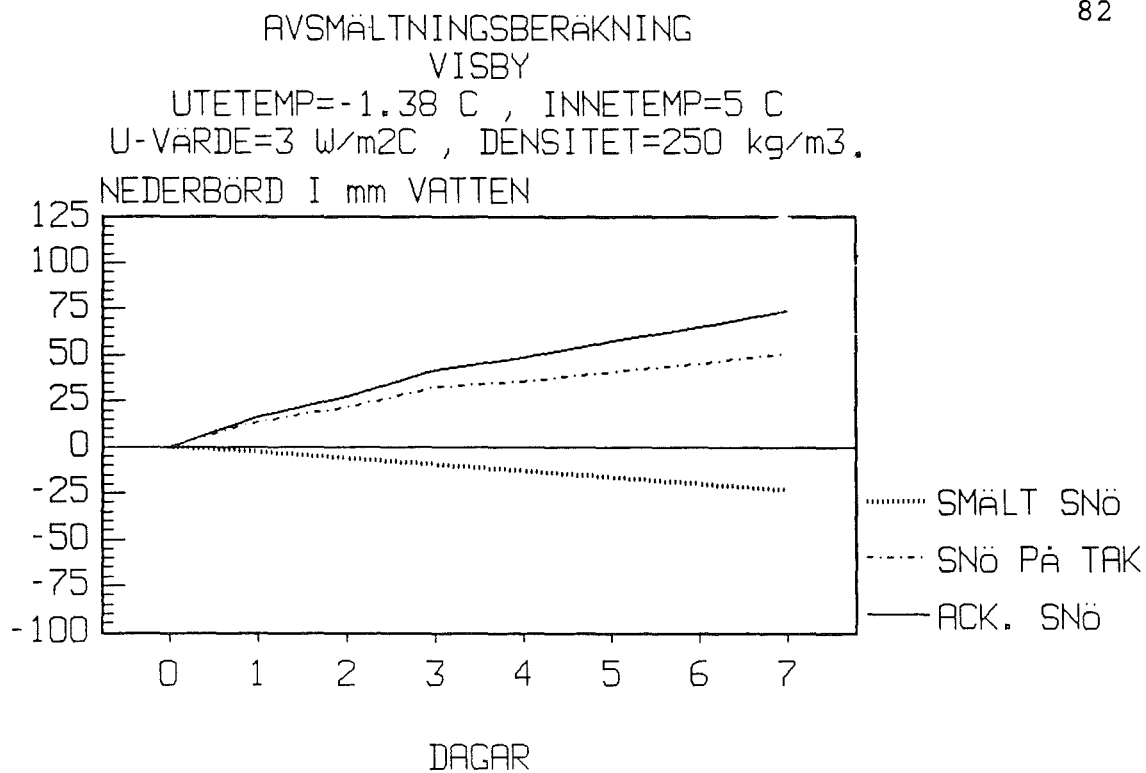


Diagram 2.7.2 a

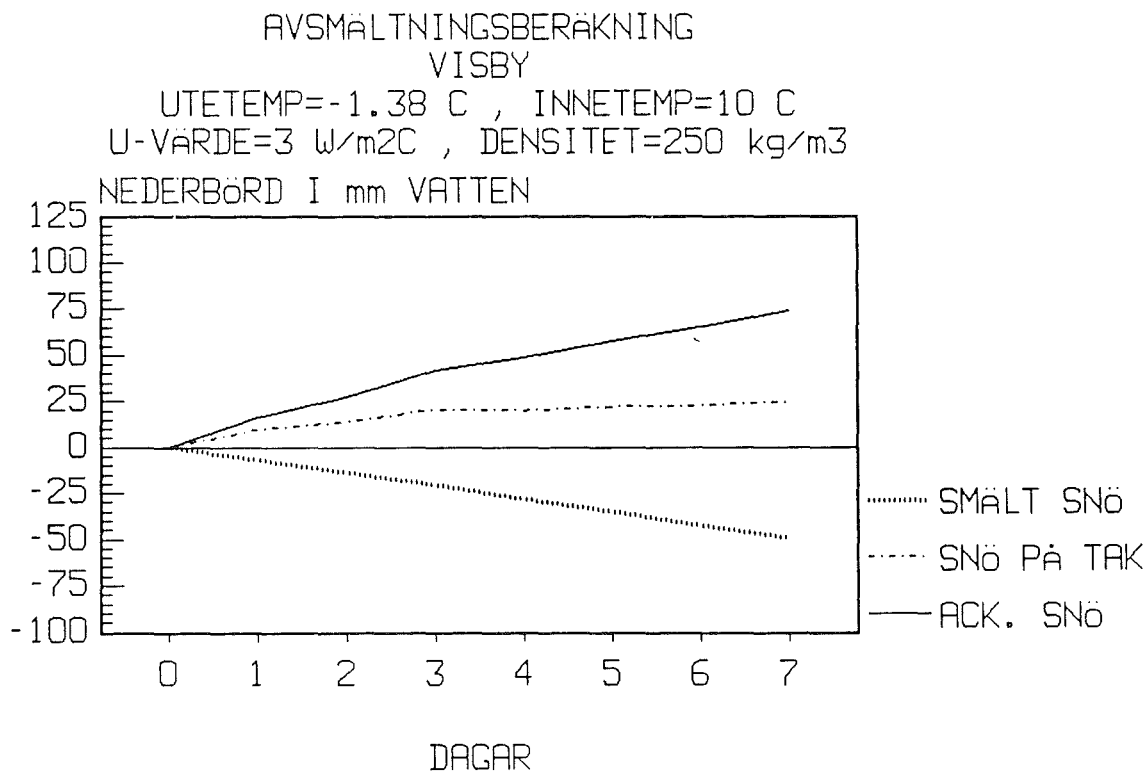


Diagram 2.7.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-1.38 C , INNETEMP=18 C
 U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

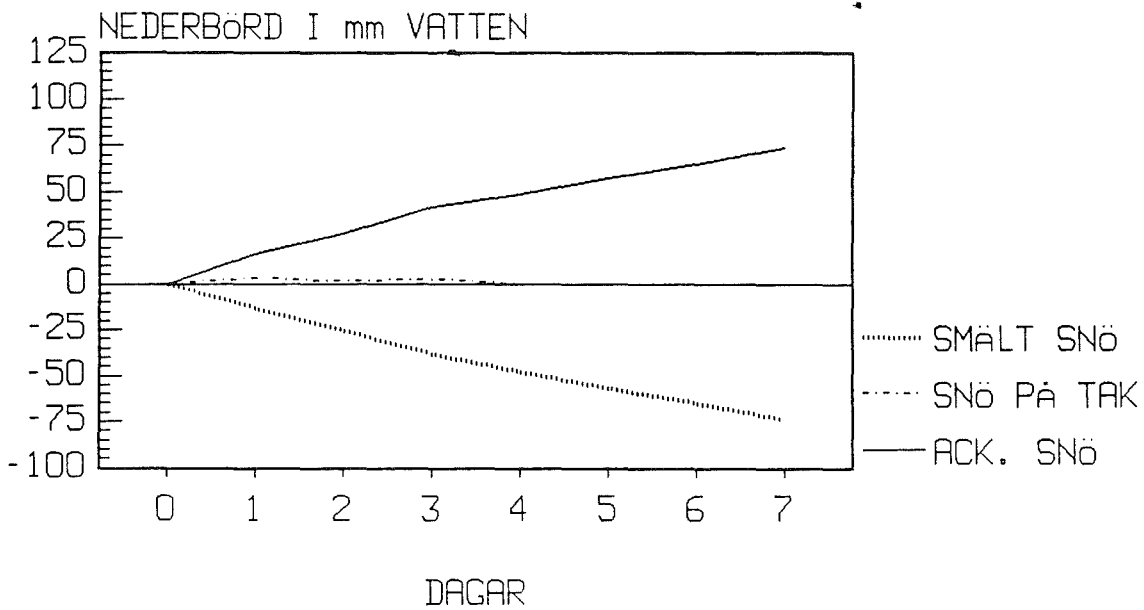


Diagram 2.7.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-1.38 C , INNETEMP=5 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

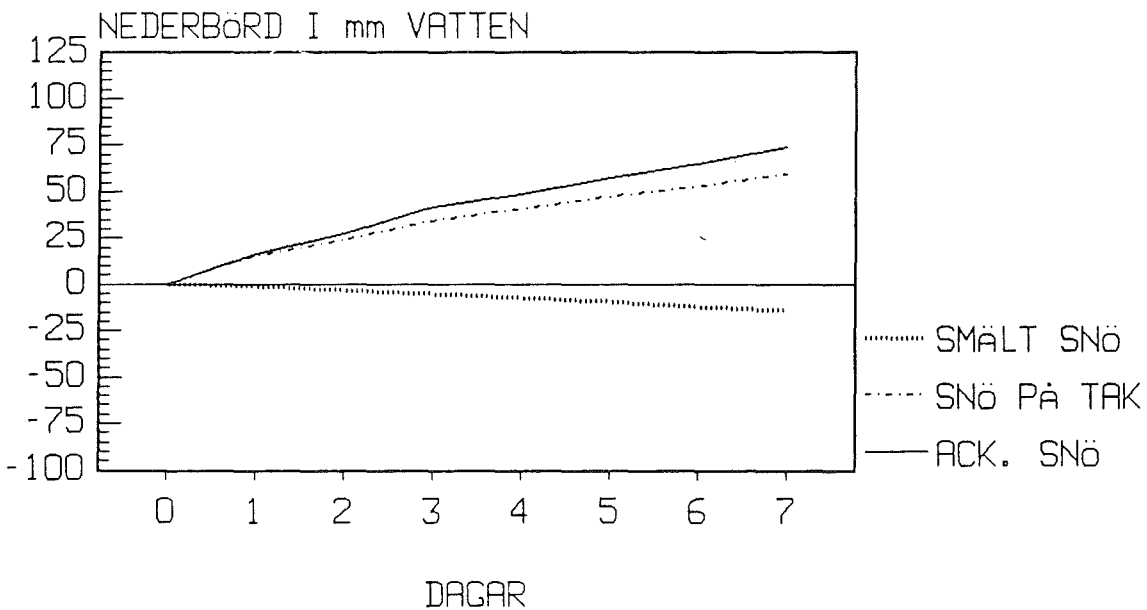


Diagram 2.7.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-1.38 C , INNETEMP=10 C

U-VARDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³ .

NEDERBÖRD I mm VATTEN

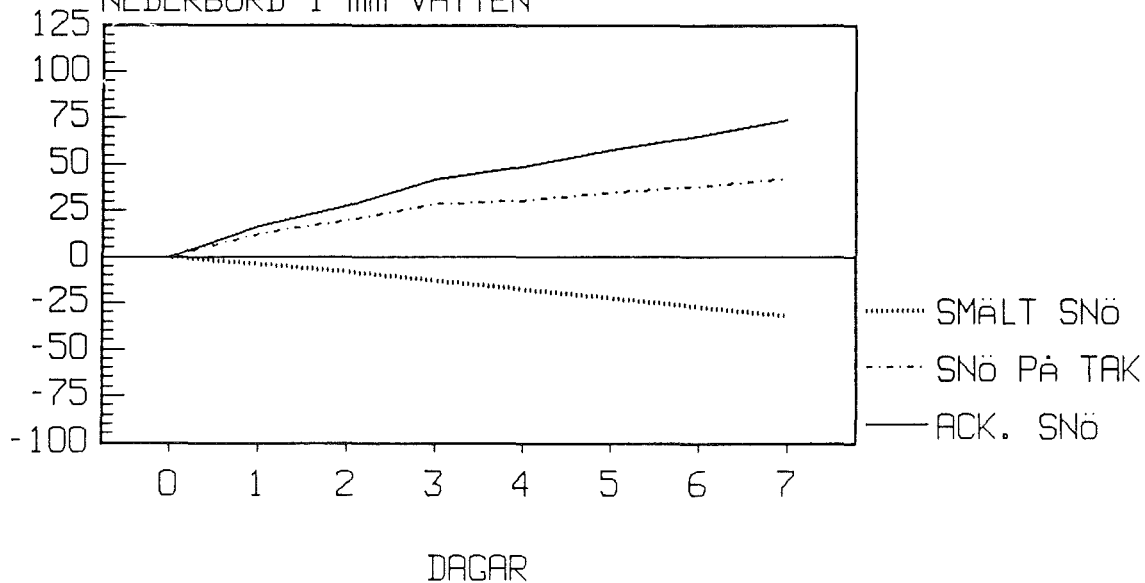


Diagram 2.7.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-1.38 C , INNETEMP=18 C

U-VARDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

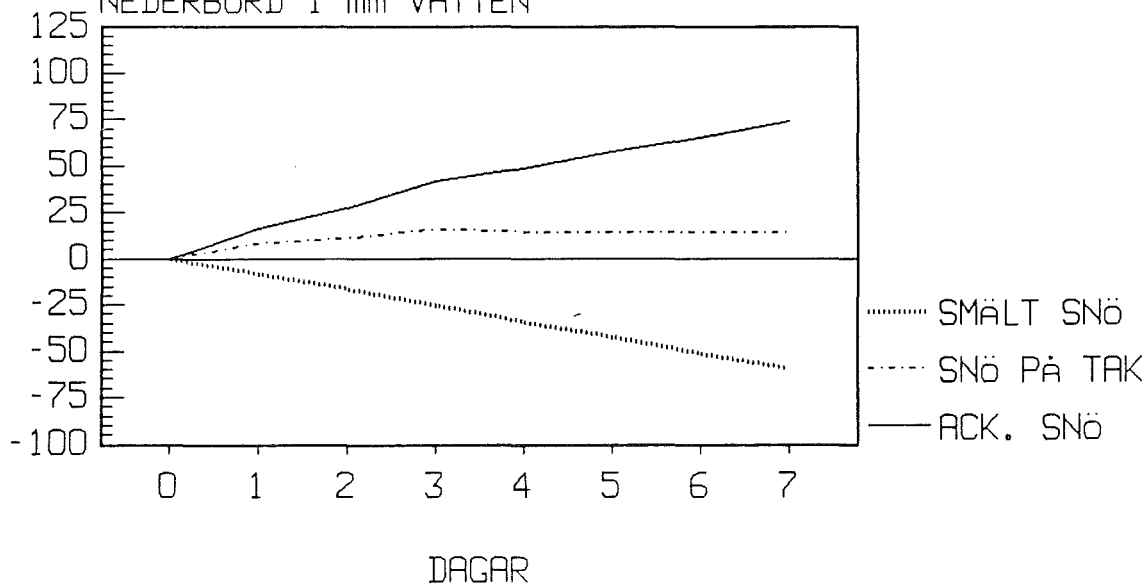


Diagram 2.7.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-9.06 C , INNETEMP=10 C
 U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

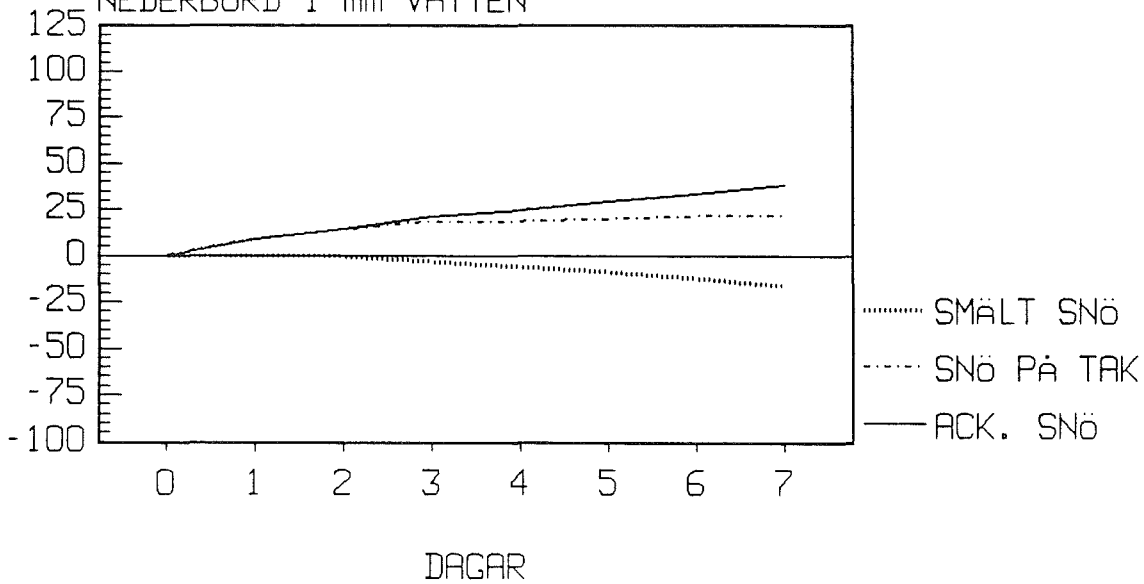


Diagram 2.7.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-9.06 C , INNETEMP=18 C
 U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

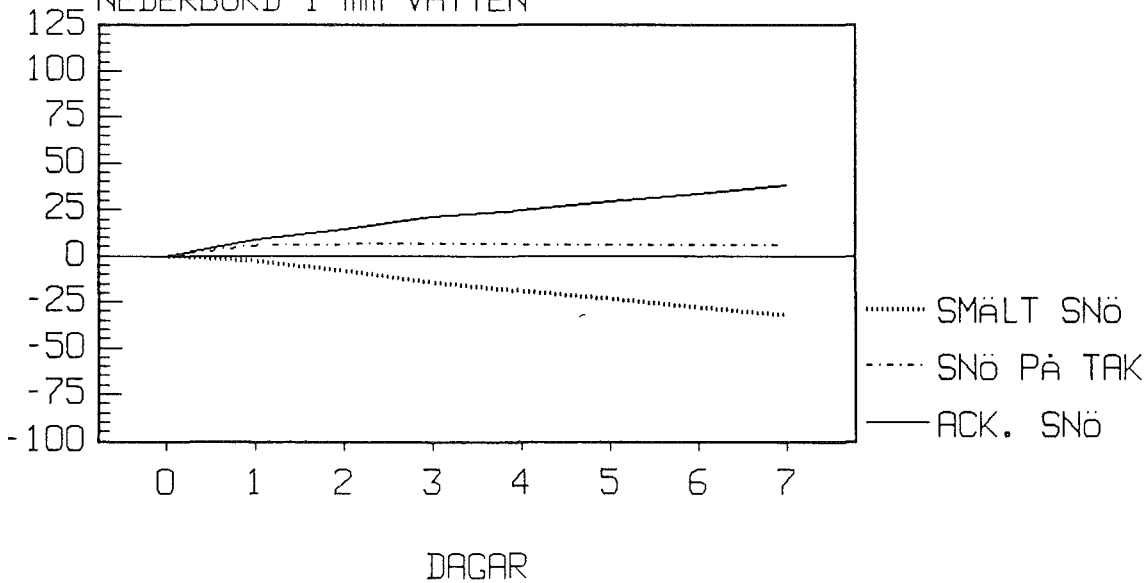


Diagram 2.7.2 h

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

VISBY

UTETEMP=-9.06 C , INNTEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

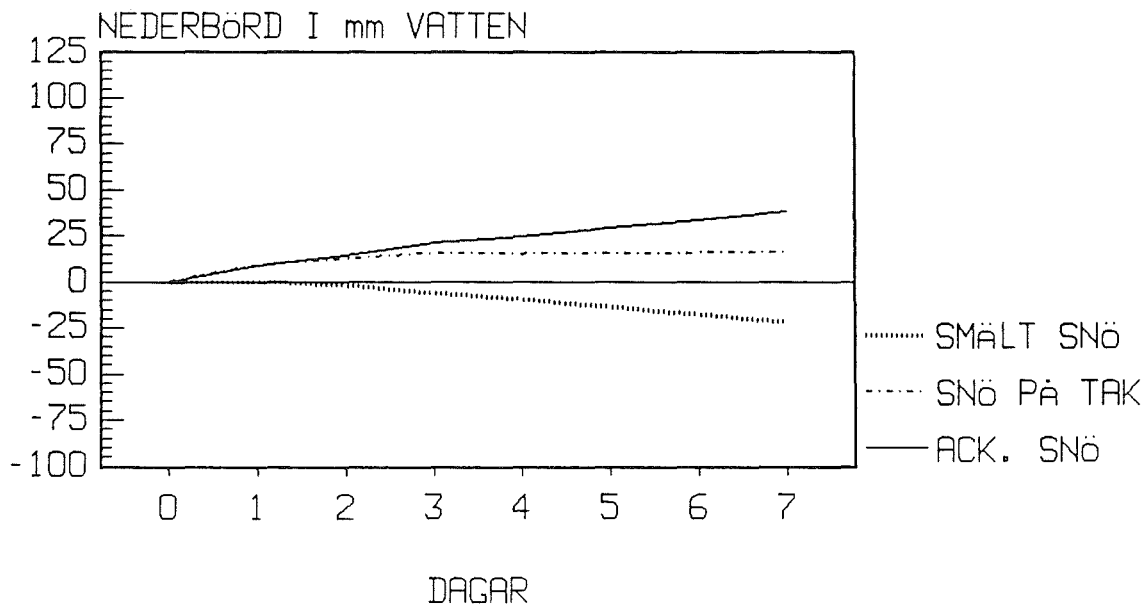


Diagram 2.7.2 i

2.8 GÖTEBORG/SÄVE

2.8.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 26.11$$

$$S = 10.64$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.0959$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 20.7639$$

$$P_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 61.45 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 10.353$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Temperatur:

$$M = 21.42 ; \text{verkligt medelvärde } T = -1.42^\circ\text{C}$$

$$S = 2.59$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.3941$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 20.1187$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 30.02 ; T^{50} = -10.02^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 9.422$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Vind:

$$v_0 = 4.67 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 3.67 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbördsmängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_C = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.20$$

$$p_C^{50} = 61.45 * 1.20 = 73.5 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_C = 26.11 * 1.20 = 31.2 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
GÖTEBORG/SÄVE
MEDELVARDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

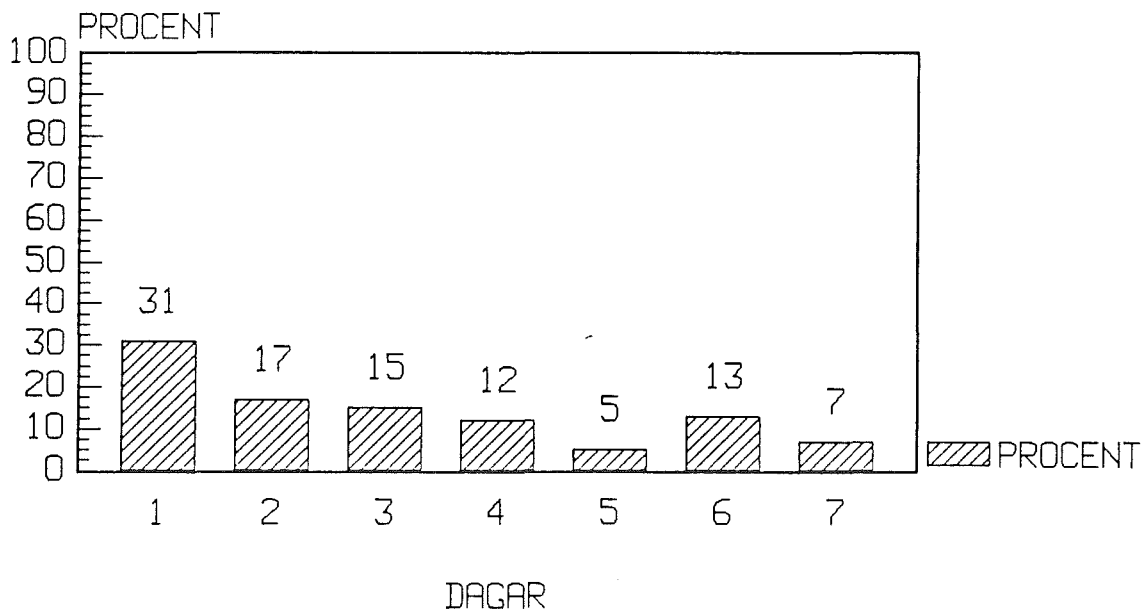


Diagram 2.8.1 a

2.8.2 Resultat

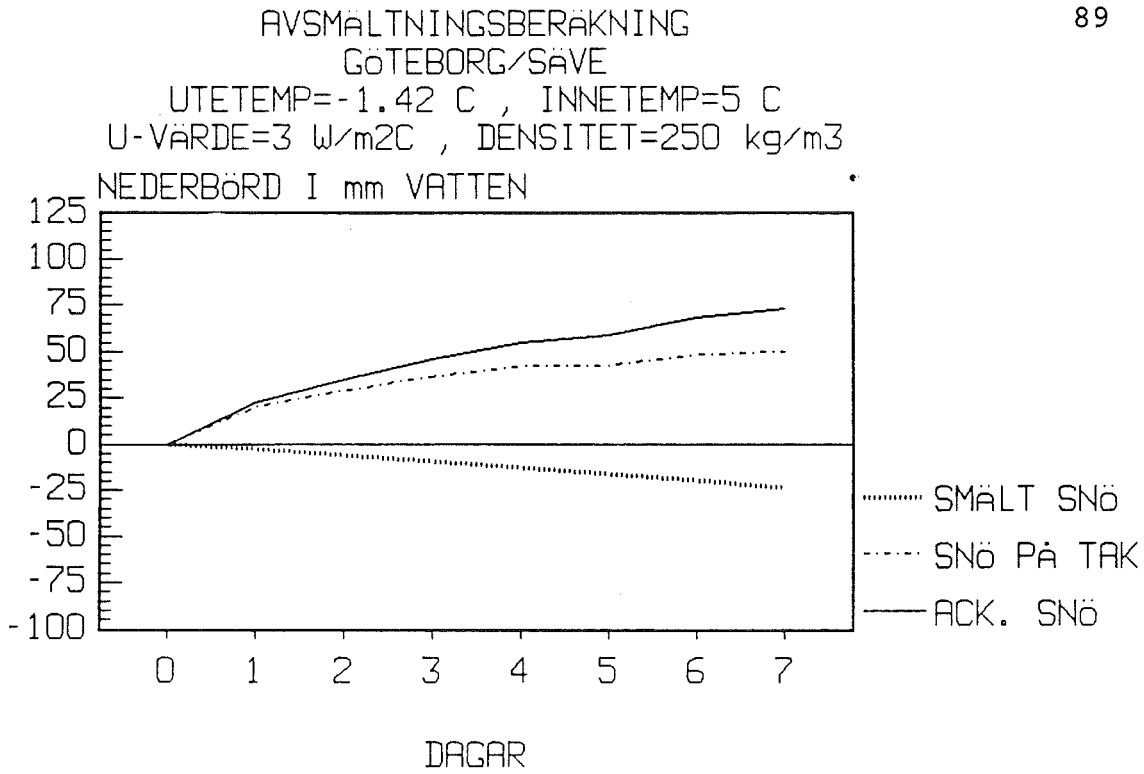


Diagram 2.8.2 a

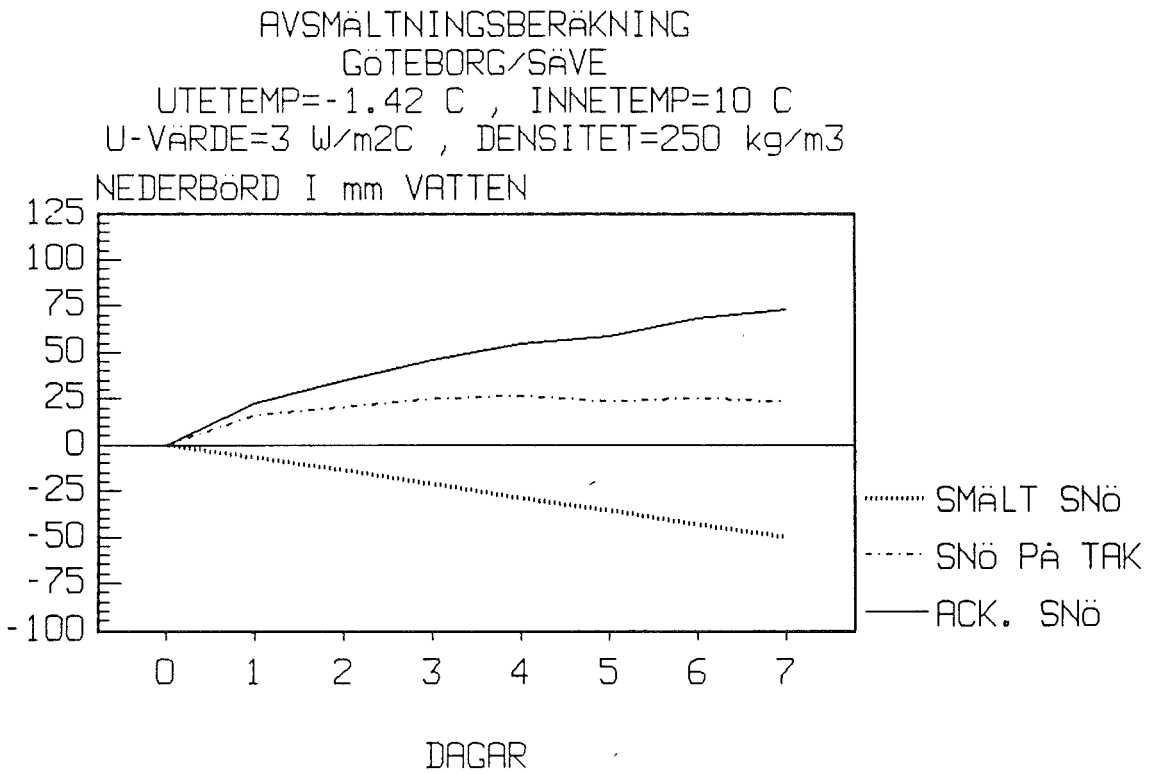


Diagram 2.8.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-1.42 C , INNETEMP=5 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

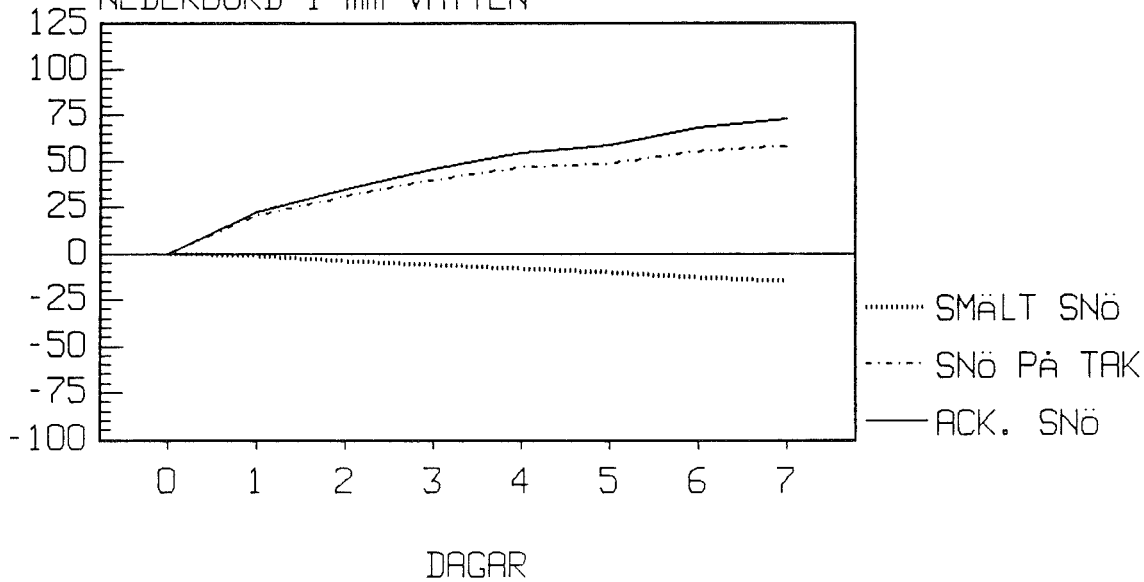


Diagram 2.8.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-1.42 C , INNETEMP=10 C

U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

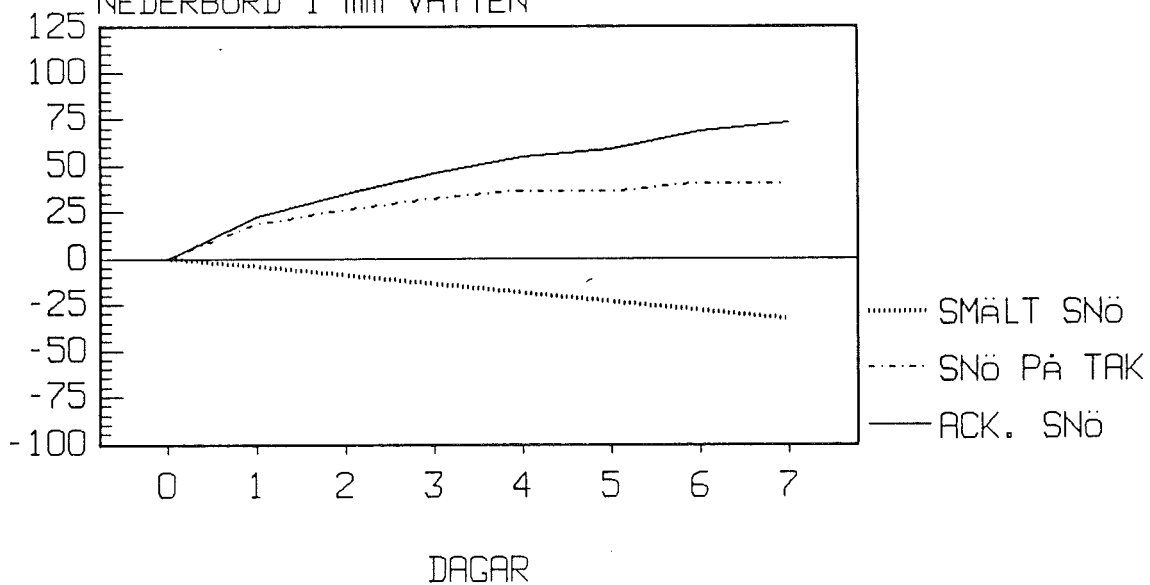


Diagram 2.8.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-1.42 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

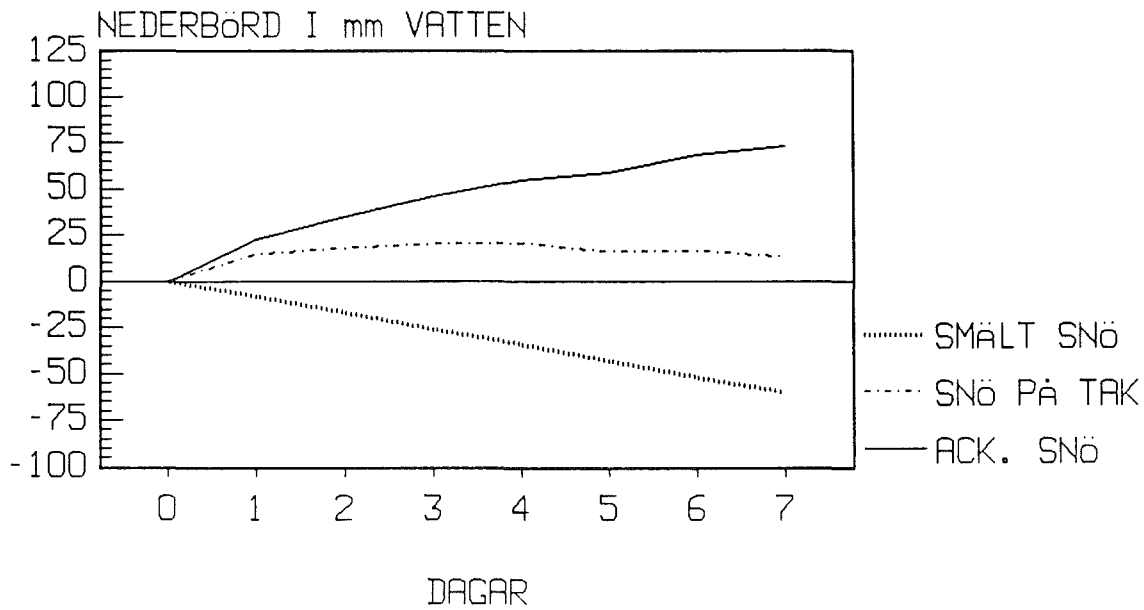


Diagram 2.8.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-1.42 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

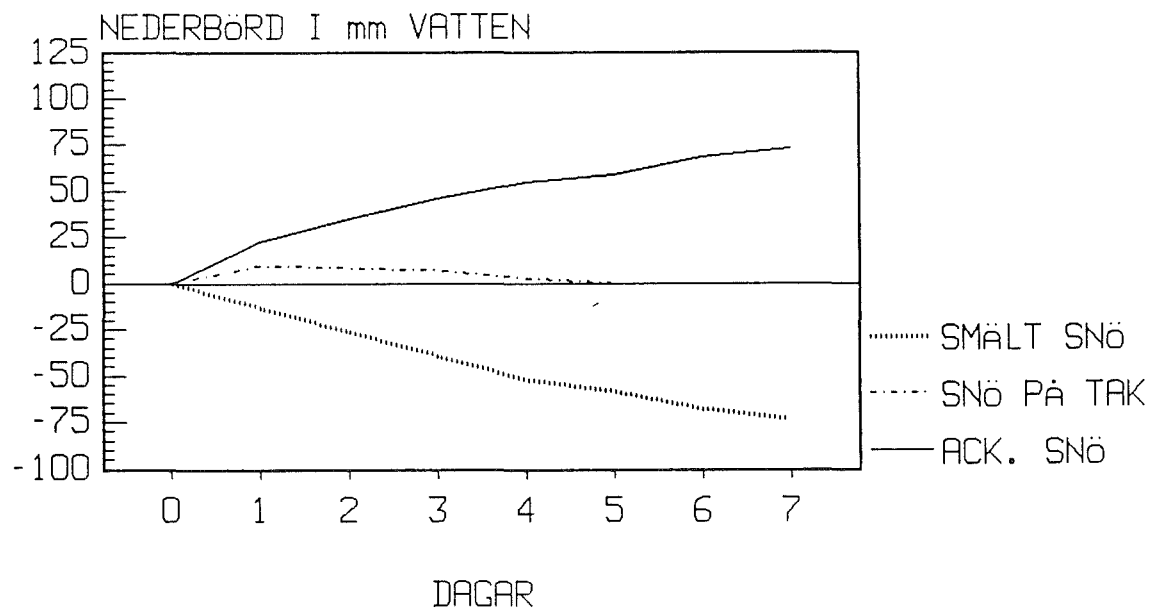


Diagram 2.8.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-10.02 C , INNETEMP=10 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

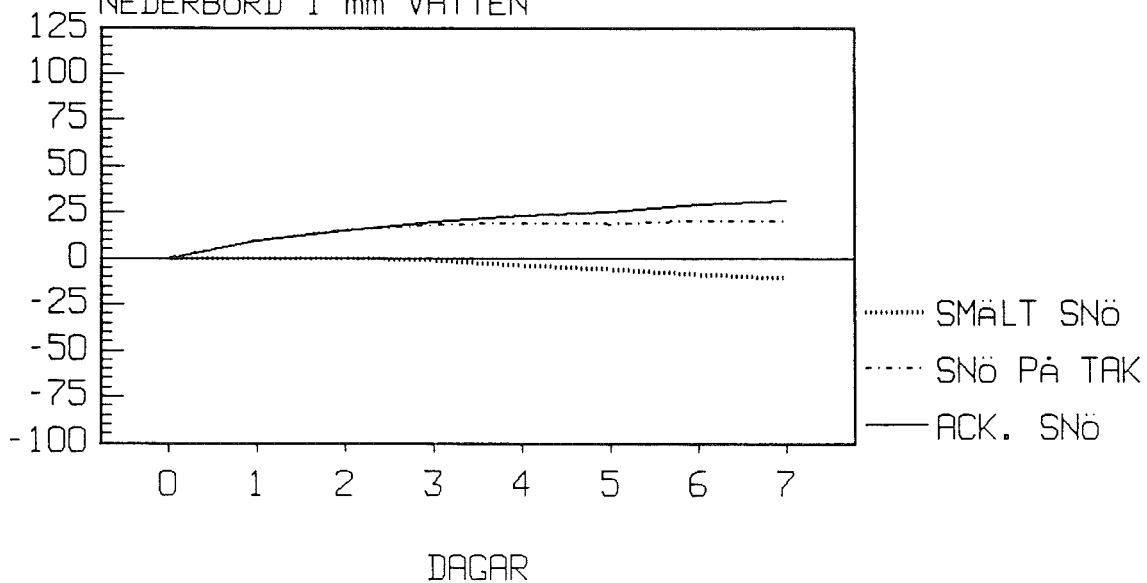


Diagram 2.8.2 g

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-10.02 C , INNETEMP=18 C

U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

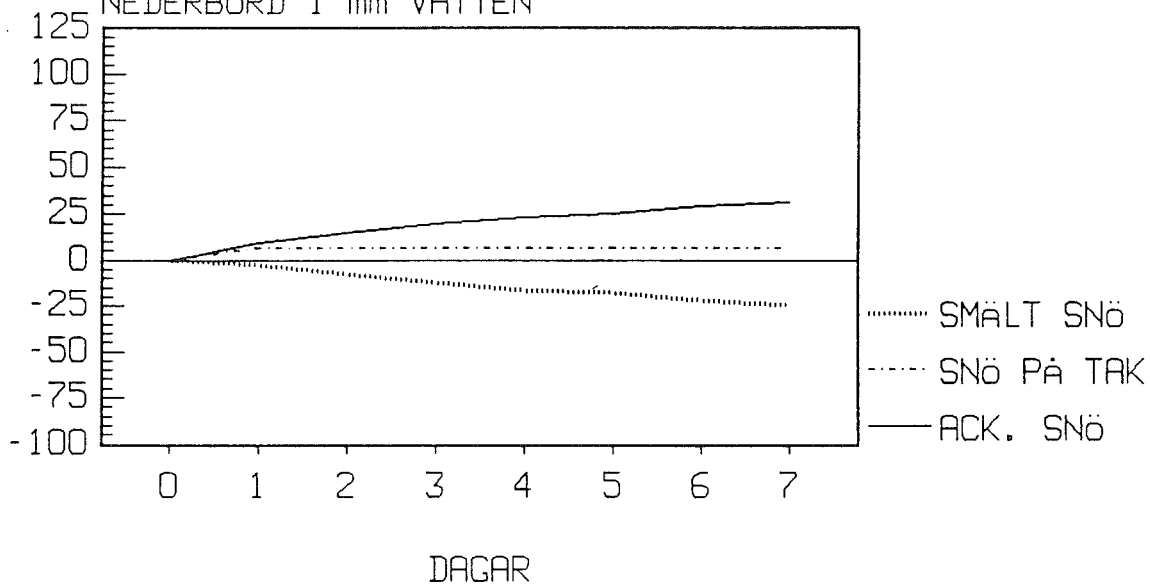


Diagram 2.8.2 h

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

GÖTEBORG/SÄVE

UTETEMP=-10.02 C , INNETEMP=18 C

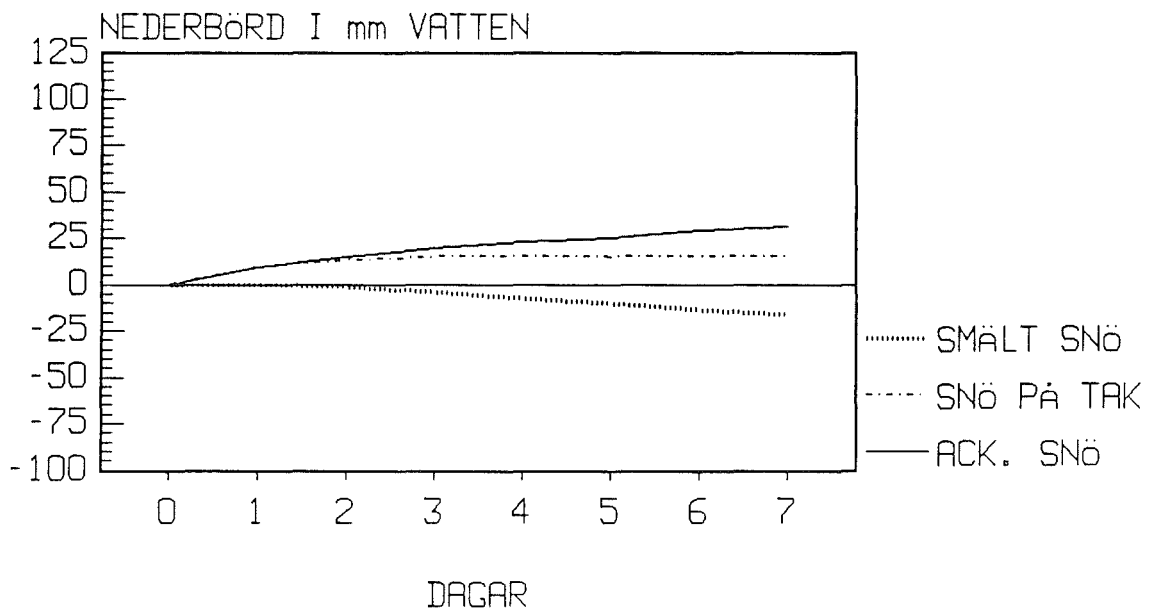
U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³.

Diagram 2.8.2 i

2.9 LUND2.9.1 statistisk bearbetning

Nederbörd:

$$M = 26.43$$

$$S = 15.31$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.0667$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 18.7375$$

$$P_m^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 77.27 \text{ m.m. vatten}$$

Chi-två test ger $Q = 3.662$, chi-två(7) på 5%-nivån = 14.1

Temperatur:

$$M = 21.52 ; \text{verkligt medelvärde } T = -1.52^\circ\text{C}$$

$$S = 1.77$$

$$\sigma_{15} = 1.0206$$

$$Y_{15} = 0.5128$$

$$\alpha = \sigma_{15}/S = 0.5766$$

$$\beta = M - S * Y_{15} / \sigma_{15} = 20.6300$$

$$T_t^{50} = \beta - 1/\alpha * \ln(-\ln 0.98) = 27.40 ; T^{50} = -7.40^\circ\text{C}$$

Chi-två test ger $Q = 4.188$, chi-två(5) på 5%-nivån = 11.1

Vind:

$$v_0 = 2.62 \text{ m/s}$$

$$z = 2.0 \text{ m}$$

$$z_0 = 10.0 \text{ m}$$

$$c = 0.15$$

$$v = v_0 * (z/z_0)^c = 2.06 \text{ m/s}$$

Korrigering av nederbörds mängd p.g.a. vindens inverkan:

$$a(T) = 0.0486$$

$$p_c = p_m * e^{a(T)*v} = p_m * 1.10$$

$$p_c^{50} = 77.27 * 1.10 = 85.4 \text{ m.m. vatten}$$

$$p_c = 26.43 * 1.10 = 29.2 \text{ m.m. vatten}$$

FYSISK VECKA - NEDERBÖRD
LUND
MEDELVARDE UNDER 15 ÅR
PROCENT SUMMAN ÄR 100

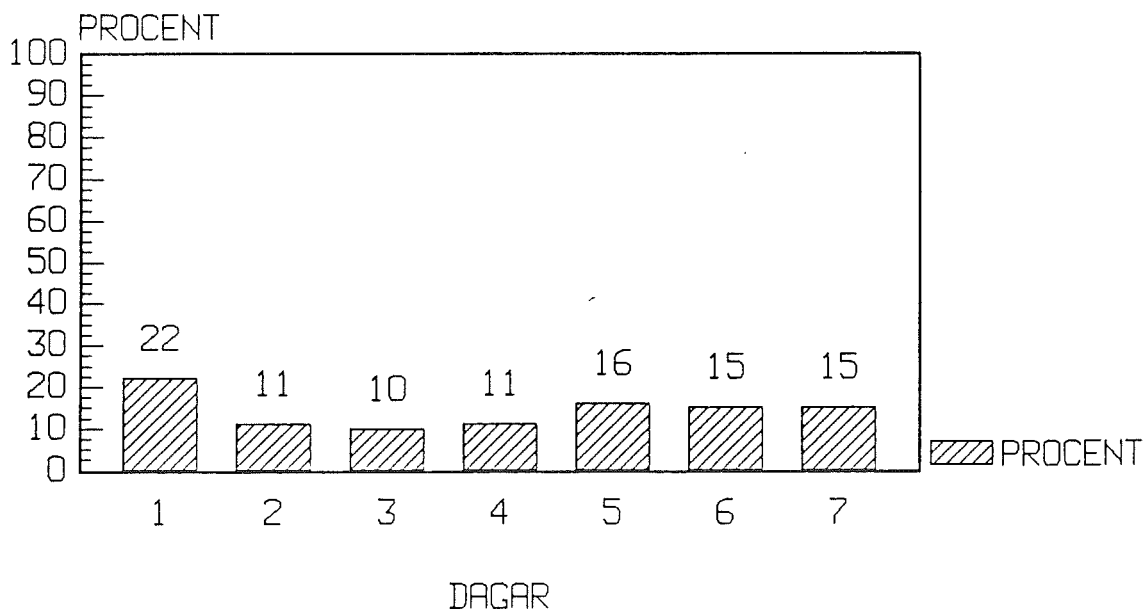


Diagram 2.9.1 a

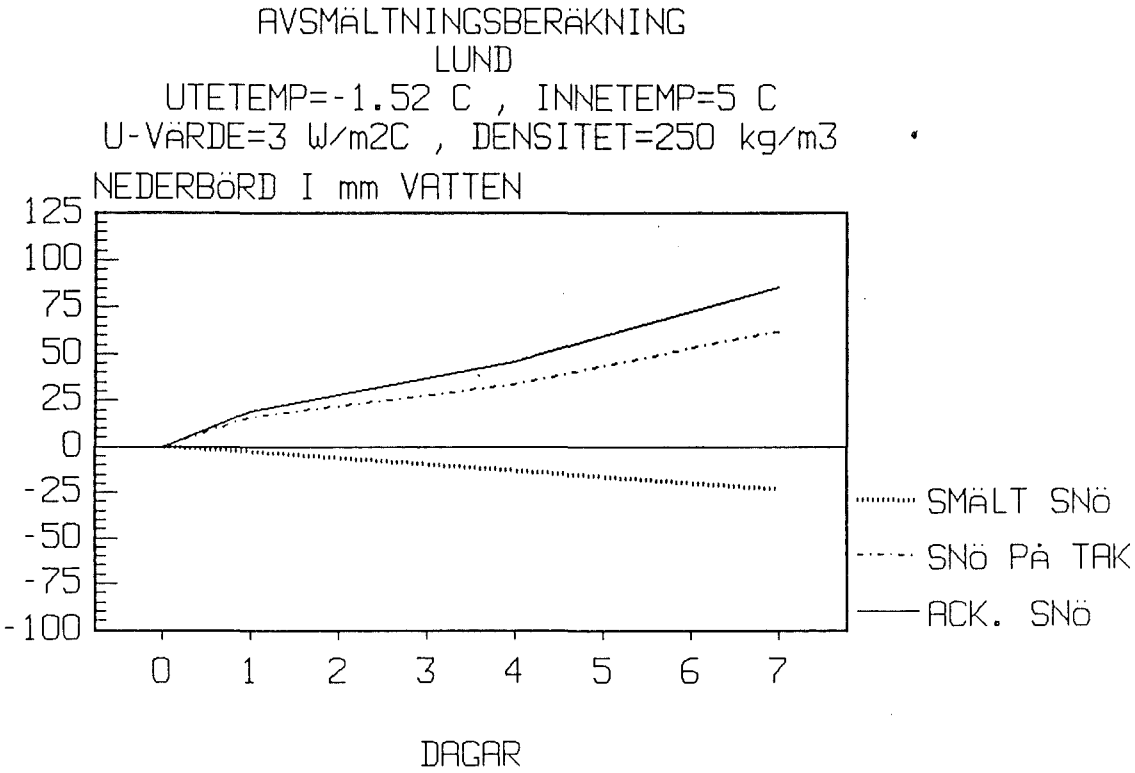


Diagram 2.9.2 a

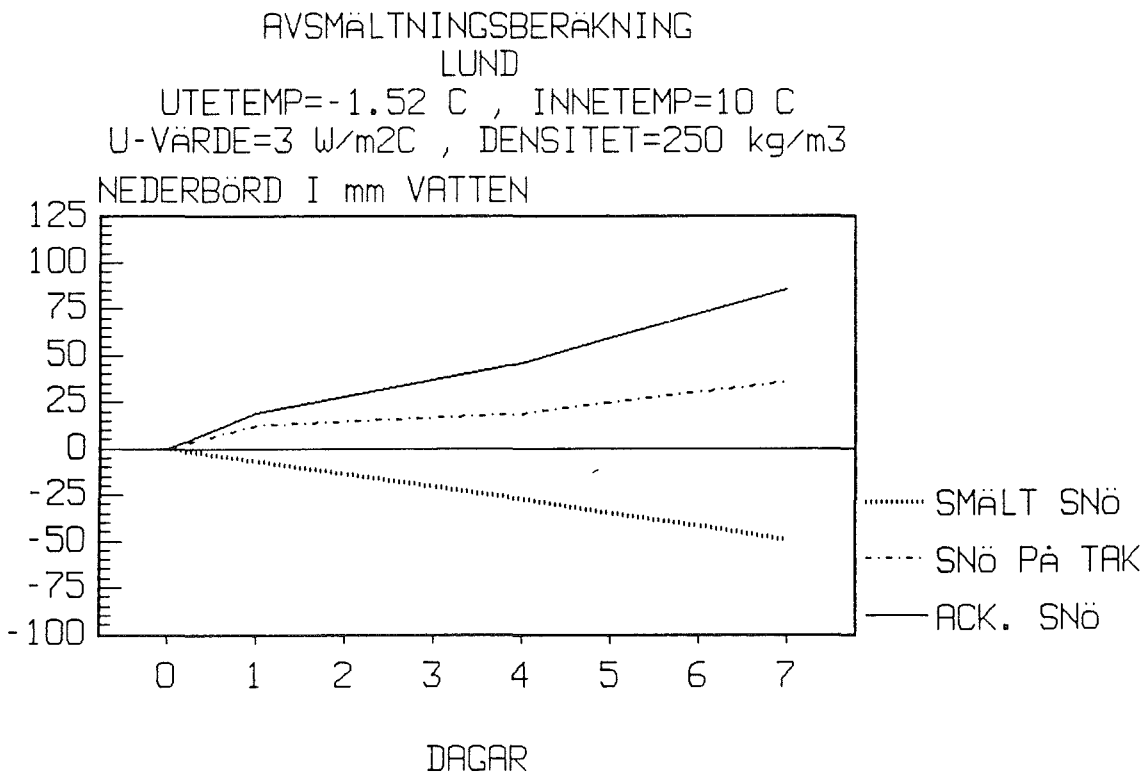


Diagram 2.9.2 b

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LUND

UTETEMP=-1.52 C , INNTEMP=18 C
 U-VÄRDE=3 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

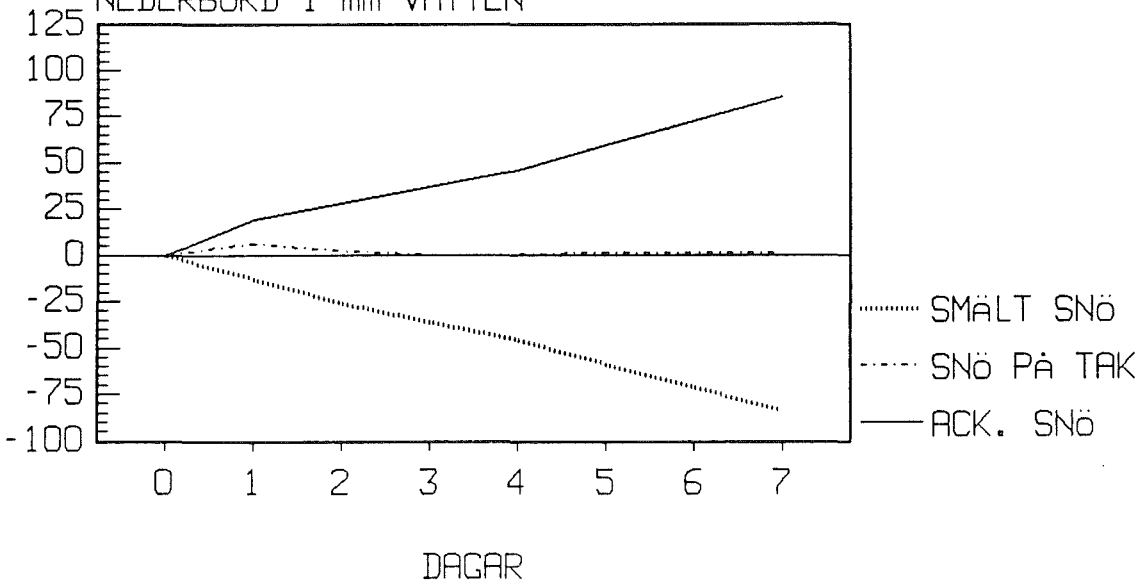


Diagram 2.9.2 c

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LUND

UTETEMP=-1.52 C , INNTEMP=5 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

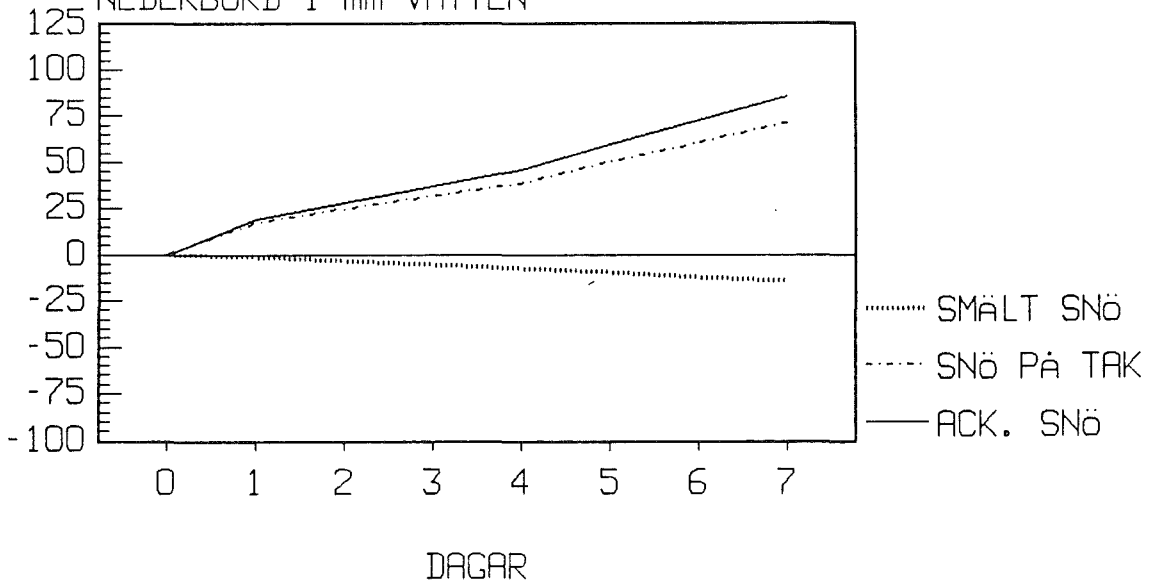


Diagram 2.9.2 d

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LUND

UTETEMP=-1.52 C , INNETEMP=10 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

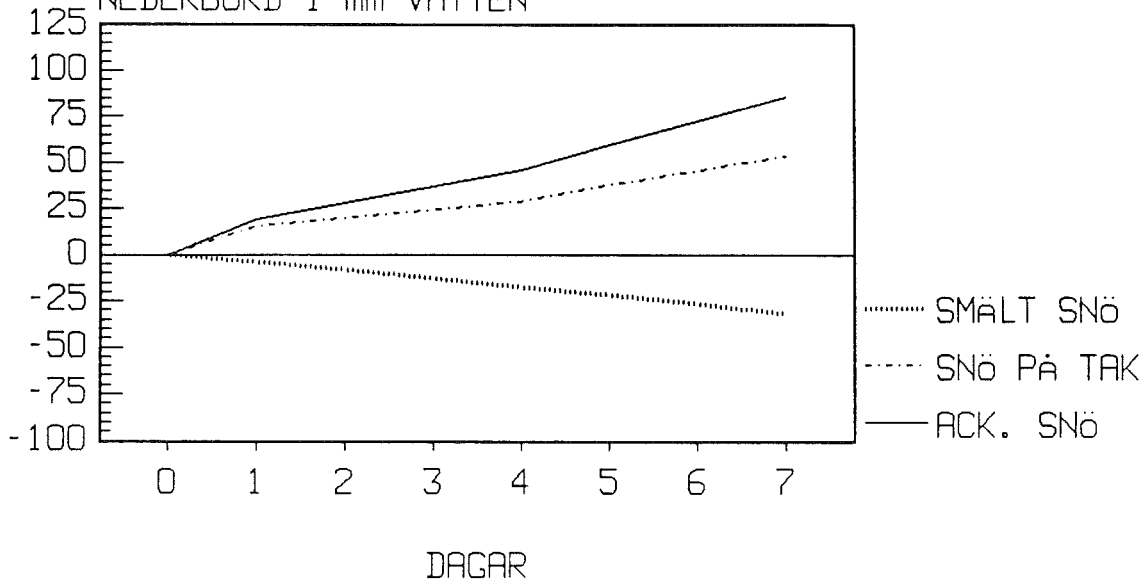


Diagram 2.9.2 e

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING

LUND

UTETEMP=-1.52 C , INNETEMP=18 C
 U-VÄRDE=2 W/m²C , DENSITET=250 kg/m³

NEDERBÖRD I mm VATTEN

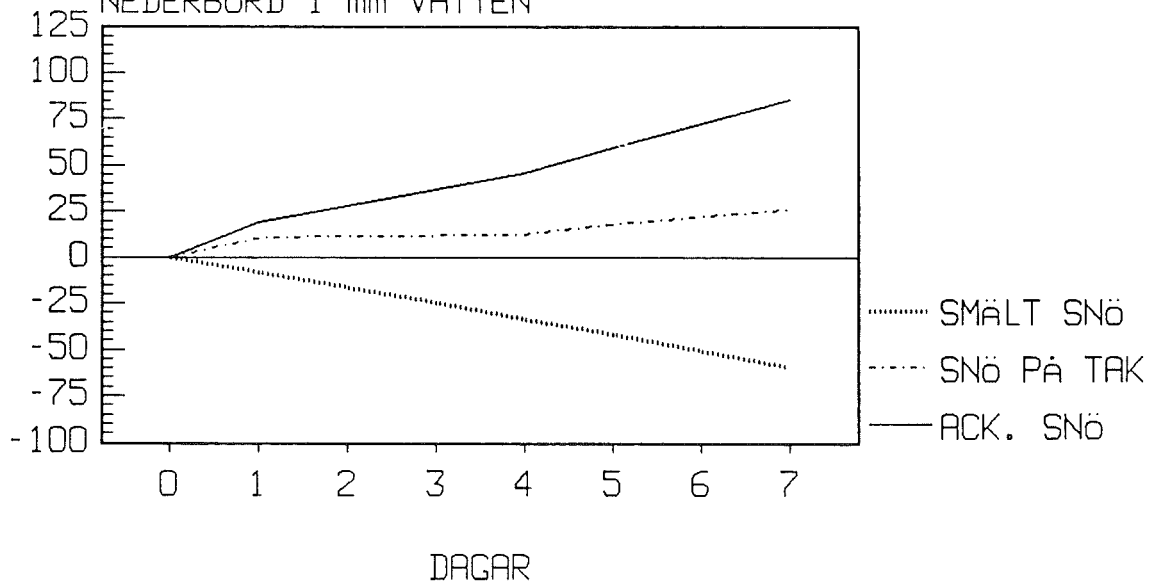


Diagram 2.9.2 f

AVSMÄLTNINGSBERÄKNING
LUND

UTETEMP=-7.40 C , INNETEMP=18 C
U-VÄRDE=3 W/m2C , DENSITET=250 kg/m3

NEDERBÖRD I mm VATTEN

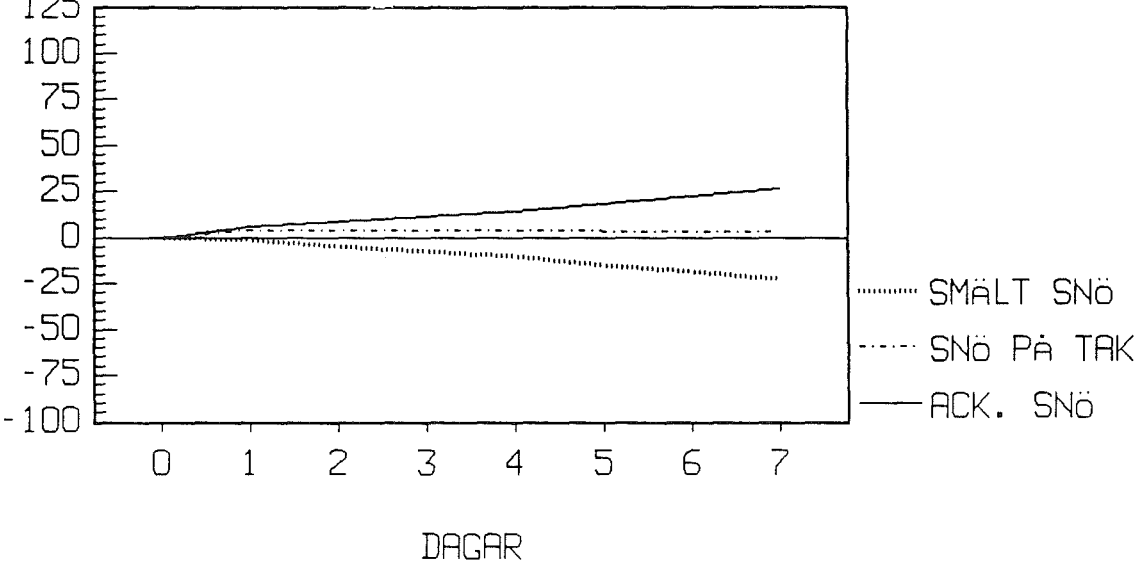


Diagram 2.9.2 g

3 SAMMANSTÄLLNING AV RESULTAT

I tabellerna 3a - 3j anges nederbörden i mm vatten och procentvärdet visar kvarvarande snömängd på glastaket i förhållande till aktuell snözon.

* anges då dimensionerande fall utgöres av kombinationen medelvärde på nederbörd och 50-årsvärde på utetemperatur.
+ anger då kurvan för kvarvarande snö på taket har positiv riktningsderivata vid sjudagarsperiodens slut.

Haparanda snözon 2.5				Stensele snözon 3.0			
$T^{50} = -25.80^{\circ}\text{C}$				$T^{50} = -25.98^{\circ}\text{C}$			
$p_C^{50} = 95.4 \text{ mm vatten}$				$p_C^{50} = 68.2 \text{ mm vatten}$			
U^T	5°C	10°C	18°C	U^T	5°C	10°C	18°C
3	77	51	30 *	3	56	34	28 *
W/m^2C	31 % +	21 % +	12 %	W/m^2C	19 % +	11 % +	9 % +
2	86	68	43 *	2	63	49	35 *
W/m^2C	34 % +	27 % +	17 % +	W/m^2C	21 % +	16 % +	12 % +

Tabell 3 a

Tabell 3 b

Härnösand snözon 2.5				Falun snözon 2.5			
$T^{50} = -14.75^{\circ}\text{C}$				$T^{50} = -16.37^{\circ}\text{C}$			
$p_C^{50} = 112.2 \text{ mm vatten}$				$p_C^{50} = 100.0 \text{ mm vatten}$			
U^T	5°C	10°C	18°C	U^T	5°C	10°C	18°C
3	88	62	25	3	79	54	18 *
W/m^2C	35 % +	25 %	10 %	W/m^2C	32 % +	22 % +	7 %
2	98	80	52	2	88	71	45
W/m^2C	39 % +	32 % +	21 %	W/m^2C	35 % +	28 % +	18 % +

Tabell 3 c

Tabell 3 d

Stockholm snözon 1.5			
$T^{50} = -13.42^{\circ}\text{C}$			
$p_c^{50} = 49.2 \text{ mm vatten}$			
U	T	5°C	10°C
		18°C	
3	34	24 *	11 *
W/m^2C	22 %	16 %	7 %
2	41	26	20 *
W/m^2C	28 % +	17 %	13 %

Tabell 3 e

Linköping snözon 1.5			
$T^{50} = -13.78^{\circ}\text{C}$			
$p_c^{50} = 71.5 \text{ mm vatten}$			
U	T	5°C	10°C
		18°C	
3	49	26	14 *
W/m^2C	33 % +	18 %	10 %
2	58	40	24 *
W/m^2C	38 % +	27 %	16 %

Tabell 3 f

Karlstad snözon 1.5			
$T^{50} = -13.16^{\circ}\text{C}$			
$p_c^{50} = 92.7 \text{ mm vatten}$			
U	T	5°C	10°C
		18°C	
3	72	46	12 *
W/m^2C	48 % +	30 % +	8 %
2	81	63	35
W/m^2C	54 % +	42 % +	24 %

Tabell 3 g

Visby snözon 1.5			
$T^{50} = -9.06^{\circ}\text{C}$			
$p_c^{50} = 74.1 \text{ mm vatten}$			
U	T	5°C	10°C
		18°C	
3	51	24	7 *
W/m^2C	34 % +	16 %	5 %
2	59	42	16 *
W/m^2C	40 % +	28 % +	11 %

Tabell 3 h

Göteborg snözon 1.0				Lund snözon 1.0					
$T^{50} = -10.02^{\circ}\text{C}$				$T^{50} = -7.40^{\circ}\text{C}$					
$p_c^{50} = 73.5 \text{ mm vatten}$				$p_c^{50} = 85.4 \text{ mm vatten}$					
U	T	5°C	10°C	18°C	U	T	5°C	10°C	18°C
3	50	26	9		3	62	36	6	
$\text{W/m}^2\text{C}$	50 %	26 %	9 %		$\text{W/m}^2\text{C}$	62 % +	34 % +	6 %	
2	58	41	20		2	71	53	26	
$\text{W/m}^2\text{C}$	58 % +	41 %	20 %		$\text{W/m}^2\text{C}$	71 % +	53 % +	26 % +	

Tabell 3 i

Tabell 3 j

Kommentar till tabell 3 a - 3 j :

- Snözons-värdet är q -lasten i kN/m^2 .
- 100 mm vatten motsvarar en q -last på 1.0 kN/m^2 .

Vid en studie av resultatdiagrammen i kapitel 2 för de undersökta stationerna observeras att kurvan för kvarvarande snö på glastaket ofta når sitt maxvärde i slutet av sjudagarsperioden.

Ett logiskt antagande kan tyckas vara att kurvan skulle fortsätta att stiga om tidsintervallet ökas.

Detta skall ställas mot det faktum att om tidsintervallet ökas, fördelas nederbördsmängden på fler antal dagar vilket gör att mängden per dag under intervallet minskar. Då avsmältningen är konstant erhålls en flackare kurva för kvarvarande snömängd på taket, vilket ger ett lägre maxvärde.

Vidare noteras att nederbördsmängden före respektive efter, är märkbart mindre än under sjudagarsperioden.

Det bör dock beaktas att vid innetemp. 5°C och även i vissa fall 10°C kan man ifrågasätta om kvarvarande snömängd på glastaket vid sjudagarsperiodens början är lika med noll. Detta är en förutsättning för beräkningsmodellen. Därför bör reduktion noga övervägas från fall till fall.

Inledningsvis gjordes en approximativ studie av lämpligt tidsintervall, vilket gav att en period av sju dagar är lämplig.

Sjudagarsperioden stämmer också väl överens med norska erfarenheter.

Det bör också framhållas att ingen hänsyn har tagits till temperaturdifferentieringen i utrymmet under glastaket. Angivna innetemperaturer avser vistelsezonen, temperaturen omedelbart under glastaket är högre. Storleken på temperaturskillnaden är höjdberoende.

Detta bidrar till att modellen ytterliggare ligger på säkra sidan.

Här är även räknat med att snö på mark är lika med snö på glastak, d.v.s. $\mu = 1.0$ i formeln $s_k = \mu * s_0$.

4 LUTNING PÅ GLASTAK

Vid undersökning om hur lutningen på glastaket påverkar snölasten uppstod svårigheter.

Svårigheterna bestod i att finna materialparametrar, framförallt friktionskoefficienter mellan snö och glas då denna varierar med temperaturen.

Vidare uppstod problem med att finna en lämplig beräkningsmodell som tar hänsyn till tvärgående spröjsars höjd och tekniska utformning, vilket är helt avgörande för snöns möjligheter att glida av taket.

I " Handbook of snow " anges dock en friktionskoefficient mellan glas och snö som $\mu = 0.015 - 0.02$.

Den taklutning då snön börjar glida ges av följande samband enligt " Statics and dynamics " av J.L. Meriam

$\Theta =$ kritisk taklutning

$\mu = 0.02$

$\Theta = \arctan \mu = 1.1^\circ$

Detta ger en indikation på de tvärgående spröjsarnas betydelse för avglidning.

5 ALLMÄNNA SYNPUNKTER

Då problemställningen är komplex måste vissa krav uppfyllas för att den här redovisade teoretiska modellen skall anses tillförlitlig.

Modellen kräver att spröjsarnas och ramarnas U-värde inte är lägre än glasets U-värde. Orsaken är att återfrysning vid ramen eller spröjsen av smältvatten från glasytan ej är önskvärd.

Vidare krävs ett väl fungerande avvattningssystem av taket för att ta hand om smältvattnet.

Stor vikt bör läggas vid dimensionering av avvattningsrännor, rännornas dimension bestäms av storleken på glaselementen.

Då risk för ras från ovanför liggande tak eller snöficka förekommer, kan ingen reduktion företas med utgångspunkt från i rapporten genomförda beräkningar.

Synpunkter på geometrisk utformning som kan framhållas är att taklutningen bör vara minst 30° , vilket förhindrar eventuellt kondensdropp från taket samt underlättar avglidning av snö.

Glastaket bör vidare läggas på en sarg så att ett höjdmått erhålls mellan det isolerade taket och foten på glastaket. Detta rekommenderas för att förhindra att ackumulerad snö bygger upp över glastaket.

I övrigt kan nämnas att fullskaleförsök har utförts i Trondheim, Norge. Dessa visar genom bildokumentation att snö på glastak över uppvärmt utrymme försvinner snabbt.

Avslutningsvis kan framhållas att om obegränsad mängd datoranpassad meteorologisk information och stor datorkapacitet kan utnyttjas, så kan avsmältningsmodellen användas med enkla modifieringar.

Kvarvarande snömängd på taket kan då beräknas dagligen under hela året. Nederbörds mängden måste då även korrigeras dagligen p.g.a. vindens inverkan.

Den undersökta tidsperioden om 15 år bör då även utökas.

LITTERATURFÖRTECKNING

Andersson, A-C, 1983, Luftströmning. Institutionen för byggnadsteknik, LTH.

Blom, G, 1984, Statistikteori med tillämpningar. Studentlitteratur, Lund.

Dreier, C, et al, 1985, Håndbok 36. Glasstak. Konstruksjoner. Klimatpåvirkninger og løsninger for nordiske forhold. Norges byggforskningsinstitutt.

Forsler et al, 1971, Snödjup och vattenvärde. Rapport 24. Institutionen för byggnadsteknik, LTH.

Gray, Male, 1981, Handbook of snow, Toronto Pergamon Cop.

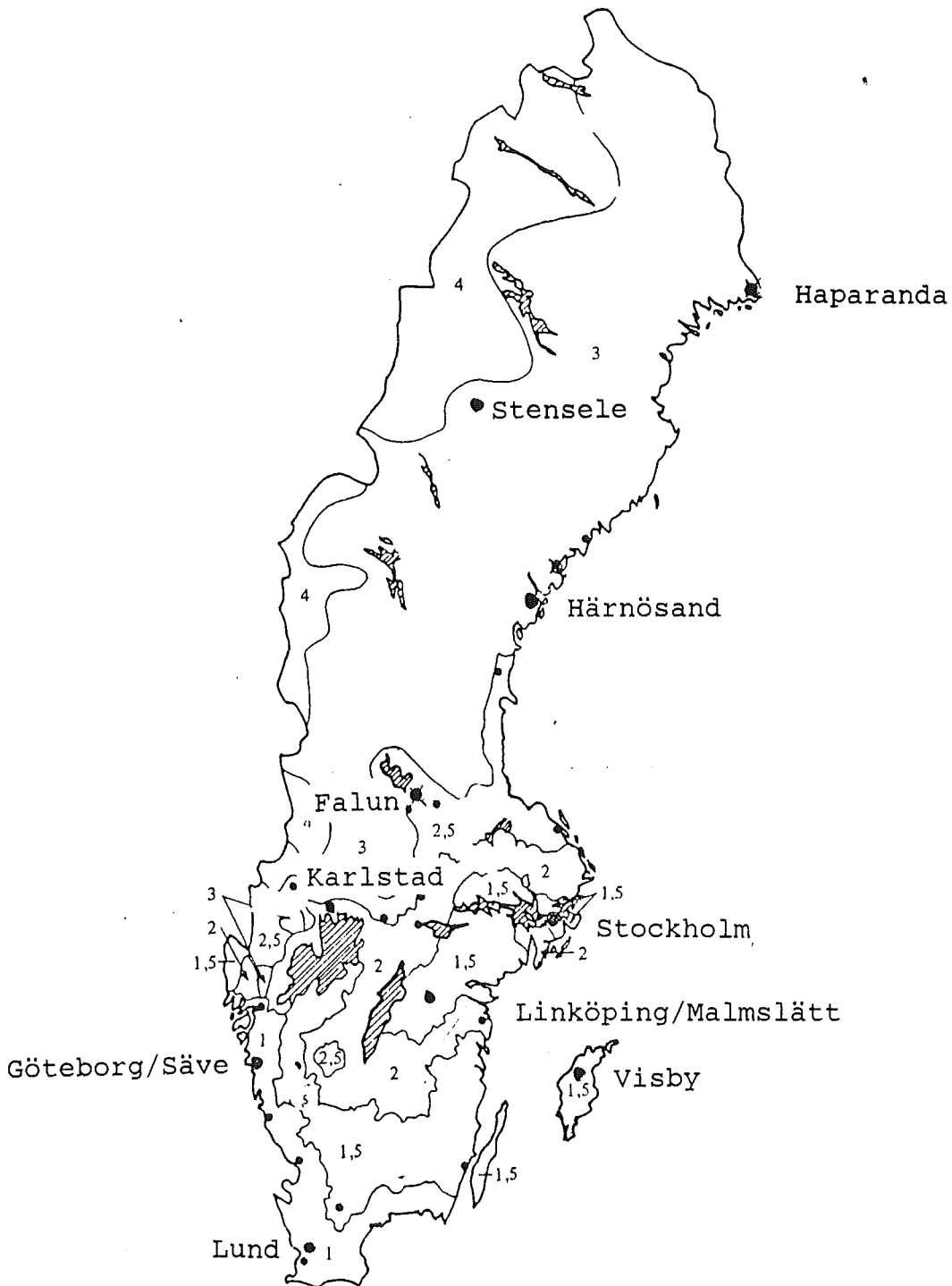
Gumbel, E.J, 1960, Statistics of extremes. Columbia university press. New York.

Kinnison, R, 1985, Applied extreme value statistics. Battelle press.

Meriam, J.L, 1980, Engineering mechanics. Statistics and dynamics. John Wiley & sons. USA.

Nordic Hydrological Programme - report no.17, 1986, The improvement of point precipitation data on an operational basis.

SMHI, 1967-1981, Meteorologiska iakttagelser i Sverige. Årsbok band 58-72 del 2.2. Norrköping.



Siffrorna är SBNs snözonsvärde

Karta över orternas geografiska spridning