VEÐURSTOFA ÍSLANDS

Greinargerð
01012

Ásdís Auðunsdóttir

Froststuðull

VÍ-TA01
Reykjavík
Maí 2001

Greinargerð - Report
01012

Ásdís Auðunsdóttir

Froststuðull

VÍ-TA01
Reykjavík
Maí 2001

Froststuðull

Inngangur

Svokallaður froststuðull var reiknaður fyrir Reykjavík og fleiri staði að beiðni verkfræðistofunnar VSÓ Ráðgjafar. Var það liður í tilraunaverkefni sem Oddur Sigurðsson á VSÓ stóð fyrir. Hugmyndin var að gera sams konar útreikninga fyrir eins marga staði á landinu og gögn lágu fyrir um til að með því mætti kortleggja froststuðul fyrir landið.

Froststuðull, F, er einfaldlega summa af margfeldi hita undir frostmarki (°C) og tímalengdar (klst) og er stuðullin miðaður við heilan vetur. Reiknað hefur verið fyrir 30 vetur til að fá sem gleggsta mynd af frosthörkum. Í upphafi var vonast til að dreifing á froststuðli lyti Gumbeldreifingu eins og raunin er með hámarkssnjódýpt vetrar, snjóflóð úr ákveðnum farvegum og fleiri stærðir. Þannig væri út frá ákveðinni tímaseríu (í þessu tilviki 30 vetrum) hægt að segja til um endurkomutíma á froststuðli yfir ákveðinni stærð (að tölugildi). Froststuðull er mikilvægur í hönnun og skipulagi byggða þar sem hægt væri að spara að leggja leiðslur á meira dýpi en nauðsynlegt er miðað við að frost nái ekki niður í það dýpi nema á ákveðnu árabili sem ásættanlegt þykir, svo dæmi sé tekið. Froststuðullinn einn og sér segir þó ekki til um það hversu djúpt niður frostið nær þann veturinn því það fer einnig mjög mikið eftir gerð jarðvegar.

Fyrir auða (snjólausa) jörð hefur verið notast við formúluna:

$$Z_F = K_F \cdot \sqrt{F}$$

þar sem

Z_F er frostleysisdýpi í cm
K_F er frostdýpisstuðull frá töflu 1
F er tölugildi froststuðuls í klst°C

Tafla 1: Frostdýpisstuðull í mismunandi jarðvegi

Jarðvegur :	Frostdýpisstuðull K_F
Klettur eða brotið berg og möl	1,4
Sandur og möl (malarborinn jökulgarður)	1,0
Méla eða sendin grús	0,85
Leir eða leirborin mórena (jökulurð)	0,7
Mór	0,3

Ofangreindar upplýsingar koma frá Directorate of Public Roads, Norwegian Road Research Laboratory, Publication no. 68, Oslo 1993: Frost action in soils eftir Åsmund Knutson.

Útreikningar

Talsverðar skorður voru settar í vali á stöðvum sem reiknað var fyrir því mjög æskilegt er að ekki líði lengri tími en 3 klst milli athugana (hitamælinga). Mælingar frá sjálfvirkum stöðvum væru upplagðar í slíka útreikninga, þar sem 10 mín gildi eru skráð á slíkum stöðvum en þær eru ekki fyrir hendi nema fá ár aftur í tímann.
Sú aðferð var notuð að meðalgildi aðliggjandi hitamælinga var reiknað. Ef það var minna en 0 þá var það margfaldað með 3 (klst.) annars var því sleppt, sem sagt einfaldasta gerð tegrunar. Öll þessi margfeldi voru lögð saman fyrir heilan vetur, frá og með október til og með maí. Skekkjan sem fólst í því að sleppa frosti þegar meðaltal aðliggjandi mælinga var >0 þó svo að frost væri í annarri mælingunni var reiknuð og reyndist hún hverfandi og ætti enda að jafnast út á móti þeim mælingum þar sem meðaltalið var <0 en annað gildið >0.

Ef hámarksstærð lýtur Gumbeldreifingu segir fallið

$$F(X) = \exp[-\exp(-b(X-a))] \quad (1) \qquad ; \quad b = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \quad \text{og} \quad a = \mu - \gamma / b$$

(γ=0.5772, μ og σ eru meðaltal og staðalfrávik dreifingarinnar)

til um líkur þess að árlegt gildi stærðarinnar Q (hér froststuðull) verði $<X$.
Ef reynslan sýnir að $Q>=X$ r sinnum á N árum og N er „stórt" eru líkur gagnstæða atburðarins $P(X)$, þ. e. að $Q>=X$ jafnt og r/N. Endurkomutími þess atburðar er hins vegar N/r og kallast hann $T(X)$. Nú er $F(X) + P(X)=1$ þar sem ekki er um aðra möguleika að ræða á gefnu ári en að Q verði annað hvort $<X$ eða $>=X$.
Því er $F(X) = 1-P(X) =1-1/T(X)$, þ. a.

$$F(X) = \frac{T(X) - 1}{T(X)} \qquad (2)$$

Ef jöfnur (1) og (2) eru leystar saman fæst:

$$-b(X - a) = \ln \ln \frac{T(X)}{T(X) -1}$$

$$X = a - (1/b) * \ln \ln \frac{T(X)}{T(X) -1}$$

Hér höfum við fengið samband milli endurkomutíma, T, og hámarksgildis. Því er ekkert að vanbúnaði að setja inn fyrir a og b út frá staðalfráviki (s) og meðaltali seríunnar og fá út X fyrir þann endurkomutíma sem óskað er.

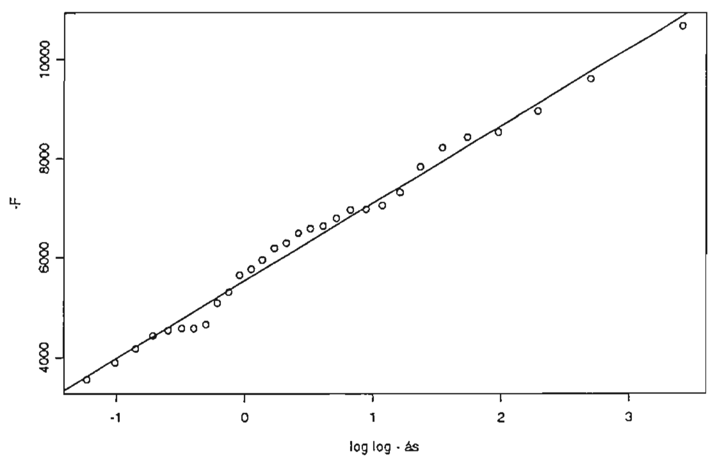
$$X = \mu - (\sqrt{6}/\pi)\ [\gamma + \ln \ln \frac{T(X)}{T(X) - 1}]\ \sigma \quad = \quad \mu - K(T)\ \sigma$$

Þetta hefur verið gert fyrir 5, 10 , 100 ára endurkomutíma og eru froststuðlar áranna 1967 (1963) til 1998 gefnir í töflu 1, aftast í textanum.

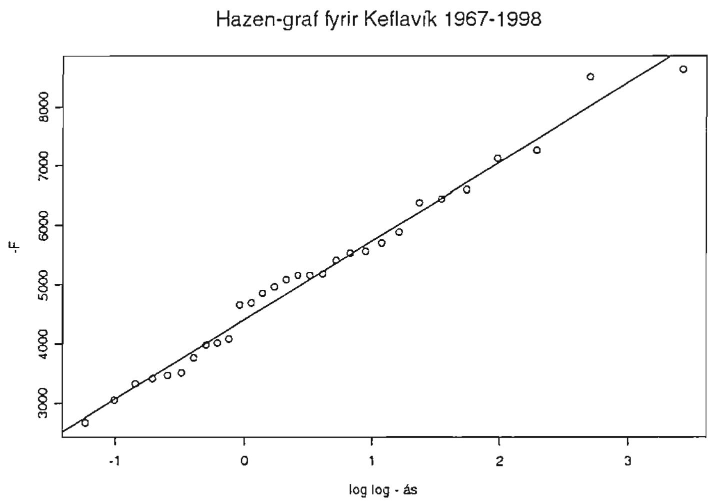
Reyndar er eitt atriði sem þarf að athuga áður en Gumbeldreifingu er beitt þ. e. að athuga hvort mæliserían myndi beina línu á s. k. Hazen grafi sem eru gildin sem fall af ln ln af tímaþáttunum, þ. e. lnln((i-0.5)/n) þar sem n er fjöldi ára og n er raðnúmer árs eftir að mælingum hefur verið raðað í vaxandi röð (að tölugildi). Eins og sést á gröfunum fyrir neðan mynda froststuðlar 30 áranna mjög fallega beina línu á Hazen grafi og bendir það til þess að réttmætt sé að nota Gumbeldreifingu til að meta endurkomutíma á F af ákveðinni stærð.

Graf 1:

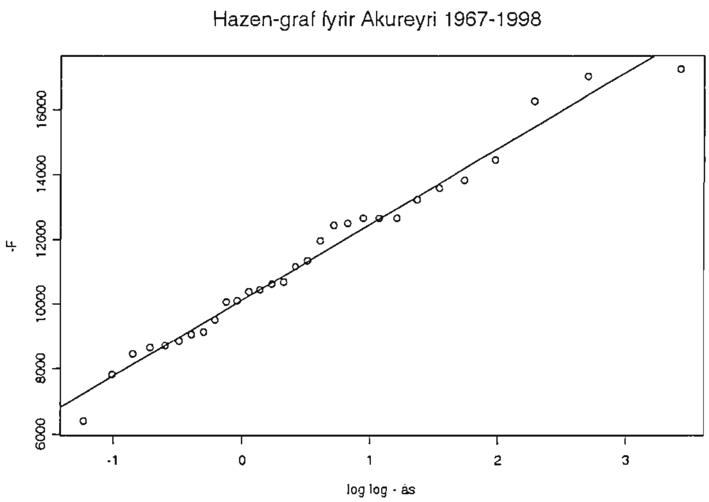
Hazen-graf fyrir Reykjavík 1967-1998



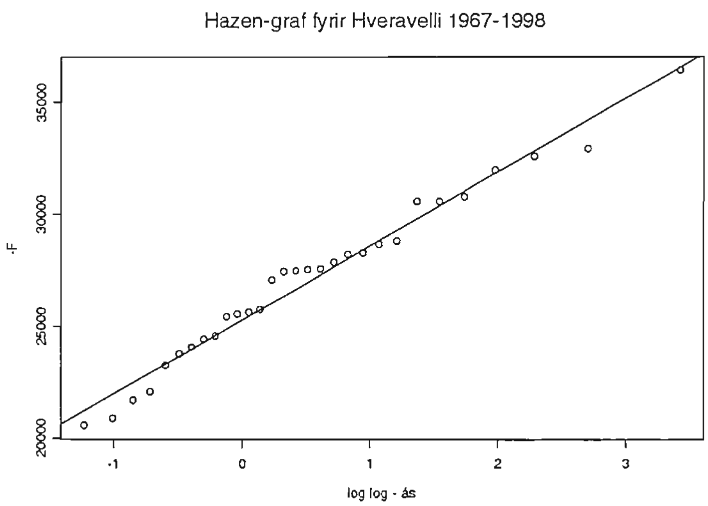
Graf 2:



Graf 3:

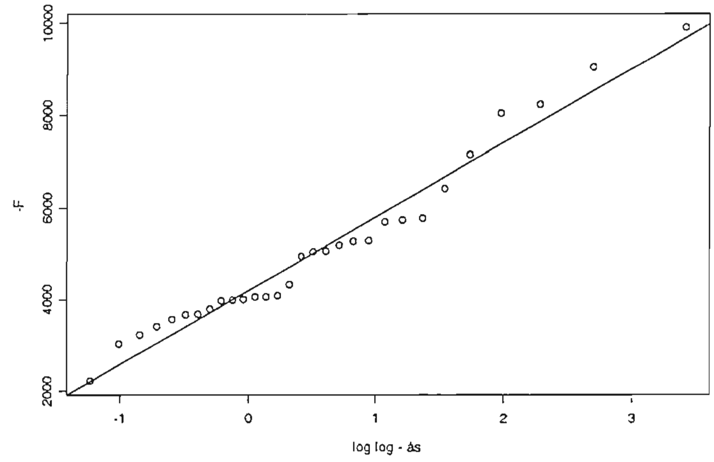


Graf 4:



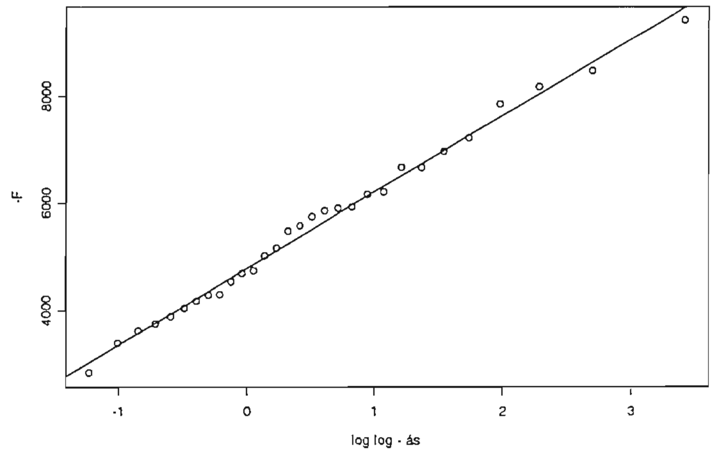
Graf 5:

Hazen-graf fyrir Dalatanga 1967-1998



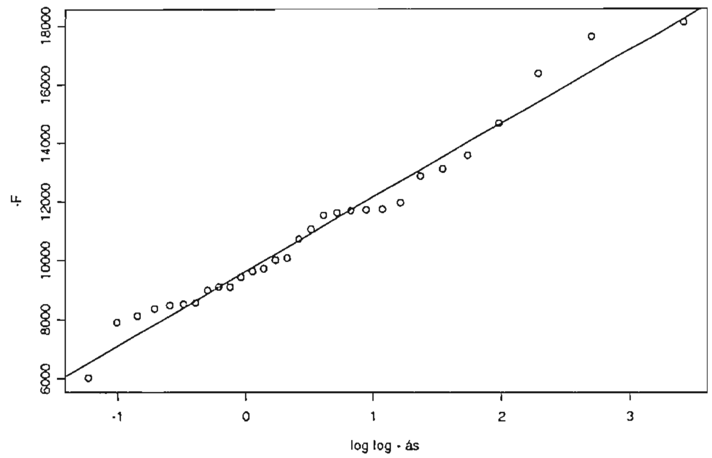
Graf 6:

Hazen-graf fyrir Kirkjubæjarklaustur 1967-1998



Graf 7:

Hazen-graf fyrir Raufarhöfn 1967-1998



Tafla 1: Niðurstöður útreikninga á froststuðli fyrir veturna 1967-68 til 1997-98

				F					
Vetur:						**Hvera-**		**Kirkju-**	**Raufar-**
okt	**maí**	**Reykjavík**	**Akureyri**	**Hólmur**	**Keflavík**	**vellir**	**Dalatangi**	**bæjarkl.**	**höfn**
1963	1964			-4128					
1964	1965			-9263,7					
1965	1966			-11517,6					
1966	1967			-10488,6					
1967	1968			-12107,1					
1968	1969	-9585,2	-16992,8	-11910	-8492,2	-30742,2	-9903,3	-8171,3	-18094,5
1969	1970	-7820,5	-14439,3	-10510,8	-6599,4	-32539,3	-8223,5	-7844,6	-14646,5
1970	1971	-6780,6	-12632,9	-9027,3	-5173	-27519	-5683,8	-5471,4	-11648,9
1971	1972	-3887,8	-8453,1	-5781,3	-3318	-20559,9	-3666,2	-3391,8	-8985,0
1972	1973	-4655,7	-8652	-6616,2	-3976	-23253,8	-3555,2	-4043,1	-9616,4
1973	1974	-6941,4	-12468,3	-8955,3	-5694,8	-24565,2	-5722,5	-6657,2	-11495,9
1974	1975	-6625,8	-13799,8	-8187	-5404	-27830,7	-6394,1	-5568,6	-13070,7
1975	1976	-6474,2	-10098,1	-8747,1	-5149,8	-25620,9	-5279,4	-5841,0	-11699,4
1976	1977	-5757,2	-10617,5	-7375,5	-4653,1	-25422,9	-4085,6	-4170,8	-9084,0
1977	1978	-6277,4	-11948,8	-8119,2	-5154,2	-27054	-5263,4	-5155,8	-11048,0
1978	1979	-10662,7	-17225,2	-13741,2	-8612,1	-36414,7	-9047,1	-9416,9	-17607,0
1979	1980	-4528,2	-8847,2	-6383,7	-3045,2	-24054,5	-3225,6	-3876,3	-7905,9
1980	1981	-8934	-16253,3	-11536,8	-7261,5	-32887,7	-8029,7	-8470,7	-16350,0
1981	1982	-8525,3	-12628,6	-11386,2	-6441,7	-30547,2	-5037,9	-6657,2	-11913,9
1982	1983	-8416,2	-12639,6	-11136,3	-7134,4	-30540,2	-5761,1	-7214,6	-12819,2
1983	1984	-7043,7	-10381,7		-5551	-28179,7	-4050,3	-6151,5	-9715,6
1984	1985	-4577,4	-10060,4		-3505,4	-25748,6	-3791,1	-4290,5	-8469,3
1985	1986	-5080,2	-11154,2		-4002,8	-27551,4	-3985,1	-4688,0	-9997,9
1986	1987	-4169,7	-8705,2		-3405,4	-24416	-3029,0	-3611,4	-8355,1
1987	1988	-7290,8	-13214,9		-5881	-28786,2	-7125,5	-5917,2	-13527,2
1988	1989	-5942,5	-10672,4		-4680,2	-27468,6	-3961,2	-4525,1	-11672,0
1989	1990	-6174,7	-11322,2		-5074	-27438	-3664,2	-5012,6	-9427,5
1990	1991	-3546	-6384,6		-2670,9	-20873,7	-2226,5	-2834,7	-6024,0
1991	1992	-4421,8	-7808,5		-3752,1	-23783,2	-4055,3	-4279,1	-8552,6
1992	1993	-5643,6	-9043,4		-4843,8	-25547,5	-3406,5	-5892,6	-9101,3
1993	1994	-6957	-10435,2		-5516,8	-28255,6	-4323,3	-6197,7	-8529,6
1994	1995	-8202,7	-12409,4		-6384,8	-31927,8	-4937,0	-6954,8	-10694,9
1995	1996	-4572,7	-9128,2		-3466,5	-21687,6	-4002,5	-3751,5	-8121,3
1996	1997	-6568	-13569,1		-4950,5	-28627,4	-5170,8	-5739,8	-11589,5
1997	1998	-5302,8	-9495,1		-4075,4	-22058,3	-5049,2	-4738,4	-10056,2

meðaltal (μ) :	-6378,9	-11382,7	-9345,9	-5129,0	-27063,4	-5055,2	-5551,2	-10994,0
miðgildi:	-6375,8	-10913,3	-9145,5	-5111,9	-27453,3	-4630,1	-5520,0	-10375,5
st frávik (σ) :	1775,0	2677,2	2477,0	1519,4	3774,4	1844,7	1619,6	2877,7
F_100	-11952	-19789	-17124	-9900	-38915	-10848	-10637	-20030
F_10	-8686	-14863	-12566	-7104	-31970	-7453	-7657	-14735
F_5	-7657	-13310	-11129	-6223	-29781	-6383	-6717	-13066

K(100)=3.14
K(10)=1.3
K(5)=0.72

Formúlan fyrir F_ar: $F\_ar = \mu - \sigma * K(ar)$