



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITA HVERAGERÐIS

**Áhrif útfellinga á flutningsgetu
hitaveitulagna**

Hjörleifur Jakobsson
Sverrir Þórhallsson

OS-83028/JHD-09 B

Apríl 1983



ORKUSTOFNUN
GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

HITAVEITA HVERAGERÐIS

**Áhrif útfellinga á flutningsgetu
hitaveitulagna**

Hjörleifur Jakobsson
Sverrir Þórhallsson

OS-83028/JHD-09 B

Apríl 1983

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT.....	2
TÖFLU- OG MYNDASKRÁ.....	2
1 INNGANGUR.....	3
2 FRAMKVÆMD KÖNNUNAR.....	3
3 GRUNDVÖLLUR ÚTREIKNINGA.....	4
4 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	6
5 ÁSTAND AÐVEITUÆÐAR.....	13
HEIMILDIR.....	15

TÖFLUR

1 Niðurstöður mælinga í Dynskógum þann 10. mars 1983.....	8
2 Niðurstöður mælinga í Heiðmörk þann 15. mars 1983.....	8
3 Niðurstöður mælinga í Heiðarbrún þann 17. mars 1983.....	8
4 Niðurstöður mælinga í Laufskógum og Varmahlíð þann 6. apríl 1983.....	8
5 Niðurstöður mælinga á aðveituæð.....	13

MYNDIR

1 Viðnámsstuðull sem fall af rennsli og hrjúfleika pípna.....	5
2 Yfirlitskort af Hveragerði.....	7
3 Hitaveitulagnir í Dynskógum.....	9
4 Hitaveitulagnir í Heiðmörk.....	9
5 Hitaveitulagnir í Heiðarbrún.....	10
6 Hitaveitulagnir í Laufskógum.....	10
7 Hitaveitulagnir á horni Varmahlíðar og Laufskóga.....	11
8 Dreifing flutningsgetu.....	12
9 Flutningsgeta pípna sem fall af árafjölda frá tengingu við hitaveitu.....	12

1 INNGANGUR

Þann 31. janúar 1983 var haldinn fundur á Orkustofnun um útfellingavandamál hjá Hitaveitu Hveragerðis. Voru þar mættir fulltrúar Orkustofnunar og Hveragerðis-hrepps. Í framhaldi af þeim fundi óskaði hreppsnefnd Hveragerðis eftir því að Orkustofnun hefðist handa um ástandskönnun á dreifikerfi Hitaveitu Hveragerðis (sbr. bréf dags. 18.02.83). Unnið hefur verið að þeirri könnun að undanförunum og var ákveðið að fyrsti hluti hennar skyldi beinast að áhrifum útfellinga á flutningsgetu heimæða. Athugun á 20 heimæðum er lokið og niðurstöðurnar birtar hér í greinargerðarformi. Mælingar voru gerðar af stafsmönnum Orkustofnunar í samvinnu við starfsmenn Hitaveitu Hveragerðis.

2 FRAMKVÆMD KÖNNUNAR

Aðaltilgangur athugunarinnar var að kanna ástand heimæða m.t.t. útfellinga. Útfellingar í pípum auka þrýstítap þeirra á tvennan hátt. Í fyrsta lagi þrengjast pípur og geta jafnvel stíflast með tíma. Þetta á sérstaklega við um grannar pípur. Í öðru lagi er yfirborð útfellinganna hrjúft, þannig að viðnám gegn rennsli eykst og þrýstítap verður meira. Út frá rennslis- og þrýstifallsmælingum má síðan meta heildaráhrif útfellinganna og fá þannig samanburð við nýjar pípur.

Ástæða var til að kanna sérstaklega hvort heildartími (dvalartími) vatns í kerfinu hefði áhrif á magn útfellinga. Af þessum sökum eru hús þau, er valin voru til könnunar, misjafnlega langt frá aðalæð bæjarins.

Alls voru um 20 hús könnuð og eftirfarandi atriði mæld, þar sem því var komið við:

- i) Inn- og úthitastig vatnsins
- ii) Notað vatnsmagn
- iii) Mest mögulegt rennsli í gegnum heimæð við núverandi götuþrýsting
- iv) Þrýstítap í heimæð fyrir mismunandi rennsli.

Við mælingu á notuðu vatnsmagni var yfirleitt farið inn á retúr kerfis og mælt þar, en stundum var mælt við inntak og tekið tillit til þrýstítaps yfir varmaskipta.

Mest mögulegt rennsli var mælt við inntak og þannig mælt hversu mikið heimæðin gæti flutt við núverandi götuþrýsting.

Rennslismælingar til að kanna þrýstifall í heimæð voru gerðar við inntak og gert ráð fyrir stöðugum götuþrýstingi.

Þar sem tvö hús eru á sama stofni voru þau mæld saman og fékkst þannig nákvæmara mat á þrýstitap í viðkomandi heimæðum.

Til þess að fá betri samanburð við niðurstöður í Hveragerði var einnig farið í nokkur hús í Garðabæ og svipaðar mælingar gerðar.

3 GRUNDVÖLLUR ÚTREIKNINGA

Tilgangur mælinganna var fyrst og fremst að fá samanburð á núverandi ástandi kerfisins í Hveragerði og nýju kerfi. Sá samanburður fékkst með því að bera mælt þrýstifall saman við áætlað þrýstifall í nýjum pípum. Þrýstifall í nýjum pípum var metið út frá hefðbundnum aðferðum sem nú verður stuttlega lýst.

Þrýstifall í beinum pípum má rita sem

$$\Delta P_1 = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{\rho V^2}{2} \right) \quad (1)$$

þar sem

- f = viðnámsstuðull
- L = lengd pípu (m)
- D = þvermál pípu (m)
- ρ = eðlismassi vökva (kg/m^3)
- V = hraði vökva (m/s)

Hér eru allar stærðir þekktar nema viðnámsstuðullinn f. Hann má finna út frá mynd 1 en fyrir tölvuútreikninga er jöfnuform hentugra og er hér stuðst við jöfnu Colebrooks [1].

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 \log_{10} \left(\frac{2k}{D} + \frac{18,7}{\text{Re}_D \sqrt{f}} \right) \quad (2)$$

þar sem

- $\text{Re}_D = \frac{\rho V D}{\mu} = \text{Reynoldstala}$
- μ = seigja vökvans (kg/ms)
- k = "Equivalent sand-grain roughness" = hrjúflekastuðull

Hrjúflekastuðull fyrir nýja stálpípu er hér metinn samkv. venju sem $k_s = 0,045$ mm og fyrir nýja asbestpípu $k_a = 0,025$ mm.

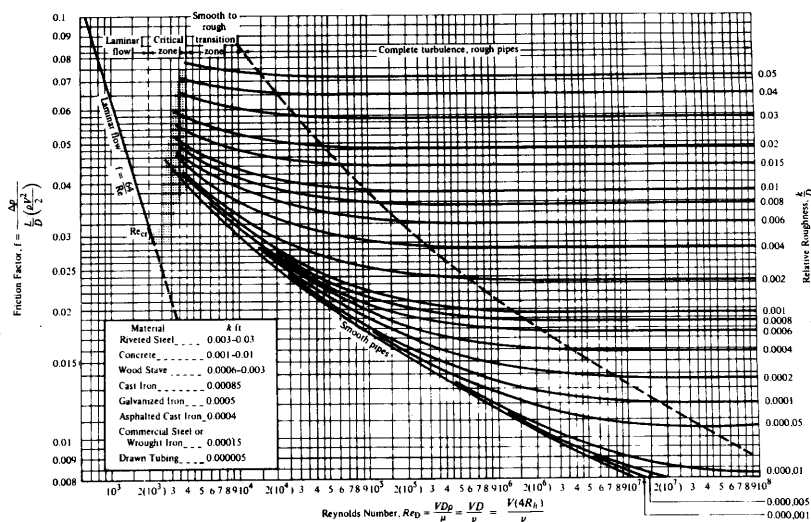
Með ítrun má nú finna viðnámsstuðulinn f út frá jöfnu (2) og síðan er þrýstifallið fyrir beina pípu fundið út frá jöfnu (1).

Nú er eftir að taka inn í dæmið mótstöður vegna beygja, loka o.s.frv. Þrýstifall yfir slíkar mótstöður er gefið með jöfnu (3).

$$\Delta P_2 = k_L \frac{V^2}{2} \rho \quad (3)$$

þar sem k_L er þrýstifallsstuðull fyrir hverja mótstöðu. Heildarþrýstifall fyrir nýja heimæð er áætlað samkvæmt eftirfarandi jöfnu:

$$\Delta P_{\text{Reikn}} = \rho \frac{V^2}{2} \left(f \left(\frac{L}{D} \right) + \Sigma k_L \right) \quad (4)$$



Friction factors for commercial pipe. (From "Friction Factors for Pipe Flow," by L. F. Moody, *Trans. ASME*, Vol. 66, 1944, with permission of the publishers, The American Society of Mechanical Engineers.)

Mynd 1. Viðnámsstuðull sem fall af rennsli og hrjúfleika pípa.

Á mynd 1 sést að viðnámsstuðullinn sem fall af Reynoldstölu breytist lítið sem ekkert ef Re_D er $> 10^5$. Með það í huga má sjá út frá jöfnu (4) að þrýstifallið er í réttu hlutfalli við hraðann í öðru veldi

$$\Delta P \sim V^2 \quad (5)$$

Vatnsmagnið er síðan í réttu hlutfalli við hraðann í fyrsta veldi

$$Q \sim V \quad (6)$$

Út frá þessu má síðan sjá að miðað við eitthvert ákveðið leyfilegt þrýstifall er flutningsgeta gamallar pípu miðað við nýja

$$\text{Flutningsgeta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta P_{\text{Reikn}}}{\Delta P_{\text{mælt}}} \right)} \quad 100\% \quad (7)$$

Til þess að sannreyna þessa útreikninga var eins og áður sagði farið í nokkur hús í Garðabæ. Í Garðabæ eru engin útfellingavandamál þannig að pípur þar eiga að haldast nokkuð hreinar. Reyndist svo vera og fenqust mælingar sem sýndu flutningsgetu milli 90 - 100%. Út frá þessu má ætla að aðferðin sem notuð var í Hveragerði gefi raunhæfa mynd af ástandi kerfisins.

4 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

Húsin sem mæld voru eru við Dynskóga, Laufskóga, Varmahlíð, Heiðmörk og Heiðarbrún. Staðsetning húsanna er sýnd á mynd 2. Niðurstöður mælinga og útreikninga er að finna í töflum 1, 2, 3 og 4. Á myndum 3, 4, 5, 6 og 7 má sjá teikningar af hitaveitulögnum og viðkomandi húsum.

Ef lítið er á tölur um vatnsnotkun sést að þær liggja á bilinu 2,9 l/mín til 12,4 l/mín og meðaltal um 7 l/mín. Til samanburðar er selt rennsli til þessara sömu húsa að meðaltali 4,5 l/mín samkv. upplýsingum frá Hitaveitu Hveragerðis. Út frá þessum tölum má gera ráð fyrir að rúmlega 50% meira vatn renni til bæjarins en áætlað var. Skýringin á þessu mikla rennsli er að hemlar eru að mestu óvirkir og ónóg stýring á varmaskiptum. Í ljós kom einnig að hitastilltir lokar á frárennsli í húsum virtust víða óvirkir og hleyptu vatninu of heitu út. Hafa má það í huga að magn útfellinga er í beinu sambandi við rennsli í kerfinu og minnkun rennslis drægi úr hraða útfellinga þó þar sé ekki um varanlega lausn á vandamálinu að ræða.

Tölur um mesta mögulega rennsli liggja á bilinu 5,8 l/mín til 29,1 l/mín, að meðaltali 16,7 l/mín.

Áætluð flutningsgeta samanborið við nýja lög reyndist vera á bilinu 11% til 37%, og að meðaltali 22%. Mynd 8 sýnir dreifinguna. Á mynd 9 sést % flutningsgeta sem fall af þeim árafjölda sem viðkomandi hús hafa verið tengd núverandi hitaveitu. Þar virðist sem flutningsgetan minnki nokkuð línulega með tíma en mest fyrstu mánuðina. Þetta er skýranlegt því að eins og áður var sagt minnkar flutningsgetan af tveimur ástæðum, auknum hrjúfleiða á yfirborði og minnkandi þvermáli pípa. Fljótlega eftir að útfellingarnar byrja verður yfirborðið hrjúft og breytist hrjúflekinn lítið með tíma, en stöðugt hleðst inn á pípunar og flutningsgeta heldur áfram að minnka sökum minnkandi þvermáls.



Mynd 2. Yfirlitskort af Hveragerði. Mæld svæði auðkennd með ellipsum.

TAFLA 1. Niðurstöður mælinga í Dynskógum þann 10. marz 1983.

Mælistaður	Notað rennsli l/mín	Mesta rennsli l/mín	Flutningsg. meðaltal %	Staðískur þrýstingur bar	Hitastig inn °C	Hitastig út °C	Lengd heimæðar m	Ár tengd hitaveitu
Heiðmörk 1	5,4	9,0	16	1,77	81,5	45,0	38,0	10
Dynskógar 4	5,9	10,8	11	1,66	86,3	41,0	7,5	10
Dynskógar 6	5,9	18,2	20	1,96	89,9	52,9	7,5	10
Dynskógar 8	9,4	10,4	16	0,93	88,3	63,7	7,5	10
Dynskógar 10	4,1	5,8	11	0,93	85,8	51,0	18,5	10
Dynskógar 12	3,2	9,6	12	2,26	81,5	39,5	20,0	10

TAFLA 2. Niðurstöður mælinga í Heiðmörk þann 15. marz 1983.

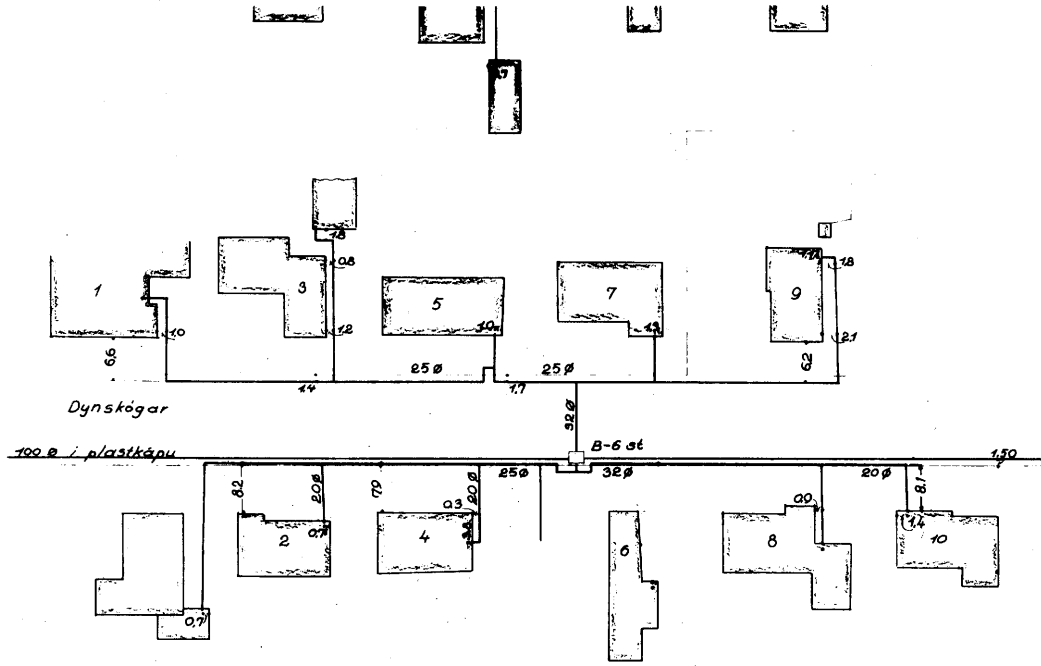
Mælistaður	Notað rennsli l/mín	Mesta rennsli l/mín	Flutningsg. meðaltal %	Staðískur þrýstingur bar	Hitastig inn °C	Hitastig út °C	Lengd heimæðar m	Ár tengd hitaveitu
Heiðmörk 65	8,6	20,2	20	2,45	85,5	57,7	14,0	10
Heiðmörk 69		11,5	18	1,72	79,5		38,0	10
Heiðmörk 72	8,6	23,5	25	2,11	85,5	45,1	13,0	10
Heiðmörk 74	10,4	17,0	20	2,11	84,9		17,0	10
Heiðmörk 76	7,6	8,9	15	1,72	81,3		21,5	10

TAFLA 3. Niðurstöður mælinga í Heiðarbrún þann 17. marz 1983.

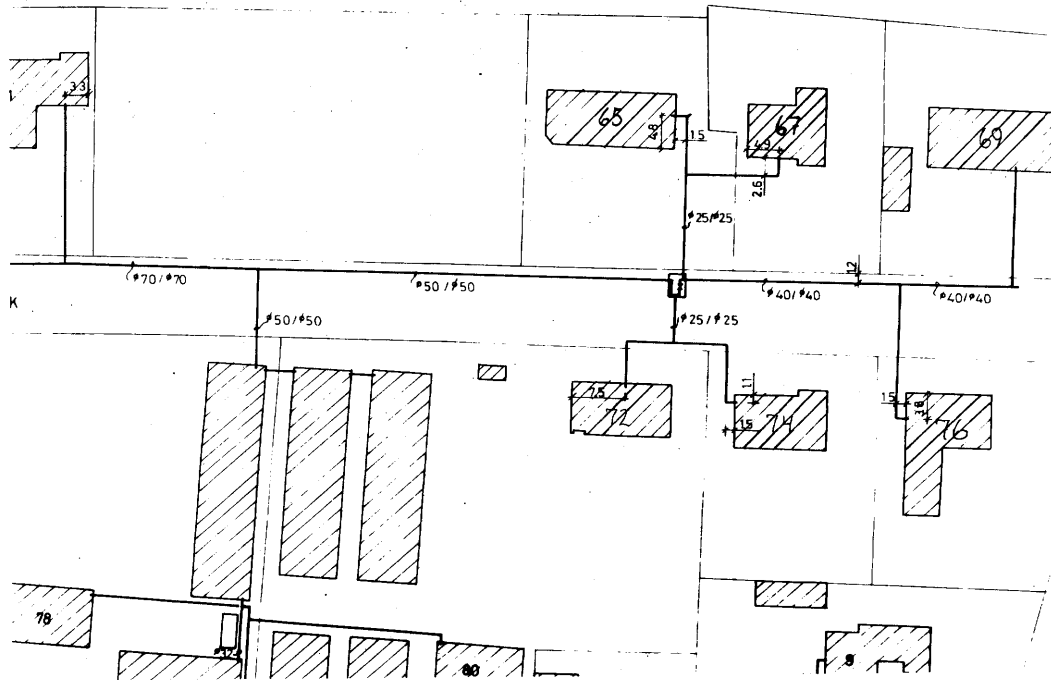
Mælistaður	Notað rennsli l/mín	Mesta rennsli l/mín	Flutningsg. meðaltal %	Staðískur þrýstingur bar	Hitastig inn °C	Hitastig út °C	Lengd heimæðar m	Ár tengd hitaveitu
Heiðarbrún 59	6,3	24,9	32	1,20	85,3		10,0	6
Heiðarbrún 61	12,4	29,1	32	1,30	87,1	72,4	6,5	6
Heiðarbrún 63	4,2	26,8	31	1,31	84,0		8,5	6
Heiðarbrún 67	6,2	23,6	37	1,23	86,1	60,5	13,5	6
Heiðarbrún 69		21,4	35	1,25	87,5		20,0	6

TAFLA 4. Niðurstöður mælinga í Laufskógum og Varmahlíð þann 6. apríl 1983.

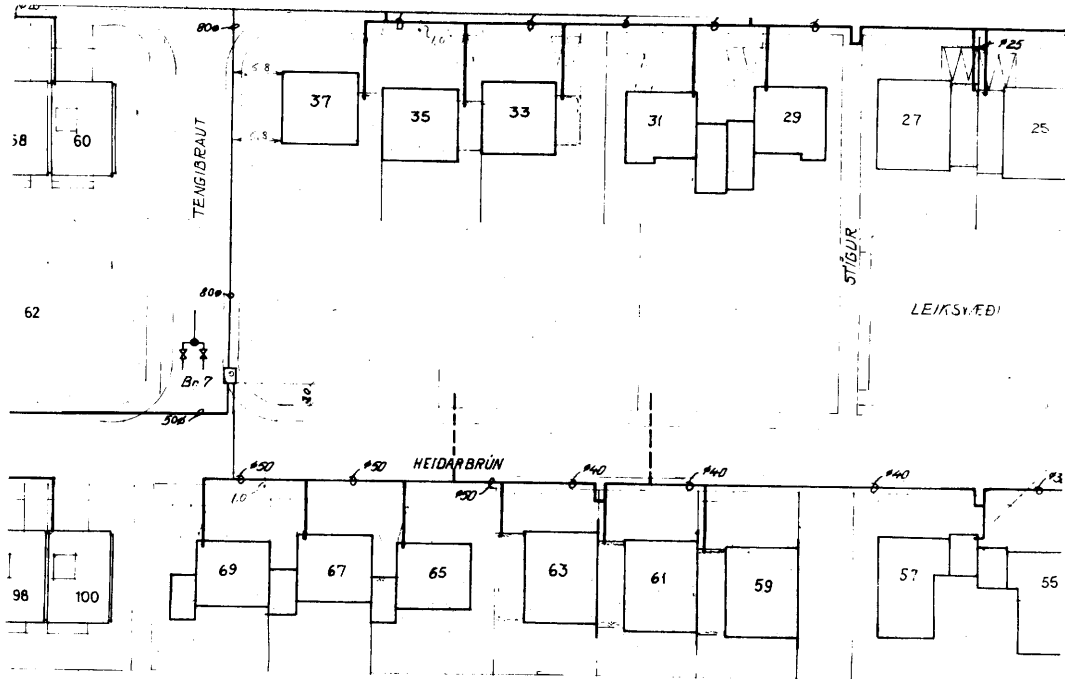
Mælistaður	Notað rennsli l/mín	Mesta rennsli l/mín	Flutningsg. meðaltal %	Staðískur þrýstingur bar	Hitastig inn °C	Hitastig út °C	Lengd heimæðar m	Ár tengd hitaveitu
Laufskógar 17	6,6	12,9	18	2,4	84,0		21,0	10
Laufskógar 35	4,9	10,1	23	1,5	87,4		51,5	10
Laufskógar 37	9,9	24,8	28	1,5	87,4	60,8	9,5	10
Varmahlíð 3	2,9	8,2	13	2,4	84,0		28,5	10



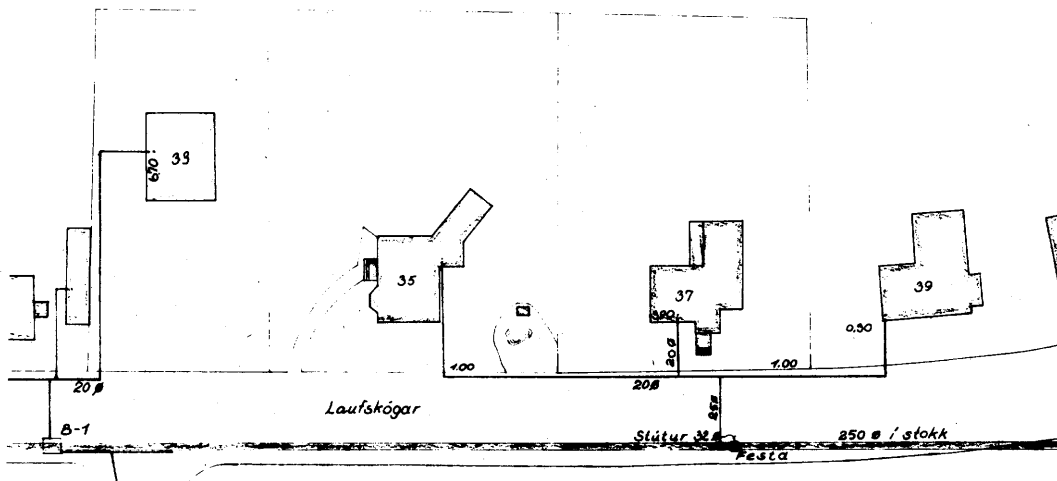
MYND 3. Hitaveitulagnir í Dynskógum (Fjarhitun, Teiknisett nr. 470)



MYND 4. Hitaveitulagnir í Heiðmörk (Fjarhitun, Teiknisett nr. 470)



MYND 5. Hitaveitulagnir í Heiðarbrún (Fjarhitun, Teiknisett nr. 470)

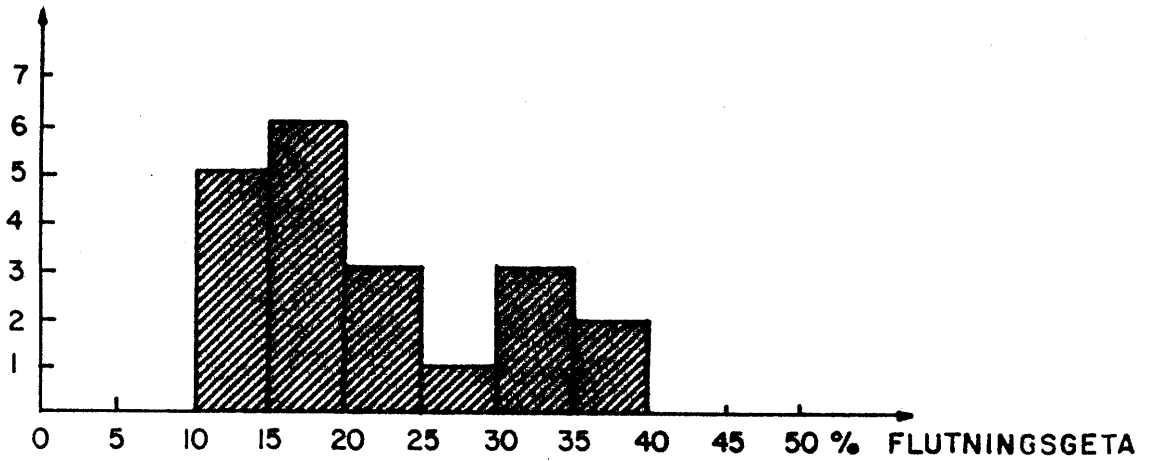


MYND 6. Hitaveitulagnir í Laufskógum (Fjarhitun, Teiknisett nr. 470)



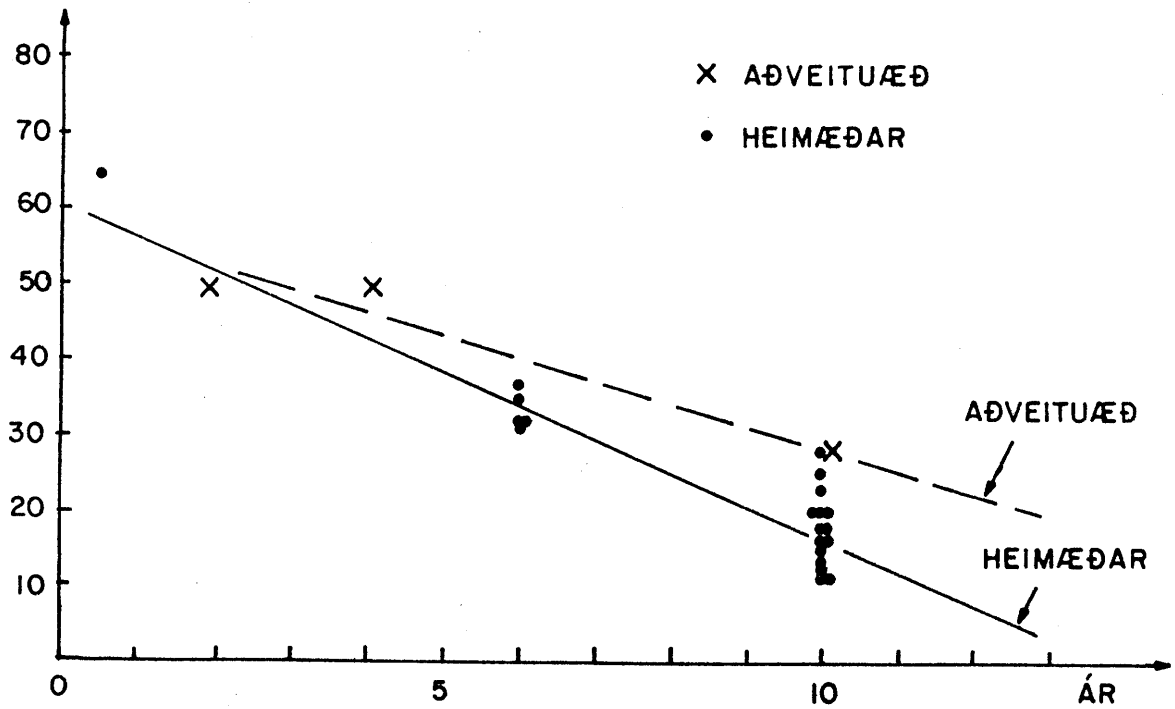
JHD·VT·8716·HJ·SP
83.04.0567 HBS

FJÖLDI HÚSA



Mynd 8 DREIFING FLUTNINGSGETU

% FLUTNINGSGETA



Mynd 9 FLUTNINGSGETA PÍPNA SEM FALL AF
ÁRAFJÖLDA FRÁ TENGINGU VIÐ HITAVEITU

Meðaltal flutningsgetu fyrir þau hús sem hafa verið 10 ár tengd veitunni er um 18%. Mesta mögulegt rennsli inn í þessi hús er 13,3 l/mín að meðaltali. Ef gert er ráð fyrir að húsin komist af með það magn sem þau kaupa (að meðaltali 4,7 l/mín) og flutningsgeta haldi áfram að minnka samkvæmt línu á mynd 9 má búast við að til vatnsskorts komi í þessum húsum eftir ca 3 ár. Hér er um meðaltalstölur að ræða og líklegt að í sumum húsum verði vatnsskortur fyrr. Skýrt skal þó tekið fram að til þess að mynd 9 yrði verulega marktæk þyrfti að taka með fleiri hús á mismunandi aldurstigum og væri æskilegt að slíkar mælingar yrðu gerðar.

Hitastig vatns inn í hús var að meðaltali 85°C og statískur þrýstingur að meðaltali 1,7 bar.

Ekki er hægt að sjá út frá þessum mælingum að staðsetning húsa hafi veruleg áhrif á hraða útfellinga.

5 ÁSTAND AÐVEITUÆÐAR

Í mars og byrjun aprílmánaðar voru gerðar rennslis- og þrýstifallsmælingar á asbestróra-aðveituæðinni frá safnþró að brunni B-1 í Hveragerði, sem er nærri Álfafelli. Tilgangur mælinganna var að kanna ástand æðarinnar og bera niðurstöður saman við svipaðar mælingar er gerðar voru 1975 og 1977 [2]. Niðurstöður mælinga eru sýndar í töflu 5.

TAFLA 5. Niðurstöður mælinga á aðveituæð (ϕ 250 mm, L=500 m).

Mæling	Rennsli [l/s]	Þrýstifall [bar]	Áætlað þrýstifall nýrrar pípu [bar]	Áætluð flutningsgeta [%]
9. mars	33,0	0,84	0,070	28,9
10. mars	33,5	0,94	0,070	27,4
15. mars	30,5	0,84	0,061	27,0
17. mars	30,0	0,80	0,059	27,2
6. apríl	29,0	0,74	0,055	27,3

Meðaltal áætlaðrar flutningsgetu fyrir þessar fimm mælingar er um 28%. Samsvarandi mælingar gerðar 1975 og 1977 sýndu áætlaða flutningsgetu upp á 50% miðað við nýja pípu. Af þessu má ráða að ástand æðarinnar hefur versnað nokkuð á undanförunum árum. Nú má ætla að æðin geti mest flutt

50 l/s án þess að til dælingar komi, en við það lækkar þrýstinur í dreifikerfum um a.m.k. 1 bar, sem væntanlega þýddi of lágan heimtaugaþrýsting.

Við mælingar á rennsli kom einnig í ljós að heildarvatnsframleiðsla var u.þ.b. 60 l/s. Þetta eru 25-30 l/s umfram notkun og er athugandi að minnka þetta. Fengist þá jafnframt kísilsnauðara vatn.

HEIMILDIR

Olson, R. M. 1966: Essentials of Engineering Fluid Mechanics. Harper & Row, Publishers, New York, 637 s.

Orkustofnun, Fjarhitun hf. 1977: Hitaveita Hveragerðis. Greinargerð um rekstur veitunnar frá árinu 1973 og framtíðarhorfur.