



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

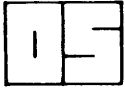
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

SVARTSENGI

Athugun á vinnslu ferskvatns

OS-86074/JHD-15
Reykjavík, nóvember 1986

Unnið fyrir
Hitaveitu Suðurnesja



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

SVARTSENGI

Athugun á vinnslu ferskvatns

OS-86074/JHD-15
Reykjavík, nóvember 1986

Unnið fyrir
Hitaveitu Suðurnesja

Hr. Albert Albertsson, yfirverkfr.
 Hitaveitu Suðurnesja
 Brekkustíg 36
 Ytri-Njarðvík

1986.12.02

Varðar: Skýrslu um athugun á vinnslu ferskvatns

Hjálagt sendi ég skýrslu Orkustofnunar "Svartsengi. Athugun á vinnslu ferskvatns". Skýrsla þessi var unnin samkvæmt rannsóknaráætlun Hitaveitu Suðurnesja fyrir yfirstandandi ár af Verkfræðistofunni Vatnaskil. Forsendur útreikninganna byggja á umfangsmiklum rannsóknum Orkustofnunar, sem unnar hafa verið á vegum Hitaveitu Suðurnesja, á jarðfræðilegum aðstæðum og efna-samsetningu grunnvatns á svæðinu.

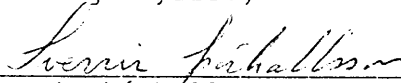
Lagt var í umfangsmikla líkanútreikninga á vatnsbúskap utanverðs Reykjanesskaga til að fá fram áhrif aukinnar vatnstöku á vinnslu-svæði Hitaveitu Suðurnesja og hjá fiskeldistöðvum við ströndina. Nú liggja fyrir talsvert meiri upplýsingar en áður þegar líkan-útreikningar voru gerðir árið 1980, t.d. hvað varðar svæði utan Lágasvæðisins og einnig áhrif vatnstöku undanfarinna ára hjá Hitaveitu Suðurnesja. Auk þess að reikna út grunnvatnshæðir og straumstefnur var nú leitast við að reikna út hvernig efna-samsetning vatnsins gæti breyst, bæði með tilliti til aukinnar dælingar, og einnig vegna afrennslis jarðhitavatns frá Bláa lóninu.

Rannsóknir á grunnvatnskerfi Reykjanesskaga hófust á vegum Hitaveitu Suðurnesja fyrir rúmum áratug og má segja að í þessari skýrslu sé að finna helstu niðurstöður, sem Hitaveitu Suðurnesja nýtast við skipulagningu á vatnstöku sinni, en rannsóknirnar koma að viðtækara gagni vegna svæðisins í heild. Í þessari skýrslu er kynnt líkan sem nýta má sem tæki við mat á ýmsum vinnslukostum og áhrif mengunar, hvort heldur er frá Bláa lóninu eða öðrum mengunarvöldum.

Í skýrslunni eru reiknuð nokkur sértilfelli til að sýna fram á hugsanleg áhrif aukinnar vinnslu ferskvatns og jarðhitavatns. Meginatriðið er að skýrsla þessi sýni að vatnsvinnsla Hitaveitu Suðurnesja á að vera trygg um ókomin ár, sé skynsemi gætt við nýtingu annars staðar á skaganum. Líta verður á ferskvatnssvæðið sem eina heild og nýtingu þess samkvæmt því.

Það er von Orkustofnunar að skýrslan komi Hitaveitu Suðurnesja til góða, en auk þess ættu reiknilíkon þau sem hér eru kynnt, að nýtast hitaveitunni til að meta áhrif ýmissa þátta, sem eru í athugun. Hitaveita Suðurnesja hefur sýnt lofsverða fyrirhyggju við rannsókn á ferskvatnsvinnslu sinni, og er þetta svæði nú með best rannsókuðu ferskvatnssvæðum á landinu.

Virðingarfyllst,


 Sverrir Þórhallsson, verkefnisstjóri

EFNISYFIRLIT

	Bls.
BRÉF	3
EFNISYFIRLIT	5
MYNDASKRÁ	6
TÖFLUSKRÁ	7
1 INNGANGUR	9
2 FORSENDUR REIKNILÍKANA	11
2.1 Vatnshæðarmælingar	11
2.2 Úrkomumælingar og írennsli	14
2.3 Vatnsvinnsla	15
2.3.1 Lágasvæði	15
2.3.2 Önnur vatnstökusvæði	17
2.4 Affallsvatn frá orkuverinu	17
3 REIKNILÍKÖN	18
3.1 Líkan af grunnvatnsrennsli	18
3.2 Líkan af streymi affallsvatns	19
4 VATNSTÖKUREIKNINGAR	22
4.1 Vatnstaka á Lágasvæði	22
4.2 Áhrif fiskeldisstöðva á vatnsgæfni Lágasvæðis ...	23
4.3 Áhrif affallsvatns á vatnsgæfni Lágasvæðisins ...	24
4.4 Vatnsgæðasvæði innan Lágasvæðisins	25
4.5 Vatnstaka í Eldvörpum	26
5 NIÐURSTÖÐUR	27
HEIMILDASKRÁ	29
MYNDIR	29-44

MYNDASKRÁ

1. Yfirlitsmynd
2. Írennsli
3. Misleitnihorn
4. Leiðnigildi
5. Misleitni
6. Reiknað grunnvatnsrennsli. Meðalástand 1976-1985
7. Reiknaður styrkur klóríðs í grunnvatni vegna affallslóns árið 1985
8. Vatnsborðslækkun á Lágasvæði
9. Vatnsborðslækkun við 1800 l/s vinnslu úr Lágasvæði
10. Vatnsborðslækkun á Lágasvæði við vatnstöku fiskeldisstöðva
11. Reiknuð breyting á styrk klóríðs í grunnvatni við 1800 l/s vinnslu úr Lágasvæði og mismunandi magn affallsvatns
12. Reiknuð breyting á styrk klóríðs í grunnvatni við 1800 l/s vinnslu úr Lágasvæði, affallsvatn 600 l/s
13. Reiknuð breyting á styrk klóríðs í grunnvatni við 600 l/s vinnslu úr Lágasvæði, affallsvatn 600 l/s
14. Styrkur klóríðs í grunnvatni á Lágasvæði árið 1985
15. Reiknaður styrkur klóríðs í grunnvatni við 1800 l/s vinnslu úr Lágasvæði og affallsvatn 160 l/s
16. Vatnsborðslækkun við 1000 l/s vinnslu úr Eldvarpasvæði
17. Vatnsborðslækkun við 1000 l/s vinnslu vestan Sandfells

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1. Mæld meðalgrunnvatnshæð 1977-1985 m y.s. (Njarðvíkurkerfi)	11
2. Ársmeðaltöl grunnvatnshæðar 1976-1985 m y.s. (Njarðvíkurkerfi)	12
3. Meðalgrunnvatnshæð á Reykjaneskaga maí 1976 - des. 1985 (Njarðvíkurkerfi)	13
4. Mæld meðalársúrcoma 1976 - 1985, mm	14
5. Meðalgnóttargufun mánaða og árs á Keflavíkflugvelli, mm	14
6. Reiknað meðalírennsli á Reykjaneskaga 1976-1978, mm	15
7. Vatnsvinnsla úr Lágasvæði 1976-1985	16
8. Dreifing vatnsvinnslu innan Lágasvæðis, l/s	16
9. Áætluð meðalvatnsnotkun bæjarfélaga 1987	17
10. Samanburður á mældri og reiknaðri grunnvatnshæð, maí 1976- des 1985 (Njarðvíkurkerfi)	19
11. Niðurstöður klóríðmælinga, mg/l	20
12. Vatnsborðslækkun á Lágasvæðinu	23
13. Fiskeldisstöðvar	24

1 INNGANGUR

Að undanfögnu hefur Verkfræðistofan Vatnaskil gert all viddtaka uttekt á grunnvatni og ferskvatnsöflun á Reykjanesskaga og var verkið unnið fyrir Orkustofnun vegna Hitaveitu Suðurnesja. Hér er fyrst og fremst um að ræða athugun á vatnstökusvæði hitaveitunnar sem er á miðjum skaganum þar sem heita Lágur.

Ástæður verksins eru einkum tvær. Í fyrsta lagi hefur á þeim tíu árum, sem liðin eru frá því að orkuverið í Svartsengi tók til starfa, safnast mikið af gögnum bæði um grunnvatnshæð og jarðfræði Reykjanesskagans. Í ljósi þessa þótti æskilegt að endurtaka þá reikninga sem gerðir voru á grunnvatnsstreymi á skaganum á árunum fyrir 1980 og lýst er í skýrslu Orkustofnunar frá því í desember 1980, "Svartsengi. Grunnvatnsrannsóknir vegna ferskvatnsöflunar fyrir varmaorkuver", en sú skýrsla byggir á gögnum sem aðallega var safnað á árunum 1976-1978. Í öðru lagi var þessi athugun nauðsynleg þar sem eftirspurn eftir ferskvatni á Reykjanesskaga hefur aukist töluvert með tilkomu fiskeldisstöðva á svæðinu, og gæti átt eftir að vaxa enn meir þar sem fleiri stöðvar eru ráðgerðar en þær sem þegar hafa tekið til starfa.

Megintilgangur verksins var að kanna eftirtalin atriði:

1. Ákvarða hversu mikið ferskvatn má taka úr Lágasvæðinu m.t.t. mengunar frá jarðsjónum, sem ferskvatnið flýtur ofan á.
2. Að meta hvað aukin vatnstaka fiskeldisstöðva hefur á vatnsgæfni Lágasvæðisins.
3. Athuga hvort ferskvatnsbólun á Lágasvæðinu muni mengast ef affallsvatnið frá orkuverinu í Svartsengi eykst umfram núverandi magn.
4. Athuga hvort vatnsgæðasvæði á Lágasvæðinu breytast með aukinni vinnslu úr svæðinu.
5. Athuga hvaða áhrif ferskvatnstaka í Eldvörpum vegna hugsanlegrar virkjunar þar hefur á vatnsgæfni Lágasvæðisins.

Við reikningana voru notuð viðamikil tölvulíkön sem þróuð hafa verið á Verkfræðistofunni Vatnaskil, annars vegar til útreikninga á streymi grunnvatns og hins vegar til mengunarreikninga. Til grundvallar reikninga á grunnvatnsstreymi og dreifingu efna í grunnvatni eru í

líkaninu notuð gögn jarðfræðirannsóknna um leiðni jarðlaga og sprungustefnur, svo og úrkomumælingar.

Eins og fram kemur í liðum 1. - 5. hér að ofan er eingöngu athuguð mengun í grunnvatni frá Bláa lóninu í Svartsengi, og frá jarðsjónum sem ferskvatnið flýtur ofan á. Grunnvatnsmengun frá öðrum stöðum er vitaskuld til staðar. Má þar nefna sorphauga og urðunarstaði sveitarfélaga, Keflavíkurflugvöll o. fl. Nú þegar er það orðið mjög brýnt, að athuga mengun frá þessum stöðum, og hvaða áhrif hún hefur á framtíðar vatnsvinnslu. Reiknilíkanið má nota til að skipta Reykjanesskaganum í vatnsgæða- og vatnsverndunarsvæði.

2 FORSENDUR REIKNILÍKANA

2.1 Vatnshæðarmælingar

Reglubundnar mælingar á grunnvatnshæð á Reykjaneskaga hófust í maí 1976. Í fyrstu var vatnsborð einungis mælt stöku sinnum. Mælingarnar voru í höndum Jarðkönnunardeildar Orkustofnunar fram á mitt ár 1977, en þá tóku starfsmenn hitaveitunnar við þeim. Alls var mælt á 23 stöðum og eru flestar mælingarnar frá árunum 1976-1978. Mælistaðirnir eru sýndir á mynd 1. Fjöldi mælinga á hverjum stað er mjög mismunandi, allt frá því að vera innan við 10 og upp í tæplega 200. Frá árslokum 1977 hefur hitaveitan í samvinnu við Vatnamælingar Orkustofnunar starfrækt síritandi vatnsborðsmæla á fimm stöðum, þ.e. við Seltjörn og Stapafell og í HSK-6, HSK-11 og HSK-12. Þá var vatnsborðið í HSK-1 síritað í desember 1977. Einnig liggja fyrir upplýsingar um grunnvatnshæð út frá rafleiðnimælingum og dæluprófunum á svæðum eins og Rosmhvalanesi og kringum Fagradalsfjall.

Í töflu 1 er meðalgrunnvatnshæð tímabilið 1978-1985 á þeim stöðum þar sem hún er sírituð.

TAFLA 1 Mæld meðalgrunnvatnshæð 1977-1985 m y.s. (Njarðvíkurkerfi)

Staður	J	F	M	A	M	J	J	Á	S	O	N	D	ÁR
Seltjörn	1,63	1,71	1,74	1,48	1,34	1,29	1,28	1,34	1,40	1,49	1,62	1,65	1,47
Stapafell	1,60	1,69	1,73	1,46	1,33	1,28	1,27	1,33	1,39	1,47	1,59	1,67	1,49
HSK-6	1,72	1,81	1,88	1,59	1,43	1,37	1,35	1,41	1,48	1,57	1,71	1,79	1,59
HSK-11	1,72	1,81	1,87	1,58	1,41	1,36	1,35	1,40	1,47	1,56	1,70	1,78	1,58
HSK-12	1,75	1,84	1,91	1,63	1,46	1,41	1,40	1,45	1,51	1,59	1,73	1,83	1,63
Meðaltal	1,68	1,77	1,83	1,55	1,39	1,34	1,33	1,39	1,45	1,54	1,67	1,74	1,56

Eins og sést í töflu 1 er töluverð árstíðarsveifla á grunnvatnshæðinni. Grunnvatn er hæst á veturna en lægst yfir hásumarið. Ástæður þessa eru breytileg úrkoma innan ársins, en grunnvatnsgeymirinn svarar úrkomu mjög

fljótt. Dæmi eru um að vatnshæð hafi sveiflast um 25 cm á einum sólarhring.

Tafla 2 sýnir breytingar á grunnvatnshæð milli ára fyrir sömu mælistaði og eru í töflu 1.

TAFLA 2 Ársmeðaltöl grunnvatnshæðar 1976-1985 m y.s.
(Njarðvíkurkerfi)

Ár	Seltjörn	Stapafell	HSK-6	HSK-11	HSK-12
1976 ¹⁾	1,50	1,46	1,57	1,57	1,60
1977	1,41	1,42	1,47	1,47	1,56
1978	1,52	1,50	1,59	1,59	1,59
1979	1,40	1,39	1,47	1,47	1,47
1980	1,39	1,37	1,46	1,45	1,44
1981	1,42	1,42	1,55	1,53	1,63
1982	1,49	1,48	1,59	1,58	1,63
1983	1,59	1,56	1,68	1,66	1,71
1984	1,70	1,67	1,80	1,81	1,86
1985	1,50	1,48	1,61	1,59	1,68

1) Seinni helmingur árs 1976

Tölurnar í töflu 2 fyrir árin 1976 og 1977 eru fundnar út frá stökum mælingum og línulegri fylgnigreiningu, en fylgni grunnvatnshæða á hinum ýmsu stöðum á Reykjanesskaganum er mjög mikil.

Eins og sést á töflunni er vatnshæðin sú sama í holum HSK-6 og 11 fram til 1980, en eftir það er vatnshæðin lægri í HSK-11. Ástæða þessa er vafalítið kaldavatnsvinnslan úr Lágasvæðinu, en HSK-11 er við hliðina á aðalvatnsbólínu (gjánni) þar. Það er einmitt upp úr 1981 sem vatnsvinnslan fer að aukast, og var sú aukning aðallega tekin úr gjánni (sjá kafla 2.3). Þá er einnig athygliverð sú hækkun vatnsborðs, sem verður í holu HSK-12 miðað við HSK-6 síðustu fjögur árin, þ.e.a.s. vatnshæðin í HSK-12 er að meðaltali 5 cm hærri en í HSK-6. Á árunum 1978-1980 var vatnshæðin hinsvegar sú sama. Ástæður þessa má hugsanlega rekja til hækkunar grunnvatnsborðs vegna affallsvatnsins frá virkjuninni, en frá og með 1981 jókst vinnslan úr jarðhitasvæðinu töluvert og samfara því stækkaði affallsvatnslónið. Einnig er mögulegt að mismunurinn stafi að hluta af landsigi sem mælst hefur á Svartsengissvæðinu. Samkvæmt mælingum Orkustofnunar seig land umhverfis Svartsengi um 8-9 cm á árunum

1979-1982, sjá Gunnar Þorbergsson og Ásgeir Gunnarsson 1983.

Við aðlögun reiknilíkansins var notuð meðalvatnshæð á 13 stöðum á Reykjanesskaganum tímabilið maí 1976 - des. 1985, sjá töflu 3.

TAFLA 3 Meðalgrunnvatnshæð á Reykjanesskaga
maí 1976 - des. 1985 (Njarðvíkurkerfi)

Staður	Grunnvatnshæð m y.s.
Seltjörn	1,49
Stapafell	1,48
HSK-6	1,59
HSK-11	1,58
HSK-12	1,62
HSK-7	1,14
HSK-13	1,50
HSK-1	1,71
Vogastapi	1,34
Njarðvíkurheiði	1,30
Eldvörp	1,10 - 1,20
Miðgjá	1,00
Lambagjá	0,76
Svartsengi	1,80 - 1,90

Á þeim stöðum þar sem eingöngu eru til stakar mælingar, var notuð línuleg fylgnigreining við aðra mælistaði til ákvörðunar á meðalhæðinni, þ.e. ef fjöldinn af stöku mælingunum leyfði það. Ef ekki var reynt að meta vatnshæðina á annan hátt og þá m.a. stuðst við rafleiðnimælingar, sem gerðar hafa verið allvíða á Reykjanesskaganum, en út frá þeim má meta grunnvatnshæðina. Rétt er að vekja athygli á vatnshæðinni á sjálfu jarðhitasvæðinu í Svartsengi, en þar eru til stakar vatnsborðsmælingar, sem gefa til kynna að grunnvatn standi þar hærra en umhverfis jarðhitasvæðið. Þetta getur stafað af hærra hitastigi en annars staðar á skaganum, og minni leiðni jarðlaga.

2.2 Úrkomumælingar og írennsli

Úrkoma er mæld reglulega á fjórum stöðum á Reykjaneskaga. Í Grindavík hófust mælingar 1932, á Reykjanesvita 1925 og á Keflavíkurflugvelli hófust þær 1953. Þá hafa verið gerðar mælingar í Svartsengi frá ársbyrjun 1977 á vegum hitaveitunnar. Í töflu 4 er mæld meðalársúrkoma á þessum stöðvum.

Tafla 4 Mæld meðalársúrkoma 1976 - 1985, mm

Staður	J	F	M	A	M	J	J	Á	S	O	N	D	Árið
Reykjanesviti	113	103	94	69	60	75	78	110	85	120	99	98	1104
Keflavíkur- flugvöllur	101	104	86	80	58	80	75	111	76	109	100	107	1087
Grindavík	162	146	140	99	79	98	101	139	101	135	131	138	1459
Svartsengi ¹⁾	118	125	110	106	75	108	118	130	118	147	106	102	1363

1) tímabil 1977 - 1985

Eins og sést á töflunni er úrkoman mjög breytileg bæði innan ársins og svo milli staða. Úrkoman er töluvert meiri á svæðinu kringum Grindavík heldur en úti á Reykjanesi og Rosmhvalanesi. Innan ársins er úrkoman mest yfir mánuðina nóvember - febrúar og minnst tímabilið maí - júlí, en það er í samræmi við sveiflur á grunnvatnshæðinni innan ársins.

Á Reykjaneskaganum er ekkert yfirborðsrennli, þannig að sú úrkoma sem ekki gufar upp sígur öll niður í grunnvatnsgeyminn. Engar beinar mælingar eru til á uppgufuninni á skaganum, en Markús Á. Einarsson (1972) hefur birt tölur yfir áætlaða gnóttargufun á Keflavíkurflugvelli sjá töflu 5.

TAFLA 5 Meðalgnóttargufun mánaða og árs á Keflavíkurflugvelli, mm

	J	F	M	A	M	J	J	Á	S	O	N	D	Árið
Gnóttargufun	8	15	32	51	86	89	99	75	39	16	12	17	539

Írennsli í grunnvatnsgeyminn er metið með líkingunni:

$$Í = 1,25*Ú - 0,80*G \quad (1)$$

þar sem

Í er írennsli í grunnvatnsgeyminn, mm

Ú er mæld úrkoma, mm

G er reiknuð gnóttargufun, skv. töflu 5, mm

Í líkingunni er mæld úrkoma leiðrétt um 25%, vegna taps í úrkomumæli þá er og í líkingu 1 eingöngu tekin 80% af reiknaðri gnóttargufun, og það metið sem raungufun af svæðinu. Í töflu 6 eru niðurstöður írennslis-reikninga út frá töflum 4 og 5.

TAFLA 6 Reiknað meðalírennsli á Reykjaneskaga 1976-1978, mm

Staður	J	F	M	A	M	J	J	Á	S	O	N	D	Árið
Reykjanesviti	135	117	92	45	6	23	18	78	75	137	114	109	949
Keflavíkur- flugvöllur	120	118	82	59	4	29	14	79	64	123	115	120	927
Grindavík	196	171	149	83	30	51	47	114	95	156	154	159	1405
Svartsengi	141	144	112	92	25	64	68	103	116	171	123	114	1273

Mynd 2 sýnir þá dreifingu írennslis sem notuð var í reiknilíkaninu. Meðalírennsli er 1040 mm/ári sem jafngildir 16,4 m³/s grunnvatnsstreymi til sjávar af þessum hluta Reykjaneskagans.

2.3 Vatnsvinnsla

2.3.1 Lágasvæði

Vatnsból Hitaveitu Suðurnesja eru á Lágasvæði, sem er í 3-4 km fjarlægð í norður frá orkuverinu í Svartsengi. Frá 1982 hefur Vatnsveita Grindavíkur keypt vatn af hitaveitunni. Út frá frumgögnum hitaveitunnar hefur vatnsvinnslan úr Lágasvæðinu verið reiknuð og er hún sýnd í töflu 7.

TAFLA 7 Vatnsvinnsla úr Lágasvæði 1976-1985

Ár	Vinnsla l/s
1976 ¹⁾	24
1977	26
1978	61
1979	112
1980	137
1981	147
1982	198
1983	236
1984	220
1985	236

1) tímabil okt.-des.

Skipting vatnsvinnslunnar milli einstakra vatnsbóla á Lágasvæðinu var metin í samráði við Braga Eyjólfsson yfirvélstjóra hjá hitaveitunni og er hún gefin í töflu 8.

TAFLA 8 Dreifing vatnsvinnslu innan Lágasvæðis, l/s

Ár	HSK-2	HSK-4	HSK-9	HSK-10	Gjáin	Samtals
1976	10	14				24
1977	10	16				26
1978	24	37				61
1979	7,8	13,7	11,7	5,8	73	112
1980	9,6	16,8	14,4	7,2	89	137
1981	10,2	17,9	15,3	7,6	96	147
1982	13,8	24,1	20,7	10,4	129	198
1983	16,6	29,0	24,9	12,5	153	236
1984	15,4	26,9	23,1	11,6	143	220
1985	16,6	29,0	24,9	12,5	153	236
Meðal- tal	13,4	22,4	13,5	6,8	83,6	139,7

Við aðlögun reiknilíkansins eru notaðar meðaltalstölur fyrir hvert vatnsból í töflu 8.

2.3.2 Önnur vatnstökusvæði

Vatnsból bæjarfélaganna á Reykjaneskaga eru á Rosmhvalanesi og við Hafnir og Voga. Í greinargerð um vatnsmál á Suðurnesjum, sem unnin er af Verkfræðistofu Suðurnesja vegna svæðaskipulags Suðurnesja kemur fram áætluð vatnsnotkun bæjarfélaganna á árinu 1987, og er hún sýnd í töflu 9.

TAFLA 9 Áætluð meðalvatnsnotkun bæjarfélaga 1987

Staður	Vinnsla l/s
Keflavík	70
Njarðvík	20
Vogar	7
Hafnir	2
Sandgerði	25
Garðurinn	14
Varnarsvæði	45
Grindavík	35

Eins og áður er komið fram hefur Grindavík fengið vatn úr Lágasvæði frá 1982. Áætluð meðalnotkun fram að þeim tíma er 20 l/s. Tölurnar í töflu 9 voru notaðar við aðlögun reiknilíkansins.

2.4 Affallsvatn frá orkuverinu

Affallsvatnið frá orkuverinu í Svartsengi sígur ofan í grunnvatnið. Magnið er metið út frá vinnslu úr jarðhitasvæðinu, en hún var $44,7 \times 10^9$ kg á tímabilinu október 1976 til júlí 1985. Ef gert er ráð fyrir að gufuhlutfall sé 20% og eðlismassinn 825 kg/m^3 , fæst að affallsvatnið hefur verið 160 l/s að meðaltali frá upphafi vinnslu og fram á mitt ár 1985, og er sú tala notuð við aðlögun reiknilíkansins.

3 REIKNILÍKÖN

Í þessum kafla er gerð grein fyrir aðlögun reiknilíkananna annars vegar að grunnvatnsstreyminu og hins vegar að streymi affallsvatnsins. Það felur í sér aðlögun líkananna að þeim gögnum sem lýst er í 2. kafla.

3.1 Líkan af grunnvatnsrennsli

Í þessum kafla er gerð grein fyrir líkani af grunnvatnsrennslinu á Reykjanesskaga. Líkanið byggir á þeim þáttum sem fjallað var um hér að framan. Einn af veigamestu þáttum þess er jarðfræði Reykjanesskagans, en henni er ítarlega lýst í skýrslu Orkustofnunar (Freysteinn Sigurðsson 1985). Þar er fjallað almennt um jarðvatn og vatnafræði á utanverðum skaganum.

Myndir 3, 4 og 5 sýna þann jarðfræðigrunn sem notaður er í líkaninu. Mynd 3 sýnir sprungustefnuna sem gefin er með misleitnihorni, þ.e. þá stefnu sem leiðnin er mest í. Hornið er reiknað frá austri til norðurs. Eins og sést á myndinni er sú stefna yfirleitt suðvestur-norðaustur. Mynd 4 sýnir þau leiðnigildi sem eru notuð í líkaninu hornrétt á misleitnistefnuna. Eins og sést á myndinni er þetta gildi fyrir Lágasvæðið 0,10 m/s. Minnst er leiðnin innan jarðhitasvæðisins í Svartsengi, en eins og fram hefur komið áður er grunnvatnsborð töluvert hærra þar en umhverfis jarðhitasvæðið. Mynd 5 sýnir hlutfall leiðni í misleitnistefnuna og hornrétt á hana. Þar sem hlutfall leiðnigildanna er hátt eru sprungur mjög opnar og megin vatnsleiðnin eftir þeim. Á mestum hluta Lágasvæðisins er þetta hlutfall 2,52 sem þýðir að leiðnin í sprungustefnu er 0,25 m/s. Á Rosmhvalanesinu er ekki gert ráð fyrir neinni misleitni enda er berggrunnurinn þar grágrýti sem er töluvert eldra en hraunin og móbergið annars staðar á skaganum.

Mynd 6 sýnir reiknað meðalgrunnvatnsrennsli síðustu 10 ára á Reykjanesskaga, en jafnframt má líta á það sem núverandi ástand þar sem vinnsla ferskvatns á þessu tímabili hefur haft óveruleg áhrif á grunnvatnshæðina.

Reiknilíkanið er stillt af miðað við melda grunnvatnshæð og sýnir tafla 10 samanburð á mældri og reiknaðri vatnshæð.

TAFLA 10 Samanburður á mældri og reiknaðri grunnvatnshæð, maí 1976-des 1985 (Njarðvíkurkerfi)

Staður	Mæld hæð m y.s.	Reiknuð hæð m y.s.	% munur
Seltjörn	1,49	1,51	-1,34
Stapafell	1,48	1,49	-0,68
HSK-6	1,59	1,57	1,26
HSK-11	1,58	1,57	0,63
HSK-12	1,62	1,58	2,47
HSK-7	1,14	1,13	0,88
HSK-13	1,50	1,52	-1,33
HSK-1	1,71	1,72	-0,58
Vogastapi	1,34	1,33	0,75
Njarðvíkurheiði	1,30	1,35	-3,85
Miðgjá	1,00	0,99	1,00
Lambagjá	0,76	0,76	0,00
Meðaltal	1,38	1,38	0,00
Staðalfrávik	0,28	0,28	0,00

Eins og sést á töflunni ber mældum og reiknuðum grunnvatnshæðum mjög vel saman. Á mynd 6 sést að grunnvatnshæð vex hratt út við ströndina, sem er vegna lítillar leiðni þar og er orðin 0,50-1,00 m yfir meðalsjávarborði rúmlega kílómetra frá strönd Hins vegar er mun meiri leiðni inni á skaganum, sem veldur flatara grunnvatnsborði. Á Lágasvæðinu er grunnvatnshæð um 1,30 m yfir meðalsjávarborði.

Áhrif sprungna í hraununum koma vel fram í grunnvatnsstreyminu, eins og sést á mynd 6 þar sem megin straumstefnan er suðvestur-norðaustur. Á myndinni er grunnvatnsstreymið því meira sem pílurnar eru stærri.

3.2 Líkan af streymi affallsvatns

Þegar búið er að nýta jarðhitavökvann í orkuverinu í Svartsengi er honum veitt út í Bláa lónið og þaðan sígur hann niður í grunnvatnið. Hvað varðar efnasamsetningu er affallsvatnið mjög frábrugðið grunnvatni, svipar að þessu leyti á margan hátt til sjávar. Í júní 1982 mældist

styrkur klóríðs í affallsvatninu 18.514 mg/l og kísils 137 mg/l, en um miðjan september 1986 mældist styrkur kísils 139 mg/l og klóríðs 16.167 mg/l. Ástæðan fyrir lægra klóríð innihaldi er mjög sennilega sú að í ágústmánuði síðastliðnum var ferskvatni hleypt út í Bláa lónið. Eðlismassi affallsvatnsins mældist nú í september 1015 kg/m³ (við 30°C.), sbr. Jón Örn Bjarnason (1986).

Tafla 11 sýnir helstu niðurstöður klóríð greiningar á svæðinu umhverfis orkuverið í Svartsengi, sjá Freysteinn Sigurðsson (1985).

Tafla 11 Niðurstöður klóríðmælinga, mg/l

Staður	1977	1979	'76-'79	'77-'79	1986
Baðstofugjá	240				305
Miðgjá	195				247
Hrafnagjá	245				298
T-2632	175				268
HSK-11		66			69
HSK-100, Gjáin			66		68
HSK-4			71		71
HSK-10				48	45
Seltjörn	21				24

Fram til ársins 1981 var affallsvatnið frá orkuverinu lítið, en þá jókst vinnsla úr jarðhitasvæðinu verulega og þar með, affallsvatnið. Því má telja líklegt að þær mælingar sem til eru frá árunum 1976-1979, gefi til kynna óraskað ástand á svæðinu hvað varðar efnasamsetningu ferskvatnsins. Í töflunni kemur fram að styrkur klóríðs hefur aukist á stöðum sem liggja til suðurs og suðvesturs frá orkuverinu. Þannig er aukning um 53% í holu T 2632 og um 25% í gjánum í Tóftarkrókum. Á stöðum sem liggja til norðurs frá orkuverinu hefur ekki orðið vart slíkrar aukningar. Þessi niðurstaða er í samræmi við reiknaðan grunnvatnsstraum, sbr. mynd 6, en þar er megin grunnvatnsstraumur til suðvesturs, framhjá orkuverinu.

Þó svo ekki hafi orðið vart mengunar frá affallsvatninu inn á Lágasvæðið fram til þessa, er ekki þar með sagt að það geti ekki gerst við aukna vatnstöku úr svæðinu og aukið affallsvatn, en klóríðinnihald þess vatns sem hitaveitan nýtir má ekki fara yfir 100 mg/l. Til þess að athuga

hættuna á mengun frá affallsvatninu var sett upp líkan af affallsvatnsstraumnum. Niðurstöður eru sýndar á mynd 7. Þar sést að núverandi dreifing klóríðs er í samræmi við niðurstöður mælinga. Eins og sést á myndinni liggur affallsstraumurinn til suðurs í átt til sjávar.

4 VATNSTÖKUREIKNINGAR

Eins og fram kemur í inngangi er tilgangurinn með aðlögun reiknilíkansins eftirfarandi:

1. Ákvarða hversu mikið ferskvatn má taka úr Lágasvæðinu m.t.t. mengunar frá jarðsjónum, sem ferksvatnið flýtur ofan á.
2. Að meta hvað aukin vatnstaka fiskeldisstöðva hefur á vatnsgæfni Lágasvæðisins.
3. Athuga hvort ferskvatnsbólín á Lágasvæðinu muni mengast ef affallsvatnið frá orkuverinu í Svartsengi eykst umfram núverandi magn.
4. Athuga hvort vatnsgæðasvæði á Lágasvæðinu flytjast til með aukinni vinnslu úr svæðinu.
5. Athuga hvaða áhrif ferskvatnstaka í Eldvörpum fyrir hugsanlega virkjun þar hefur á vatnsgæfni Lágasvæðisins.

Þá var athugað sérstaklega hvort Lágasvæði stæði undir tvöföldun framleiðslunnar í orkuverinu, sem þýðir ferskvatnstöku um 450 l/s, svo og hvort hægt væri að vinna 600 l/s úr svæðinu, sem er það magn sem hitaveitan hefur leyfi til að taka.

Hér á eftir verður fjallað um hvert þessara atriða í sömu röð og þau eru talin upp.

4.1 Vatnstaka úr Lágasvæði

Grunnvatnshæð á Lágasvæðinu er um 1,30 m yfir meðalsjávarborði sem þýðir að ferskvatnslinsan er um 50 m á þykkt. Ef gert er ráð fyrir að vatnsbólín nái 10 m ofan í ferskvatnslagið má niðurdráttur á svæðinu ekki verða meiri en 32 cm svo að vatnsbólín seltist ekki, og verði þar með ónothæf. Tafla 12 og mynd 8 sýna hvernig vatnsborðslökkun á Lágasvæðinu eykst við dælingu.

TAFLA 12 Vatnsborðslækkun á Lágasvæðinu.

Dæling l/s	Vatnsborðlækkun cm
140	0,8
250	2,8
450	5,9
600	9,0
800	12,6
1000	16,6
1500	25,0
1800	30,0

Eins og fram kemur í töflunni og á myndinni, þá er hægt að vinna 1800 l/s úr Lágasvæðinu ef engin aukning er á affallsvatni út í Bláa lónið né á ferskvatnstöku á svæðum í nágrenni Lágasvæðisins. Á árinu 1985 var vatnsvinnsla rúmir 400 l/s á Reykjanesskaga, sem er um 20% af vatnsgæfni Lágasvæðisins. Við aukna vinnslu úr Lágasvæðinu er gert ráð fyrir að megin þungi vatnsvinnslunnar verði úr nyrðri hluta svæðisins, svæðinu umhverfis gjána og þar norður af. Mynd 9 sýnir útbreiðslu vatnsborðslækkunar við 1800 l/s dælingu úr svæðinu. Eins og sést af myndinni nær 10 cm niðurdráttur yfir töluvert stórt svæði og skerðir þar með möguleikana á ferskvatnstöku á þeim svæðum. T.d. er hámarksniðurdráttur á svæðinu upp af Vogastapa 20 cm, annars seltast vatnsból, þannig að vatnsgæfni þess svæðis hefur minnkað um 50% við 1800 l/s dælingu úr Lágasvæðinu.

4.2 Áhrif fiskeldisstöðva á vatnsgæfni Lágasvæðisins

Á undanförnum misserum hefur áhugi á fiskeldi aukist. Í því sambandi hafa augu manna mjög beinst að Reykjanesskaganum. Fiskeldisstöðvar þurfa töluvert vatnsmagn til sinnar framleiðslu. Í þessum kafla verður fjallað um hvaða áhrif aukin vatnstaka fiskeldisstöðva á skaganum hefur á vatnsgæfni Lágasvæðisins. Í töflu 13 er listi yfir þær fiskeldisstöðvar, sem teknar voru inn í athugunina, og á því vatnsmagni, sem reiknað var með að þær noti. Tölurnar í töflunni ber ekki að skoða sem vísbendingu um væntanlega notkun stöðvanna.

TAFLA 13 Fiskeldisstöðvar

Fiskeldisstöð	Vatnsnotkun l/s
Vogalax, við Vogavík	1500
Fiskeldi Grindavíkur, Járngerðarstaðalandi	100
Eldi, Húsatóftalandi	350
Íslandslax, Staðarlandi	350
Atlantislax, Staðarlandi	150
Silfurlax, landi Kalmanstjarnar	150
Samtals	2600

Vogalax er eina fiskeldisstöðin sem er á norðanverðum skaganum. Hinar stöðvarnar eru allar á suðurströndinni til vesturs frá Grindavík, eða ráðgerðar þar, að stöð Silfurlax frátalinni sem er fyrirhuguð við Kalmanstjörn.

Mynd 10 sýnir áhrif vatnstöku fiskeldisstöðva á grunnvatnshæð á Lágasvæði. Eins og þar kemur fram valda stöðvarnar á suðurströnd 2 cm lækkun vatnsborðs á Lágasvæði, sem þýðir að hámarksvatnstaka úr Lágasvæði minnkar um 200 l/s, úr 1800 l/s í 1600 l/s. Ferskvatnstaka hjá Vogalaxi veldur 6 cm lækkun á Lágasvæði sem þýðir skerðingu vatnstöku um 450 l/s. Samtals skerðist því vatnsgæfni Lágasvæðis um 650 l/s, við 2600 l/s vatnstöku hjá fiskeldisstöðvum, eða um 36% af vatnsgæfni svæðisins.

4.3 Áhrif affallsvatns á vatnsgæfni Lágasvæðisins

Eins og fram kemur í töflu 7 hefur kaldavatnsvinnslan úr Lágasvæðinu aukist ár frá ári. Ástæðan er sífellt vaxandi vinnsla úr jarðhitasvæðinu í Svartsengi. Það hefur einnig haft í för með sér stöðugt aukið affallsvatn sem öllu hefur verið sleppt út í Bláa lónið. Í þessum kafla er gert ráð fyrir að sama þróun verði áfram og athugað hvort aukning affallsvatnsins umfram núverandi magn mengi vatnsbólin á Lágasvæðinu.

Mynd 11 sýnir hvernig 100 mg/l jafngildislína klóríðs færist inn yfir Lágasvæðið eftir því sem streymi affallsvatns út í Bláa lónið eykst, og

er þá miðað við 1800 l/s dælingu úr svæðinu. Af myndinni er ljóst að þegar við 450 l/s affallsvatn, sem er nokkurn veginn tvöföldun á magninu í dag, verði vatnsbólun nyrst á svæðinu menguð, og því hitaveitunni ónothæf. Við 600 l/s affallsvatn er mengunin komin alla leið að gjánni, sem er aðalvatnsból hitaveitunnar. Mynd 12 sýnir dreifingu affallsvatns við 1800 l/s dælingu úr Lágasvæðinu og 600 l/s affallsvatns. Eins og sést á myndinni þá dreifist megin hluti mengunarinnar til suðurs með grunnvatnsstraumnum. Ef ná á hámarksnýtingu á Lágasvæðinu sem ferksvatnsvinnslusvæði þá má affallsvatnið ekki aukast nema í um 300-400 l/s, sem svarar til tæplega tvöföldunar á framleiðslunni í orkuverinu miðað við síðasta ár.

Mynd 13 sýnir aukningu í styrk klóríðs vegna útbreiðslu affallsvatnsins við 600 l/s vinnslu úr Lágasvæðinu þar sem yfir helmingur vinnslunnar er úr gjánni. Eins og sést á myndinni er affallsvatnið farið að teygja sig að nyrstu vatnsbólunum á svæðinu (gjánni) og að vatnsból eins og HSK-2 og 4 eru orðin ónýtt. Það er ljóst að affallsvatnið hefur þau áhrif að í framtíðinni verður nauðsynlegt að færa alla vinnslu á Lágasvæðinu lengra til norðurs til að komast hjá mengun vatnsbóla, ef hitaveitunni á áfram að nýtast Lágasvæðið sem vinnslusvæði fyrir sig eingöngu.

4.4 Vatnsgæðasvæði innan Lágasvæðis

Á árunum 1976-1979 voru gerðar all víðtækar mælingar á hita- og rafviðnámi grunnvatns á Lágasvæðinu. Einnig voru tekin efnasýni úr borholum og öðrum vatnsbólum á svæðinu, sjá Freysteinn Sigurðsson, 1985. Frá árinu 1979 fram til 1985 voru mælingar fáar en á yfirstandandi ári hafa efnasýni verið tekin úr öllum vatnsbólum á svæðinu, jafnframt því sem gerðar hafa verið hita- og viðnámsmælingar. Niðurstöður mælinganna frá í vor eru í góðu samræmi við eldri mælingarnar. Á grundvelli allra mælinganna var Lágasvæðinu skipt upp í vatnsgæðasvæði og valið að nota klóríðinnihald vatnsins sem viðmiðun. Niðurstaðan er sýnd á mynd 14. Á myndinni koma fram fimm mismunandi svæði. Lægst er klóríðinnihaldið nyrst á svæðinu, 30 mg/l, en mest í nánd við orkuverið. Rétt er að taka fram að áhrifum frá Bláa lóninu er sleppt á mynd 14 enda búið að fjalla um þau sérstaklega, sbr. kafla 3.3 og 4.3. Eins og fram kemur á mynd 14 eru skörp skil í klóríðinnihaldi vatnsins á milli hola HSK-5 og 11 annars vegar og HSK-10 og 9 hins vegar.

Mynd 15 sýnir hvernig vatnsgæðin breytast við hámarks dælingu, 1800 l/s,

úr Lágasvæðinu. Eins og sést á myndinni hefur klóríðinnihald vatnsins á svæðinu kringum gjána aukist úr 70 mg/l í um 90 mg/l og í syðstu vatnsbólunum, HSK-4 og 9, hefur klóríðstyrkurinn aukist um 50 mg/l og er t.d. í HSK-9 orðin 150 mg/l. Því eru syðstu vatnsbólín orðin hitaveitunni ónýtt, en það skerðir samt ekki vatnsgæfni svæðisins í heild því hægt er að færa vinnsluna þaðan yfir á nyrðri helming svæðisins.

4.5 Vatnstaka í Eldvörpum

Í þessum kafla er fjallað um áhrif vatnstöku í Eldvörpum vegna hugsanlegrar virkjunar þar. Gert er ráð fyrir vatnspörf sem nemur 1000 l/s. Athuguð voru tvö hugsanleg vatnstökusvæði. Annars vegar Eldvarpasvæðið sjálft og hins vegar hraunsundið vestan Sandfellshæðar.

Mynd 16 sýnir útbreiðslu niðurdráttar við 1000 l/s vatnstöku úr Eldvarpasvæðinu. Grunnvatnshæð á svæðinu er um 1 m yfir meðalsjávarborði sem þýðir að leyfilegur niðurdráttur er 25 cm. Eins og sést á mynd 15 er niðurdrátturinn á stóru svæði meiri en 25 cm sem þýðir að vatnsból eru orðin sölt og því ónothæf. Niðurdráttur á Lágasvæðinu er um 5 cm sem jafngildir því að vatnsgæfni þess hefur minnkað um 350-400 l/s. Þá er einnig hætta á að mikil vatnstaka úr Eldvarpasvæðinu dragi til sín affallsvatn frá Bláa lóninu í Svartsengi, en eins og fram hefur komið áður er megin straumur affallsvatns til suðurs um hraunsundið fram hjá Eldvarpasvæðinu. Af þessum orsökum er ljóst, að þetta svæði hentar illa til ferskvatnstöku.

Annað svæði, í hraunsundinu vestan Sandfellshæðar, var einnig athugað. Mynd 17 sýnir útbreiðslu vatnsborðslökkunar. Niðurdrátturinn er mestur um 15 cm, sem er mun minna en var á hinu svæðinu, enda er leiðnin töluvert meiri hér. Hins vegar þolir þetta svæði ekki eins mikinn niðurdrátt og Eldvarpasvæðið þar sem grunnvatnshæð er lægri. Þannig eru 15 cm alveg á mörkum að vera leyfileg vatnsborðslökkun. Þá má og gera ráð fyrir að klóríðinnihald á þessu svæði sé meira en innar á skaganum. Vatnstaka hér hefur ekki áhrif á vatnsgæfni Lágasvæðisins.

Af þessum reikningum er ljóst að það getur verið erfiðleikum bundið að afla virkjun í Eldvörpum 1000 l/s af fersku vatni.

5 NIÐURSTÖÐUR

Megin niðurstöður þessa verks eru eftirfarandi:

1. Vatnsgæfni Lágasvæðisins, vinnslusvæði Hitaveitu Suðurnesja, er 1800 l/s.
2. Ef ferskvatnið á að nýtast fyrir hitaveitu verður klóríð innihald þess að vera minna en 100 mg/l, sem þýðir að við 1800 l/s dælingu úr Lágasvæðinu þarf öll vinnslan að færast til norðurs á svæðið umhverfis gjána og þar norður af.
3. Við 1800 l/s vinnslu reiknast klóríðstyrkur í vatnsbólum HSK-2, 4 og 9 á bilinu 120-150 mg/l, sem er drykkjarhæft vatn, en lakara til notkunar í hitaveitu.
4. Til að halda vatnsgæfni úr Lágasvæðinu má mengun frá affallsvatninu ekki ná inn á svæðið. Af þessum sökum má affallsvatnið ekki aukast nema í 300-400 l/s, sem er tæplega tvöföldun á affallsvatninu 1985.
5. Tvöföldun á framleiðslunni í orkuverinu í Svartsengi miðað við árið 1985 þýðir ferskvatnstöku uppá 450 l/s. Því magni er hægt að ná úr Lágasvæðinu án erfiðleika.
6. Samkvæmt gerðardómi frá árinu 1975 hefur hitaveitan leyfi til að vinna 600 l/s úr Lágasvæðinu af fersku vatni. Á því eru ekki vandkvæði jafnvel þó að affallsvatnið myndi einnig aukast í 600 l/s.
7. Vatnstaka fiskeldisstöðva um 2600 l/s samtals hefur þau áhrif að vatnsgæfni Lágasvæðisins skerðist um 650 l/s sem eru 36% af hámarksvatnsgæfni svæðisins. Af fiskeldisstöðvum hefur 1500 l/s dæling hjá Vogalaxi mest áhrif. Hún skerðir vatnsgæfni Lágasvæðisins um 450 l/s.
8. Mikil vatnstaka (1000 l/s) fyrir hugsanlega virkjun í Eldvörpum er útilokuð á Eldvarpasvæðinu sjálfu vegna mikils niðurdráttar og hættu á aðstreymi affallsvatn frá Bláa lóninu. Fýsilegri vatnstökustaður er hins vegar í hraunsundinu vestan Sandfellshæðar.

HEIMILDASKRÁ

Freysteinn Sigurðsson, 1985: **Jarðvatn og vatnajarðfræði á utanverðum Reykjaneskaga.** Yfirlitsskýrsla ásamt viðaukum. Orkustofnun OS-85075/VOD-06.

Jón Örn Bjarnason, 1986: **Svartsengi, eðlismassi vatns í Bláa lóninu.** OS-86068/JHD-29 B.

Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson, 1980: **Svartsengi. Grunnvatnsrannsóknir vegna ferskvatnsöflunar fyrir varmaorkuver.** Orkustofnun OS-80031/ROD12.

Jón Ingimarsson og Snorri Páll Kjarran, 1978. **Svartsengi. Framvinduskýrsla um ferskvatnsathuganir.** Orkustofnun OS ROD7802, OS SFS7801.

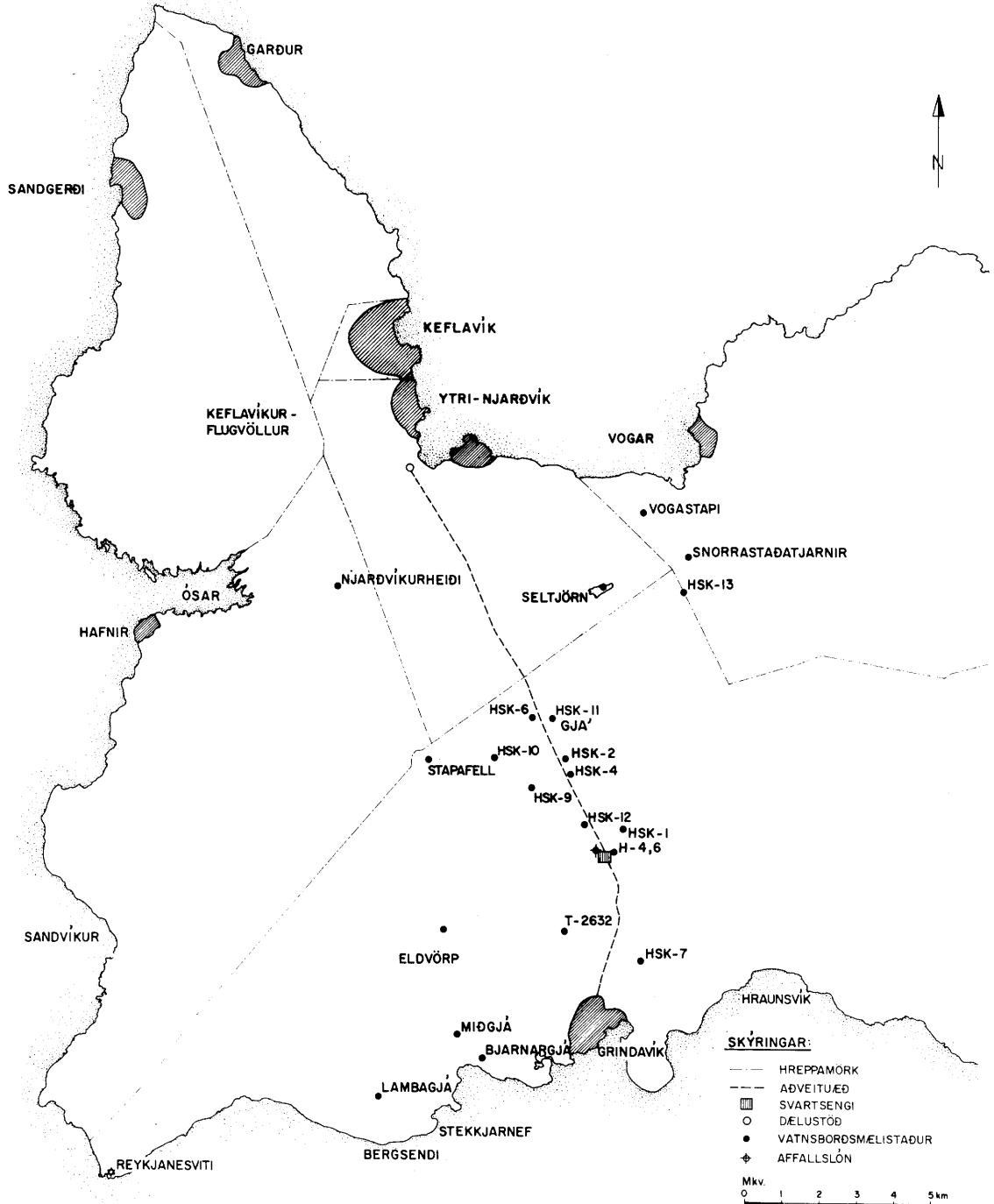
Markús Á. Einarsson, 1972: **Evaporation and potential evapotranspiration in Iceland.** Veðurstofa Íslands 1972.

Verkfræðistofa Suðurnesja 1986. **Greinargerð um vatnsmál.** Unnið vegna Svæðisskipulags Suðurnesja.

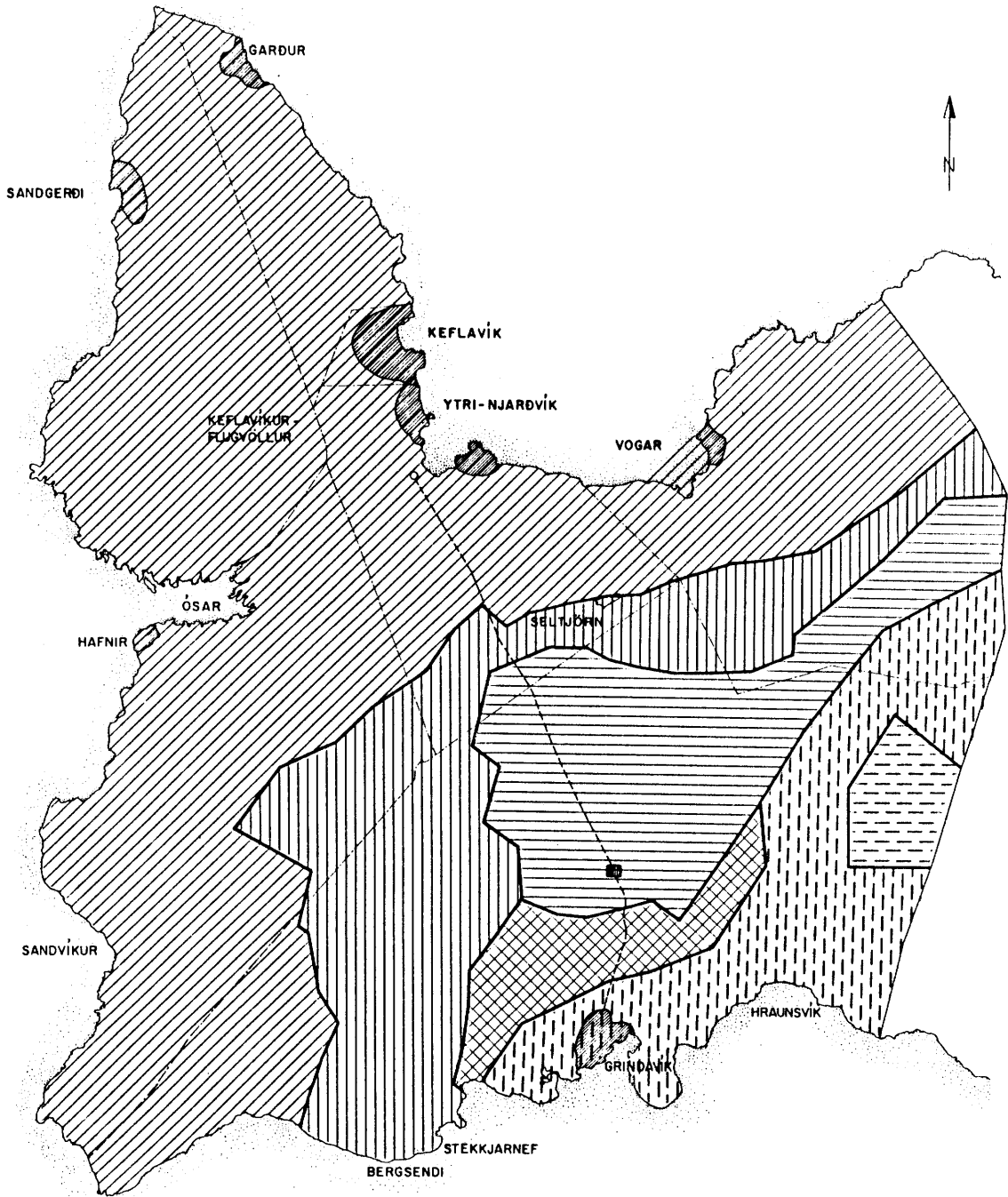
Verkfræðistofan Vatnaskil h.f., 1985. **Svartsengi. Vinnslueftirlit 1976-1985.** Orkustofnun OS-85097/JHD-12.

SVARTSENGI

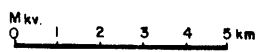
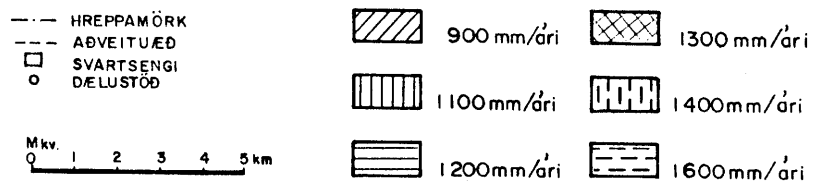
YFIRLITSMYND



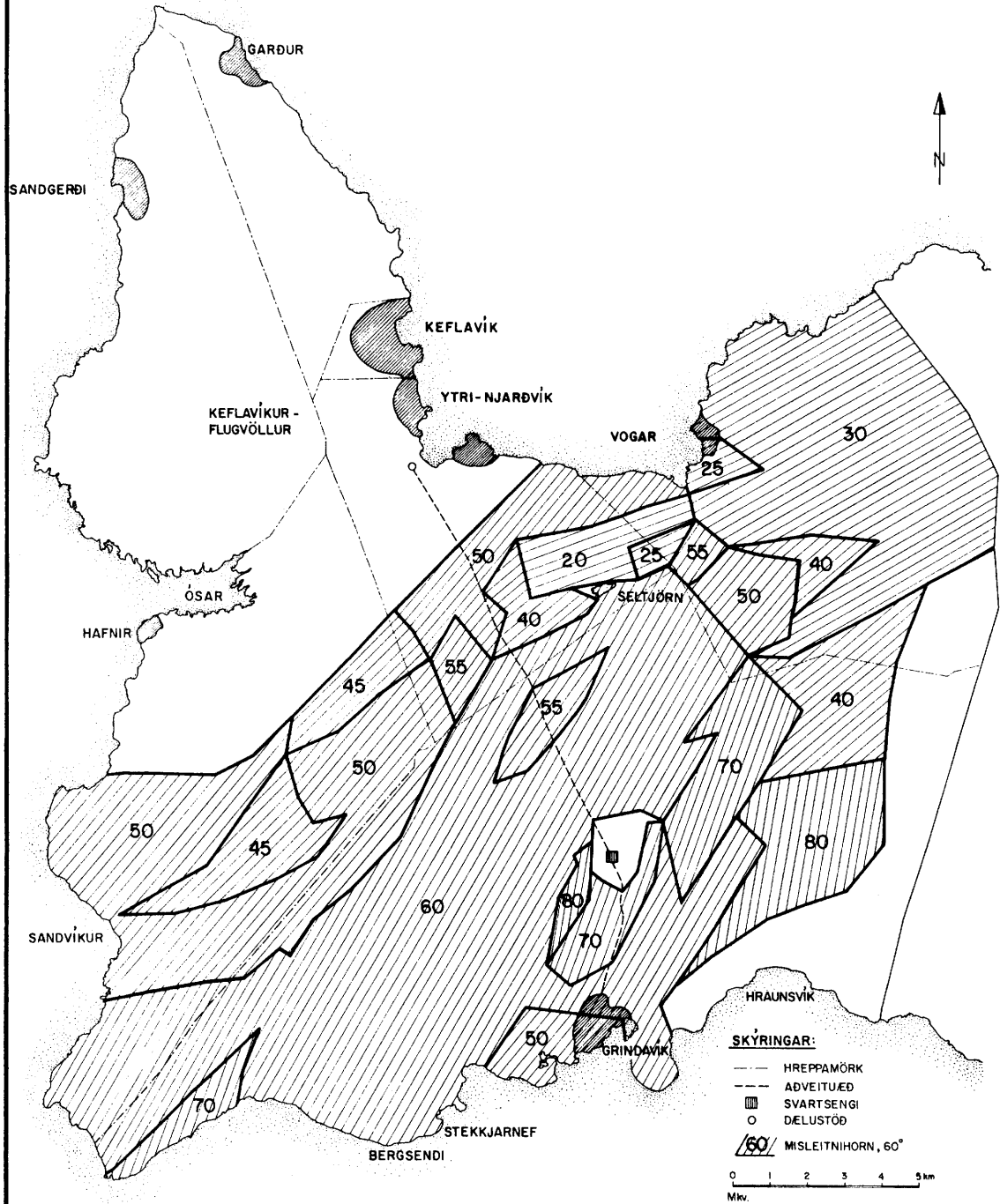
SVARTSENGI Í RENNSLI



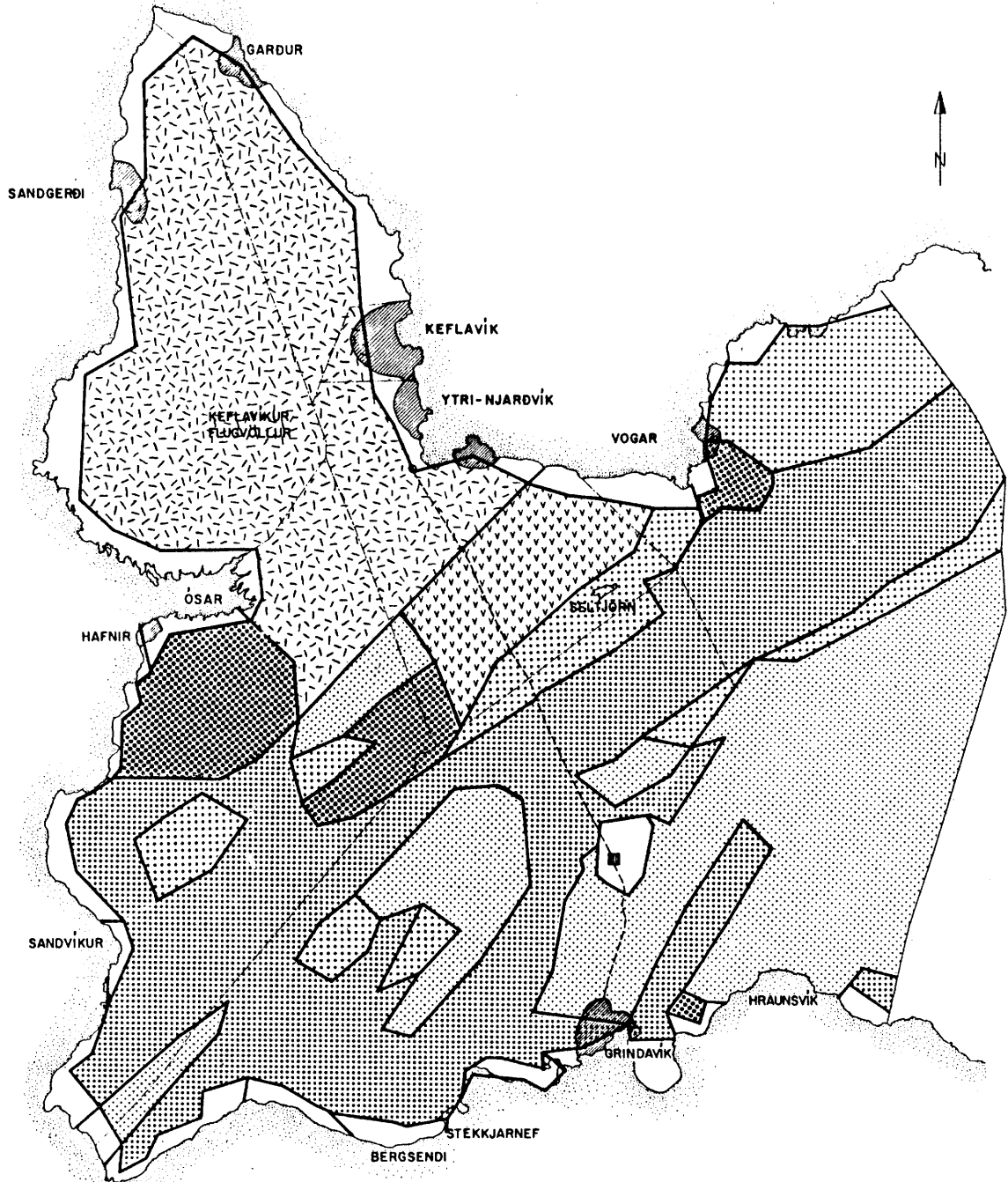
SKÝRINGAR:



SVARTSENGI MISLEITNIHORN



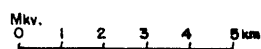
SVARTSENGI LEIÐNIGILDI



SKÝRINGAR:

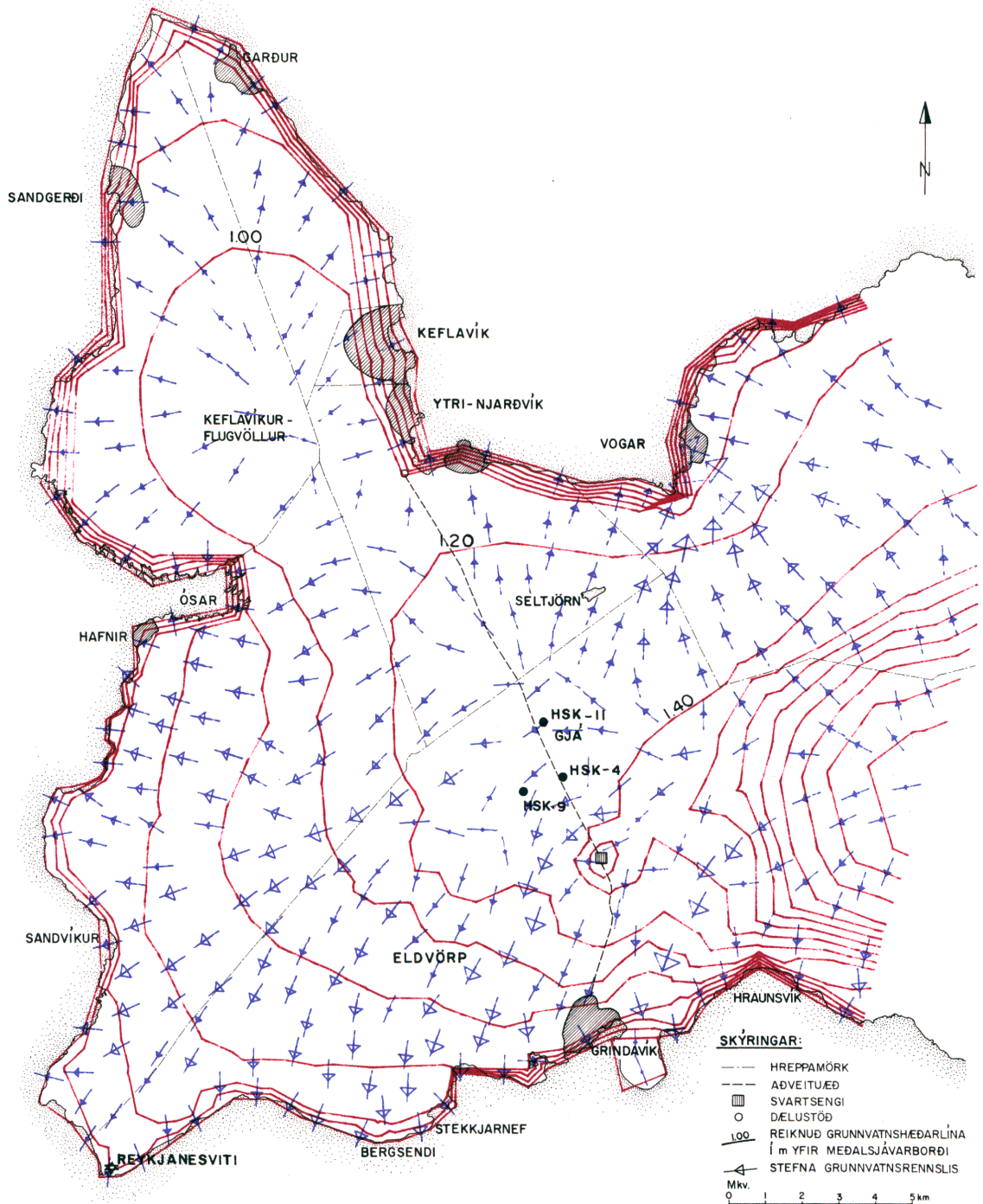
- HREPPAMÖRK
- ADVEITUÆÐ
- ▣ SVARTSENGI
- DELUSTÖÐ

<math><0.003\text{ m/s}</math>	0.03 m/s
0.003 m/s	0.10 m/s
0.020 m/s	0.30 m/s
0.025 m/s	



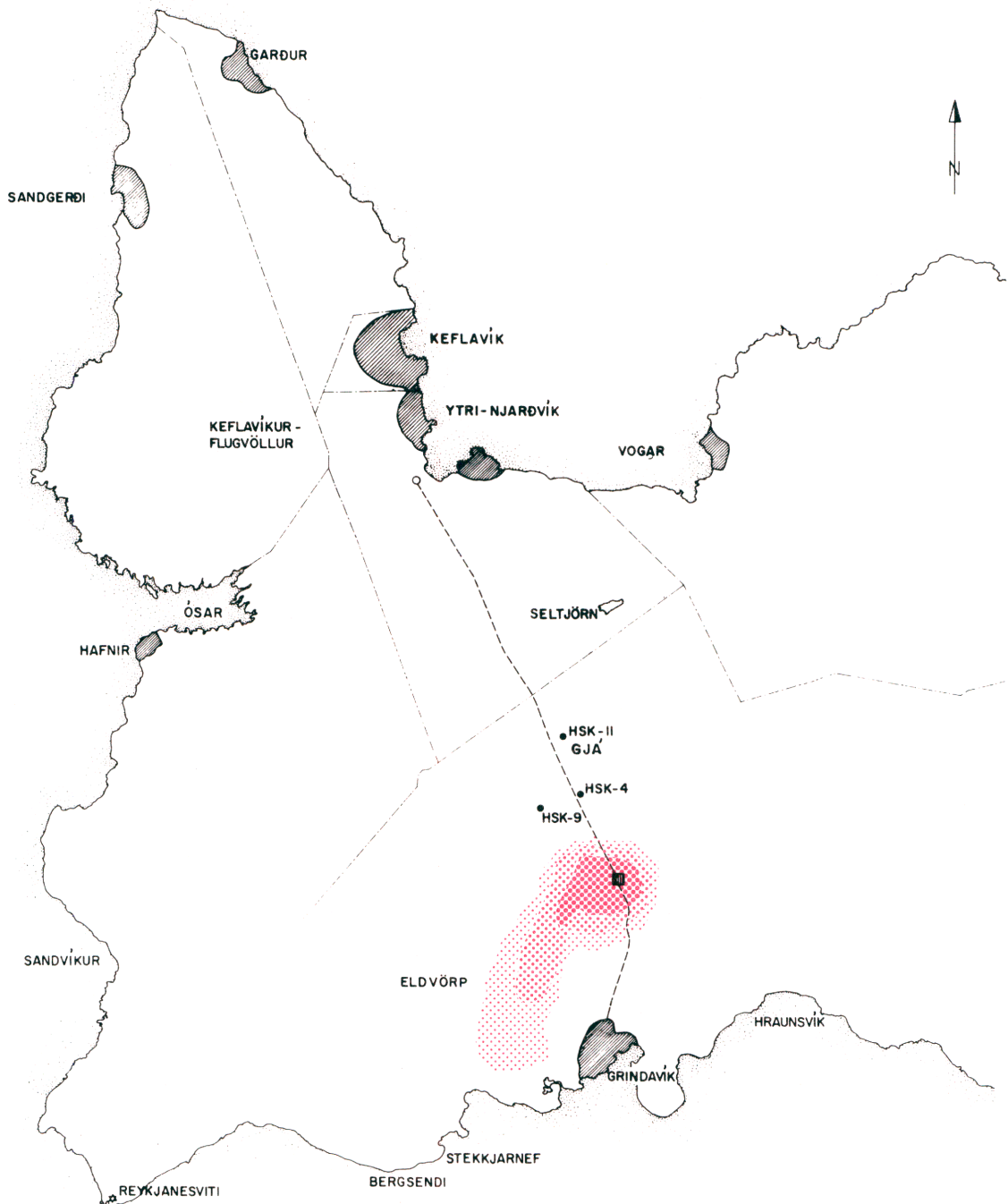
SVARTSENGI

REIKNAD GRUNNVATNSRENNSLI MEÐALÁSTAND 1976-1985



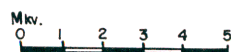
SVARTSENGI

REIKNADUR STYRKUR KLÓRÍÐS Í GRUNNVATNI VEGNA AFFALLSLÓNS ÁRIÐ 1985



SKÝRINGAR:

- HREPPAMÖRK
- AÐVEITUÆÐ
- ▣ SVARTSENGI
- DÆLUSTÖÐ

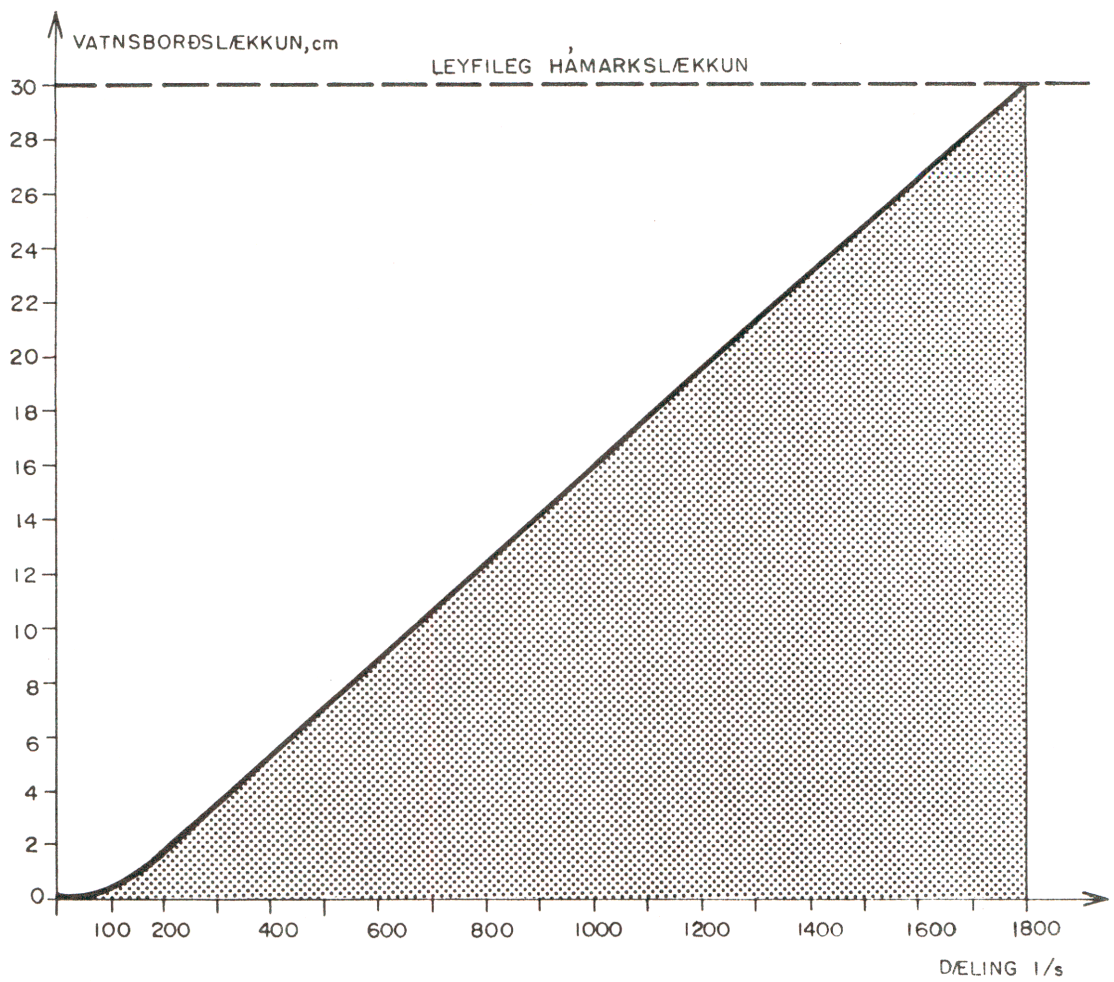


- 50-200 mg/l
- 200-1000 mg/l
- > 1000 mg/l

MYND 7

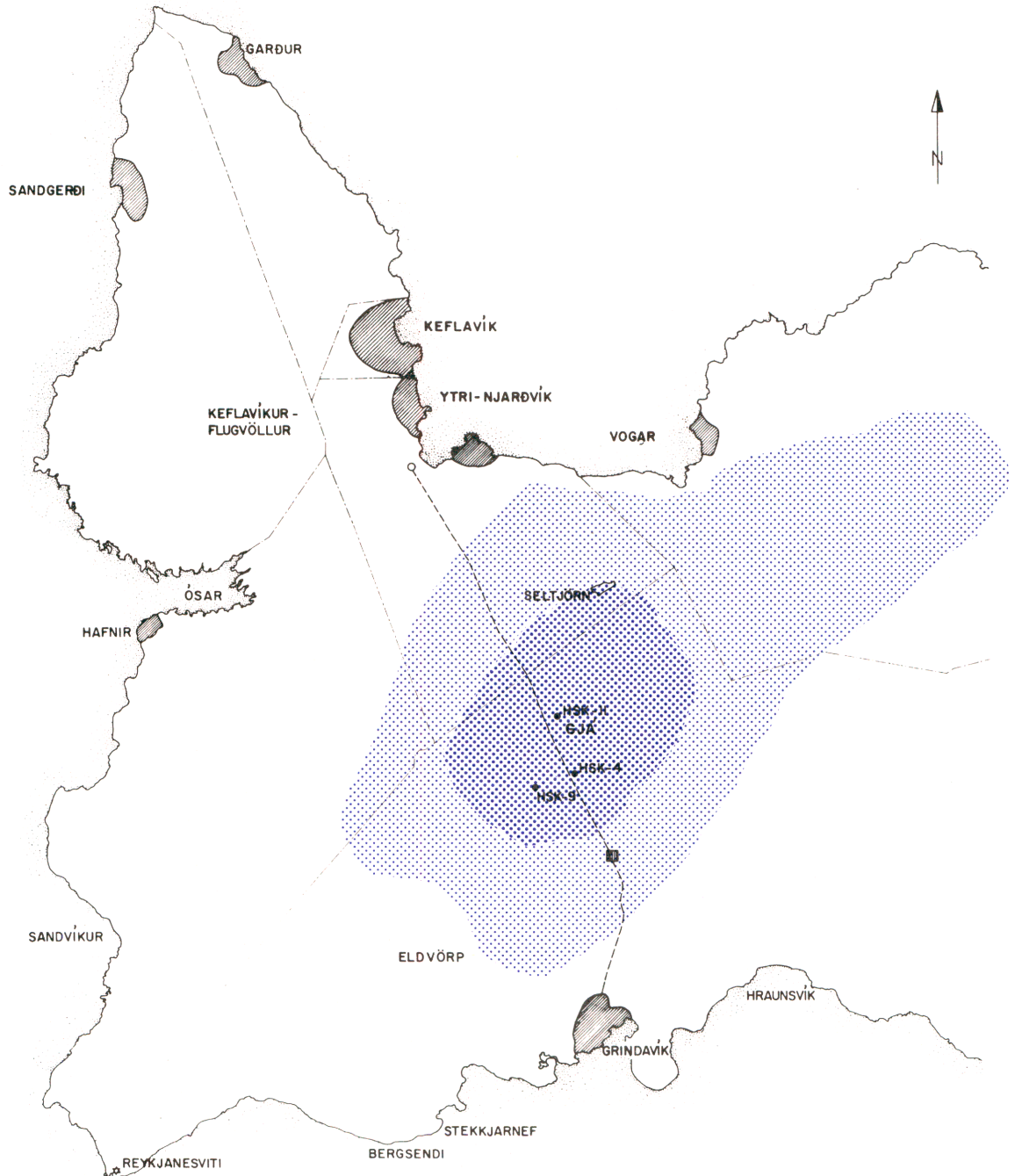
SVARTSENGI

VATNSBORÐSLEKKUN Á LÁGASVÆÐI



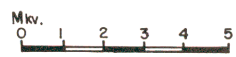
SVARTSENGI

VATNSBORÐSLEKKUN VIÐ 1800 l/s VINNSLU ÚR LÁGASVÆÐI



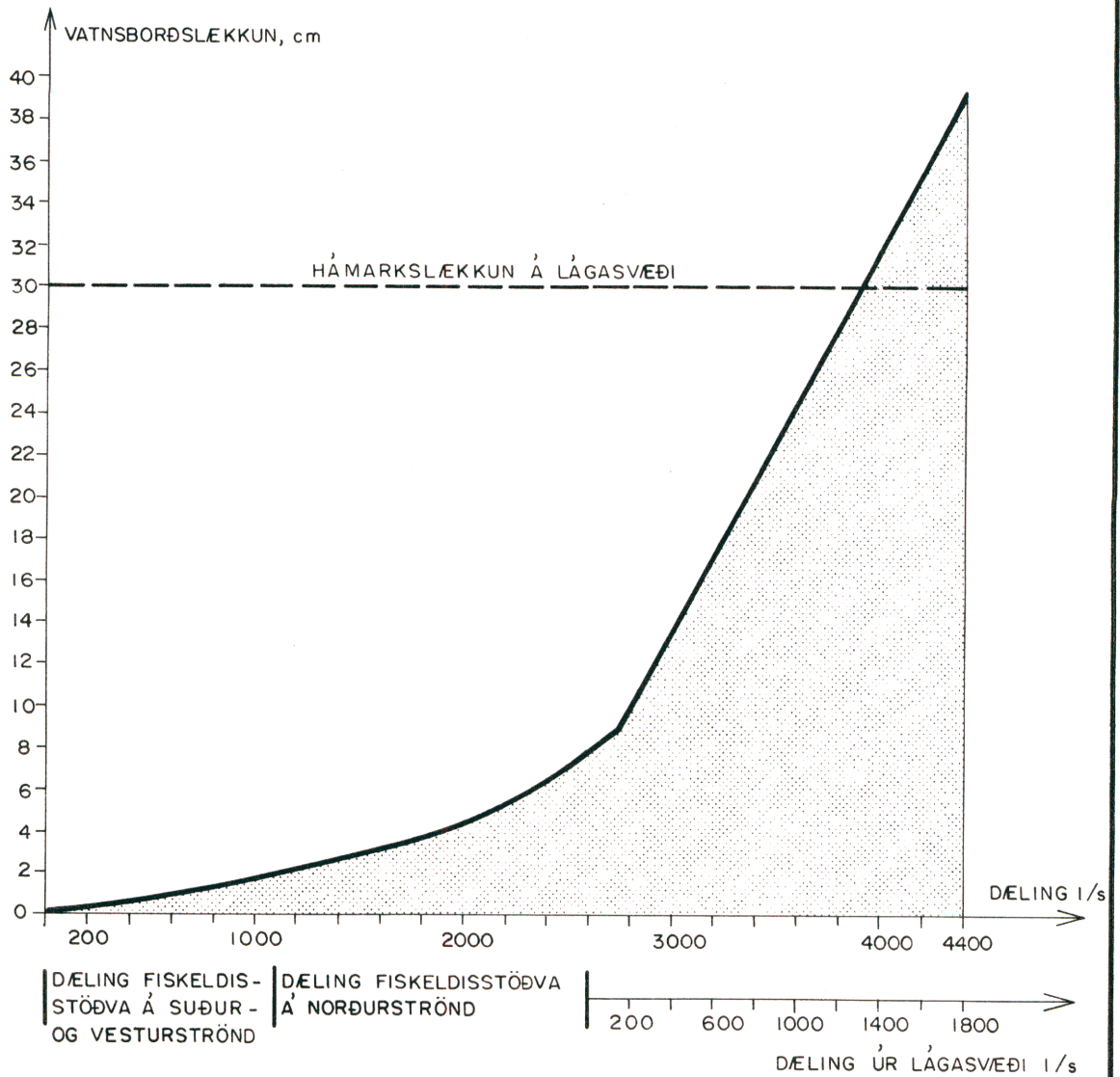
SKÝRINGAR:

- HREPPAMÖRK
- AÐVEITUÆÐ
- ▨ SVARTSENGI
- DÆLUSTÖÐ
- ▨ 0.10 - 0.20 m
- ▨ > 0.20 m



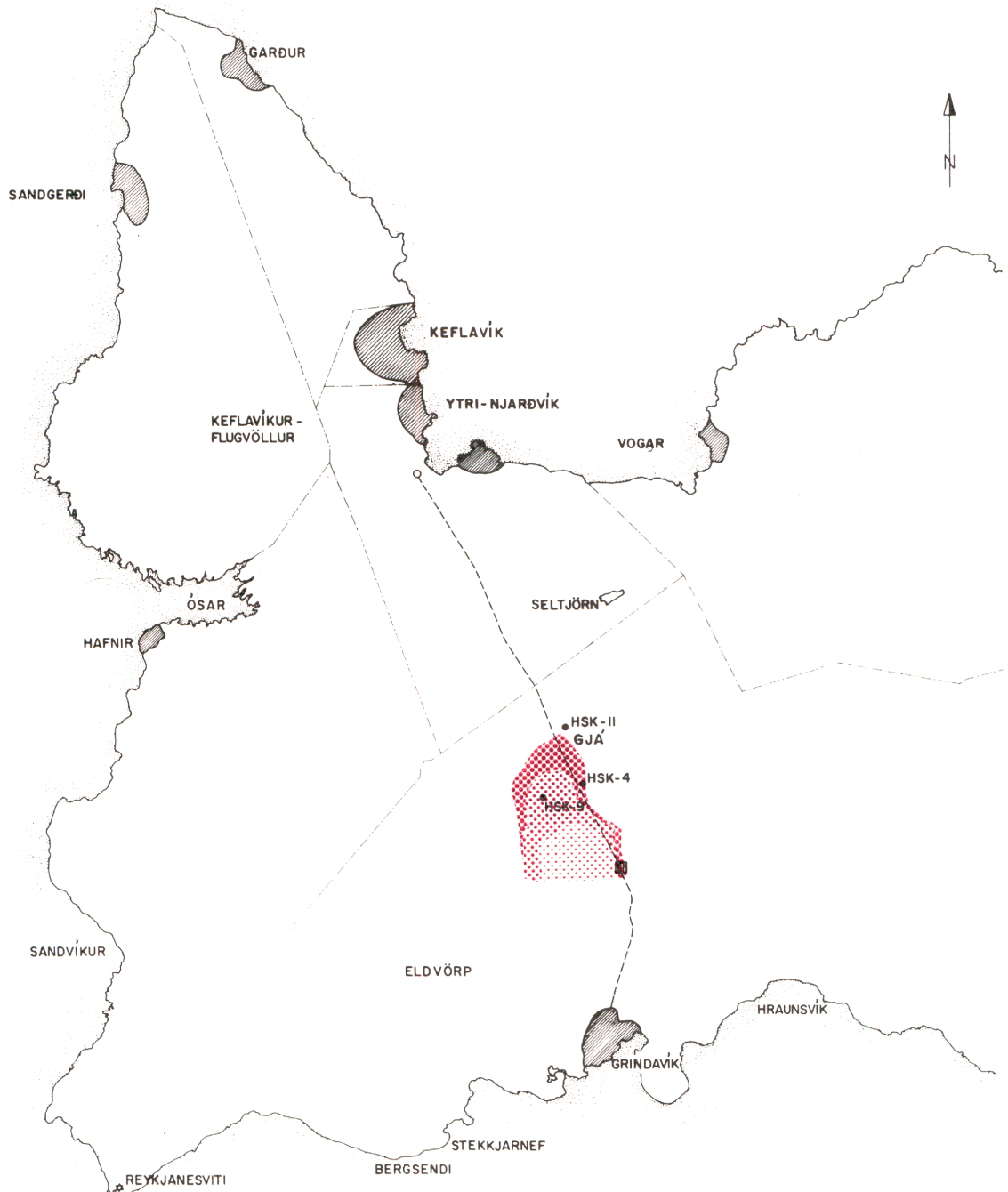
SVARTSENGI

VATNSBORÐSLÆKKUN Á LÁGASVÆÐI VIÐ VATNSTÖKU FISKELDISSTÖÐVA



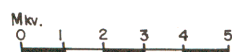
SVARTSENGI

REIKNUÐ BREYTING Á STYRK KLÓRÍÐS Í GRUNNVATNI VIÐ 1800 l/s VINNSLU ÚR LÁGASVÆÐI OG MISMUNANDI MAGN AFFALLSVATNS



SKÝRINGAR:

- HREPPAMÖRK
- ADVEITUÆÐ
- ▨ SVARTSENGI
- DELUSTÖÐ

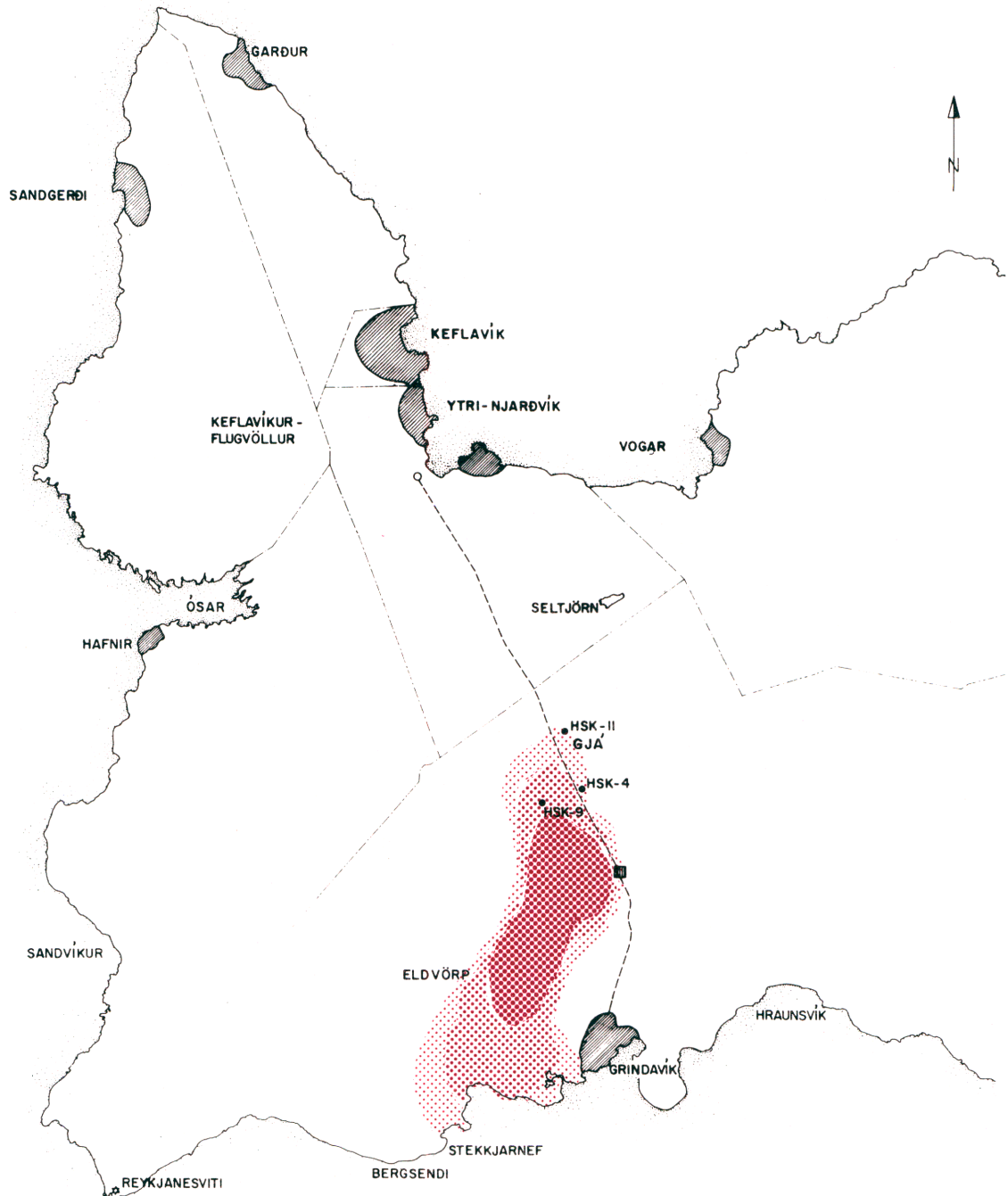


- 100 mg/l, AFFALLSVATN 160 l/s
- 100 mg/l, AFFALLSVATN 450 l/s
- 100 mg/l, AFFALLSVATN 600 l/s

MYND II

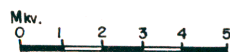
SVARTSENGI

REIKNUÐ BREYTING Á STYRK KLÓRÍÐS Í GRUNNVATNI VIÐ 1800 l/s VINNSLU ÚR LÁGASVÆÐI, AFFALLSVATN 600 l/s



SKÝRINGAR:

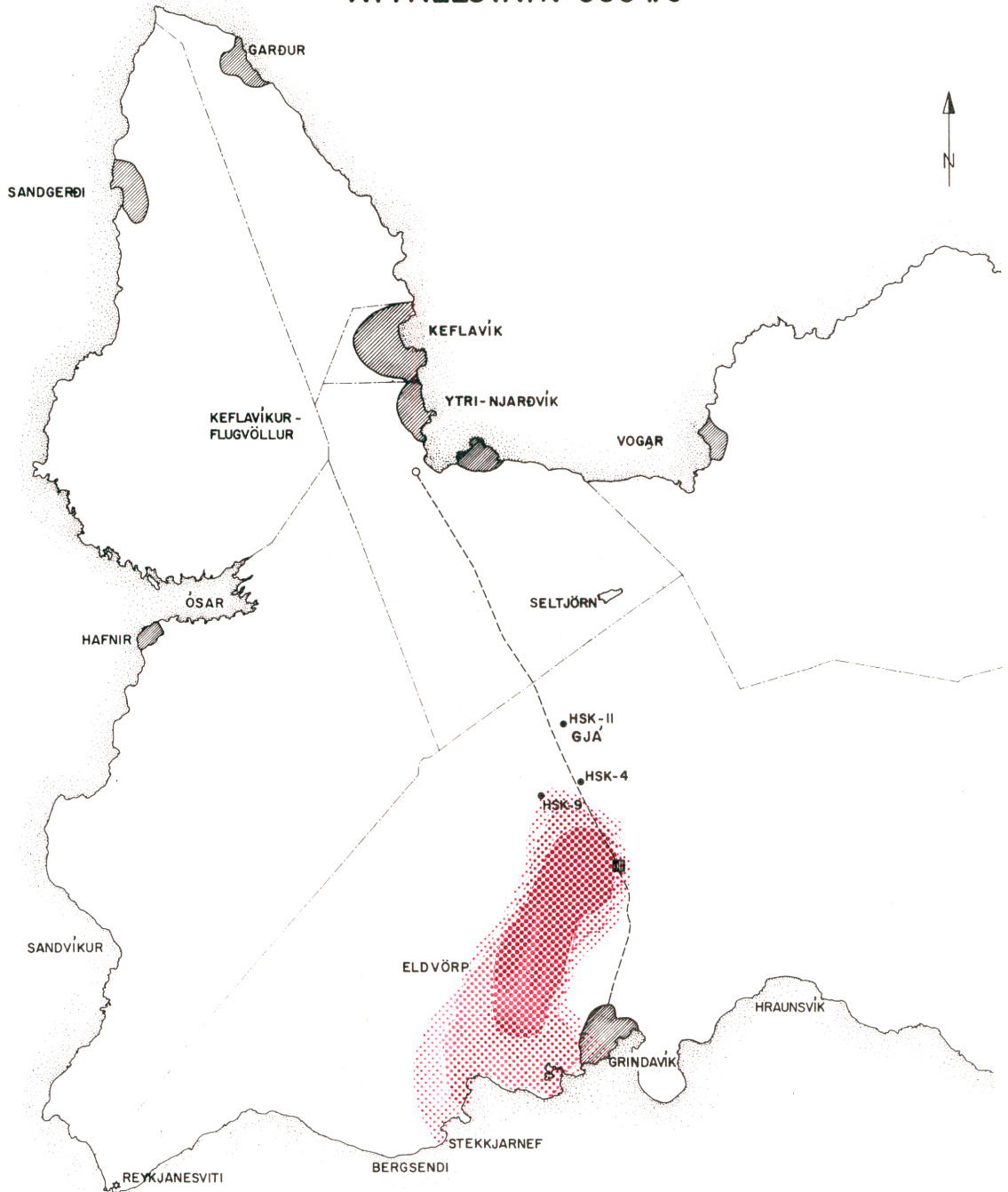
- HREPPAMÖRK
- AÐVEITUÆÐ
- ▣ SVARTSENGI
- DELUSTÖÐ



- 50-200 mg/l
- 200-1000 mg/l
- > 1000 mg/l

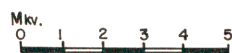
SVARTSENGI

REIKNUÐ BREYTING Á STYRK KLÓRÍÐS Í GRUNNVATNI
 VIÐ 600 l/s VINNSLU ÚR LÁGASVÆÐI,
 AFFALLSVATN 600 l/s



SKÝRINGAR:

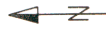
- HREPPAMÖRK
- AÐVEITUÆÐ
- ▨ SVARTSENGI
- DÆLUSTÖÐ



- 50 - 200 mg/l
- 200 - 1000 mg/l
- > 1000 mg/l

SVARTSENGI

STYRKUR KLÓRÍÐS Í GRUNNVATNI
A LÁGASVÆÐI ÁRÍÐ 1985



30 mg/l

50 mg/l

70 mg/l

100 mg/l

200 mg/l

> 200 mg/l

HSK-10

HSK-11

HSK-2

HSK-4

HSK-9

SVARTSENGI



SVARTSENGI

REIKNADUR STYRKUR KLÓRÍÐS Í GRUNNVATNI
VIÐ 1800 I/S VINNLU ÚR LÁGASVÆÐI OG AFFALLSVATNI 160 I/S



30

50

70

80

90

100

120

140

HSK-11

6

2

4

HSK-10

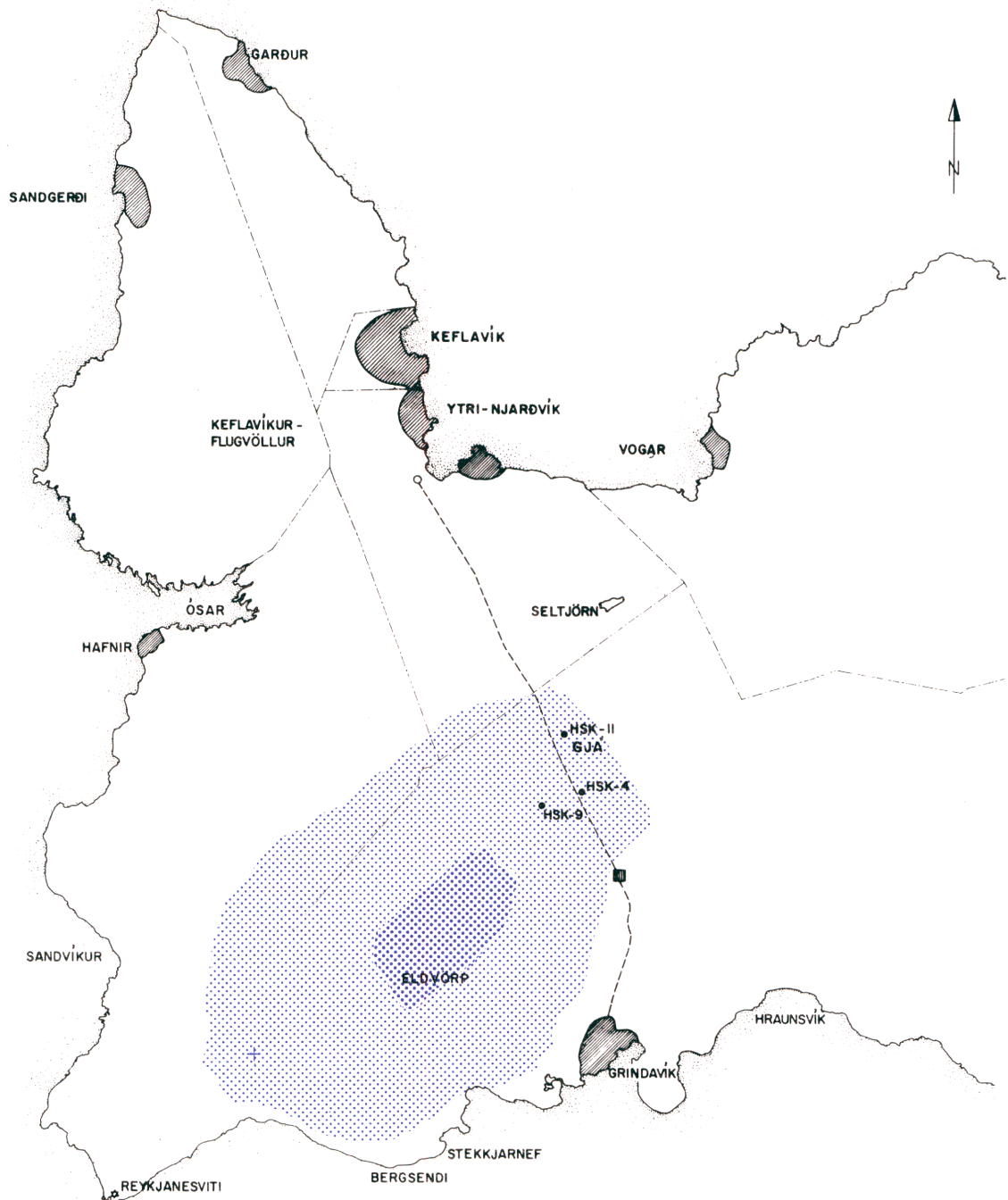
HSK-9

SVARTSENGI



SVARTSENGI

VATNSBORÐSLEKKUN VIÐ 10001/s VINNSLU ÚR ELDVARPASVÆÐI



SKÝRINGAR :

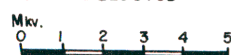
- HREPPANÖRK
- AÐVEITUÆÐ
- ▨ SVARTSENGI
- DÆLUSTÖÐ



0.05 - 0.25 m



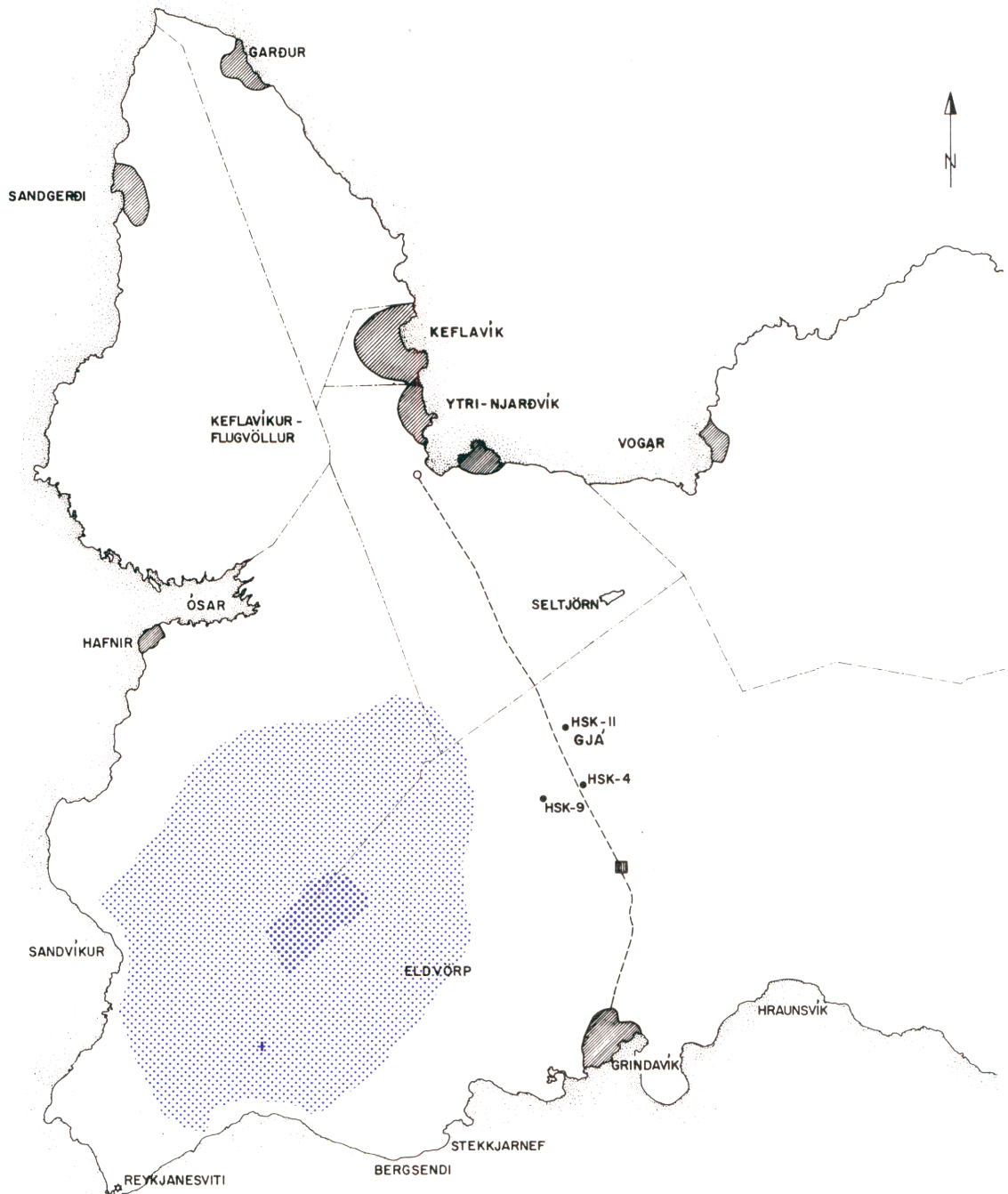
> 0.25 m



MYND 16



SVARTSENGI

VATNSBORÐSLÆKKUN VIÐ 1000 l/s VINNSLU VESTAN SANDFELLS



SKÝRINGAR:

- HREPPAMÖRK
- ADVEITUÆÐ
- ▣ SVARTSENGI
- DÆLUSTÖÐ

-  0.05 - 0.25 m
-  > 0.25 m

