



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

NÁMAFJALL

TEM-viðnámsmælingar 1992

Samvinnuverk Landsvirkjunar og Orkustofnunar

Ragna Karlsdóttir

OS-93022/JHD-12 B

Ágúst 1993



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr.720 104
/os/pi/jhd.os/raforka/namafj.t

NÁMAFJALL

TEM-viðnámsmælingar 1992

Samvinnuverk Landsvirkjunar og Orkustofnunar

Ragna Karlsdóttir

OS-93022/JHD-12 B

Ágúst 1993

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. VIÐNÁMSMÆLINGAR	3
3. FRAMKVÆMD MÆLINGA	4
4. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	5
4.1 Lína 1	5
4.2 Lína 2	5
4.3 Lína 3	5
4.4 Lína 4	6
4.5 Lína 5	6
4.6 Lína 6	6
5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	14
6. HEIMILDIR	22
VIÐAUKI: Frumgögn mælinga og túlkun þeirra	23

MYNDASKRÁ

Mynd 1: Staðsetning mælinga á Námafjallssvæði	7
Mynd 2: Lína 1, Viðnámssnið	8
Mynd 3: Lína 2, Viðnámssnið	9
Mynd 4: Lína 3, Viðnámssnið	10
Mynd 5: Lína 4, Viðnámssnið	11
Mynd 6: Lína 5, Viðnámssnið	12
Mynd 7: Lína 6, Viðnámssnið	13
Mynd 8: Viðnám í 200 m hæð yfir sjávarmáli	16
Mynd 9: Viðnám á 200 m dýpi undir sjávarmáli	17
Mynd 10: Viðnám á 500 m dýpi undir sjávarmáli	18
Mynd 11: Viðnám í lágviðnámslagi	19
Mynd 12: Hæð á háviðnámsfleti	20
Mynd 13: Viðnám, ummyndun og berghiti í Bjarnarflagi	21

1. INNGANGUR

Sumarið 1992 vor mældar 17 TEM viðnámsmælingar á Námafjallssvæðinu. Rannsókn þessi er hluti verkefnis er nefnist: Rannsókn á háhita vegna raforkuvinnslu. Tilgangur mælinganna er að kanna viðnámsdreifingu á svæðinu og leggja þannig mat á stærð háhitasvæðisins. Til eru eldri viðnámsmælingar (Schlumbergermælingar) frá svæðinu og voru þær hafðar til hliðsjónar.

2. VIÐNÁMSMÆLINGAR

Hér á landi hefur fengist löng reynsla af notkun viðnámsmælinga við jarðhitaleit. Vatnsmettað berg hefur lægra viðnám en þurrt berg. Helstu þættir sem ráða viðnámi vatnsmettaðs bergs eru:

- Vatnsmagn, þ.e. poruhluti bergsins.
- Eðlisviðnám vatnsins eða hæfni þess til að leiða rafstraum. Þannig hefur jarðhitavatn lægra viðnám en grunnvatn þar sem það inniheldur meira magn uppleystra efna og leiðir því rafstraum betur.
- Hitastig vatnsins og lækkar viðnám með hækkandi hita.
- Ummyndun bergsins.

Skilningur á sambandi eðlisviðnáms og innri eðlisþátta háhitakerfa jókst verulega við rannsóknir á Nesjavöllum. Þar voru niðurstöður umfangsmikilla viðnámsmælinga bornar saman við gögn úr borholum (Knútur Árnason o.fl. 1986, 1987, 1987a). Sá samanburður leiddi í ljós góða fylgni milli ummyndunar og hitastigs annars vegar og eðlisviðnáms hins vegar.

Þar sem jafnvægi er á milli ummyndunar og berghita kemur fram ákveðin beltaskipting í ríkjandi ummyndunarsteindum (Hrefna Kristmannsdóttir 1979) Þar sem hitastig er frá 50-100 °C upp í 200 °C eru smektít og zeolítar ráðandi ummyndunarsteindir. Frá 200 °C upp í 230 °C hverfa zeolítar og smektít þróað yfir í blandlagssteindir. Við hitastig um og yfir 230 °C hafa blandlagssteindir þróað yfir í klórít, og epidót verður algeng ummyndunarsteind um eða yfir 250 °C hita.

Reynslan hefur kennt okkur hvernig viðnámsbyggingu má búast við á háhitasvæðum. Háhitasvæðið sjálft sker sig vel úr umhverfinu með mjög lágu viðnámi eða undir 10 Ωm. Undir þessu lága viðnámi er "kjarni" með háu viðnámi þannig að lágviðnámið liggur eins og kápa utan um. Utan um lágviðnámskápuna liggur svo fívið hærri viðnám eða 10 - 20 Ωm en þar fyrir utan tekur svo við svæðisviðnám ótruflað af jarðhita.

Við samanburð viðnáms og ummyndunar á Nesjavöllum sást að viðnám í lágviðnámskápu svarar til smektít-zeolítabeltisins en háviðnám neðan lágviðnámskápunnar svarar til klórít-epidótbeltisins.

TEM-viðnámsmælingar hafa rutt sér til rúms á síðustu árum. TEM-mæliaðferðin (Transient Electro Magnetic) með straumlykkju sem uppsprettu var fyrst reynd hér á landi á Nesjavöllum 1986 (Knútur Árnason o fl., 1987) og hefur tekið við af jafnstraumsmælingum (Schlumbergermælingum) sem beitt var fyrir þann tíma. Schlumbergermælingarnar eru nákvæmari í efstu tugum metra undir yfirborði en þær eru mjög viðkvæmar fyrir viðnámsbreytingum í yfirborði þannig að mæliniðurstöður eru bæði háðar viðnámsbreytingum í lárétta stefnu og með dýpi.

Þetta getur kostað tímafreka líkanreikninga í tvívíðri túlkun Schlumbergermælinganna auk þess sem gagnasöfnun er tímafrek þar sem 4-6 menn þarf til að framkvæma Schlumbergermælingu. TEM-mælingar eru talsvert ódýrari í framkvæmd þar sem gagnasöfnun er umfangsminni og einungis þarf tvo menn að framkvæma mælingarnar. TEM-mælingarnar skyggjast betur beint niður og gerir það úrvinnslu og túlkun þeirra umfangsminni vegna þess að einvíð túlkun TEM-mælinga, þar sem viðnám breytist einungis með dýpi, gefur svipaða upplausn og tvívíð túlkun Schlumbergermælinga. Báðar mæliaðferðir hafa sambærilega dýptarskynjun. Á síðustu árum hefur það aukist að mæla að vetri til þegar jörð er þakin snjó. Er mikill kostur að geta farið yfir snævi þakin svæði sem oft eru erfið eða nánast ófær yfirferðar á sumrum. Til mælinganna eru notaðir snjósleðar eða bílar búnir til aksturs á snjó.

3. FRAMKVÆMD MÆLINGA

Mælingar fóru fram dagana 18.- 26. ágúst 1992. Notuð var 300 metra straumlykkja í öllum mælingunum. Mælingarnar voru settar út í neti með h.u.b. 1 km fjarlægð á milli mælinga, sem getur þó hnikast eitthvað til eftir aðstæðum á mælistað. Staðsetning TEM-mælinganna svo og þeirra Schlumbergermælinga, sem skoðaðar voru, er sýnd á 1. mynd og hnit þeirra gefin í töflu 1 og töflu 2.

Tafla 1. Staðsetning Schlumberger-mælinga í Námafjalli. Hnitakerfi: Landsnet

Mæling	X-hnit	Y-hnit	Hæð yfir sjó m
KR-17	445.850	573.850	480
KR-28	446.820	572.790	430
KR-31	446.760	574.150	400
KR-33	445.550	574.930	480
KR-79	444.180	574.650	360
KR-80	444.490	573.370	380
KR-81	449.160	572.940	350
KR-82	447.770	571.010	305
KR-83	447.020	572.630	360
KR-84	445.170	572.070	355
KR-85	444.780	572.730	350
KR-86	445.590	572.180	430
KR-87	445.130	571.540	365
KR-88	444.760	571.960	360
KR-89	444.390	571.850	355
KR-90	446.120	573.200	500
KR-91	446.390	572.220	370
KR-92	446.840	571.460	335
KR-93	443.580	571.580	345
KR-94	443.590	570.540	350
KR-95	445.200	570.680	365
KR-96	443.000	571.430	340
KR-97	448.290	571.850	310
KR-98	449.260	571.900	295

Tafla 2. Staðsetning Tem-mælinga í Námafjalli. Hnitakerfi: Landsnet.

Mæling	X-hnit	Y-hnit	Hæð yfir sjó m
NF-01	448.330	571.350	310
NF-02	447.480	571.460	335
NF-03	446.710	571.250	335
NF-04	445.790	571.350	470
NF-05	445.060	571.370	365
NF-06	444.190	571.430	360
NF-07	447.560	570.370	320
NF-08	446.840	570.320	335
NF-09	445.090	570.120	360
NF-10	445.090	570.370	355
NF-13	446.520	572.470	370
NF-14	445.780	572.250	450
NF-15	444.850	572.170	355
NF-16	444.180	572.070	350
NF-17	447.320	573.420	390
NF-19	445.700	573.210	460
NF-20	444.860	572.880	355
KR-17	445.850	573.850	480

4. NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

Viðnámsdreifing á Námafjallssvæði fellur vel að þeirri lýsingu á uppbyggingu háhitasvæða, sem er hér á undan. Til skýringar eru teiknuð fjögur A-V snið (línur 1-4 á myndum 2-5) og tvö N-S snið (línur 5 og 6 á myndum 6 og 7). Lega sniðanna er sýnd á staðsetningarkorti á mynd 1.

4.1 Lína 1

Lína 1 liggur A-V syðst á mælisvæðinu (mynd 2). Efst er yfirborðslag með háu viðnámi eða yfir 1000 Ω m. Undir því er 300-400 m þykkt lag með fremur háu 200-600 Ω m viðnámi en þar fyrir neðan tekur við svæðisviðnám, sem er þarna 30-50 Ω m. Neðst í sniðinu sést í lágt viðnám, greinileg áhrif frá jarðhitnum þó sniðið nái ekki að skera sjálft háhitasvæðið.

4.2 Lína 2

Lína 2 liggur A-V yfir Námafjall og Bjarnarflag um 100 m sunnan við Holu 12 (mynd 3). Sniðið sker háhitasvæðið þar sem lágviðnámskápán nær upp undir yfirborð (mæling NF-4) og hæsti toppurinn (360 m y.s.) er á háviðnámskjarnanum undir lágviðnámskápunni. Athyglisvert er að annar toppur lægri (-420 m y.s) er á háviðnámskjarnanum nokkru vestar eða í mælingu NF-2, sem er um 300 m vestan við Jarðbaðshóla.

Lágviðnámskápa liggur utan um háviðnámskjarnann. Hún nær upp undir yfirborð í NF-4 uppi á Námafjallinu en dýpkar mjög hratt á hana til vesturs og þó sérstaklega til austurs. Lágt viðnám er efst í KR-87 (Schlumbergermæling) syðst í Hverarönd en TEM-mælingin NF-5 sér það ekki en 200 metrar eru á milli mælinganna. Bæði er, að TEM-mælingar sjá ekki viðnámsbreytingar í efstu tugum metra í mælingu og Schlumberger-mælingar eru mjög viðkvæmar fyrir viðnámsbreytingum í yfirborði. Sjáanleg ummyndun er á stóru svæði í Hverarönd og því eðlilegt að trúa KR-87. Fyrir neðan lágviðnámið í yfirborðinu hækkar viðnámið áður en mælingin nær niður í lágviðnámskápuna á tæplega 200 m dýpi. Lágt viðnám er á 150-200 m dýpi í KR-92 í Bjarnarflagi en efri mörk lágviðnámskápunnar eru þar á 350-400 m dýpi.

Undir Bjarnarflagi er 150-200 m þykkt háviðnámslag utan á lágviðnámskápunni og undir Hverarönd er 150 m þykkt háviðnám utan á 10-20 Ω m laginu. Hvort þetta eru stakar blokkir eða þær tengjast háviðnáminu sem er ofarlega í línu 1 er ekki ljóst.

Utan á lágviðnámskápunni liggur svo 10-20 Ω m viðnámskápa en þar fyrir utan tekur við viðnám sem er ótruflað af jarðhita.

4.3 Lína 3

Lína 3 liggur A-V yfir Námafjallið og sker Hverarönd 100 m sunnan við þjóðveginn og Bjarnarflag um 100 m norðan við holu 9 (mynd 4).

Lágviðnámskápán nær upp undir yfirborð í mælingu NF-14 sem er uppi á Námafjalli. Þar er hún um 300 m þykk ofan á háviðnámskjarnanum sem nær í 75 m y.s. Háviðnámskjarninn virðist ná um 50 m hærra í mælingu KR-84 en hér er um Schlumbergermælingu að ræða og taka verður þessa dýptarákvörðun með varúð. Eins og í línu 2 sést þunnt lágviðnámslag í Schlumbergermælingum í yfirborði bæði í Bjarnarflagi og Hverarönd. Dýpi á lágviðnámskápuna vex hratt vestan Bjarnarflags og austan Hverarandar. Utan á lágviðnámskápunni er svo 10-20 Ω m viðnámslag og þar fyrir utan viðnám ótruflað af jarðhita.

4.4 Lína 4

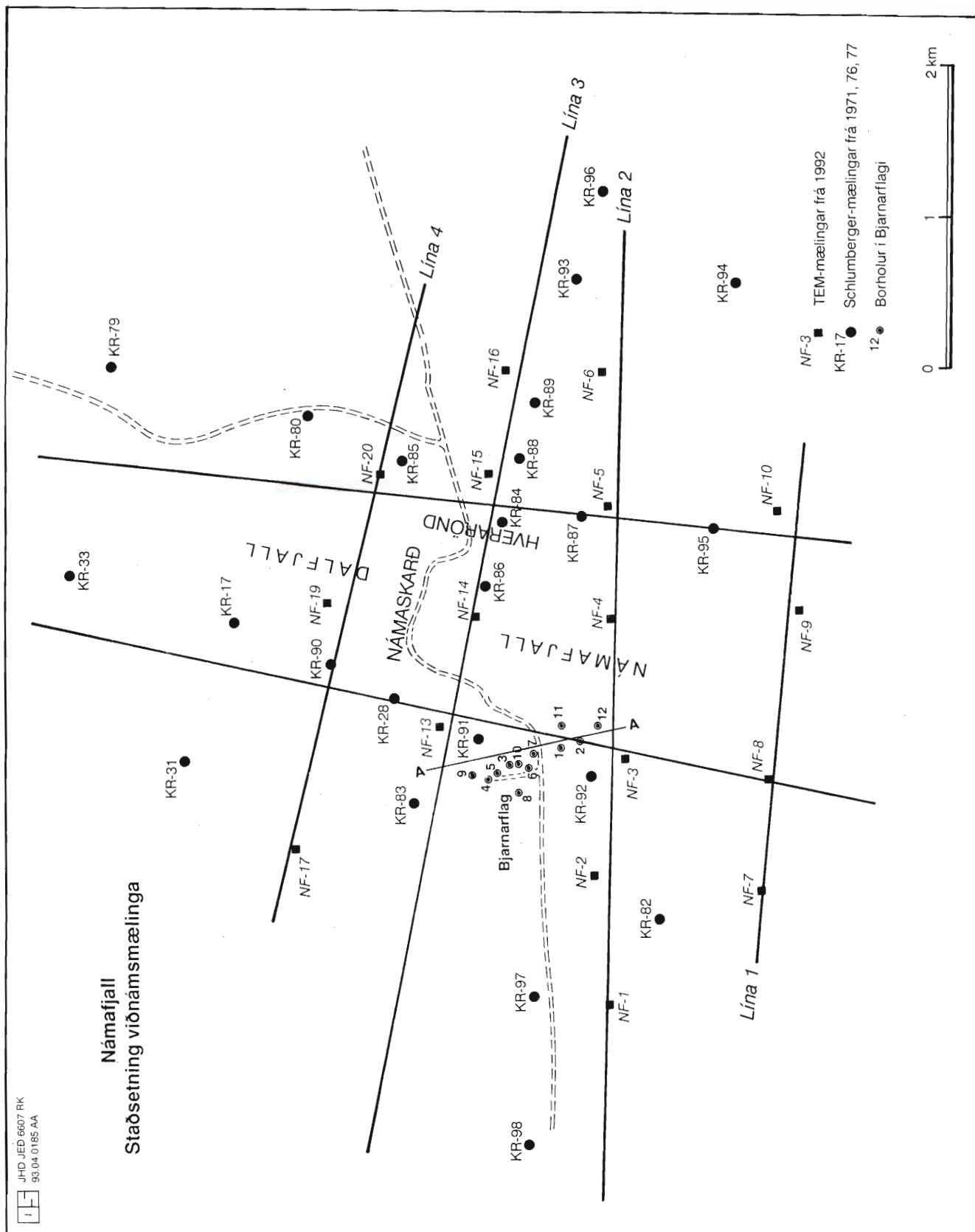
Lína 4 liggur A-V yfir Dalfjallið um 400 m norðan Námaskarðs (mynd 5). Efst á Dalfjallinu er lágviðnámskápan á um 200 m dýpi og er um 100 m þykk. Háviðnámskjarninn undir lágviðnámskápunni er í 80 m y.s. í NF-19 á Dalfjalli. Dýpi á lágviðnámskápuna og háviðnámskjarnann vex hratt til austurs en í NF-17, einu mælingunni sem er vestan við Dalfjallið, sést háviðnámið en ekki lágviðnámskápan. Efstu mæligildi í NF-17 voru ónýtt og verður mælingin því að teljast vafasöm.

4.5 Lína 5

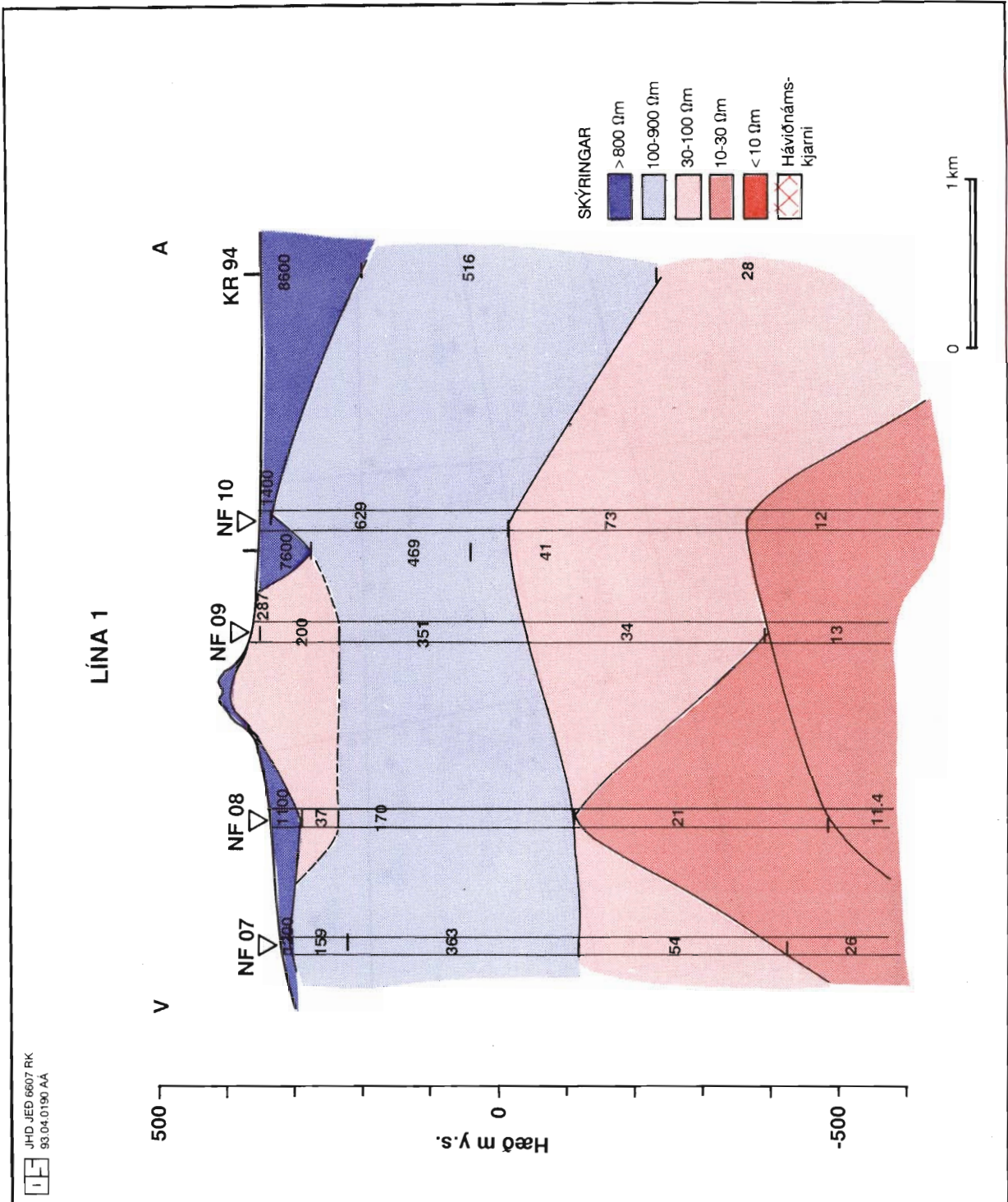
Lína 5 liggur N-S um Bjarnarflag (mynd 6). Lágviðnámskápan er allþykk í Bjarnarflagi eða 300 m í NF-13 og allt að 600 m í NF-3. Lágviðnámskápan rís hæst í KR-90 sem er Schlumbergermæling uppi á Dalfjalli og háviðnámskjarninn nær þar hæst í 175 m y.s. TEM-mæling (NF-19) um 500 m austan við KR-90 gefur nánast sömu niðurstöður en þar er háviðnámskjarninn þó um 100 m neðar. Samkvæmt Schlumbergermælingunum KR-17 og KR-33 steypir lágviðnámskápan sér niður til norðurs svo og háviðnámskjarninn en engar TEM-mælingar eru á þessu svæði því til stuðnings eins og æskilegt væri.

4.6 Lína 6

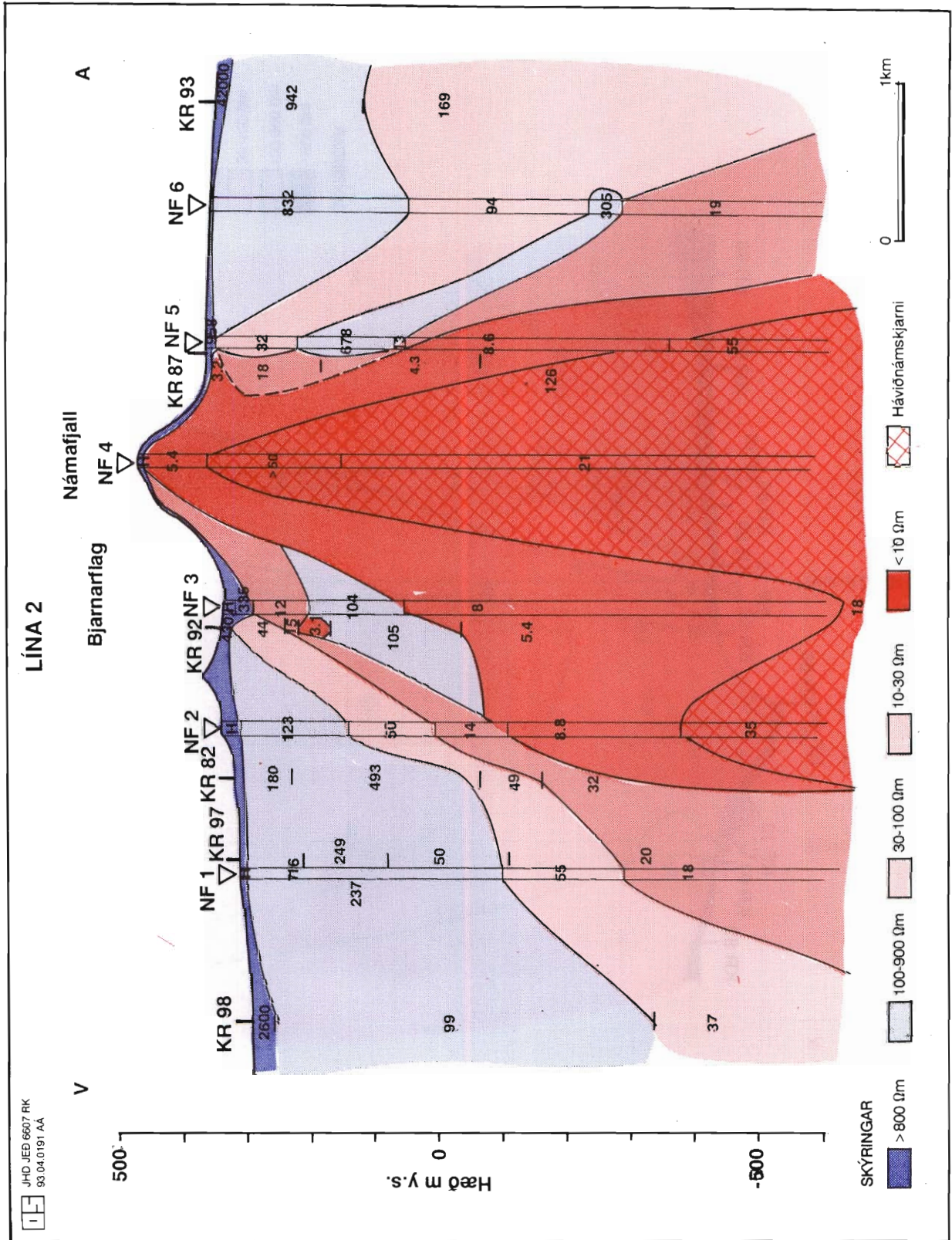
Lína 6 liggur N-S um Hverarönd (mynd 7). Lágviðnámskápan er yfirleitt um 200 m þykk og rís hæst í KR-84 um 100 m sunnan við þjóðveginn í Hverarönd. Þar er háviðnámskjarninn á um 250 m dýpi eða í 125 m y.s. Í Hverarönd sést einnig mjög lágt viðnám í yfirborði sem ekki kemur að óvart þar sem mikil ummyndun er þar.



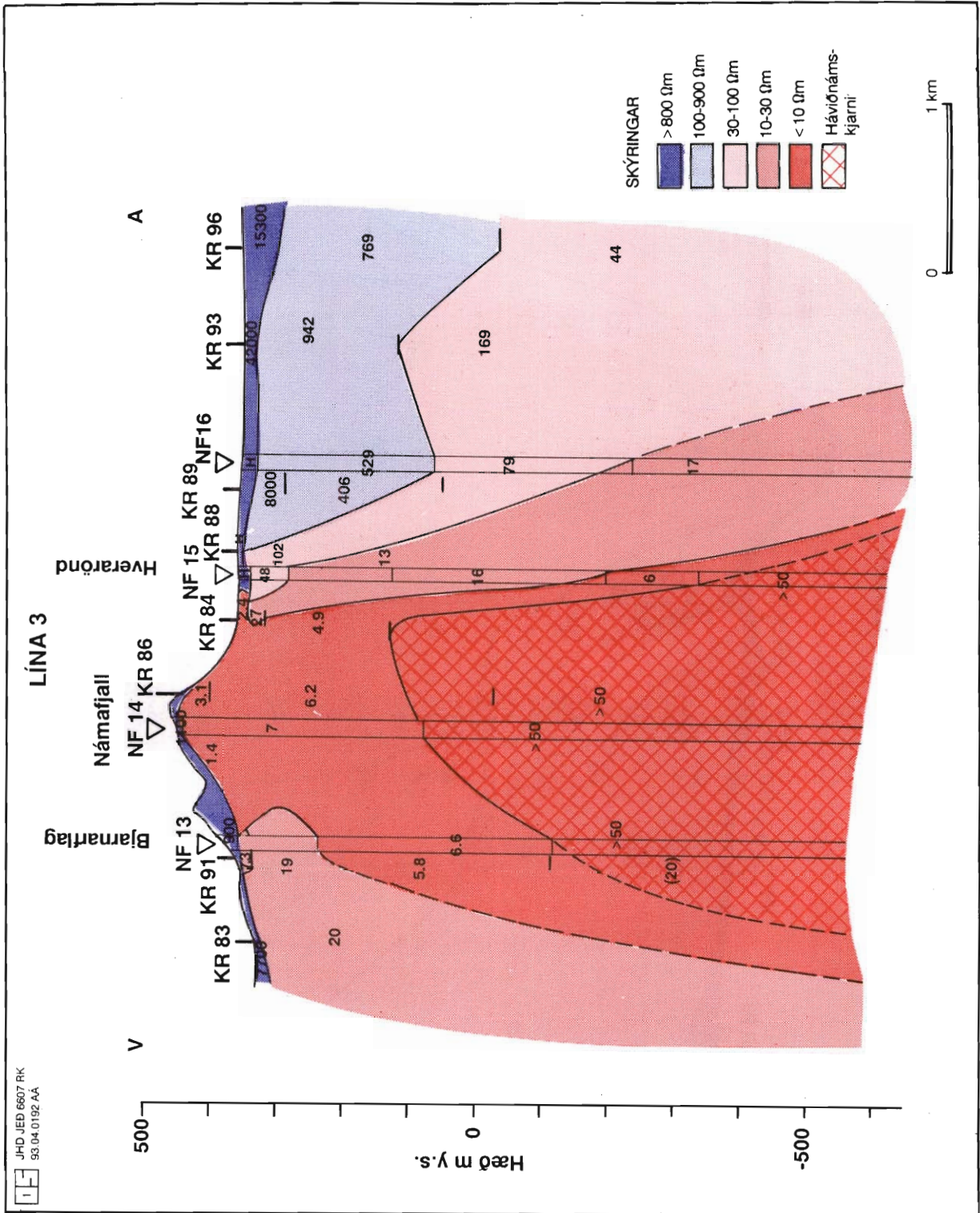
Mynd 1: Staðsetning mælinga á Námafjallssvæði.



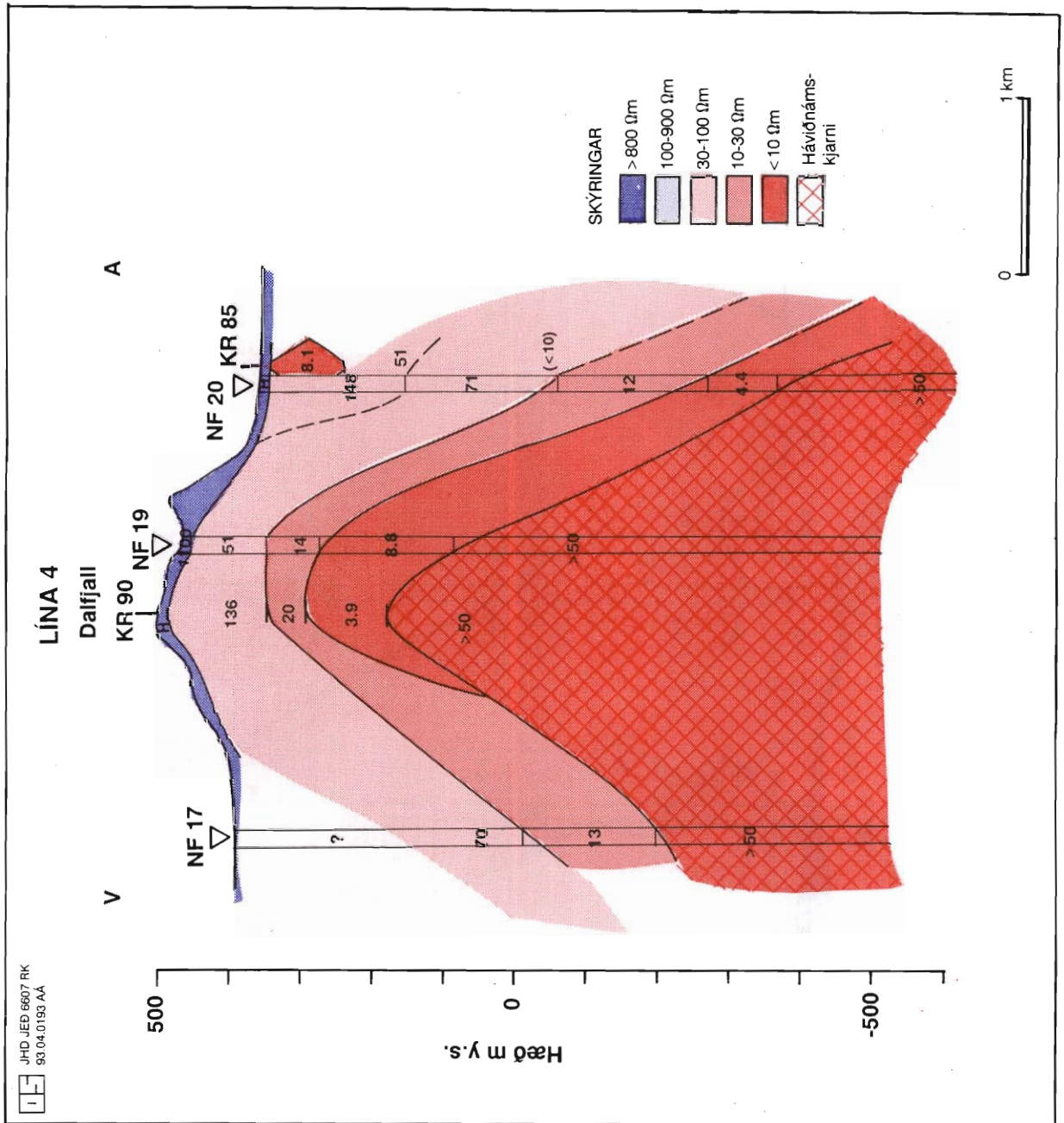
Mynd 2: Lína 1, Viðnámsnið.



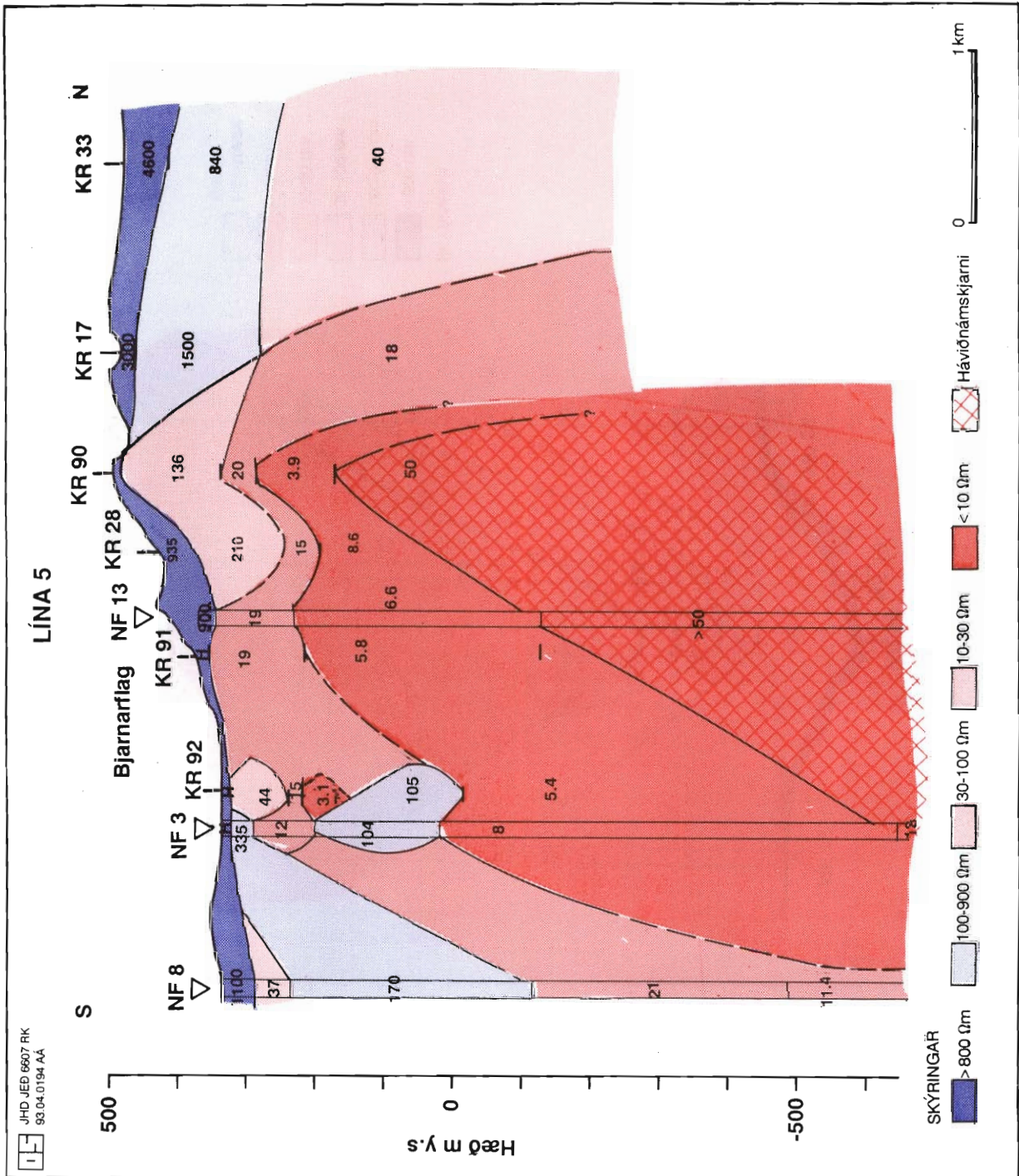
Mynd 3: Lína 2, Viðnámsnið.



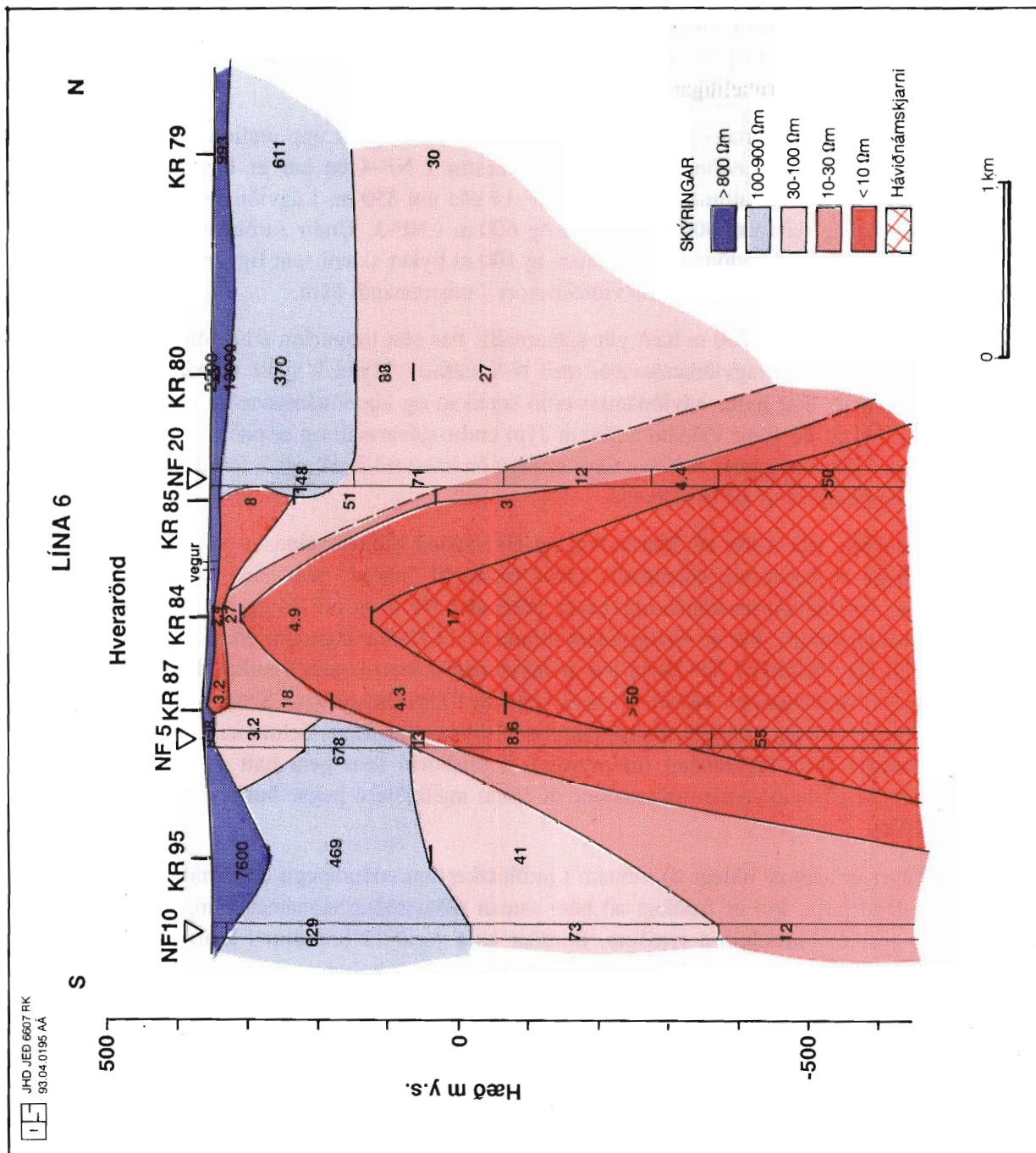
Mynd 4: Lína 3, Viðnámsnið.



Mynd 5: Lína 4, Viðnámsnið.



Mynd 6: Lína 5, Viðnámssnið.



Mynd 7: Lína 6, Viðnámsnið.

5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Ef litið er á Námafjallssvæðið í heild myndar háviðnámskjarninn hrygg með N-S stefnu með hæsta topp undir Námafjalli í NF-4. Mjög hratt dýpkar á háviðnámið til austurs, suðurs og vesturs þó með miklu lægri topp vestan við aðalhrygginn, undir Jarðbaðshólum. Óljóst er hvernig háviðnámsflöturinn liggur undir borsvæðinu í Bjarnarflagi einkum norðan til. Til norðurs eru engar TEM-mælingar til þess að ákvarða legu háviðnámsflatarins en þær sjá háviðnámsflötinn betur en Schlumbergermælingar á miklu dýpi.

Utan um háviðnámskjarnann liggur lágviðnámskápa. Hún liggur upp undir yfirborð í NF-4 og NF-14 á Námafjalli. Háviðnámsstoppurinn er hæstur í NF-4 en þar er lágviðnámskápan um 100 m á þykkt. Hún er allmiklu þykkari í NF-14 eða um 350 m. Lágviðnámskápan er þykkust undir Bjarnarflagi eða um 300 m í NF-13 og 600 m í NF-3. Undir Jarðbaðshólum er hún um 300 m. Utan þess er lágviðnámskápan eins og 100 m þykkt skæni sem liggur utan á háviðnámskjarnanum. Myndir 8,9 og 10 sýna viðnámskort á mismunandi dýpi.

Mynd 8 sýnir viðnám í 200 m hæð yfir sjávarmáli. Þar sést toppurinn á háviðnámskjarnanum á Námafjalli og aflangt lágviðnámsvæði með N-S stefnu. Mynd 9 sýnir viðnám á 200 m dýpi undir sjávarmáli. Þar hefur háviðnámsvæðið stækkað og lágviðnámsvæðið umlykur nú Jarðbaðshóla. Mynd 10 sýnir viðnám á 500 m dýpi undir sjávarmáli og er það nánast eins djúpt og mælingarnar geta skyggnt. Á þessu dýpi er lágviðnámsvæðið nálægt 7 ferkílómetrum eða það svæði sem afmarkast af 10 Ω m línuni.

Ekki er nokkur vafi á því að Bjarnarflag og Hverarönd tilheyra einu og sama jarðhitakerfinu sem réttilega er kennt við Námafjall. Líkur benda til "miðja" svæðisins sé undir Námafjalli sjálfu, þar nær lágviðnámskápan upp undir yfirborð í NF-4 og NF-14 og þar er hæsti toppur á háviðnámskjarnanum. Þar er einnig lægst viðnám í TEM-mælingunum eða 5,4 Ω m (NF-4), ef frá er talið lágviðnámið í NF-20 en þar er lágviðnámskápan komin á mikið dýpi og viðnámsá-vörðunin því ónákvæmari. Mynd 11 sýnir viðnám í lágviðnámslagi. Schlumbergermælingarnar gefa oft lægra viðnám í lágviðnámskápunni en TEM-mælingarnar. Schlumbergermælingarnar eru miklu næmari fyrir lágviðnámi (ummyndun) í yfirborði sem geta haft áhrif á niðurstöður. Einnig er rétt að bera saman niðurstöður úr sömu mæliaðferð þegar borið er saman viðnám á öllu svæðinu.

Eins og fyrr er sagt er líklegt að viðnám í jarðhitakerfinu endurspegli ummyndun í kerfinu svo og hitaástand þess. Því er fróðlegt að bera saman niðurstöður viðnámsmælinganna og upplýsingar fengnar úr borholum á svæðinu. Boraðar hafa verið 12 borholur í Bjarnarflagi. Ekki er hægt að viðnámsmæla á borholusvæðinu vegna truflana frá holum og leiðslum.

Nýlokið er við mat á hitaástandi í Bjarnarflagi (Ómar Sigurðsson, 1993) en þar er reynt að ákvarða hita í jarðhitakerfinu í Bjarnarflagi fyrir eldsumbrotin 1977. Skoðun á ummyndun úr sex holum í Bjarnarflagi fór fram nýlega (holu 2,6,9,10,11 og 12), og er skýrsla með niðurstöðum í prentun. (Ásgrímur Guðmundsson, 1993). Hér á eftir verður reynt að bera saman niðurstöður þessara athugana við viðnámsmælingarnar.

- Holurnar syðst í Bjarnarflagi (1,2,11 og 12) eru allar í innan við 500 m fjarlægð frá mælingunum NF-3 og KR-92. Ef borið er saman viðnámsniðið í línu 3 má ætla að hola 1 nái ofan í lágviðnámskápuna en ekki ofan í háviðnámskjarnann.

Hola 1 er 342 m djúp en þegar hún var 265 m mældist botnhiti í henni 217-218°C (Ómar Sigurðsson, 1993).

- Hola 2 er 492 m djúp og er í um 200 m fjarlægð frá KR-92. Samkvæmt viðnámsniðinu nær holan ofan í lágviðnámskápuna á 340-350 m dýpi en ekki ofan í háviðnámskjarnann.

Í KR-92 er lágviðnámsvasi á 125-175 m dýpi en á 150 m dýpi í holunni er hitahámark. Á 450 m dýpi hefur mældur hiti verið 246°C hiti (Ómar Sigurðsson, 1993). Ummyndunarhiti er 200°C á 340-350 metra dýpi (Ásgrímur Guðmundsson, 1993).

- Giskað er á Hola 11 fari ofan í lágviðnámskápuna á 300-350 m dýpi og í háviðnámskjarnann á um 900 m dýpi.

Hola 11 er 1923 m djúp. Hitahámark er á 170 m dýpi en annars er hiti innan við 100°C niður á 400 m en hækkar hratt úr því og er yfir 220°C á 600 m dýpi. Hiti nálgast svo suðuferil á rúmlega 900 m dýpi (Ómar Sigurðsson, 1993). Ummyndunarhiti 200°C á 350 m dýpi í holu 11 og 250°C á 860 m dýpi. (Ásgrímur Guðmundsson, 1993)

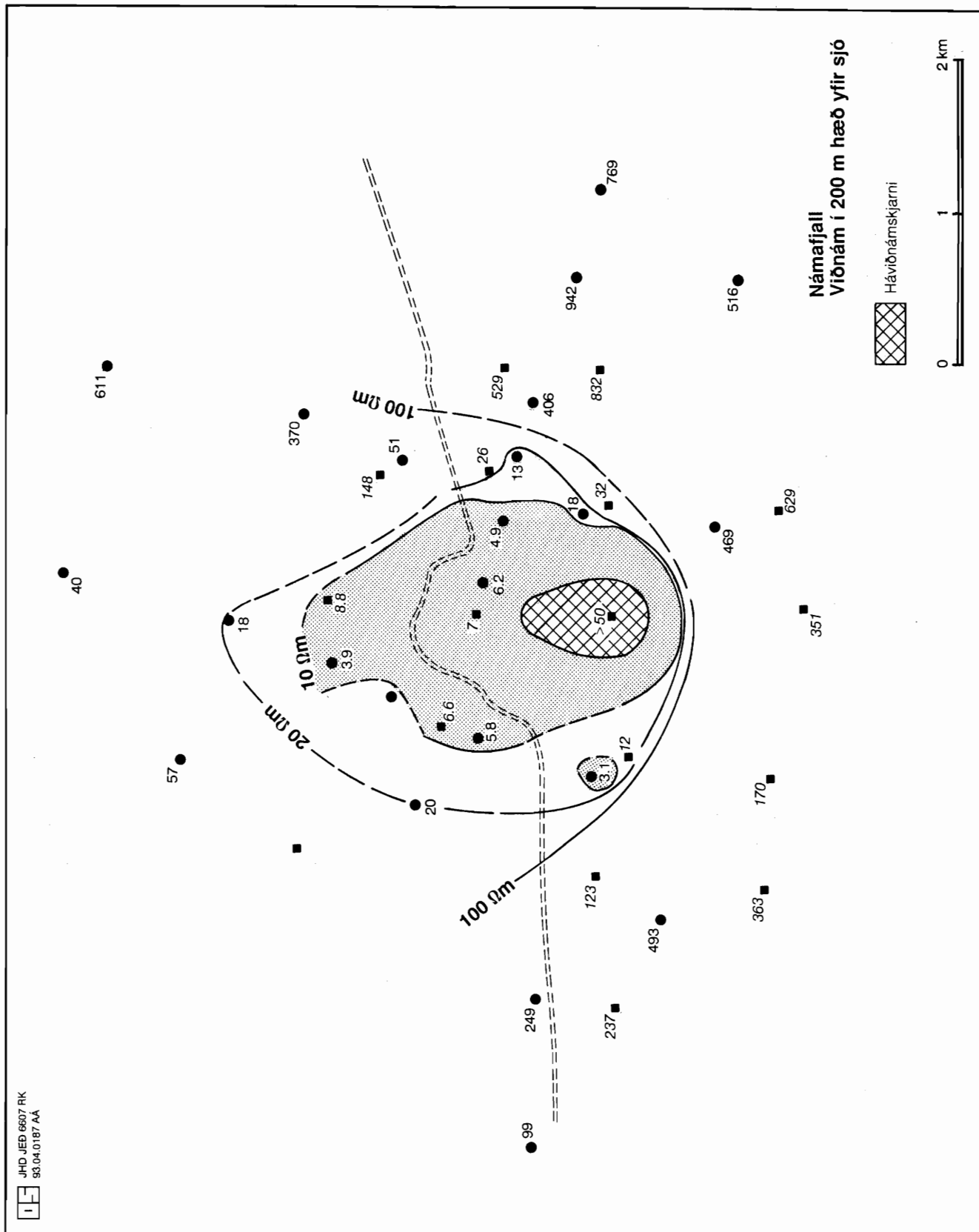
- Giskað er á Hola 12 fari ofan í lágviðnámskápuna á 300-350 m dýpi og í háviðnámskjarnann á um 900 m dýpi.

Hola 12 er 1955 m djúp. Borholumælingar benda til að hiti sé innan við 100°C niður á 550 m dýpi. Hiti vex síðan hratt með dýpi og er orðinn um eða yfir 200°C á 700 m dýpi og nálgast svo suðuferil á 900-1000 m dýpi (Ómar Sigurðsson, 1993). Ummyndunarhiti er 200°C á um 520 m dýpi í holu 12 og er 250°C á 850 m dýpi (Ásgrímur Guðmundsson, 1993).

- Hvernig háviðnámsflöturinn liggur undir norðurhluta borholusvæðisins er óljóst því engar TEM-mælingar eru þar eins og áður segir. Háviðnámsflöturinn er að steypast mjög hratt niður til vesturs undir Bjarnaflagi og því erfitt að giska á legu hans út frá þeim fáu mælingum sem hægt er að koma við þar. Dýpi á yfirborð klórít-epidót ummyndunarbeltisins (ummyndunarhiti 250°C) er 850 metrar í holum 6 og 10 og um 700 metrar í holu 9 sem er nyrst á svæðinu (Ásgrímur Guðmundsson, 1993). Í mælingu NF-13 sem er í 400 metra fjarlægð frá holu 9 er dýpi á háviðnámskjarnann um 500 metrar.

Af þessum samanburði sést að góð samsvörun er milli ummyndunar (ummyndunarhita) og viðnáms þar sem hægt er að bera það saman með nokkurri vissu. Í holum 2, 11 og 12 er yfirborð lágviðnámskápunnar á sama dýpi og 200°C ummyndunarhiti og yfirborð háviðnámskjarnans á sama dýpi og 250°C ummyndunarhiti. Mynd 12 sýnir hæð háviðnámsflatarins (m.y.s.) samkvæmt viðnámsmælingunum og hæð yfirborðs klórít-epidótflatarins (ummyndunarhiti 250°C) í borholum. Mynd 13 sýnir snið A-A í Bjarnaflagi (sjá mynd 1). Þar er varpað saman viðnámi frá línu 5, hitasniði byggðu á ummyndun (Ásgrímur Guðmundsson, 1993) og hitasniði sem sýnir berghita (Ómar Sigurðsson, 1993).

Nokkurra TEM-mælinga er þörf til að "loka" svæðinu til norðurs. Ekki er vitað hversu hratt dýpkar á lágviðnámskápuna og háviðnámskjarnann til norðurs. Schlumbergermælingarnar gefa vísbendingu um að svæðið "lokist" af eins og sýnt er á línum 5 og 6 en engar TEM-mælingar eru til því til staðfestingar. Trúlegt er að 6 - 8 mælingar nægðu.

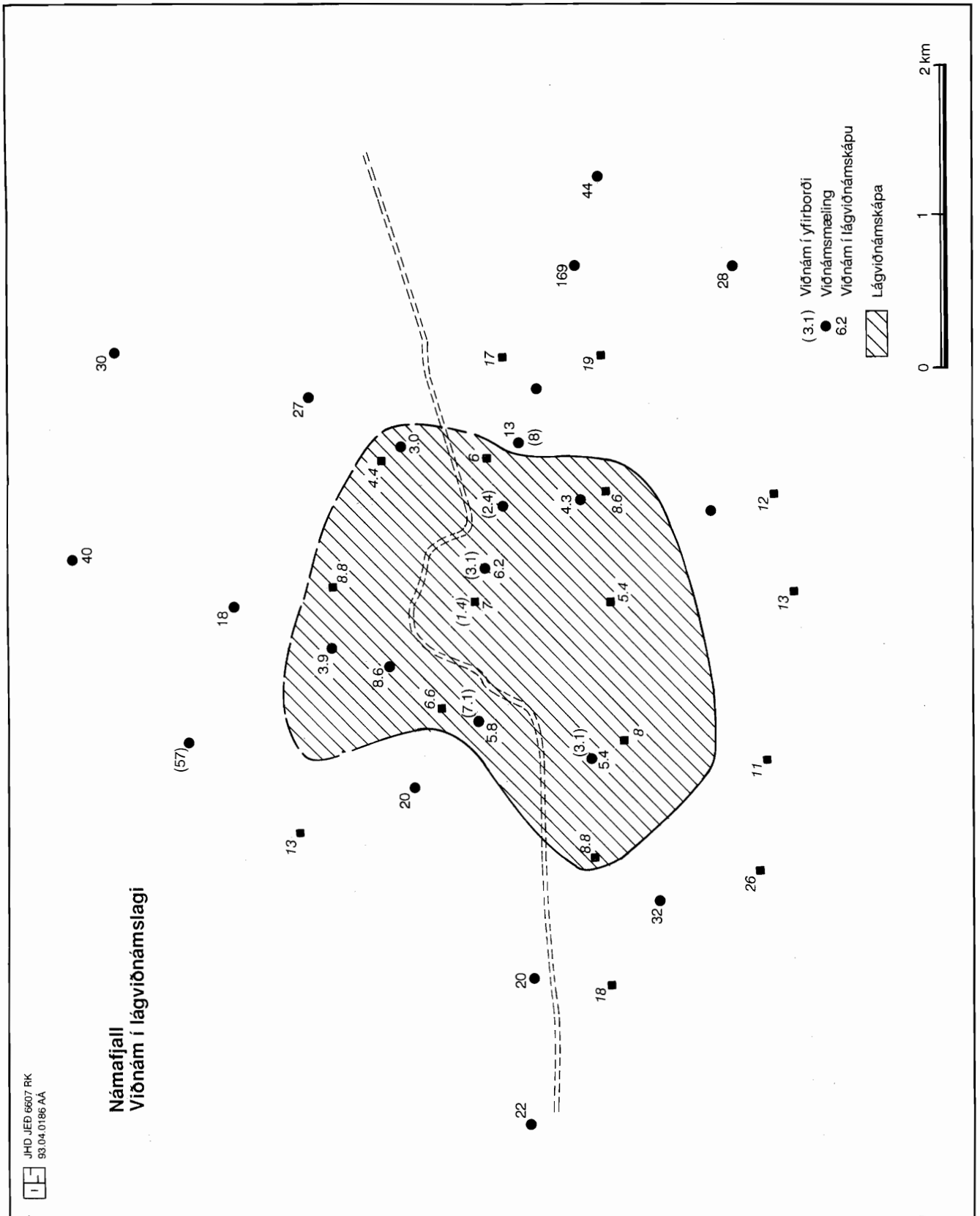


JHD-JED 6607 RK
93.04.0187 AA

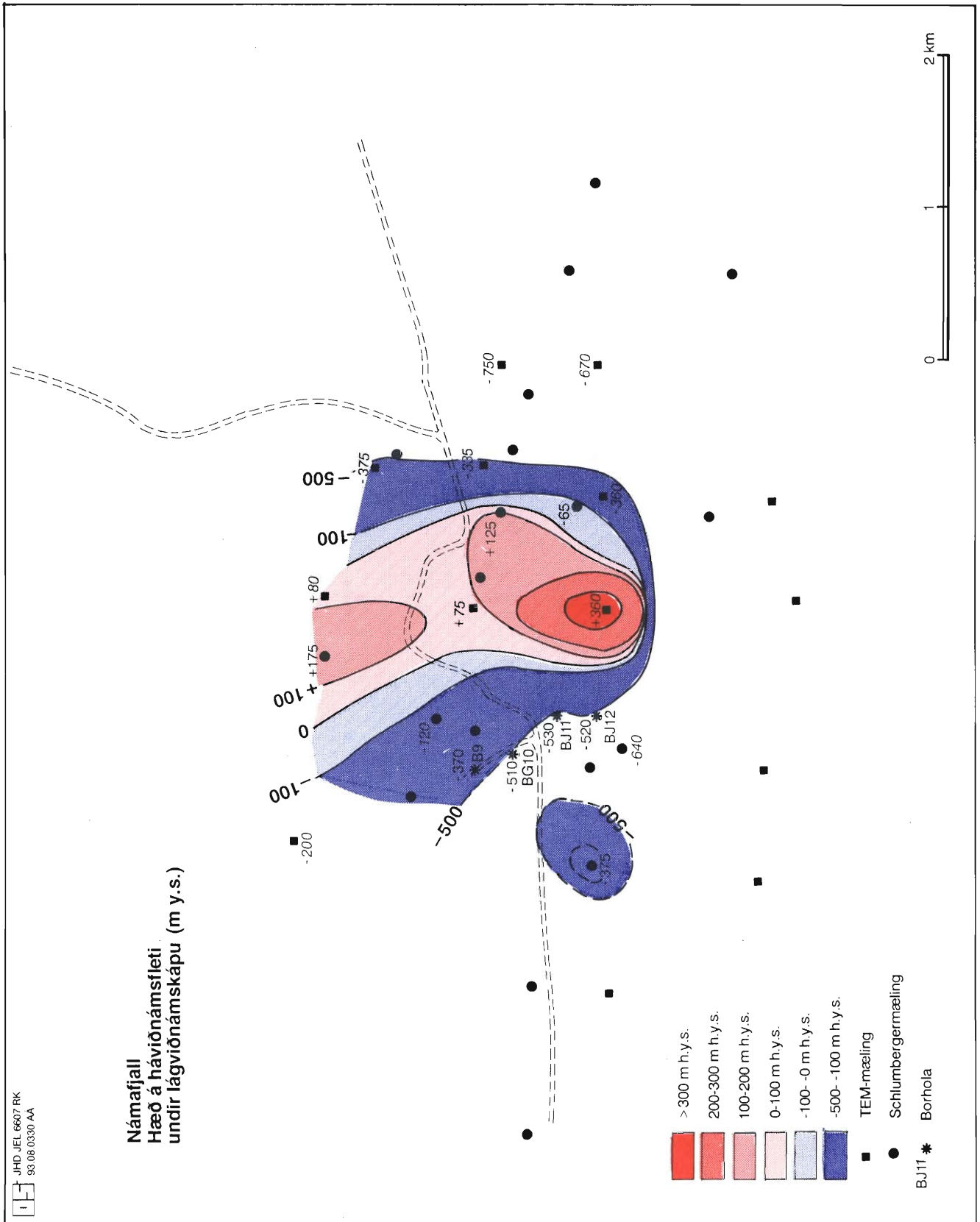
Mynd 8: Viðnám í 200 m hæð yfir sjávarmáli.



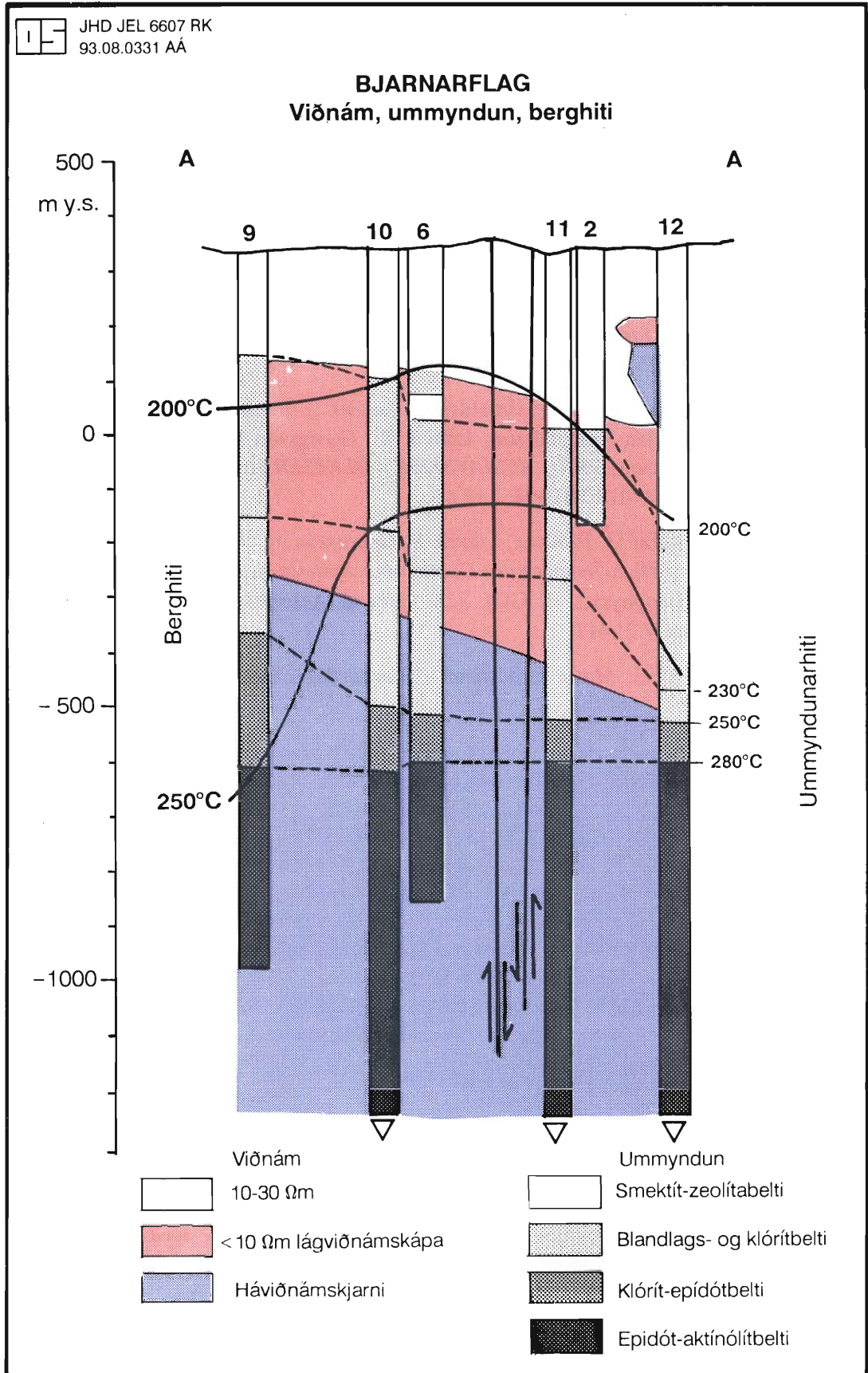
Mynd 9: Viðnám á 200 m dýpi undir sjávarmáli.



Mynd 11: Viðnám í lágviðnámslagi.



Mynd 12: Hæð á háviðnámsfleti.



Mynd 13: Viðnám, ummyndun og berghiti í Bjarnarflagi.

6. HEIMILDIR

- Ásgrímur Guðmundsson, 1993: *Ummyndunarhiti jarðhitakerfisins í Bjarnarflagi*. Orkustofnun (í prentun).
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1979: *Alteration of basaltic rocks by hydrothermal activity at 100-300°C*. International Clay conference 1978. Ritstj. Mortland og Farmer. Elsevier Sci. Publ. Company, Amsterdam: 277-288.
- Knútur Árnason, Guðmundur Ingi Haraldsson, Gunnar V. Johnsen, Gunnar Þorbergsson, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Lúðvík S. Georgsson og Snorri Páll Snorrason, 1986: *NESJAVELLIR. Jarðfræði- og jarðeðlisfræðileg könnun 1985*. Orkustofnun, OS-86017/JHD-02, 125 s.
- Knútur Árnason, Guðmundur Ingi Haraldsson, Gunnar V. Johnsen, Gunnar Þorbergsson, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Lúðvík S. Georgsson Sigurður Th. Rögnvaldsson og Snorri Páll Snorrason, 1987: *NESJAVELLIR - ÖLKELDUHÁLS. Yfirborðsrannsóknir 1986*. Orkustofnun, OS-87018/JHD-02, 112 s.
- Knútur Árnason, Ólafur G. Flóvenz, Lúðvík S. Georgsson og Gylfi Páll Hersir, 1987a: *Resistivity Structure of High-Temperature Geothermal Systems in Iceland*. International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) XIX General Assembly, Vancouver, Kanada, 9.-22, ágúst. Abstracts V.2: 447.
- Ómar Sigurðsson, 1993: *Mat á hitaástandi í Bjarnarflagi*. Orkustofnun, OS-93016/JHD08 B, 45 s.

VIÐAUKI

Frumgögn mælinga og túlkun þeirra

