



Endurkastsmælingar í Kleppsvík og við Gunnunes, 1993

Karl Gunnarsson

Greinargerð KG-94-04

ENDURKASTSMÆLINGAR Í KLEPPSVÍK OG VIÐ GUNNUNES, 1993

1. INNGANGUR

Hér er sagt frá endurkastsmælingum sem gerðar voru fyrir Vegagerðina, 6. september 1993. Samtímis voru gerðar mælingar fyrir Reyjavíkurhöfn í Eiðsvík sunnan Geldinganess, í gömlu Reykjavíkurhöfn og í Sundahöfn. Frá þeim er greint í greinargerð Orkustofnunar, KG-3/94 1994-02-15.

Tilefni þessara mælinga var að Jarðeðlisfræðideild Orkustofnunar vann þá, ásamt Kjartani Thors frá Hafrannsóknastofnun, við setlagamælingar í Hvalfirði á vegum Spalar h.f. Það verkefni varð til þess að þróuð var aðferð til endurkastsmælinga (bergmálmælinga) með skráningu 24 rása, góðri upplausn og tiltölulega sterkum hljóðgjafa. Þessi aðferð er smækkuð útgáfa af mælingum sem notaðar eru við setlagarannsókir fyrir olíuleit, og tekur ein-rása mælingum fram þar sem jarðfræðilegar aðstæður eru erfiðar. Vegagerð ríkisins var boðið að nýta sér tækifærið til að kanna hvort þessi mæliaðferð gæti reynst nothæf við könnun á nýrri leið fyrir Vesturlandsveg. Valin voru tvö svæði þar sem ekki hafði tekist að greina berggrunn í eldri mælingum. Þau eru:

1. Kleppsvík, eða út undan Elliðavogi og Grafarvogi; fjórar línum
2. Sundið milli Geldinganess og Gunnuness (Álfssnes); fjórar línum

Svo sem fram kemur í niðurstöðum, reyndist þessi aðferð ekki nægjanlega öflug til að sjá alls staðar niður í gegnum setlög á þessum svæðum, og að líkindum veldur því rotnunargas í setinu. Hliðstæðar niðurstöður fengust úr þeim mælingum sem gerðar voru fyrir Reykjavíkurhöfn. Þetta bendir til þess að almennt sé mjög erfitt að beita jarðsveiflumælingum (seismískum mælingum) á þessum svæðum, og það krefnist sérstakra tilrauna. Það skal tekið fram að endurkastssniðin eru ekki 0-stillt í viðmiðunarhæð. Lesa má setlaþykkt af sniðunum, en varast að taka dýpið óleiðrétt.

2. MÆLITÆKNI OG ÚRVINNSLA

2.1 Helstu atriði um staðsetningar og viðmiðanir

Hnit eru gefin í rétthyrndu hnitakerfi Reykjavíkurborgar, (x,y), þar sem x er vaxandi til vesturs en y til norðurs, og einingar eru metrar. Raunveruleg nákvæmni staðsetninga er að líkindum oftast á bilinu 5-10 m. Á stuttum tímabilum gæti hún verið nokkuð verri vegna skyndilegra hliðrana í kerfinu. Þessi atvik eru þó að líkindum fá eða engin á mællínunum. Óvissa í bili milli nálægra mælipunkta á línu er mun minni, og eftir útjöfnun á skekkjum oftast minni en einn metri. Í frumgögnum fylgir tími staðsetningum (GMT) og er óvissa sekúnda eða minna.

Upplýsingar um strandlínus er teknar af korti í kvarða 1:10.000 frá Skipulagi Ríkisins og Borgarskipulagi (1979; endurskoðað 1990). Dýptartölur eru miðaðar við núllpunkt Sjómælinga Íslands (um 1,8 m undir viðmiðun Reykjavíkurborgar). Það skal þó haft í huga fram að sjávardýpi sem tekið er af endurkastssniðum er ekki nákvæmt.

Til staðsetninga var notað GPS-staðsetningatæki af gerðinni Trimble NavTrac. Tækið er með innbyggðri móttöku á mismunaleiðrétti, sem felst í því að það tekur á móti upplýsingum frá viðmiðunarstöð, og þessar upplýsingar eru notaðar til að leiðréttu samstundis truflanir GPS-

kerfisins. Viðmiðunarstöðin er starfrækt af Póst- og símamálstofnun, og er á Reykjanesi. Þessar leiðréttigar gera staðsetningarnar verulega nákvæmari en venjulegar GPS-mælingar.

Orkustofnun hefur ekki fyrr notað GPS-tæknina við nákvæmar endurkastsmælingar. Kanna þurfti því sérstaklega gæði þessarar aðferðar, og þróa úrvinnsluaðferðir. Aðferðin reyndist nothæf, en þó ekki eins hentug og Microfix-kerfið, sem annars hefur verið notað. Ekki var mögulegt að skjóta sjálfkrafa með föstu fjarlægðarbili, og var skotið "á tíma". Afstæð skekkja milli staðsetningapunkta, sem voru með um 5 m millibili, var löngum um 1-2 metrar. Þessi nákvæmni er sjálfsgagt að hluta til að þakka útjöfnunarrekningum ("Kalmansíu") í móttökutækinu. Aftur á móti kom stundum fyrir að staðsetningin hliðraðist skyndilega um 5-10 m, og allt að nokkrum tugum metra. Þessi stökk virðast jafna sig, eða færast til baka, en þó er það allóljóst hvenær mæling er rétt eða hliðruð. vegna þessa verður að ætla að staðsetning sé að jafnaði óviss upp á 5 eða 10 m. Skekkja af þessari stærðargráðu kom í ljós í staðsetningamælingu við bryggjuhorn í gömlu höfninni, borið saman við hnít af korti í kvarða 1:5000.

2.2 Vinnsla staðsetningagagna

Eftirfarandi útlistun á tæknilegri framkvæmd staðsetningareikninga er næsta óljós og ekki nauðsynleg til skilnings á niðurstöðum. Hún er hér færð fremur sem minnislisti mælingamanns en upplýsingar fyrir verkkaupa.

Staðsetningagildi voru send með 5,3 s millibili frá GPS-tækinu, og skráð með PC-tölvu. Hver færsla er á forminu:

PGPLL,6409.061,N,02150.869,W,171807,A*3D

þar sem tölurnar gefa breidd og lengd í gráðum og mínútum ásamt tíma í klst., mín. og heilum sekúndum. Hin landfræðilegu hnít sem tækin skráðu eru miðuð við viðmiðunina "WGS 84", en í vinnslu voru þau umreiknuð í Hjörseyjar-viðmiðun (ákveðin hliðrun) og síðan í rétthyrnt hnítakerfi Reykjavíkurborgar með forritum Orkustofnunar (Gunnar Þorbergsson).

Staðsetningar voru útjafnaðar með hlaupandi meðaltali eftir mælilínum, og eykur það afstæða nákvæmni. Þessi aðferð réttlætist af því að hraði báts og bil milli aplestra voru mjög jöfn, og því má gera ráð fyrir hægum breytingum á fjarlægðarbilum. Tímanákvæmni var einnig aukin á hliðstæðan hátt með útjöfnun.

Í sömu tölvuskrá voru færðar dýptarmælingar (sjávardýpi) frá Furno hátíðni dýptarmæli með 2 s millibili, og því eru oftast eru 2 eða 3 dýptarfærslur milli tveggja staðsetninga-skráninga. Hver færsla gefur eingöngu dýpið (bæði faðmar, metrar og fet):

SDDBT,0029.2,f,0008.9,M,004.9,F

a) Staðsetningar endurkastsmælinga:

Þrjú sett af upplýsingum voru færð í mælingu, og eru þau notuð til að reikna staðsetningu fyrir endurkastsmælingarnar. Þessi aðferð er heldur óhöndugleg og verður að teljast bráðabirgðalausn. Mæligögnin eru:

1. Fyrrnefnd staðsetningaskrá, tölvuskráð, sem gefur staðsetningu sem fall af tíma með rúmlega 5 s millibili.
2. Jafnframt þessu var önnur tölvuskrá færð með viðburðarnúmeri (sívaxandi númeraröð) og tíma fyrir hvert skot í endurkastsmælingunni. Þessi runa kemur frá Microfix-tækinu sem virkar í þessari tækjauppsetningu einungis sem afhleypitæki (klukkupúls) fyrir seismísku tækið. Klukka Mikrófix-tækis var stíllt saman við tímagildi í staðsetningaskrá upp á 1-2 s nákvæmni.

3. Í þriðja lagi var færð mælingabók, þar sem færð voru tengsl viðburðanúmers og skráarnúmera mælitækisins. Skráarnúmer (field record no.) er númer sem sett er sjálfkrafa á upptöku hvers skots. Þessi tvennis konar númer vaxa bæði um einn við hvert skot, nema ef skot hleypur ekki af. Þá eykst viðburðarnúmerið eingögnu.

Með þessum upplýsingum má með (3) tengja skráningarnúmer við viðburðarnúmer, sem tengist með (2) við tíma, og síðan má tengja þann tíma staðsetningu með (1). Niður- staðan er því staðsetning fyrir hvert skot í mælingunni, þ.e. hvert skráningarnúmer ("fldr").

Lokaáfangi felst í því að reikna cdp-númer. Fyrst er reiknuð uppsöfnuð lengd eftir línu í metrum, og er núll-stilling er valin af handahófi nærrí byrjun línu. Skráningarnúmer (fldr) hafa því fjarlægðargildi, og samkvæmt þeim eru cdp-númer reiknuð með því að deila í fjarlægðargildi endurkastspunkts með 1,6. Þannig flokkast endurkastssporin í cdp-hópa með 1,6 m millibili, og samsvarar það 6-földum gögnum. Þessir cdp-punktar eru síðan merktir og númeraðir á korti, og eru cdp-gildin gefin á sniðunum sem "fjarlægðarás".

b) Staðsetningar dýptarmælinga:

Staðsetning er brúuð á skrásetningar frá dýptarmæli, en eins og áður segir eru þær inn á milli staðsetningaskráninga í tölvuskránni. Þar sem ekki er nákvæmur tímí á hverri mælingu, og óvissa allt að 2 s, er nákvæmnin bætt með jöfnun tímabila með hlaupandi meðaltali yfir ein 40 gildi. Sviðuð jöfnun er einnig gerð á tímagildi staðsetningafærslna. Tímaskekkja ætti að vera óveruleg eftir þetta, og leiðir til þess að reikniskekkja við brúun á staðsetningagildunum er vel innan við einn metra. Úr þessum reikningum fæst runa dýptarmælinga með staðsetningum (og tíma).

2.3 Mæling á sjávardýpi

Sérstakar dýptarmælingar frá dýptarmæli voru skráðar sjálfvirkt í mælingu með 2 s millibili, eins og greint var frá í fyrra kafla um staðsetningar. Þetta samsvarar rúmlega 2 m millibili. Einungis frumvinnsla var gerð á þessum mælingum, svo sem þurfa þótti til samanburðar við jarðsveiflumælingar. Þessar mælingar voru ekki færðar inn á kort, enda var ekki um það beðið, og gert er ráð fyrir að slíkar upplýsingar liggi þegar fyrir.

Mælir er af Furno-gerð. Botnstykki mælis er 3 m aftan við staðsetningaloftnet, 0,35 m undir sjávarmáli. Mælirinn les bergmál frá botni á sjálfvirkan hátt og breytir í dýpi samkvæmt kvörðun framleiðanda. Mæligildin eru skráð tölrænt í tölvu, ásamt staðsetningum.

Dýptarmæling er leiðrétt svo hún gefi rétt dýpi miðað við viðmiðunarhæð Sjómælinga Íslands (sem er 1.84 m undir viðmiðun kerfis Reykjavíkurborgar). Dýpi frá dýptarmæli er kvarðað og leiðrétt fyrir dýpi mælitækis, og síðan er sjávarfallahæð dregin frá, lesin af línuritum Sjómælinganna. Eftirfarandi jafna lýsir leiðréttningunni:

$$D = D_m \cdot C + d_{mælir} \cdot h_s(t) ,$$

þar sem:

D er leiðrétt dýpi,

D_m er mælt dýpi, hrátt mæligildi úr skráningu,

C er kvörðunarstuðull (1,011) fundinn með lóðningu,

$d_{mælir}$ er dýpi botnstykks dýptarmælis (0,35 m), og

$h_s(t)$ er breytileg sjávarhæð með tíma vegna sjávarfalla í Reykjavíkurhöfn.

2.4 Framkvæmd endurkastsmælinganna

Notaður var mælingabáturinn Bláskel, undir stjórn Kjartans Thors. Mælingamenn voru Einar Kjartansson og Karl Gunnarsson, Orkustofnun. Mælingarnar voru skráðar á 24-rása jarðsveifluskráningartæki ES-2401 frá fyrirtækinu EG&G Geometrics. Format gagna er SEG-2. Hlerunarstrengurinn er 24 nema (P-44 hýdrófónar) bylgjubrots-strengur frá "Mark Products". Hann var lagaður að endurkastsmælingum með því að hengja við hann flot-tóg svo nemarnir voru á 1 m dýpi, og með 3,33 m millibili.

Hljóðgjafi var loftbyssa, sem gefur frá sér skarpan hvell þegar háþrystilofti er hleypt út í sjóinn. Hún var af gerðini Bolt 600B, 10 rúmtomma að stærð, og dregin á 0,8 m dýpi. Byssan vann við 120 bara þrýsting og fékk háþrystiloft frá 50 l kút sem hlaðinn var á siglingu með kafaraloftpressu.

Hljóðmerkið hefur mest afl á svíðinu 100-1000 Hz, en er verulegt upp í 2000 Hz. Bólupúls fylgir um 45 ms á eftir fyrsta púlsi, en það er aukasmellur sem fylgir þeim fyrsta vegna útþenslu og samdráttar loftbólunnar í vatninu.

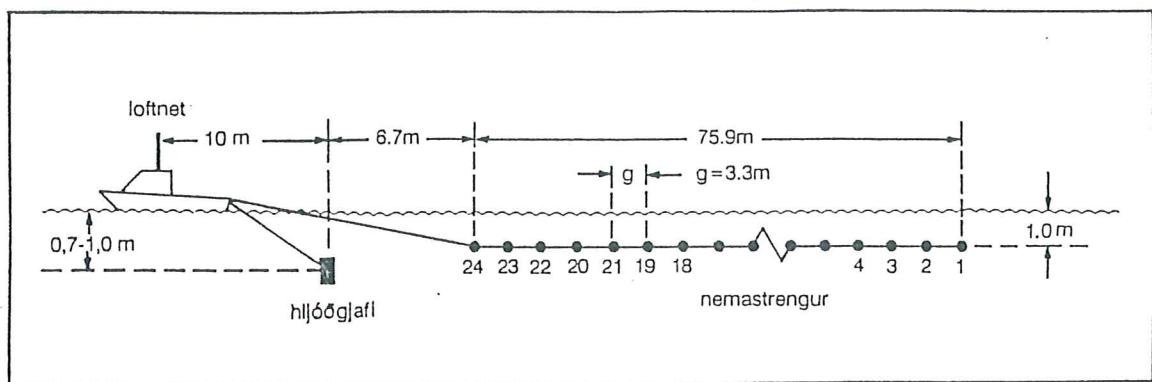
Búnaðinum er komið fyrir í skipinu eins og sýnt er í 1. mynd. Loftbyssan er dregin næst skipinu, en þar á eftir er strengurinn, rúmlega 82 m langur. Fremsti neminn er 6,6 m frá loftbyssunni. Siglingarhraði er um 1 m/s (um 2 hnútar). Skotið var á um 5,3 s fresti, og reynt að stilla hraðan svo að skotbil væri nærrí 6.7 m. Það reynist þó heldur minna, en fullt tillit er tekið til þessa í vinnslunni þegar flokkað var í cdp-hópa. Upptöku fyrir hvert skot var hleypt af með sérstökum nema 40 cm frá byssunni. Fyrir hverja af 24 rásnum eru skráð 1024 gildi með 0,2 ms (millisekúndur) bili, þ.e. hljóðmerkin eru tekin upp í 205 ms.

Tafla 1. Helstu stærðir í margrásamælingunni.

Hljóðgjafi	Air gun, Bolt 600B 10 cu.in., 120 bars
Fjarlægð frá staðsetninga-loftneti til hljóðgjafa	10 m
Mælitæki	EG&G Geometrics ES-2401 24 rásir
Nemastrengur	Mark products, 24 rásir P-44 hýdrófónar
Nemabil	3.3 m
Nemadýpi	1 m
Næsti nemi	6.7 m
Háhleypin sía	25 Hz
Bil milli skotpunkta	ca. 5-7 m
Margfeldi stakks	ca. 6-falt

2.5 Tölvuvinnsla endurkastsmælinga

Tölvuvinnsla þessara mælinga er sambærileg við þær aðferðir sem notaðar eru í olíuleitar-tækni. Helsta atriðið í henni er að leggja saman eða "stakka" skráningar margra geisla sem kastast frá sama stað í jaðlögunum, en með mismunandi að- og fráfallshorni.



Mynd 1. Fyrirkomulag mælitækja við endurkastsmælingarnar.

Tafla 2. Vinnslulína margrása-endurkastsmælinga á undan stökkun.

Breyta formati úr SEG-2 í SEG-Y	*
Setja geómetriú í hausa SEG-Y formatsins	*
Flokka í CDP-hópa (1.6 m bíl á milli CDP-punkta)	*
Færa hrágögn á SEG-Y formati á segulband til varðveislu	*
"Deconvolution" prófuð en reyndist ekki til bóta	*
Könnun á hljóðhraða í setlögum með stökkun með föstum hraða	*
"Normal move-out" leiðréttung (háð hljóðhraða í setlögum)	*
Útslag jafnað á sporum með tímaglugga	*
Skorið framan af sporum í CDP-hópum eftir fjarlægð	*
Mismunandi vægi á spor í CDP-hópum eftir fjarlægð	*
Kannað í völdum CDP-hópum hvort hraði sé réttur	*
Stökkun; um 6-föld	

Tafla 3. Vinnslulína margrása-endurkastsmælinga á eftir stökkun.

Jöfnun útslags á sporum (agc)
*
Blöndun hverra þriggja samstæðra spora (vægi 1-2-1)
*
Band-pass sía 300-1500 Hz
*
Teikning sniðsins

Töflur 2 og 3 sýna vinnslurunu fyrir og eftir stökkun. Hver hópur skráðra spora, cdp-hópur, er leiðréttur fyrir áhrifum geómetríu (með tilliti til hljóðhraða), og lagður saman til að mynda eitt spor. Niðurstaðan er því hliðstæð við venjulega "lóðréttu" bermálsmælingu, en tölvuvinnslan á að stuðla að því að styrkja merkið og deyfa ýmsar truflanir. Í þessari rannsókn kom í ljós að viðfangsefnin liggja mjög grunnt, og að hljóðhraðinn er nær því sá sami niður í gegn um vatnslag og setlög. Af þessum sökum nýtast eiginleikar aðferðarinnar ekki að fullnustu, þar sem t.d. margfalt bergmál innan vatnslagsins dofnar ekki við stökkun "veginna" spora.

Upplýsingar um reikninga á cdp-númerum eru í kaflanum um staðsetningar. Vegna nokkurrar óreglu í fjarlægðarbilum milli skota (skotið var á föstum tímamun en ekki fjarlægðarmun), voru cdp-staðsetningar reiknaðar með 1,6 m bili eftir línu, og því getur fjöldi spora í hverjum cdp-hóp verið eilítið mismunandi.

Hraðagreiningar voru einkum gerðar með prufustökkum með föstum hraðagildum, og með því að skoða sýnishorn af cdp-hópum, þar sem fjórum samliggjandi var slegið saman úr þeim.

Skerpingar-"decon" var ekki notaður og virtist ekki hjálpa til, og óþarfi var að reyna að deyfa bólupúlsinn með deconvolution. Blöndun hverra þriggja samstæðra rása með vægi 1-2-1 er til þess að sía út suð í rúmvídd. Þar sem endurköst voru yfirleitt ekki dýpri en á 20-30 ms dýpi, mest 50 ms, er hér ekki sýnt dýpra á sniðinu en þurfa þykir.

3. ÁHRIF GASS Í SETLÖGUM Á JARÐSVEIFLUMÆLINGAR

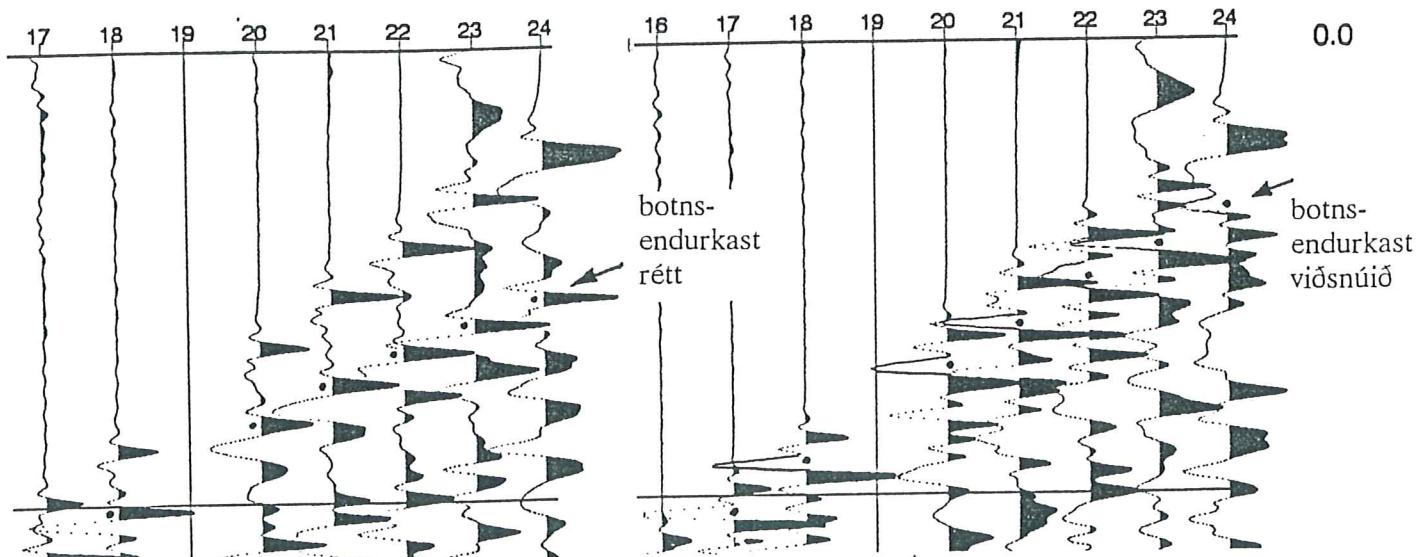
Í ljós kemur að aðstæður eru slæmar fyrir mæliaðferðina víða á svæðinu, bæði í gömlu höfnum og í Eiðsvík, vegna einkennilegra jarðlaga. Líklegast er að setlögini á botninum innihaldi gas, sem hindrar að jarðsveiflan (hljóðmerkið) berist niður. Þetta á reyndar ekki að koma á óvart, því Kjartan Thors hefur fyrri orðið var við slík fyrirbæri á þessum og öðrum svæðum. Þessi mælisvæði voru reyndar að hluta til tekin nú fyrir einmitt vegna þessara vandkvæða. Að líkindum stafar gasið af rotnun á lífrænum leifum í botnleðjunni. Áhrif gassins má sjá af eftirfarandi einkennum í mælingum okkar:

- Mjög sterkt endurkast fæst frá sjávarbotni eða af lagamótum grunnt undir botni (þó allt að 3 m undir botni). Endurkast þetta er með öfugri skautun (pólariteti) miðað við venjulegt endurkast, og sýnir að um neikvæðan endurkasts-stuðul er að ræða. Af þessu má draga þá ályktun að hljóðhraðinn sé mun lægri í laginu undir. Þetta er einnig stutt því, að ekki er að sjá brotna bylgju (head wave) úr setlaginu, sem útilokar að sterkt endurkast sé vegna venjulega aukins hljóðhraða. Því má ætla að hljóðhraði í setinu, eða e.t.v. þunnum lögum innan þess, sé minni en vatnshraðinn 1500 m/s, og líklegast er að það stafi af rotnunargasi.
- Á slíkum gas-svæðum er endurkast frá berggrunni afar veikt og oftast ósýnilegt, sem sýnir að lítil orka kemst niður um setlagið. Það gæti stafað af því að megnið af orkunni endur-

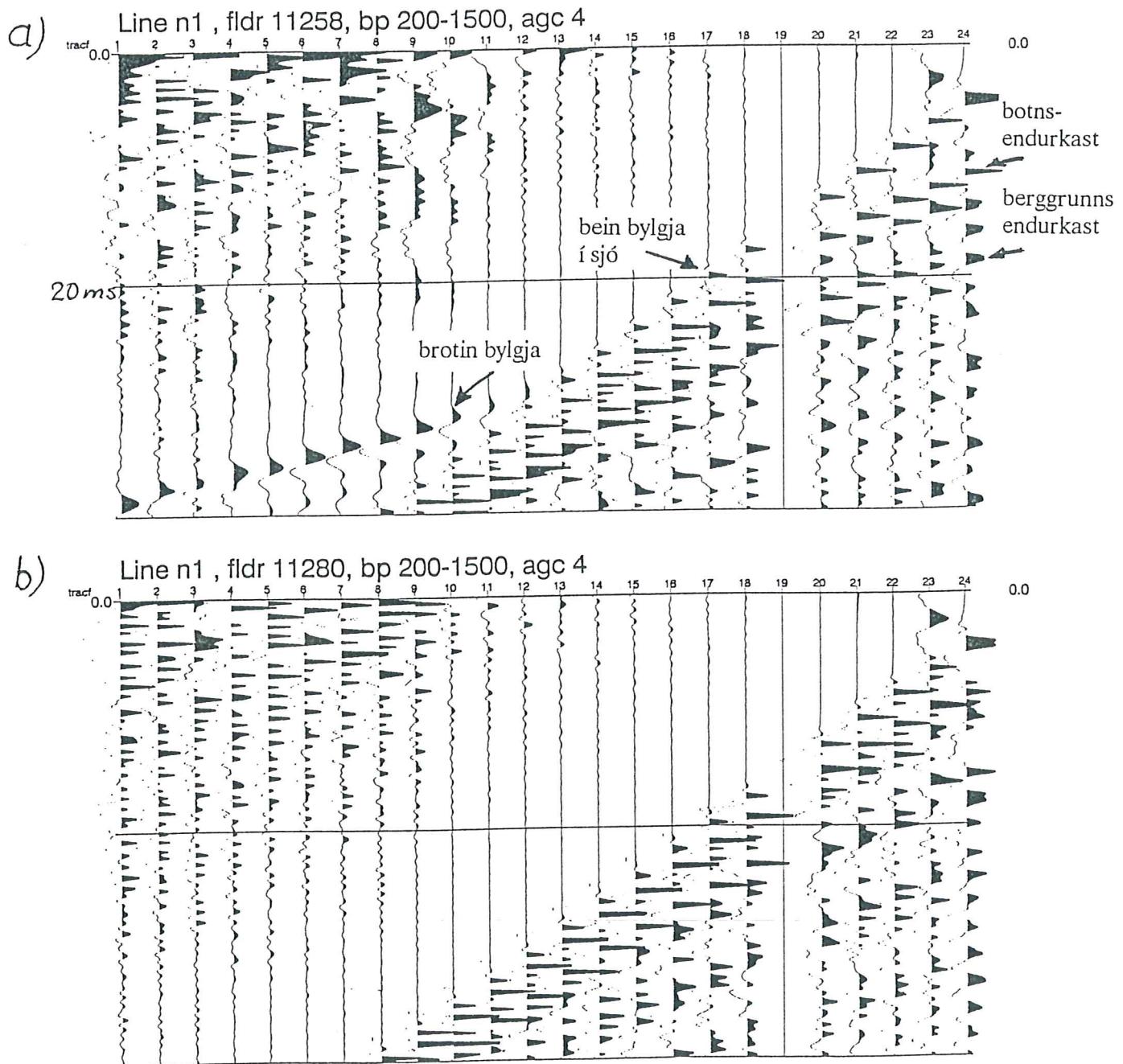
kastist frá sjávarbotni, en þó einkum vegna deyfingar bylgjunnar í gasmettuðum jarðlögum.

- Brotin bylgja frá berggrunni sést ekki heldur þar sem endurkastið vantar. Þó er áberandi að stundum kemur hún skyndilega fram á endilöngum strengnum, og virðist þá nægja að hljóðgjafinn sé yfir "glugga" í setlögunum þar sem gas er minna og hljóðbylgjan sleppur niður.

Hér verða tekin til dæmi um gögn sem eru spillt af gasi. Á mynd 3a er sveiflurit með skráningu á einu góðu skoti í Reykjavíkurhöfn þar sem upplýsingar fást um berggrunn, og ekki er veruleg truflun af gasi. Auk þess að sjá má beina bylgju í vatnslaginu, endurkast frá botni þess (þ.e. frá sjávarbotni), og tvöfalt endurkast innan vatnslagsins, má einnig greina brotna bylgju frá bergrunni, og vott af berggrunnsendurkasti. Til samanburðar er annað skot er sýnt á mynd 3b, þar sem hvorki má sjá brotna bylgju né endurkast frá bergrunni. Stækkaðir bútar úr þessum skráningum eru sýndir á 2. mynd. Nákvæm skoðun á þessum myndum sýnir að endurkastið frá sjávarbotni er með öfugu pólariteti í fldr: 11242. Þetta er óvenjulegt fyrirbæri, og táknað að endurkastsstuðull sé neikvæður, sem aftur hlýtur að tákna að hljóðhraðinn sé lægri í setlögunum undir botninum en í vatninu. Einnig sést að botninn er sterkur endurkastsflötur. Líklegasta skýringin á þessu er að setið innihaldi gas sem lækkar hljóðbylgjuhraða, en ekki er nauðsynlegt að gasið sé í miklu magni til að svo verði.



Mynd 2. Smáatriði úr sveifluritum á mynd 3. Sjá má neikvætt útslag, hvítan topp, í upphafi hafsbotsendurkasts til hægri (fldr: 11280). Það táknað neikvæðan endurvarpsstuðul, líklega vegna þess að hljóðhraði sé lægri í setlögunum en í sjónum vegna gass.



Mynd 3. Sveiflurit með skráningum á tveimur "skotum" úr Reykjavíkurhöfn. a) fldr:11258 sýnir stað þar sem sem orka kemst niður í jörðina. Brotin bylgja og endurkast frá berggrunni eru sjáanleg. b) fldr:11280 sýnir enga bylgjur frá berggrunni vegna Dempunar af gasi.

4. KLEPPSVÍK

Mælisvæði liggur þvert yfir voginn milli Holtabakka og Gufuneshöfða. Mælt var á þremur línum milli landa með um 150 m millibili, og á einni tengilínu (sjá kort á mynd 4). Merkingar á kortinu sýna staðsetningu cdp-númera, og er sama númeraruna merkt á lengdarás á sniðnum (mynd 5a-5d). Eins fyrr segir er bil á milli cdp-punkta 1,6 m. Lengdarkvarði sniðanna er 1:2500, en dýptarkvarði er í millisekúndum (ms). Ein ms samsvarar um 0.75 m í dýpi, og er þá gert ráð fyrir því að hraði í sjó og setlögum sé 1500 m/s.

Samkvæmt skýrslu Árna Hjartarsonar (1992) má búast við að móberg sé í berggrunni undir svæðinu (kallað Viðeyjarmóberg), þó ekki séu til staðar beinar athuganir úr borholum á botn-inum eða ströndinni við. Niðurstöður hans byggjast einkum á yfirborðsrannsóknum. Móbergið er misleitt og er ýmist túff eða breksía. Í því eru einnig innskot, og einkum eru mikil innskot norðan við Klepp. Hafrannsóknastofnun gerði árið 1992 einrása endurvarpsmælingar mælingar fyrir Vegagerðina með boomer tækjabúnaði (Kjartan Thors o.fl., 1993). Mælt var á ræmu sem línu K2 fellur á. Í mælingunum frá '92 sést í klöpp, sem stendur tiltölulega grunnt vestanmegin, (10 m dýpi). Þar fyrir austan er svæði, ekki breitt, þar sem ekki sést niður vegna gass í setlögum. Svo kemur klöpp í ljós á 30 m dýpi, og þá grynnist á hana austur að Gufuneshöfða. Af sýnishornum af endurkastssniðum að dæma virðist dýpstaka klapparendurkastið ekki skýrt. Í setlögum er endurkastsflötur sem er túlkaður sem mislægi sem skilur að nútímaset og jökulset.

Mælingar okkar frá haustinu 1993 gefa í stórum dráttum sömu mynd og fyrr hafði sést. Endurkast frá klöpp er víða slitrótt og óvist á sniðnum, en þó er ljóst að í meginindráttum dýpkar á klöpp út frá báðum löndum, og dýpst er í miðju sundi, en þó heldur nær Holtabakka en Gufuneshöfða. Líklegt er að greina megi í þessum mælingum með meira öryggi dýpstaka punkt klapparendurkasts á sniðnum. Nokkur óvissa er þó í sniði K3. Bindilínan (K4) staðfestir túlkunina þar sem hún sker hinum.

Mestu setlagabykkir sem lesa má af sniðnum eru þar sem klöppin liggur dýpst. Reiknaðar mestu þykktir eru eftirfarandi:

- Á línu K1, 23 m (31 ms), við cdp 360.
- Á línu K2, 25 m (33 ms), við cdp 250
- Á línu K3, 28 m (37 ms), við cdp 200.

Til að reikna dýpi undir sjávarmáli, miðað við núll-punkt Sjómælinga, þarf að bæta við um 5 m. (Núll-dýpi sniðanna er u.p.b. í hæð viðmiðunnar Sjómælinga).

Innri lagskipting í setunum er ekki vel greinileg, nema einstök lagamót eru yfirgnæfandi þar sem gasið styrkir endurkastið, og þar sést víðast hvar ekki niður. Þannig endurköst eru merkt með "g" á teiknuðum sniðum. Einnig má greina mislægi það innan setlagastaflans sem minnst var á hér að ofan.

Við útreikning á þykkt setlaga er hér gert ráð fyrir sama hraða og í vatni, um 1500 m/s, og er það gert til samræmis við fyrri athuganir á svæðinu. Við tölvuvinnslu á endurkastsmælingunum fæst mat á setlagahraða, og virðist meðalhraði vera tæplega meiri en 1570 m/s. Þykktin gæti því verið um 4% meiri en gefið er upp, og er það óverulegt í þessu samhengi.

Að lokum má segja að niðurstöður okkar séu mjög á sama veg og fyrr hefur komið fram. Þó er líklegt að skilgreining á klapparendurkasti, þar sem það liggur dýpst, sé hér mun skýrari og áreiðanlegri, ef borð er saman við sýnishorn af gögnum á 3. mynd hjá Kjartani Thors o.fl. (1993).

5. GELDINGANES-GUNNUNES

Mældar voru 3 línum með um 160 m millibili yfir sundið á milli nesja, og ein tengilína út sundið (mynd 6). Kvarði korts og sniða er sá sami og fyrir Kleppsvík (sjá að framan). Tengilínan reynist vera mjög sveigð, líklega vegna tæknivandkvæða í staðsetningaútbúnaði, en ætla verður að staðsetningaskráningar séu óbjagaðar. Nokkur stökk í staðsetningum komu fram í siglingunni, en virðast svo gagna til baka eftir tiltölulega skamman tíma. Leiðrétt var fyrir þessu með því að hliðra til samsvarandi línubúrum.

Samkvæmt skýrslu Kjartan Thors o.fl. (1993) er líklegt að klöppin undir sundinu sé af sömu móbergsmýndun og í Kleppsvík, þó grágrýti liggi ofan á henni og nái a.m.k. niður að sjávarmáli á aðliggjandi ströndum. Þau gerðu búmer-mælingu á svæðinu, og tókst að kortleggja dýpi á klöpp á norður hluta svæðisins, en með gloppum þó. Á syðri hlutnum svæðisins sást ekki niður vegna gass.

Í mælingum okkar koma mjög svipaðar niðurstöður í ljós. Á línum G1, G2 og G3 má sjá í berggrunn norðan til undir setfyllingunni, þar sem hann gengur niður frá Gunnunesi, en að síðu slitrótt. Í miðju sundi og sunnanverðu, upp undir Geldinganes, sást hvergi glytta í berggrunn í sniðunum (sjá myndir 7a-7d). Þessu veldur sterkt "gasendurkast" á 2-4 m dýpi undir botni, fullkomlega "ógagnsætt". Meta má að ekki sjáist í klöpp á 2/3 hlutum sniðsins yfir sundið. Þykkt setlaga mælist mest á línunum þar sem í berggrunn sást næst miðju sundi. Þar mælist þykktin fyrir

- Á línu G1, 16 m (21 ms), við cdp 330.
- Á línu G2, 17 m (22 ms), við cdp 290.
- Á línu G3, 19 m (25 ms), við cdp 310.

Til að reikna dýpið undir sjávarmáli út frá þessum tölum, miðað við núll-punkt Sjómælinga, þarf að bæta við u.þ.b. 7,5 m. (Núll-dýpi sniðanna er u.þ.b. 1 m ofan við viðmiðunarhæð Sjómælinga).

Hér er gert ráð fyrir 1500 m/s, en þykktin gæti verið 3% meiri ef réttur hraði eru notaður. Í bindilínunni (G4) sást hvergi í klöppina, nema líklega á 40 m kafla þar sem gloppa er í gasinu (cdp 335-360). Þar er endurkast á 16 m dýpi undir botni.

6. TILLÖGUR UM AÐFERÐIR VIÐ FREKARI RANNSÓKNIR

Samkvæmt reynslu okkar af jarðtæknilegri jarðsveiflukönnun er oftast vænlegast til árangurs og öryggis að gera bæði endurkasts- og bylgjubrotsmælingar. Þessar mismunandi aðferðir sýna á mismunandi hátt eiginleika jarðlaganna, og stuðla að betri skilningi. Að sjálfsögðu getur ein rannsóknaraðferð iðulega veitt allar þær upplýsingar sem óskað er eftir, og er það að sjálfsögðu hagkvæmara, en ekki er alltaf ljóst fyrir fram hvað á best við í hverju tilfelli.

Eins og komið hefur fram reyndist ekki mögulegt að kortleggja stóra hluta þeirra svæða sem könnuð voru, en því valda einkum gasfyllt setlög sem drepa niður jarðsveiflurnar. Vafasamt er að nokkur endurkastsaðferð dugi við þessar kringumstæður. Mögulegt væri að auka styrk og bylgjulengd merkis, en hætt er við að upplausn yrði óhaefilega gróf. Nokkur von er til þess að **bylgjubrotsmælingar** með botnstreng gætu gefið betri niðurstöður. Við leggjum til að áhersla verði lögð á að reyna þá aðferð, ef lagt verður út í frekari rannsóknir. Þó er ekki ástæða til að vanrækja endurkastsmælingar þar sem þær duga, og íhuga mætti segulmælingar. Hér fylgir nánari útlistum á einstökum aðferðum.

Bylgjubrotsmælingar:

Vegna útbreiðslu gassins sýnist okkur vænlegast til árangurs að nota bylgjubrotsmælingar á báðum svæðum, þannig að nemastrengur yrði lagður á botninn, og sprengiefni notað sem hljóðgjafi. Með þessu móti má fá meiri orku og lægri tíðni, og því betri möguleika á því að koma orku um jarðlögin. Líklega verður að nota nokkuð stórar hleðslur, upp í nokkur kílógrömm. Á þessu stigi er ekki hægt að skera úr um hvort koma megi hljóðmerki niður um gassetið, eða hvort takmarka yrði sprengistaði við gaslausu "gluggana" í setlögunum. Í þessari aðferð nægir að sprengja með tiltölulega löngum fjarlægðarbilum, jafnvel 200 m, og væri því hugsanlegt að komast af með fáeina sprengistaði á mælilínu. Úr þessum mælingum kæmi kortlagning á tímatoft bylgjunnar upp í gegn um setlögin, sem breyta má í þykkt ef hljóðhraði setlaganna er þekktur. Fyrri mælingar benda ekki til þess að hljóðhraði setanna sé verulega frábrugðinn hraða í vatni, en forvitnilegt væri að vita hvort svo sé á svæðum þar sem áhrif gassins eru áberandi. Til þess þyrfti að líkindum kvörðun á þykkt setlaga með borunum á völdum stöðum.

Botnstengurinn er með 24 nema, og er 115 eða 230 m langur, eftir því hvort bil á milli nema er 5 eða 10 m. Ef nákvæm hraðagreininng í berggrunni er ekki mikilvæg má komast af með 10 m bil á milli nema, en annars yrði að mæla með 5 m bili.

Endurkastsmælingar:

Endurkastsmælingar mætti takmarka við þann hluta svæðanna þar sem nokkur árangur hefur fengist, og kæmi þá Kleppsvíkursvæðið fremur til greina. Samanburður þannig mælinga við upplýsingar úr bylgjubrotsmælingum myndi bæta jarðlagalíkanið, og eflaust leiða til þess að túlka mætti á skýrari hátt ýmsar veikar ábendingar í endurkastsmælingum, sem nú eru merkingarlausar. Ljóst er að margrásamæling er tiltölulega dýr aðferð, og bera ætti gaumgæfilega saman niðurstöður úr margrásamælingum og einrásamælingum, og einnig boomer- og loftbyssu-hljóðgjafa, áður en ákvörðun er tekin um frekari mælingar. Ef ráðist verður í margrásamælingar, ætti að hafa nemastrenginn helmingi styttri en áður, því berggrunnur virðist varla vera meira en á 30 m dýpi.

Segulmælingar:

Eins og fyrr segir eru innskot í móberginu í Kleppsvík og nágenni, og móbergið er almennt séð misleitt, túff eða brexía. Þetta veldur að líkindum því að seguleiginleikar bersins eru breytilegir, og því ættu staðbundin segulfrávik að finnast. Vel er hugsanlegt að með segulmælingum mætti greina þannig segulfrávik, sem ættu upptök í "segulskrokkum" sem ganga upp í yfirborð berggrunns. Út frá þannig gögnum mætti reikna dýpi á berggrunn. Segulstefna í móbergsmynduninni og innskotunum er að vísu öfug (Matuyama-skeið), og myndi það líklega gefa veikari og óreglulegri segulfrávik en ella mætti vænta. Nákvæmni og upplausn þessarar aðferðar jafnast ekki á við jarðsveiflumælingar, hefur um 10-20% óvissu í dýptarrekningi. Hún gæti hins vegar gefið upplýsingar á svæðum þar sem jarðsveifluáðferðir bregðast algjörlega, t.d. vegna gasdempunar. Einnig gætu segulmælingar gefið viðbótarupplýsingar um innskot, bæði uppi í yfirborði berggrunns og á meira dýpi. Þetta væri mikilvægt ef hugað er að jarðgangagerð undir sundið.

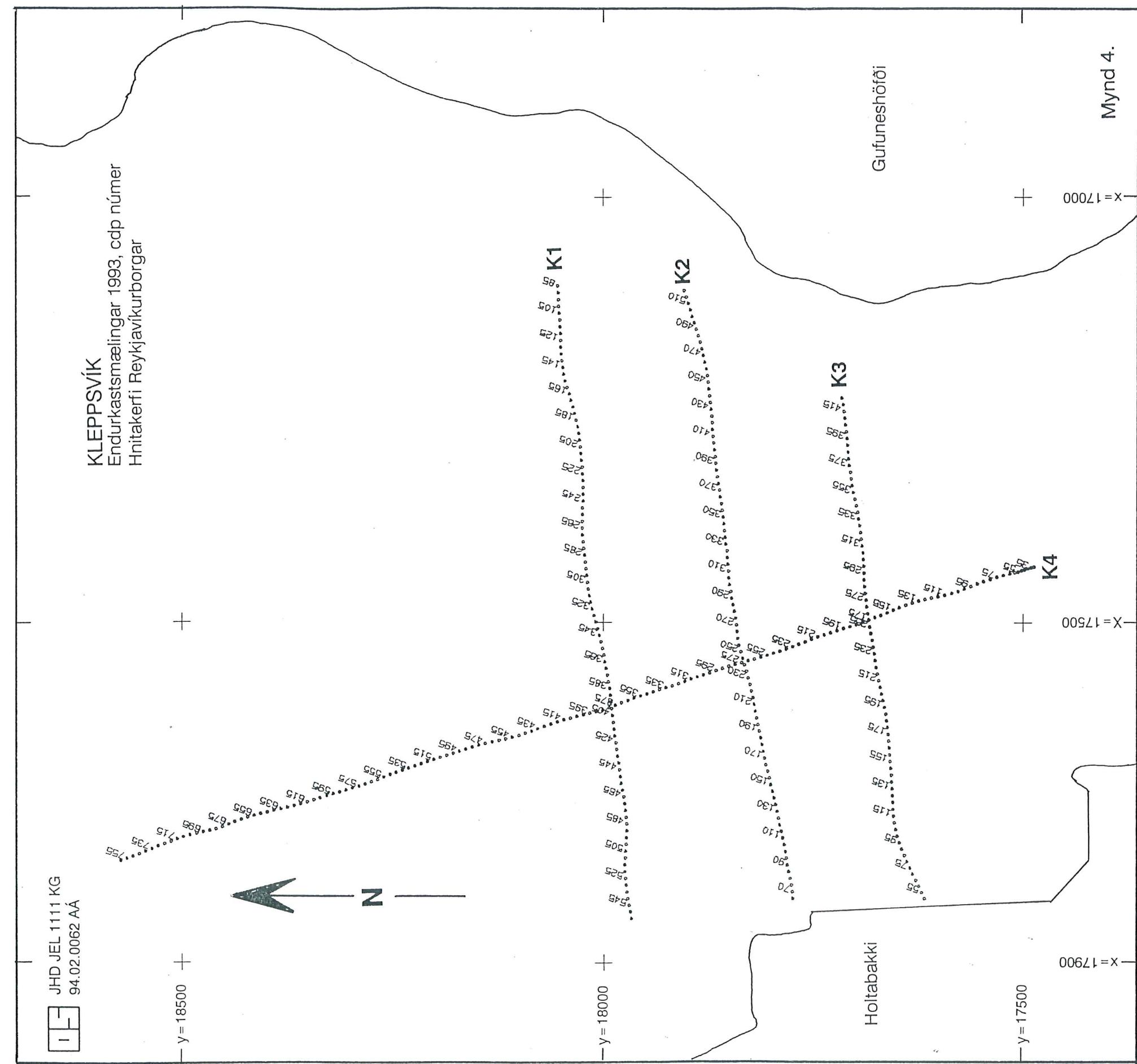
RITSKRÁ

Árni Hjartarson. *Kleppur-Gufunes. Þíjú jarðlagasnið og kort.* OS-92005/VOD-04 B

Kjartan Thors: *Seismískar bergmálsmælingar á hafnarvæði Reykjavíkur vorið 1981.* Hafrannsóknarstofnunin, nóvember 1981. (630.6 Haf)

Kjartan Thors: *Rúnumál grófra setlaga á Kollafjarðarsvæði.* Hafrannsóknarstofnun, nr. 2/83, desember 1983.

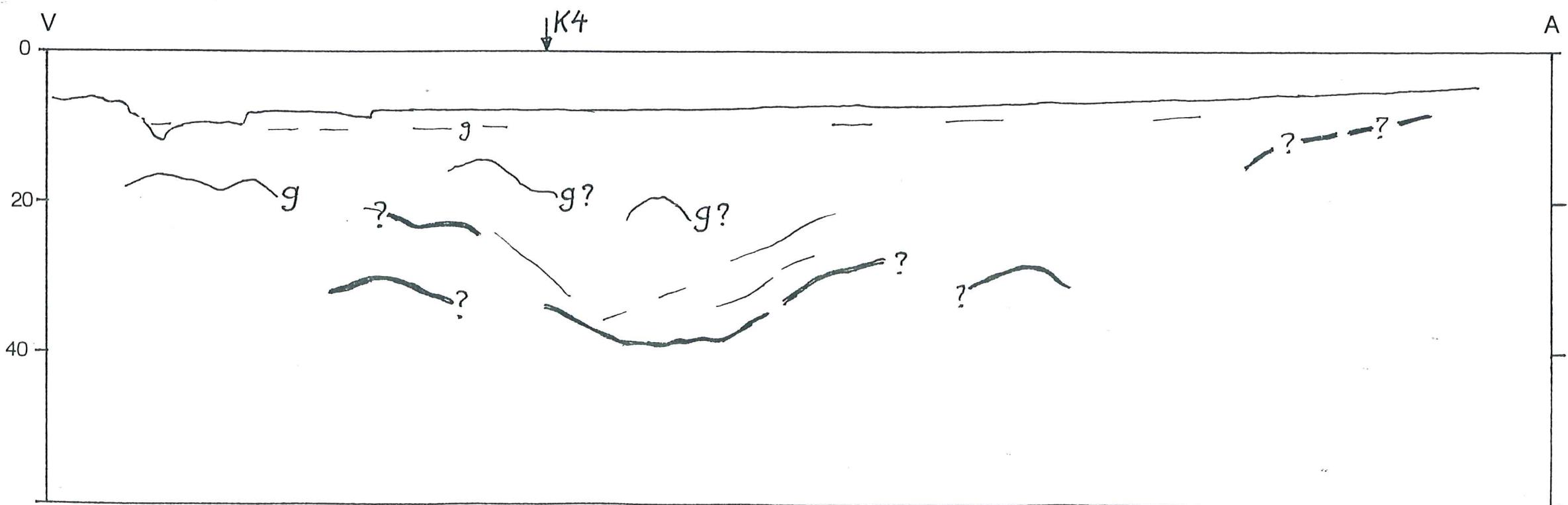
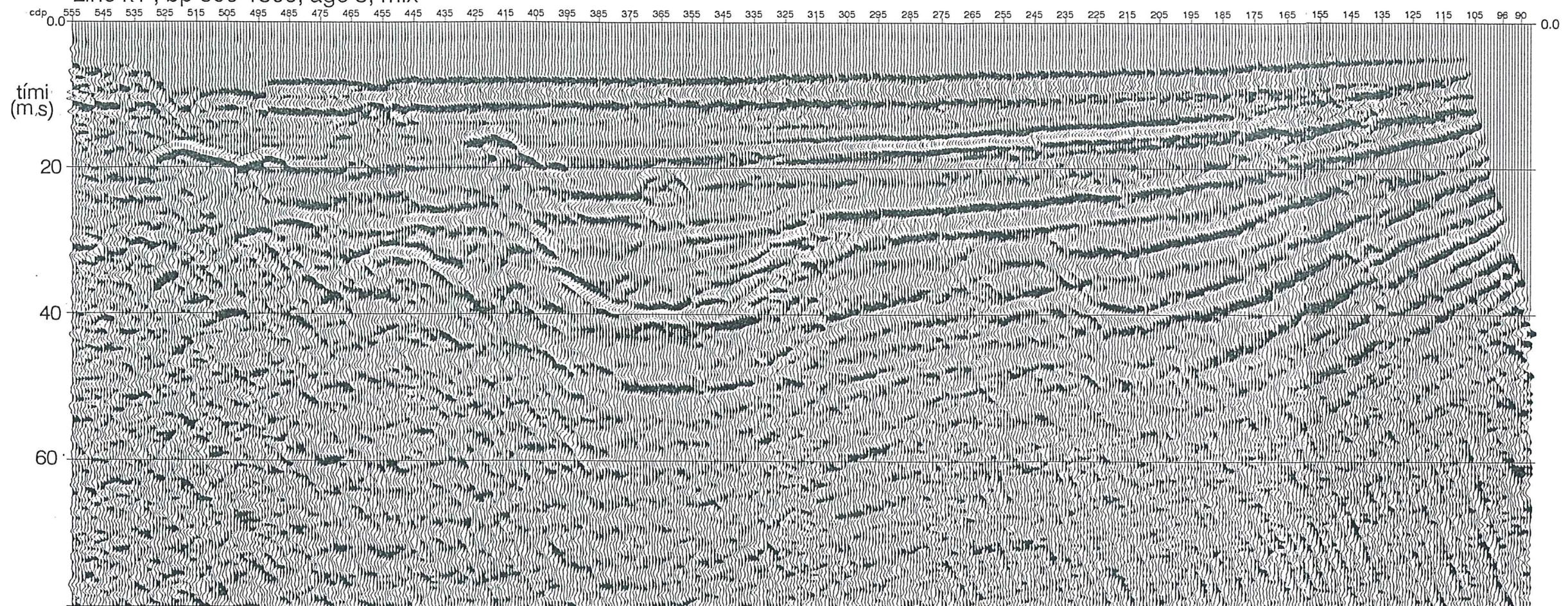
Kjartan Thors, Jón Jónsson og Guðrún Helgadóttir: *Endurvarpsmæling í Kleppsvík og við Gununnes*. Skýrsla um verk unnið fyrir Vegagerð ríkissins í júní 1992. Hafrannsóknarstofnun, apríl 1993.



JHD JEL 9000 KG
94.02.0073 AÁ

Mynd 5a. Lína K

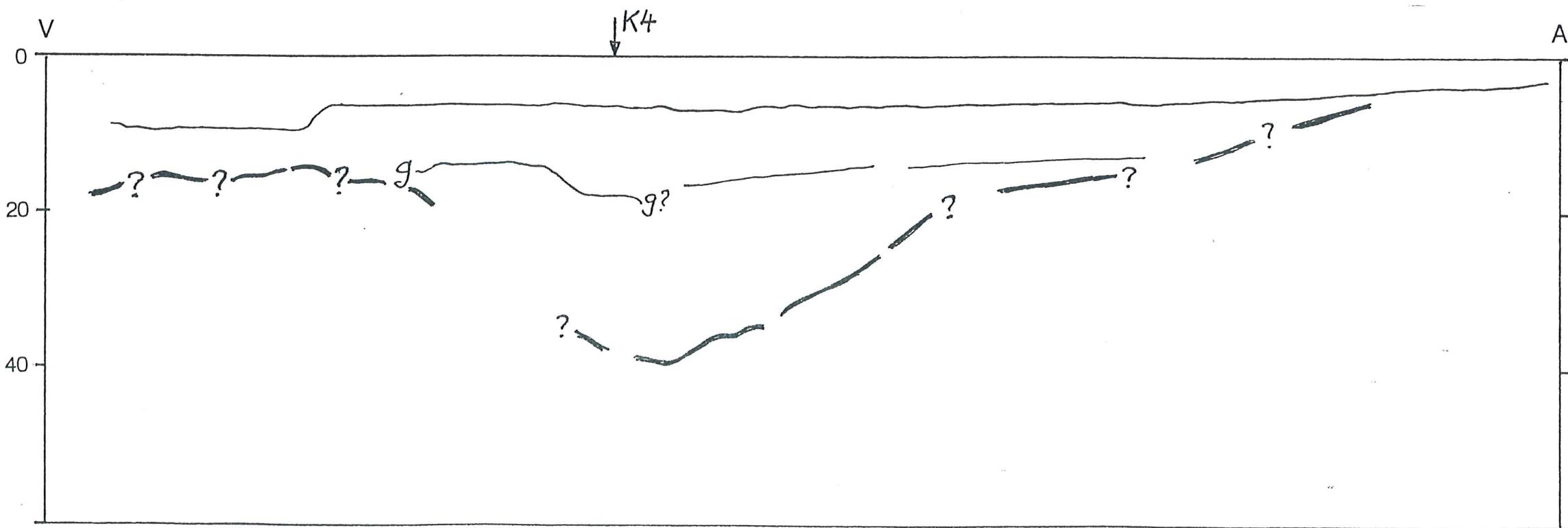
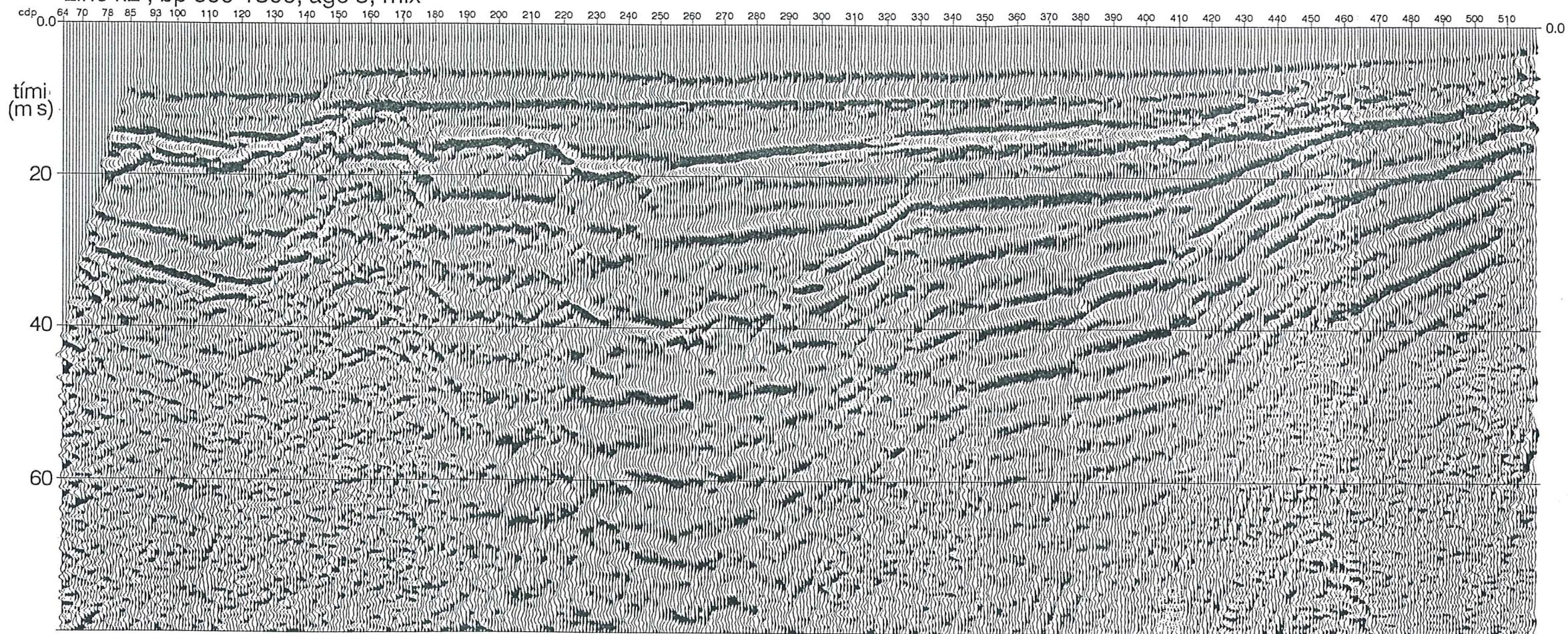
Line k1 , bp 300-1500, agc 5, mix



JHD JEL 9000 KG
94.02.0074 AÁ

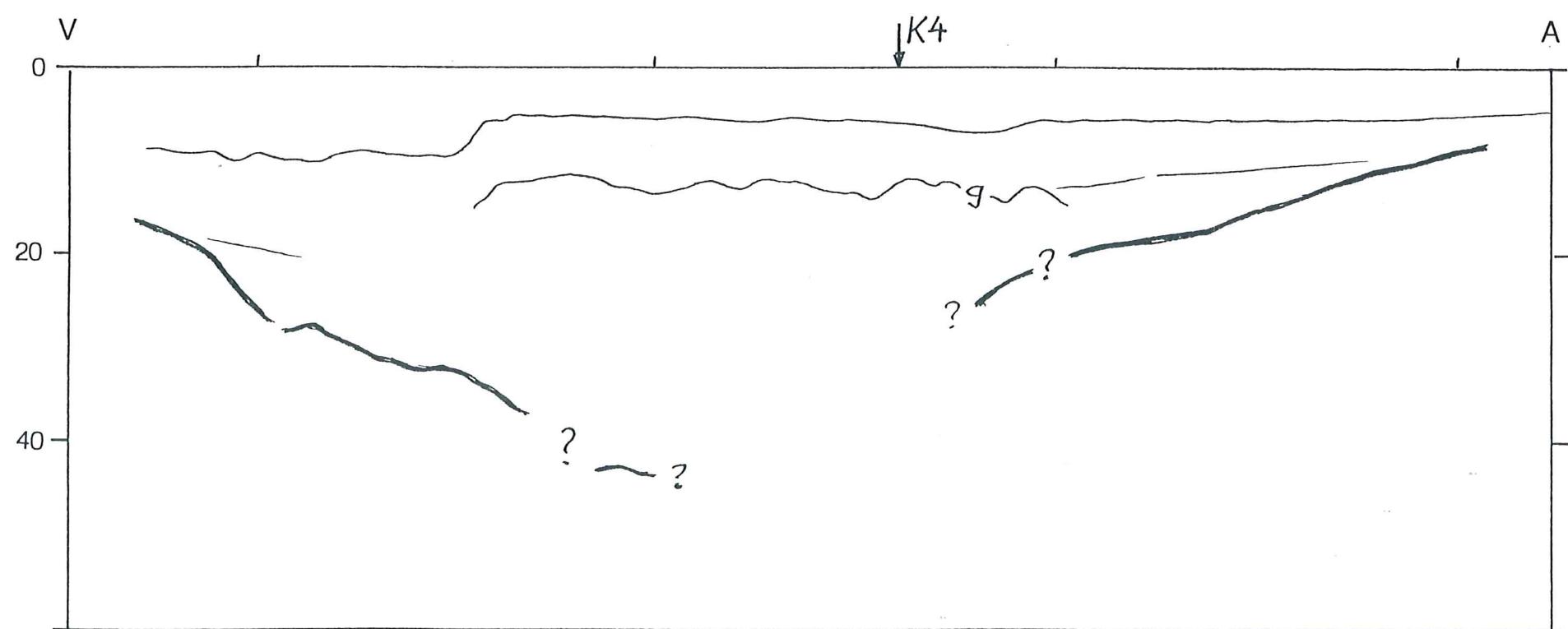
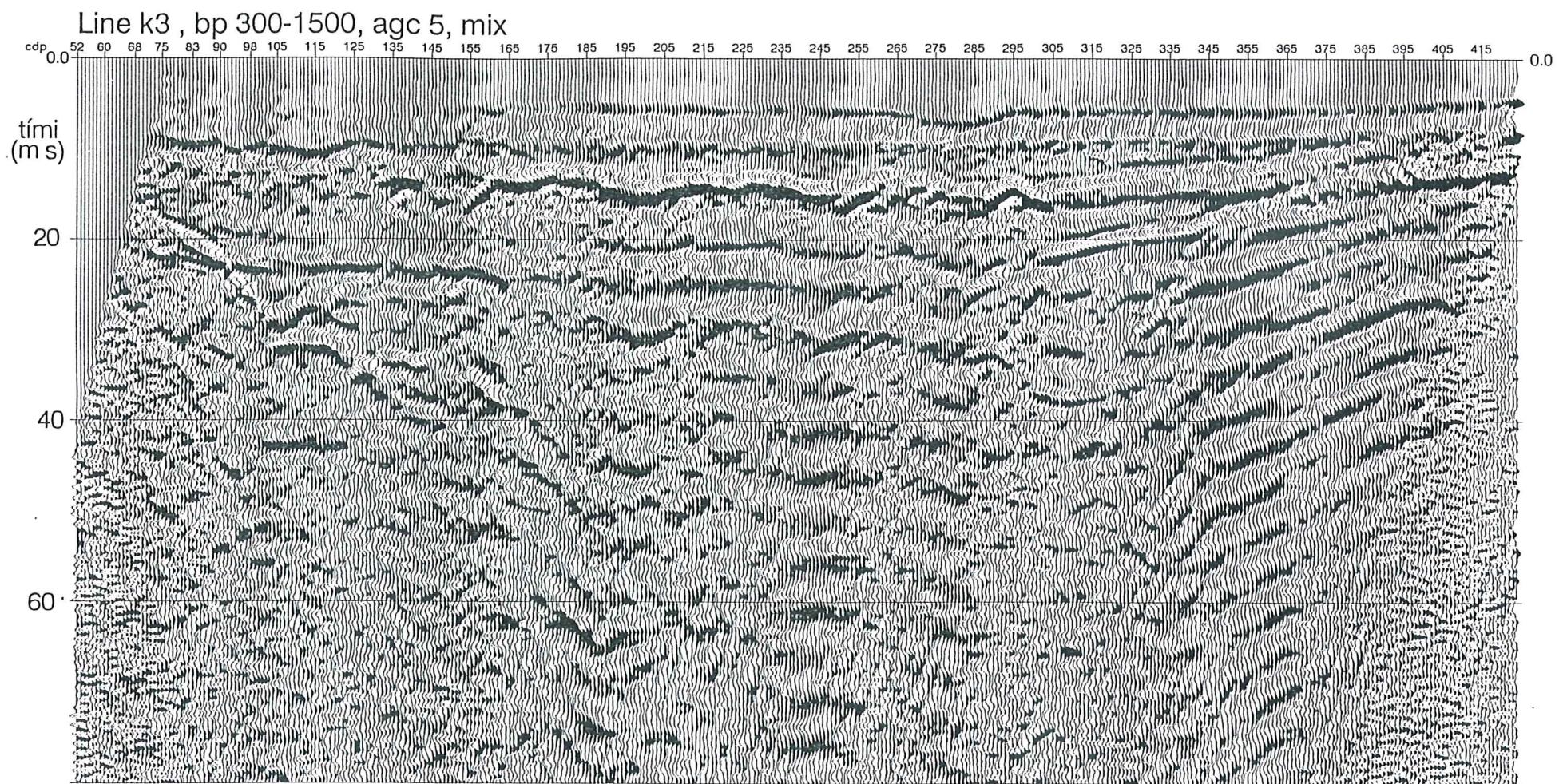
Mynd 5b. Lína K2

Line k2 , bp 300-1500, agc 5, mix



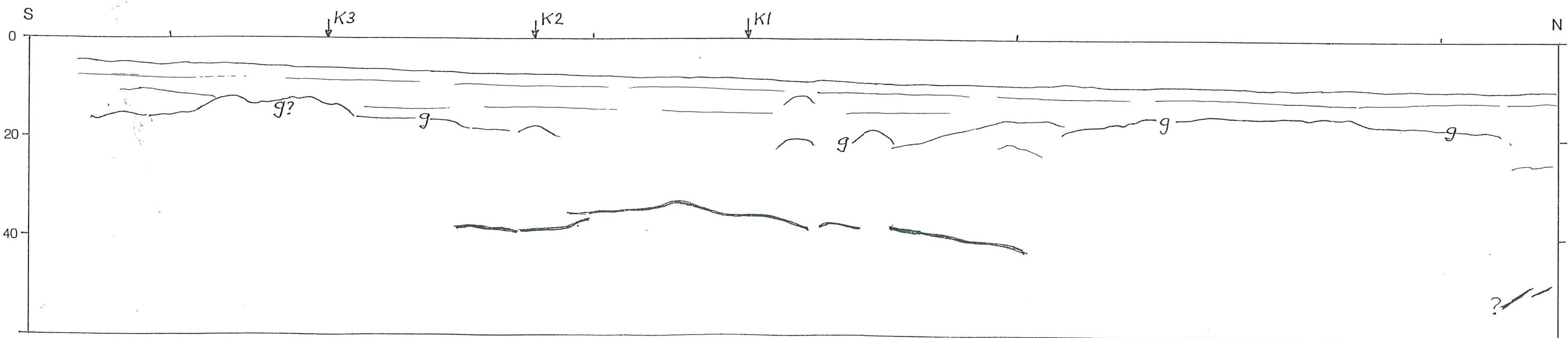
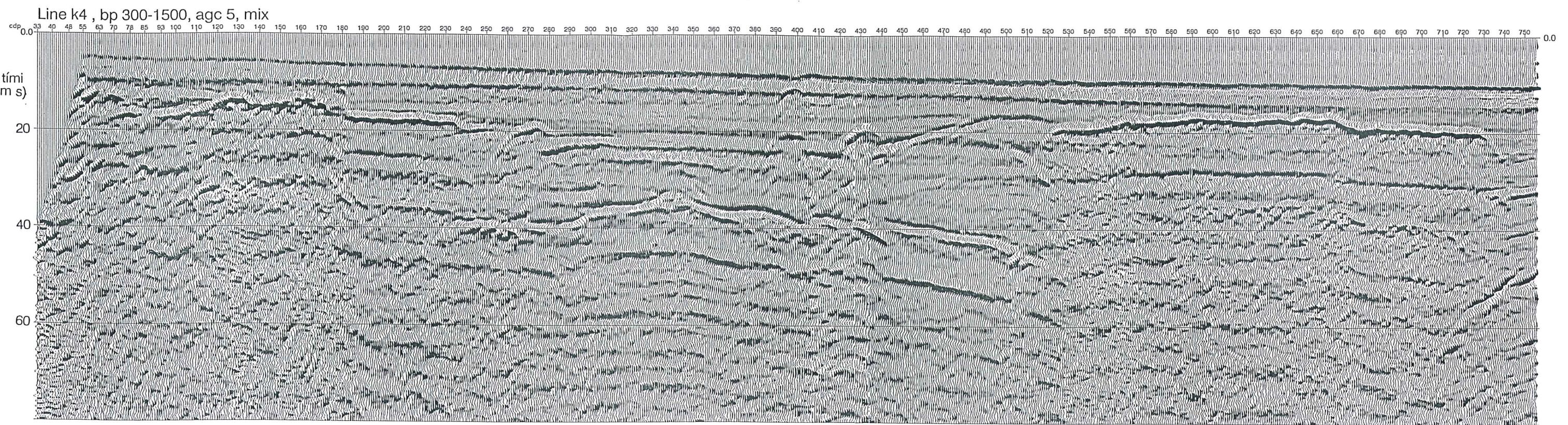
JHD JEL 9000 KG
94.02.0075 AÁ

Mynd 5c. Lína K3



JHD JEL 9000 KG
94.02.0076 AÅ

Mynd 5d. Lína K4





JHD JEL 1111 KG
94.02.0063 AÁ

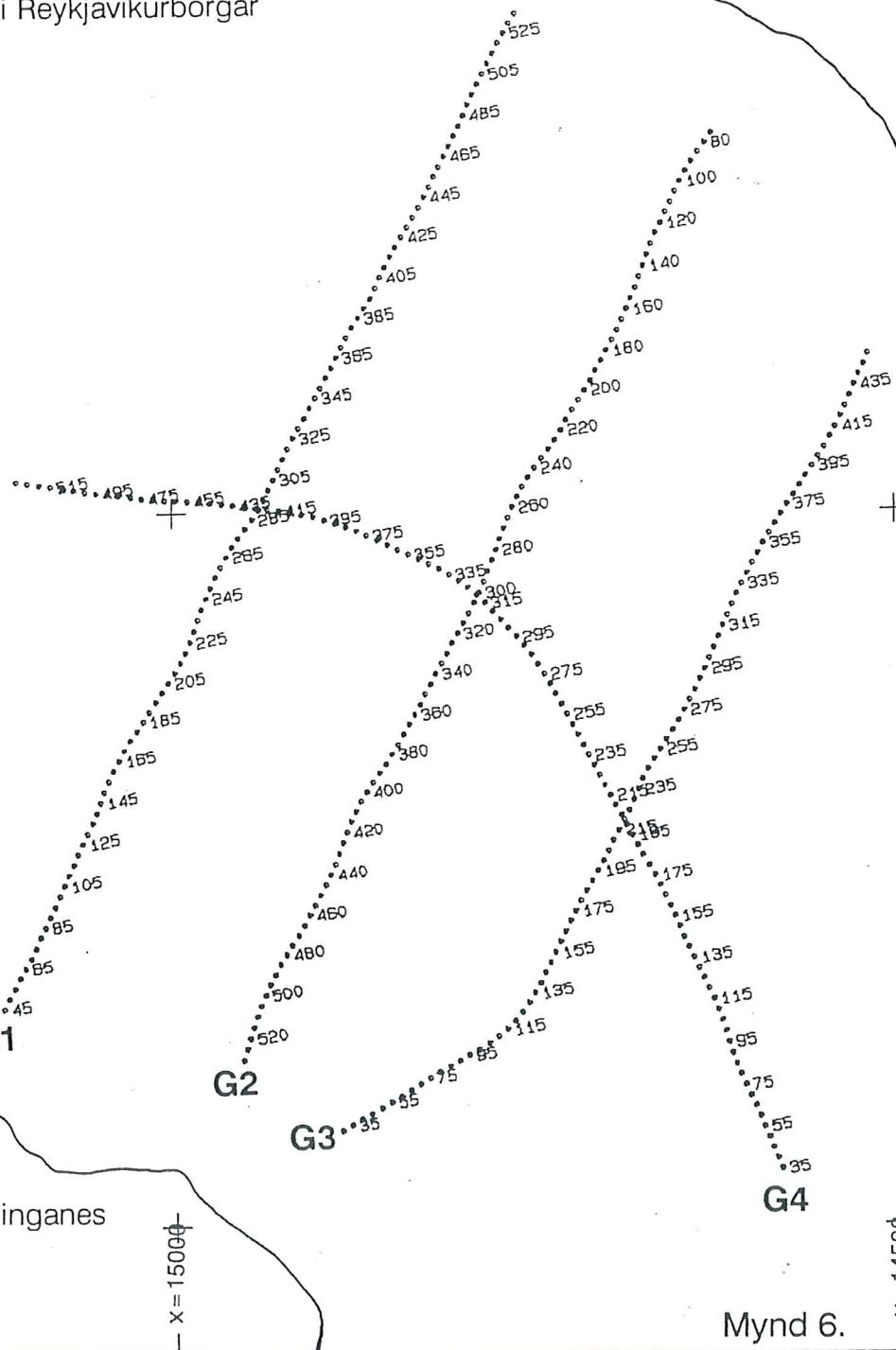
Gunnunes

GELDINGANES-GUNNUNES
Endurkastsmælingar 1993, cdp númer
Hnitakerfi Reykjavíkurborgar

+y=21400

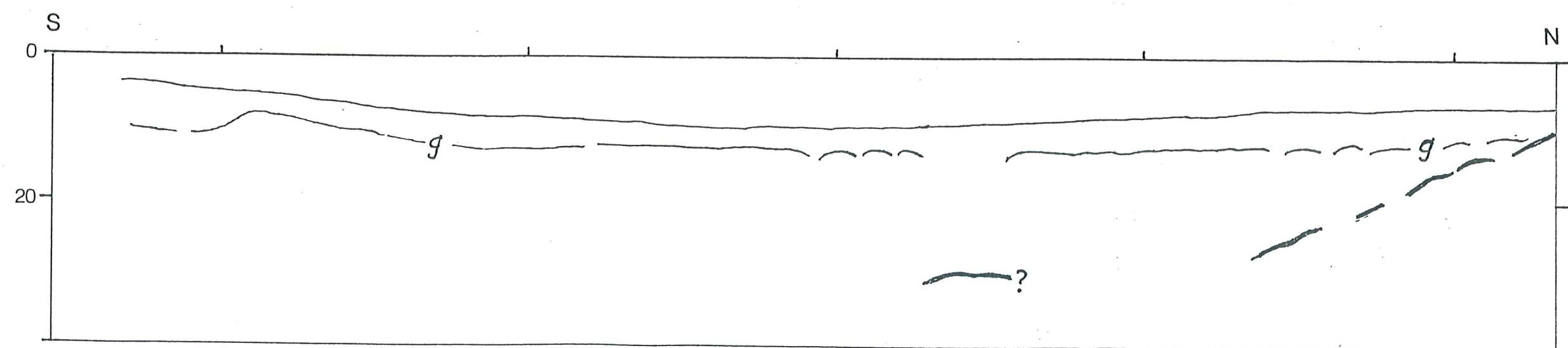
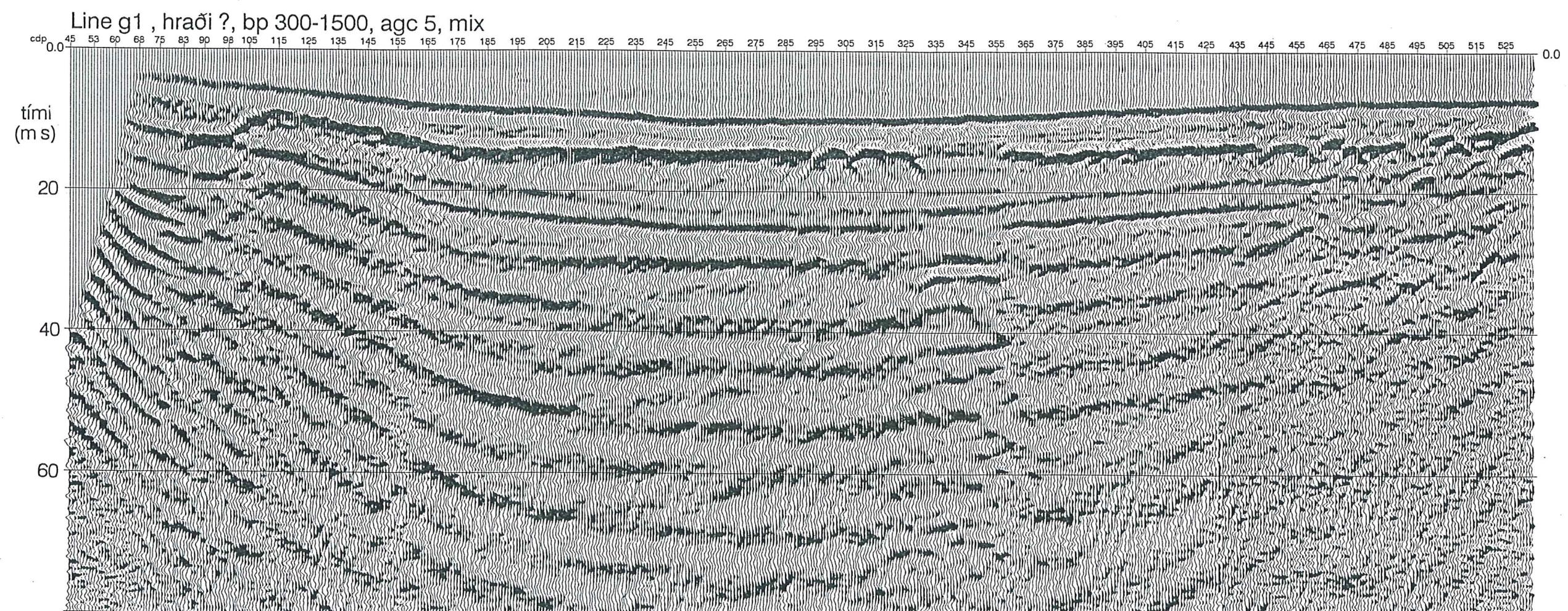


+y=21000



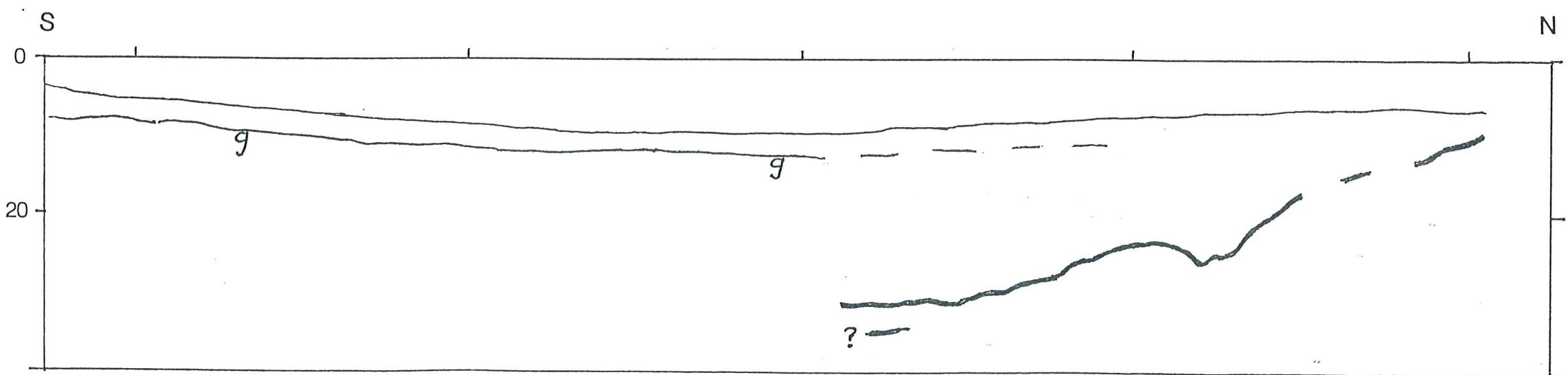
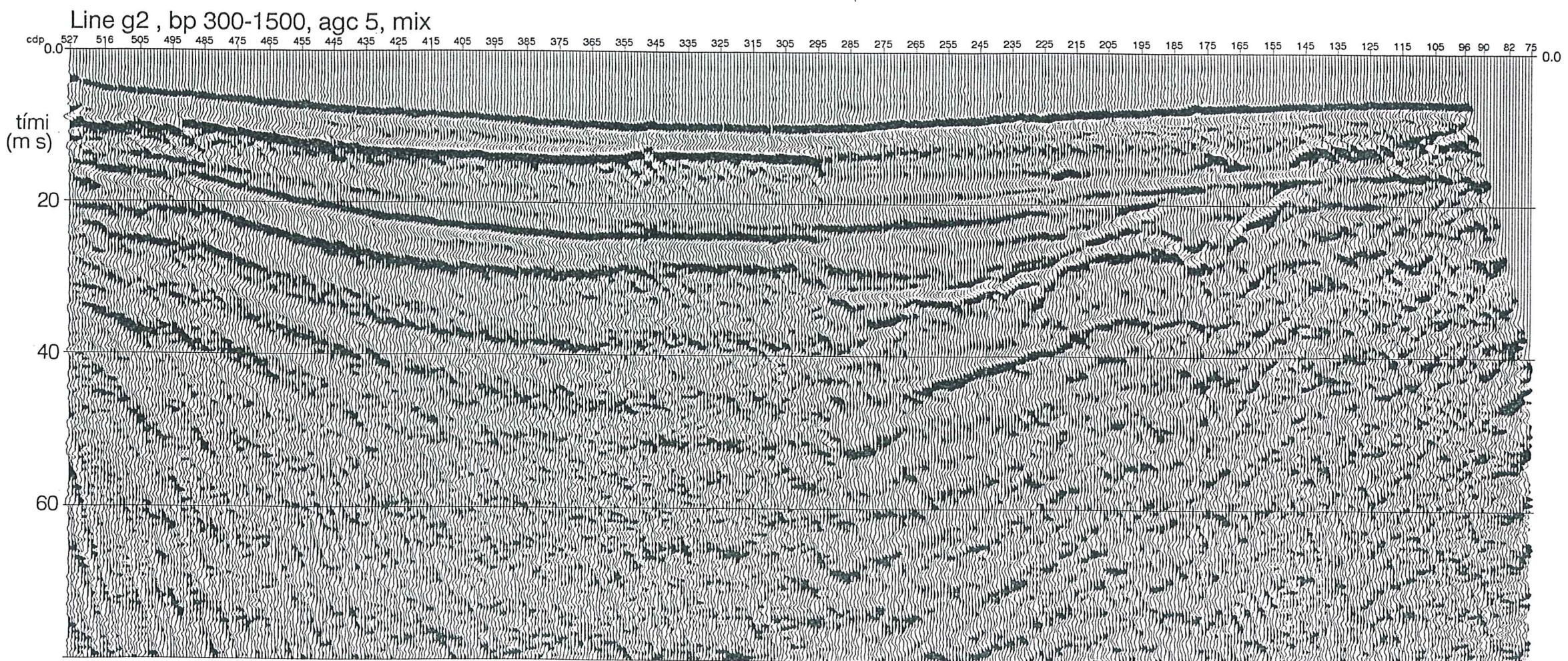
I JHD JEL 9000 KG
94.02.0077 AÁ

Mynd 7a. Lína G1



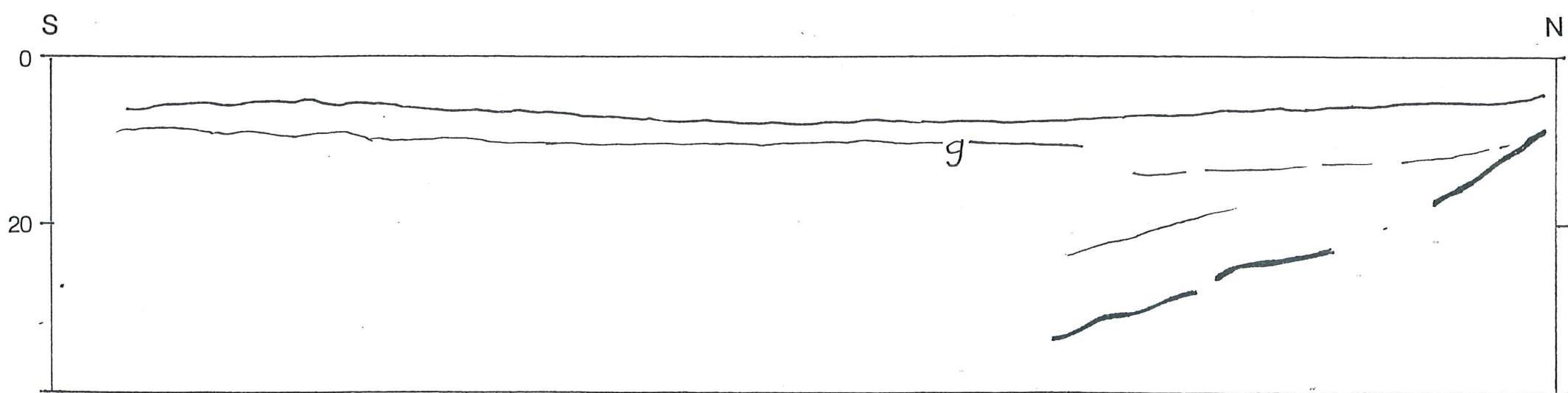
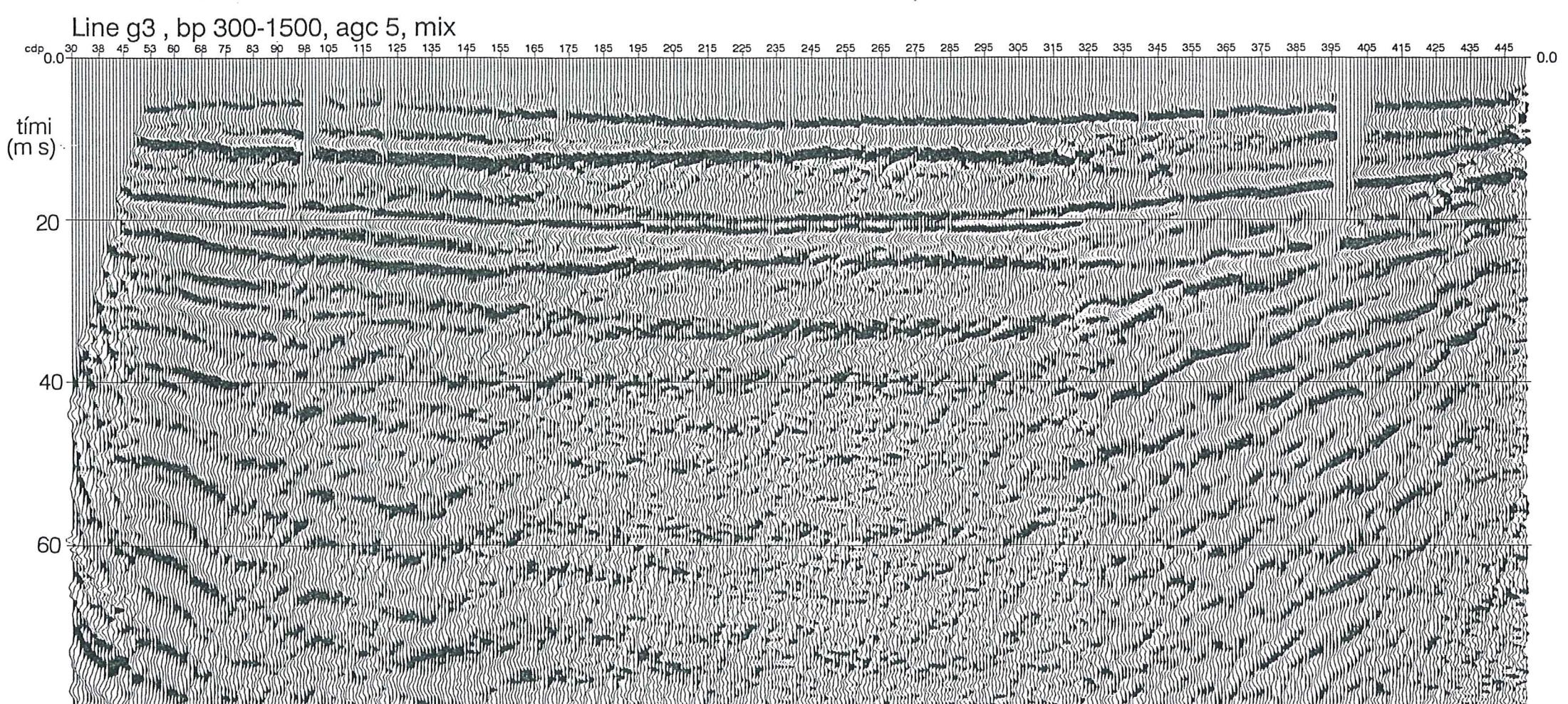
 JHD JEL 9000 KG
94.02.0078 Å

Mynd 7b. Lína G2



JHD JEL 9000 KG
94.02.0079 AÁ

Mynd 7c. Lína G3



 JHD JEL 9000 KG
94.02.0080 AÁ

Mynd 7d. Lína G4

Line g4 , hraði st., bp 300-1500, agc 5, mix

