



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

SÝNIEINTAK
-má ekki fjarlægja

**JARÐVATN OG VATNAJARÐFRÆÐI
Á UTANVERÐUM REYKJANESSKAGA**

III. Hluti: Viðauki um höggun

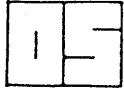
Freysteinn Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-85075/VOD-06

September 1985

MÁ EKKI FJARLÆGJA



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr.: 8931

**JARÐVATN OG VATNAJARÐFRÆÐI
Á UTANVERÐUM REYKJANESSKAGA**

III. Hluti: Viðauki um höggun

Freysteinn Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-85075/VOD-06

September 1985

V I Ð A U K I I I I

NOKKRIR ÞÆTTIR HÖGGUNAR

EFNISYFIRLIT

1	SPRUNGULEKT	3
1.1	Sprungumælingar	3
1.2	Sprungulekt og jarðlekt	6
1.3	Fyllingarlekt og skurðlekt	7
1.4	Sprunguvíddir	10
1.5	Sprungufjöldi	13
1.6	Sprungulekt og sprunguleiðni	16
1.7	Sprungulektarsvæði	20
1.8	Misleitnisvæði	24
2	HAGGALAR STEFNUR	28
2.1	Aldur sprungna	28
2.2	Sprungur og sprungulínur	29
2.3	Sprungustefnur og sprungusvæði	35
2.4	Misgengi og sig	39

MYNDASKRÁ

1	Sprungumælingar, mælilínur	4
2	Vídd, þversnið og ganghæð misgengissprungu	4
3	Víkkun og misgengi á mælisniðum	5
4	Vídd og fjöldi sprungna á mælisviðum	14
5	Fjöldi sprungna sem fall af vídd	14
6	Sprungulekt og víkkun	21
7	Sprungulektarsvæði, kvarðagildi	21
8	Lekt og misleitni í líkangrunni 1978	22
9	Helstu sprungur á utanverðum Reykjaneskaga	25
10	Samtengdar sprungur	30
11	Sprungur á Sandfellshæð	31
12	Sprungur á Vogaheiði	32
13	Sprungulínur	34
14	Stefnur sprungulína og gossprungna	34
15	Sprungustefnusvæði	37
16	Stærstu grófir (sigðældir) á utanverðum Reykjaneskaga	37
17	Strandarheiði, höggun	41
18	Dreifing á hæð misgengja	43
19	Vindingur við N-jaðar sprungusvæðis	43

TÖFLUSKRÁ

1	Víddir sprungna á mælisviðum	11
2	Sprungumælingar	12
3	Tíðni mældra sprunguvídda	15
4	Viðmál sprungulektar	17
5	Sprungulekt og sprunguvíkkun	20
6	Sprungulekt og sprungusvæðaflokkar	24

1 SPRUNGULEKT

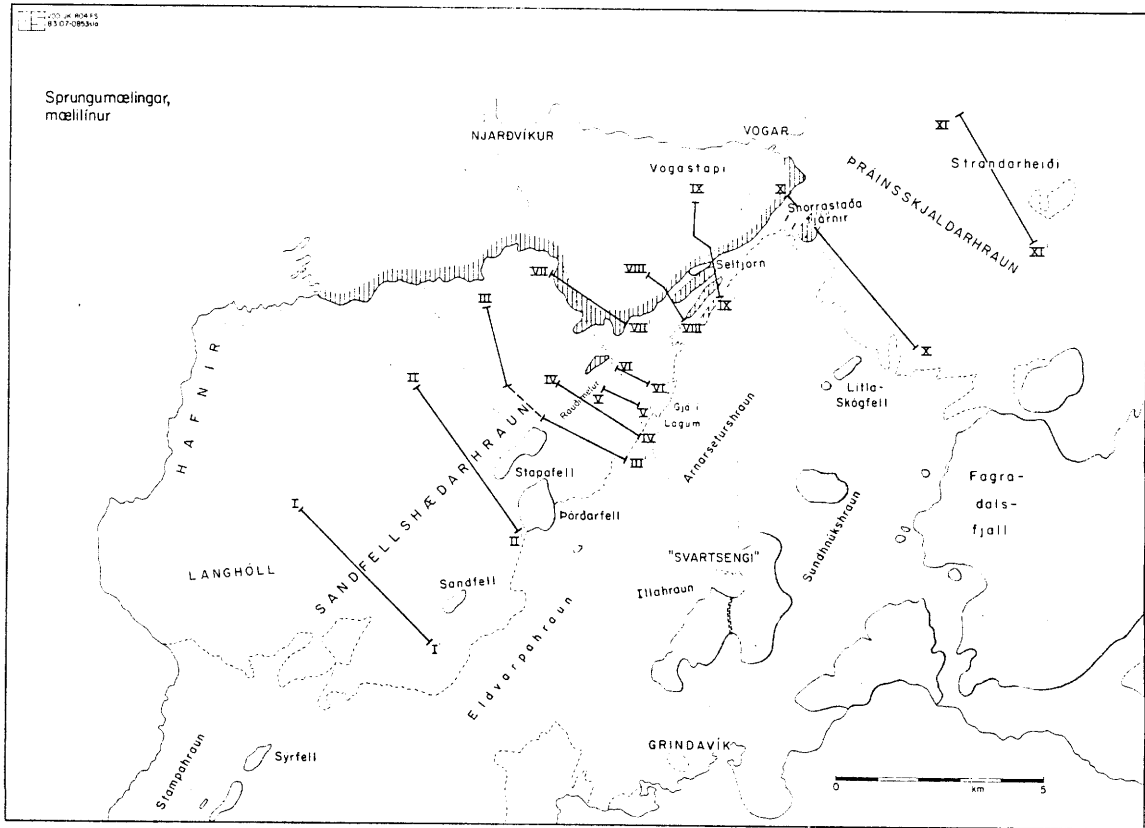
1.1 Sprungumælingar

Síðsumars 1979 mældu Snorri P. Snorrason og Sigurður G. Tómasson vídd sprungna og ganghæð misgengja á nokkrum sniðum yfir þann hluta sprungusvæðisins, sem sprungur sjást á og eru ekki huldar ungum hraunum. Svæði þetta liggur sem 4-5 km breitt belti með NV- og N-jaðri sprungubeltisins (mynd V.III-1). Misgengi voru flest mæld, en vídd einungis á vel opnum sprungum, sem rekja mátti góðan spöl.

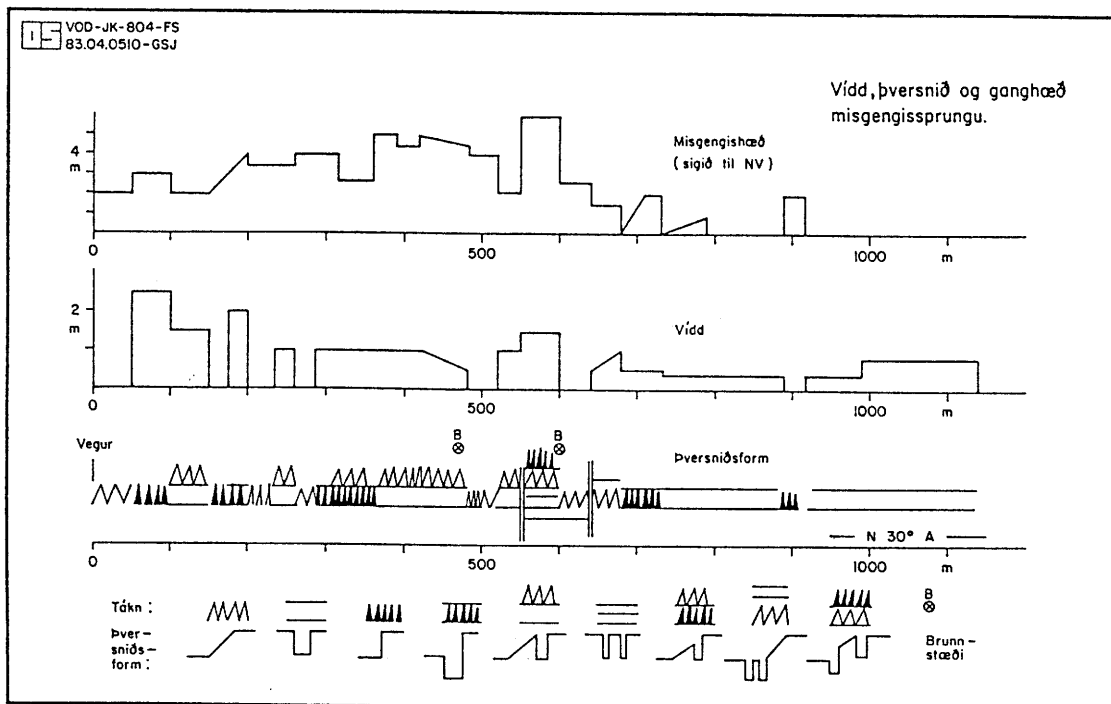
Veturinn 1979-80 vann Áslaug Geirsdóttir úr þessum mælingum. Mat á þeim niðurstöðum fór svo fram veturinn eftir (1980-81). Ljóst var frá upphafi, að þessar mælingar myndu ekki leysa allan vanda við mat á vatnsleiðni sprungnanna. Einungis er hægt að mæla vídd sýnilegra opinna sprungna. Duldar sprungur, sem ekki sér í á yfirborði, geta verið allt að 1/2 m víðar, eins og dæmi sanna, þar sem hrunið hefur ofan í þær. Aðrar sprungur eru opnar á smákafli, síðan lokaðar að því er virðist, opnar aftur og svo koll af kolli. Loks getur þversniðsform sprungna valdið vandkvæðum við val á mælistað. Dæmi um mun á misgengishæð, vídd og þversniðsformi frá einum stað til annars á sömu sprungu er sýnt á mynd V.III-2.

Sprunguvíddin er aðeins eitt þeirra viðmála, sem ráða sprungulekt. Lögum sprungu, gerð og áferð sprunguveggja og eðli hrunfyllingar hafa einnig áhrif. "Lekt" í einstökum sprungum segir heldur ekki alla söguna. Sprungulekt svæðis er í nánu sambandi við sprunguleiðni (e: "fissure transmissivity") svæðisins, sem er samsett úr vídd, eðli, lengd og stefnu allra sprungna á svæðinu, svo og tengingum þessara sprungna hvernar við aðra. Mun meiri vinnu hefði þurft til að mæla eða meta alla þessa þætti en varið var til sprungumælinganna. Eins og mál stóðu, var talið rétt að láta sitja við sprungumælingarnar í fyrstu. Hér skal samt á það bent, að framangreindar mælingar, eða mat, eru geranlegar, ef til þarf að taka.

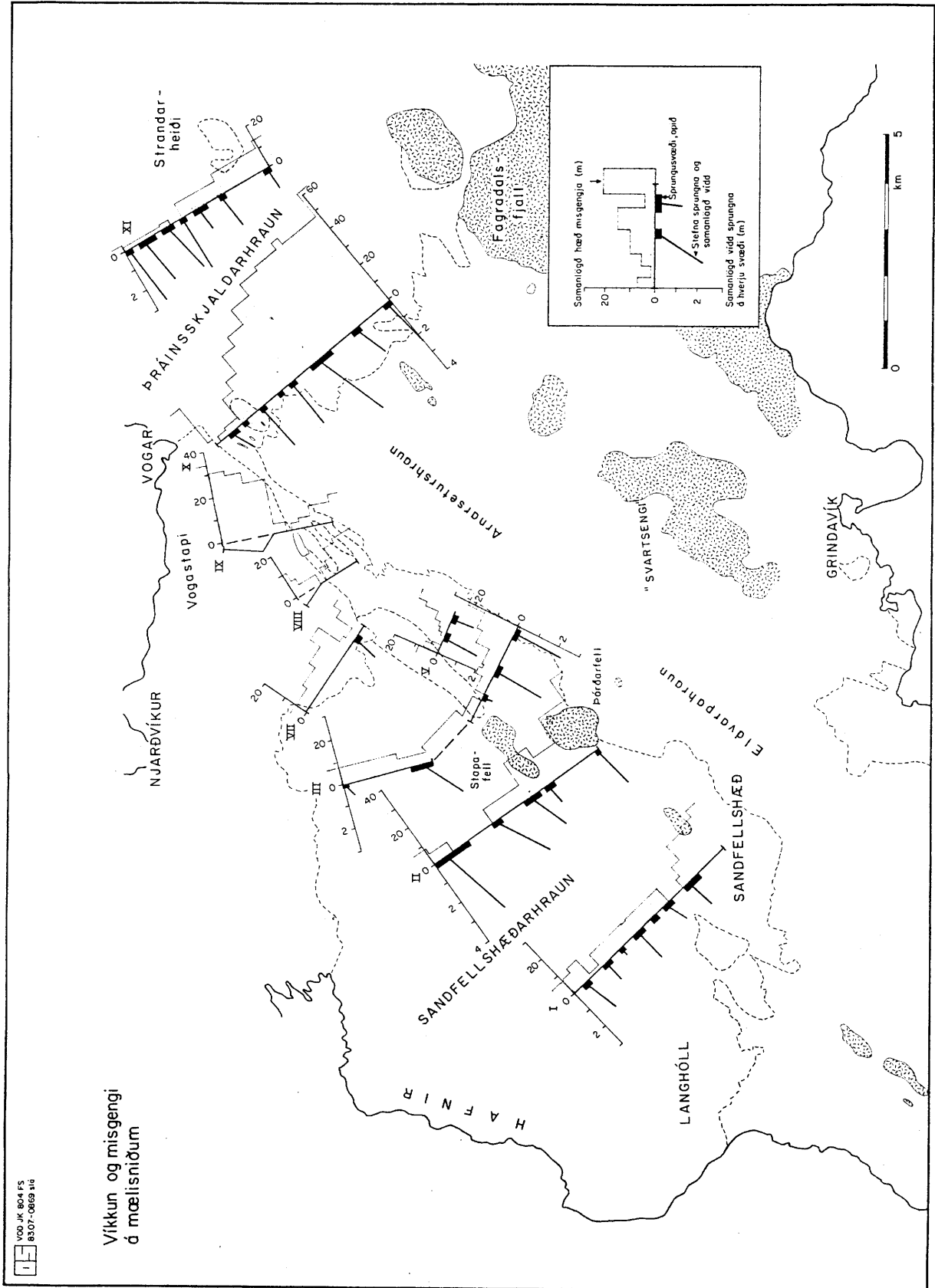
Flesta þessa þætti má samt meta, en mun ónákvæmar, á grundvelli þess, sem mælt var eða skoðað, hvort eð var. Því er sýnt, að sprungumælingarnar hafa leitt ýmislegt í ljós, þrátt fyrir allar takmarkanir. Bein niðurstaða eru sprunguvíddir og sprunguvíkkun á mælingasvæðinu (sjá mynd V.III-3). Á grundvelli þessara mælinga má einnig meta tíðni og fjölda sprungna (sjá V.III.1.5). Vangaveltur um "lekt" í sprungunum (sjá V.III.1.3) leiða til mats á sprungulekt og sprunguleiðni (sjá V.III.1.6) og hugmynda um skiptingu svæðisins í sprungulektarsvæði og misleitnimat (V.III.1.7). Þessi árangur verður að teljast viðunandi, þó óvissa sé enn mikil um mörg atriði.



MYND V.III-1 Sprungumælingar, mællínur



MYND V.III-2 Vídd, þversnið og ganghæð misgengissprungu



MYND V.III-3 Víkunn og misgengi á mælisnidalum

1.2 Sprungulekt og jarðlekt

Í jörðinni er leki ekki einungis um sprungur, heldur er bergið sem sprungurnar eru í, líka lekt. Sprungurnar auka þannig lekt bergsins (berglekt) sem nemur sprungulektinni. Samanlagðar valda þær lekt jarðarinnar, jarðlektinni. Sprungulektin er misleitin ("anisótróp") vegna dreifingar á sprungustefnum. Berglektin getur einnig verið misleitin. Munur er oft á lekt í lárétta og lóðrétta stefnu (hraunlagastafnar), en munur getur einnig verið eftir áttum í láréttum fleti (t.d. móbergshryggir). Um þann mun er lítið vitað og þó minna um stærð hans. Hér verður því ekki tekið tillit til hans, svo fastlega sem búast má víða við þessarri misleitni í berglekt. Misleitni sprungulektar veldur þá misleitni í jarðlekt, en því má lýsa hér á einfaldan hátt:

$$m_{k,j} = \frac{k_{j,a}}{k_{j,b}} = \frac{k_b + k_{s,a}}{k_b + k_{s,b}} ; \quad (1)$$

Þar sem :

$m_{k,j}$: misleitnistuðull jarðlektar (-)
 k_j : jarðlekt (m/s)
 k_b : berglekt (m/s)
 k_s : sprungulekt (m/s)
 a : aðalstefna (-)
 b : þverstefna (-)

Fræðilega séð mætti reikna misleitni sprungulektar á grundvelli mælanlegra viðmála í sprunguleiðni. Hverja opna sprungu fyrir sig má skoða sem leiðara, þar sem "lekt", vídd, lengd og stefna eru lýsandi viðmál.

Einföldunar vegna er hér einungis litið á lekt og leiðni í láréttum fleti. Sprungurnar eru þá sem samtengdir leiðarar. Þessir reikningar eru nokkuð flóknir og grunngögn voru heldur ekki nægjanleg. Einfaldara mat byggist á sprungustefnunum einum. Þá er gengið út frá því, að ekki sé munur á sprungulekt né -leiðni eftir því, hver sprungustefnan sé. Þessi forsenda er hæpin, því að í rauninni má búast við mestri víkkun í ákveðna átt á hverju sprungusvæði. Svo er þó að sjá, sem víkkunin sé yfirleitt mest þvert á ríkjandi sprungustefnur. Lektarmunur ætti því ekki að vera mikill í sprungum, sem dreifast að stefnu til um ríkjandi sprungustefnu, og víkja ekki þeim mun meira frá henni. Athugun á sprungunum (sjá V.III.2) bendir til þess, að stórar og opnar sprungur megi tengja saman um langa vegu, þær séu að vísu með nokkru millibili, en skerist þó og fléttist saman. Frá snið- eða fléttipunkti greinist þær í sprungugeira sem ríkjandi sprungustefna. Að vísu er sprungustefnan sem slík tvískauta (e.: "bipolar") en þar eð vatnið rennur bara í aðra áttina í senn, þá þarf heldur ekki að rekja sprungurnar nema í aðra áttina. Innan þessa geira streymir vatnið sitt á hvað, frá miðju eða að henni, eftir því hvernig sprungurnar fléttast. Að meðaltali er því rennslið í meðalstefnu geirans, en þó hefur það einnig stefnur til beggja handa, eftir því sem geirinn víkkar. Ef fléttunin er hvarvetna með sama mynstri á geiranum, þá samsvarar meðalfrávik frá miðju á hvorum

helmingi geirans um sig sem næst hálfri fjarlægðinni frá miðju að útjaðri geirans.

Gerðar voru lauslegar athuganir á 7 sprungugeirum, sem hver var 3-5 km að lengd. Fléttunarmynstur virðist vera hvarvetna svipað á hverjum geira fyrir sig og útjaðrar geiranna liggja mjög nærri beinum línunum. Geirar þessir eru því jafnt víkkandi og meðalfrávik samsvarar helmingunarlínu helmings geirans. Horn þau, sem geirarnir spanna frá upphafspunkti, eru þröng, eða á bilinu 8-23°, flest um 15°. Meðalfrávikahornið samsvarar því u.þ.b. 1/4 geirahornsins. Hlutfall þverbeindar rennslis (samsvarar hliðarfrávik) og aðalbeindar (í meginstefnu) er þá u.þ.b. jafnt og sinus af 1/4 af geirahorninu. Miðað við 15° geirahorn er hlutfall þverbeindar/aðalbeindar sem næst 1/15. Á þeim geirum, sem skoðaðir voru, var þetta hlutfall 1/20-1/10. Misleitni sprungulektarinnar er því sennilega hlutfallslega lítil. Svo fremi sem sprungulekt er ekki mun meiri en berglekt, sem er sjaldan, þá er hægt að sleppa áhrifum misleitni sprungulektar á misleitni jarðlektar, $k_b + k_{sp} \approx k_b$, sem verður þá:

$$m_{k,j} = \frac{k_{j,a}}{k_{j,b}} = \frac{k_b + k_s}{k_b} = 1 + \frac{k_s}{k_b}; \quad (2)$$

skýringar: sjá jöfnu (1)

Samfelldar, opnar sprungur eru sjaldnast meira en nokkur hundruð metra á lengd. Hins vegar taka þá iðulega við aðrar opnar og samfelldar sprungur, þannig að á milli þeirra er stuttur kafli, heill að sjá að kalla, eða endarnir eru lítillega hliðraðir, en standast annars næstum á. Þessar sprungur má því hæglega tengja saman og rekja svo kílómetrum skiptir (sjá mynd V.III.3). Heilu kaflarnir á milli opnu kaflanna í sprungunum verka sem þröskuldur í sprungurásinni. Sé tekin hliðstæða af (raf-)viðnámunum og (vatns-)leiðurum, þá samsvara sprungurnar leiðurum. Áhrif samhliða sprungna leggjast því einfaldlega saman, en í raðtengdum sprungum gætir heilu kaflanna hlutfallslega mun meira. Þessi áhrif eru þó e.t.v. ekki eins mikil og halda mætti við fyrstu sýn. Heilu kaflarnir eru sjaldnast alheilir, heldur að stórum hluta alsettir fínum og þéttum sprungum. Sú "sprungni" (þ.e. hvernig bergið er sprungið) veldur að vísu minni sprungulekt en víðar og opnar sprungur, en dregur þó mjög úr "þröskuldar"-áhrifum heilu kaflanna. Einnig er á að líta, að sprungulektin í jörðinni á þessu svæði er sjaldnast til neinna muna meiri en berglektin, sem dregur einnig úr "raðtengingar"-áhrifum lekari og þéttari sprungukafla. Það er því ekki ástæða til að halda, að sprungulektin sé til muna minni í raun, en þó sprungurnar væru samfelldar og opnar alla lengd sína.

1.3 Fyllingarlekt og skurðlekt

Í vatnslaginu eru sprungur þessar þó sjaldnast opnar, heldur fylltar af hruni úr sprungubörmum. Í hraunum og grágryti er hrun þetta einkum basaltkólfar, hellur og flísar. Molar þessir eru yfirleitt brúnóttir (kantaðir) og raðast því þannig, að stór hólrum verða á milli þeirra. Þau geta verið fyllt af minni molum, en ekki er þess

alltaf að vænta. Finni efni berast í nokkrum mæli í sprungurnar. Yfirborð eldri hrauna er oftast nokkuð veðrað og skolast sandur, eða jafnvel mold ofan í sprungurnar í úrkomum og leysingum. Sandfoks gætir víða suðvestan Stapafells og er það ættað úr Stóru-Sandvík. All víða má sjá að þessi fínu efni mynda þekju efst í hrunfyllingunni. Er hún oft vaxin mosa eða jafnvel æðri gróðri, og hindrar þá væntanlega að mestu frekara niðurrennsli finni efna. Í Gjá í Lágum mátti sjá, að svona þekja hafði myndast ofan á hraunfyllingunni neðan vatnsborðs. Það eru því verulegar líkur á því, að hrunfyllingin sé oftast en hitt lítið fyllt. Lekt í henni er þá sennilega sambærileg við grófa möl, eða jafnvel hreina hnullungamöl, þó ugglaut sé hún æði mismunandi eftir stöðum. Það er því ekki ósennilegt, að lekt þessi sé að stærð til á bilinu 1-10 m/s. Víkkun, sem nemur 1 m/km, samsvaraði þá sprungulekt á því svæði, sem næmi 1×10^{-3} - 1×10^{-2} m/s. Á mældum sniðum væri hún þá $0,2 \times 10^{-3}$ - $4,6 \times 10^{-2}$ m/s (sjá V.III.1.4, töflu V.III-2), eða svipuð að stærð og berglekt á svæðinu (sjá Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980).

Sem hámarksgildi sprungulektar má velja gildi, er samsvöruðu því, að sprungurnar væru opnar, ófylltir skurðir. Að höfðu samráði við Jón Ingimarsson (þá verkfræðing á Straumfræðistöð og nú deildarstjóra á Vatnsorkudeild) var afráðið að styðjast við svokallaða "Manning's-formúlu" og miða við hrjúfleiða skurðveggja svipaða og í möl væri. Út úr henni má einangra einskona lektarígildi, hér merkt með "k", sem er háð vídd sprunganna. Þá gildir:

$$Q = F \times v ; \quad (3)$$

$$v = "k" \times i ; \text{ (Darcy's lögmál)} \quad (4)$$

Þar sem:

- Q : Rennsli (m^2/s)
- F : Flatarmál þversniðs (m^2)
- v : Rennslis hraði (m/s)
- "k": Lektarígildi (m/s)
- i : Þrýstingsfall (vatnshalli) (m/m)

Manning's formúlu má umrita fyrir hraða:

$$v = (M \times R^2/3) \times i \text{ eða } j ; \quad (5)$$

Úr (4) og (5) má lesa "lektarígildið":

$$"k" = M \times R^2/3 ; \quad (6)$$

Þar sem:

- M : Hríufleikastuðull (m^3/s)
(viðnám farvegs)

og

$$R : A/P ; \quad (6)$$

Þar sem:

- A : Flatarmál þversniðs (m^2)
- P : "Vætt ummál" þversniðs (m)

Sé gert ráð fyrir sprungu, jafnvíðri upp úr og niður úr, með víddina

undir vatnsborði r (m) og dýptina h (m), þá er:

$$A = h \times r ; \quad (7)$$

$$P = 2h + r ; \quad (8)$$

þar sem:

$$h \gg r ; \quad (9)$$

þá er

$$P \approx 2h ; \quad (10)$$

og

$$R = A/p = \frac{h \times r}{2h} = r/2 ; \quad (11)$$

Lektarígildið verður þá:

$$"k" = M \times (r/2)^{2/3} = M \times 1/2^{2/3} \times r^{2/3} ; \quad (12)$$

Fyrir stuðulinn M var valið gildi 50, en auðvitað má deila um, hversu vel það gildi hæfi. Lektarígildið er með þessum einföldunum og umreikningum einungis háð viðnámi farvegs og vídd sprungunnar:

$$"k" = 31,5 \times r^{2/3} ; \quad (13)$$

Lektarígildi þetta verður hér á eftir látið samsvara því sem kalla mætti "skurðlekt" eða "skurðleiðni", þegar það á við. Sú "lekt" er hér valin sem efri mörk líklegs lektargildis í sprungum og gjám. Sem neðri mörk er valið gildið 1 m/s, sem fyrr segir ("fyllingarlekt"). Munur efri og lægri marka er allt að 50-faldur. Á þeirri forsendu að raunveruleg "lekt" sé einhvers staðar á milli þessara marka, er farið bil beggja og valið meðalgildi efri og neðri marka (geómetrískt eða lógaritmískt meðaltal). Sú lekt verður þá:

$$k' = "k" \times k_f ; \quad (14)$$

þar sem:

k' : Meðallektargildi (m/s)

" k " : "Skurðlektar"-gildi (m/s)

k_f : "Fyllingarlektar"-gildi (m/s)

eða samræmt (13) og (14):

$$\begin{aligned} k' &= 31,5 \times r^{2/3} \times 1 \\ &= 31,5 \times r^{2/3} \\ &= 5,6 \times r^{1/3} ; \end{aligned} \quad (15)$$

Í samræmi við "lekt" þessa er þá líka hægt að reikna "leiðni" eða "leiðniígildi" fyrir sprungu, en hún er margfeldi af "lekt" og vídd:

$$T = r \times k' = r \times 5,6 \times r^{1/3} = 5,6 \times r^{4/3} ; \quad (16) \quad (16)$$

þar sem:

T : Vatnsleiðni (e: transmissivity) (m^2/s);

Athygli skal vakin á því, að hér er ekki um raunverulega leiðni (T) að ræða, sem miðast við þykkt veitisins, heldur áhrif lektar í þversniði af ákveðinni breidd. Stærð (dimension) er sú sama og leiðni hefur og

Því er hér talað um "leiðni" eða "leiðniígildi", en sú notkun þess heitis er vissulega varasöm.

Þá er hægt að reikna "leiðni" fyrir sprungur, sem hafa þekkta vídd. Einnig er hægt að leggja saman "leiðni"-gildi fyrir slíkar sprungur í sniði og fá út samanlagða leiðni þeirra. Í hana má svo deila með lengd sniðsins og fæst þannig gildi fyrir sprungulektina í sniðinu:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{L} \quad ; \quad (17)$$

þar sem:

n : Raðtala sprungna í sniðum;
L : Lengd sniðsins (m)
 T_i : "Leiðni" í hverri sprungu (m^2/s);

Sprungulekt þessa er hægt að reikna fyrir snið eða hluta af sniðum. Hún nær þó einungis til þeirra sprungna, sem mældar voru. Þrengri sprungna eða hulinna sprungna gætir ekki. Sprungulektin er fyrst og fremst háð vídd sprungna, eins og að framan greinir. Ítrekað skal, að hér er í raun ekki um raunverulega lekt að ræða, heldur lektarígildi og útreikningur þess er reistur á umdeilanlegum grunni. Hér er þó um nálgunaraðferð að ræða, sem gefur einhverja hugmynd um áhrif sprungnanna.

1.4 Sprunguvíddir

Einungis var mæld vídd sprungna, sem voru vel opnar og rekja mátti opnar nokkurn spöl. Vídd getur verið nokkuð breytileg á sömu sprungu, þó aðeins sé litið á stutta vegalengd eftir henni. Þetta skiptir ekki máli, ef sprungurnar eru það margar, að tölfræðileg ("statistisk") skekkja verði lítil, þó mæld sprunguvídd sé ekki alveg marktæk fyrir viðkomandi sprungu. Svo er þó ekki, mældar sprungur eru fremur fáar. Því var við mælingar einnig tekið tillit til víddar hvernar sprungu í næsta nágrenni við mælistað (til beggja átta), og mæligildi jafnvel leiðrétt með tilliti til þess, ef ástæða var talin til þess.

Fjöldi sprungna með ákveðna vídd á hverju sniði er tilgreindur í töflu V.III-1.

TAFLA V.III-1.

Víddir sprungna á mælisniðum

Sprungu- vídd:	Fjöldi sprungna; númer sniða:						Alls
	I	II	III	IV+V+VI	X	XI	
0,1 m	4	0	0	0	0	0	4
0,2 -	6	2	2	9	6	4	29
0,3 -	0	0	2	0	3	2	7
0,4 -	4	4	1	6	4	3	22
0,5 -	0	0	3	2	0	1	6
0,6 -	0	1	3	4	3	1	12
0,8 -	2	1	3	1	1	3	11
1,0 -	3	2	0	1	3	2	11
1,5 -	0	1	0	0	0	0	1
2,0 -	0	2	0	0	0	3	5
	19	13	14	23	20	19	108

Athygli vekur, að fleiri sprungur hafa samkvæmt þessu víddir, sem tjást með jöfnum tölum aftan við kommu (0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 2,0), en með ójöfnum (0,1; 0,3; 0,5; 1,5) eða nærri heilum tölum og (0,8). Trúlega liggur þannig í því, að lagfæring á mældum gildum (sjá hér að framan) hefur frekar verið skráð sem jöfn tala en sem ójöfn. Þessi munur hverfur nefnilega að mestu, ef "síðar" eru saman þrjár sprunguvíddir í senn (:i-1, i, i+1); sjá V.III.1.5.

Sem einkennistölu fyrir víddir á hverju sniði, eða hluta af sniði, má velja það, sem kalla mætti "víkkun", þ.e. samanlagða sprunguvídd á lengdareiningu sniðs (m/km). Víkkun þessi samsvarar því hlutfallslegri gliðnun á jarðaryfirborði vegna sprungumyndunar. Hún þarf hvorki að samsvara heildargliðnun á yfirborði né gliðnun í djúpum jarðar, því að samfara sprungumynduninni getur orðið snörun, beyglun og samþjöppun bergs. Slík heildargliðnun skiptir meginmáli í sambandi við landrek og aðrar hnatthaggalar kenningar (e.: "global tectonics"), en víkkun um sprungur nærri yfirborði skiptir hins vegar meginmáli fyrir grunnvatnsrennsli í ferskvatnslaginu á þessum slóðum. Víkkunin ein segir þó ekki alla söguna, því að hlutfallsfjöldi sprungna með mismunandi vídd hefur líka sitt að segja, þar eð sprungulekt (lektarígildi) er meiri í víðum sprungum en þröngum. Víkkun og samanlagðar sprunguvíddir á sniðum eru tilgreindar í töflu V.III-2.

TAFLA V.III-2.

Sprungumælingar

<u>Snið</u> Nr.	<u>Lengd sniðs</u> km	<u>Samanlögð vídd</u> m	<u>"Víkkun</u> m/km
I	4,6	7,8	1,7
II	4,2	10,9	2,6
III*	5,2	7,1	1,4
IV	2,2	9,4(1,4)	4,3(0,6)
V	0,9	3,2	3,6
VI	0,8	3,7	4,6
VII	2,4	1,4	0,6
VIII	1,6	0,3	0,2
IX	2,4	0	0
X	4,9	15,5	3,2
XI	3,7	13,2	3,6

* Snið III er í 2 hlutum:

NV-hluti:	2,0	3,5	1,8
SA-hluti:	2,3	3,6	1,6

Lengd allra sniðanna er mæld á milli endapunkta. Snið I, II, X og XI ná þvert yfir samfelld sprungusvæði. Hin sniðin ná aðeins yfir hluta þess. Á sniði IV er mæld vídd einnar sprungu um 8 m. Hér mun ekki vera um raunverulega "sprungu" að ræða, heldur niðursiginn og hrunkpaktan bergfleyg á milli tveggja sprungna. Með tilliti til mismunar á sprunguvídd við yfirborð og í vatnslagi, þá er samanlögð vídd á nefndum 4 sniðum svipuð, eða um 10 m á hverju sniði.

Athygli vekur, að víkkun á lengri sniðunum er íðulega nærri 3 m/km. Á sumum sniðanna er hún hvarvetna svipuð (sjá mynd V.III-3). Í Lágum, og á litlu svæði í Strandarheiði, er hún meiri, eða um 5 m/km. Í grágrýtinu umhverfis Seltjörn og í Njarðvíkurheiði virðist hún vera sem næst engin. Það gæti verið blekking, því að laust drasl (jökulruðningur og jarðvegur) gæti hulið opnar sprungur í grágrýtinu. Víkkunin er sennilega mest í sigðældum, og þarf það svo sem ekki að koma á óvart.

Á mynd V.III-3 er sýnd "víkkun" á einstökum hlutum sniðanna (sniðum IV og VI er sleppt í myndinni). Munur er furðu lítill á sumum sniðanna, sem fyrr segir. Á sniði I (Langhóll-Sandfellshæð) eru gildin 2,0-2,3 (m/km); á sniði II (Arnarbæli-Lágafell) 2,1-2,8 (m/km); á sniði X (Vogaholt) 2,9-3,5 (m/km). Á öðrum sniðum er munurinn meiri: Á sniði XI (Strandarheiði) 1,0-5,8 (m/km). Á sniðum VII og VI samtengdum (Vogastapi-Lágasvæði) 0,1-4,6 (m/km).

1.5 Sprungufjöldi

Fjöldi (tíðni) sprungna með ákveðna vídd er tilgreindur í töflu V.III-3. Auk þess er hann sýndur á mynd V.III-4. Á það skal bent, að tölur þessar eru heldur hærri fyrir sumar víddir en sambærilegar tölur í töflu V.III-1, sem von er, því að þar voru sprungur á sniðum VII, VIII og IX ekki taldar með, sökum þess hve fáar þær eru á hverju sniði. Sem fyrr segir (V.III.1.4) koma víddir með jöfnum tölum (0,2; 0,4; 0,6; 1,0; 2,0 m) oftast fyrir en víddir með ójöfnum tölum. Þetta er talið hafa aðferðafræðilegar ástæður og megi því sennilega bæta úr því með "síun", þar sem fjöldi sprungna með næsta víddargildi ofan og neðan við hlutaðeigandi víddargildi eru talin með því gildi til meðaltals:

$$n'_i = \frac{n_{i-1} + n_i + n_{i+1}}{3}; \quad (18)$$

Þar er:

- n_i : Fjöldi sprungna með ákveðið víddargildi;
- i : Raðtala víddargilda með vaxandi sprunguvídd.

Notuð víddargildi eru ekki með jöfnu bili frá núlli, heldur eru einungis notuð viss gildi. Yfirleitt mun þrengri sprungum en 0,2 m hafa verið sleppt við mælingarnar, m.a. af tæknilegum ástæðum (ákvörðun, hvað sé sprunga o.s.frv.). Valin hafa verið ákveðin mæligildi (matsgildi), þannig að bil á milli þeirra er meira, því meiri sem víddirnar eru. Hvað dreifingu varðar hefur því fjöldi mæligilda mismikið gildi. Frá 0,2 og upp í 0,5 m gilda mæligildin jafnan fyrir 0,1 m. Fyrir hærri víddargildi stækka bilin svo að mæligildið 2 m spannar sem næst bilið 1,75-2,5 m. Þessi vægi má jafna með því að deila í fjölda á hverju bili með hlutfallslegri lengd bilanna. Reiknaður er fjöldi á 0,1 m breiðu bili. Vægisjöfnum og "síun" má tjá formlega:

$$n_{r,b} = \frac{n'_r}{b/0,1}; \quad (19)$$

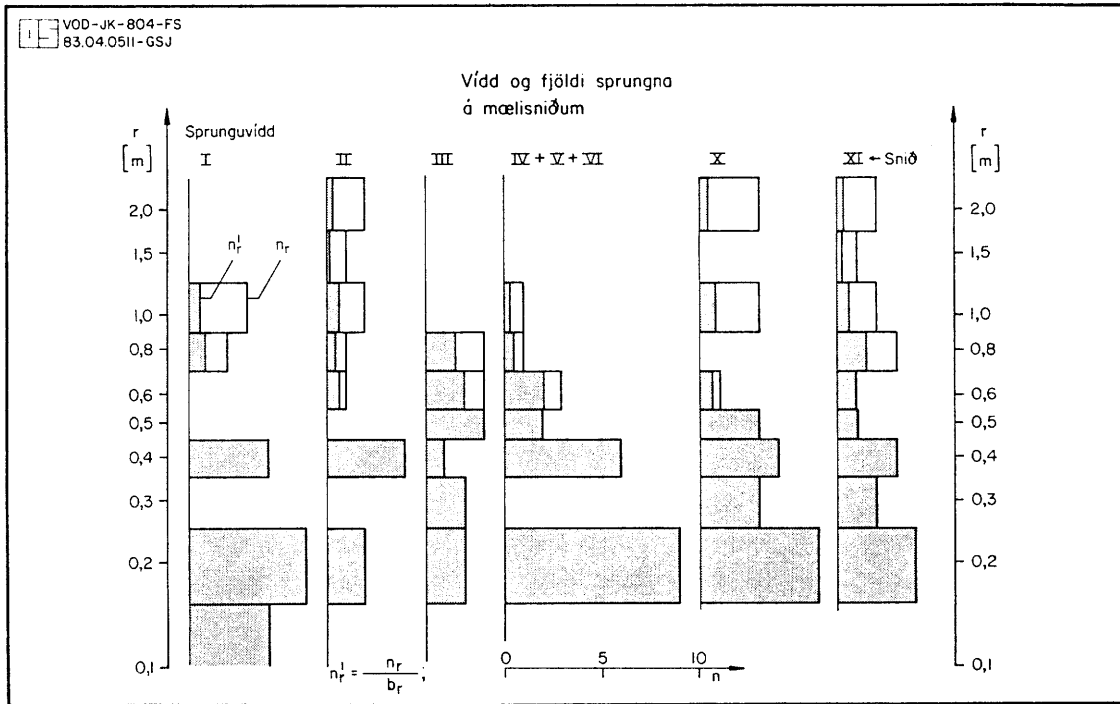
- þar sem er : n_r : Fjöldi sprungna með vídd r
- b : Bil ("spönn") mæligildis

þá er:

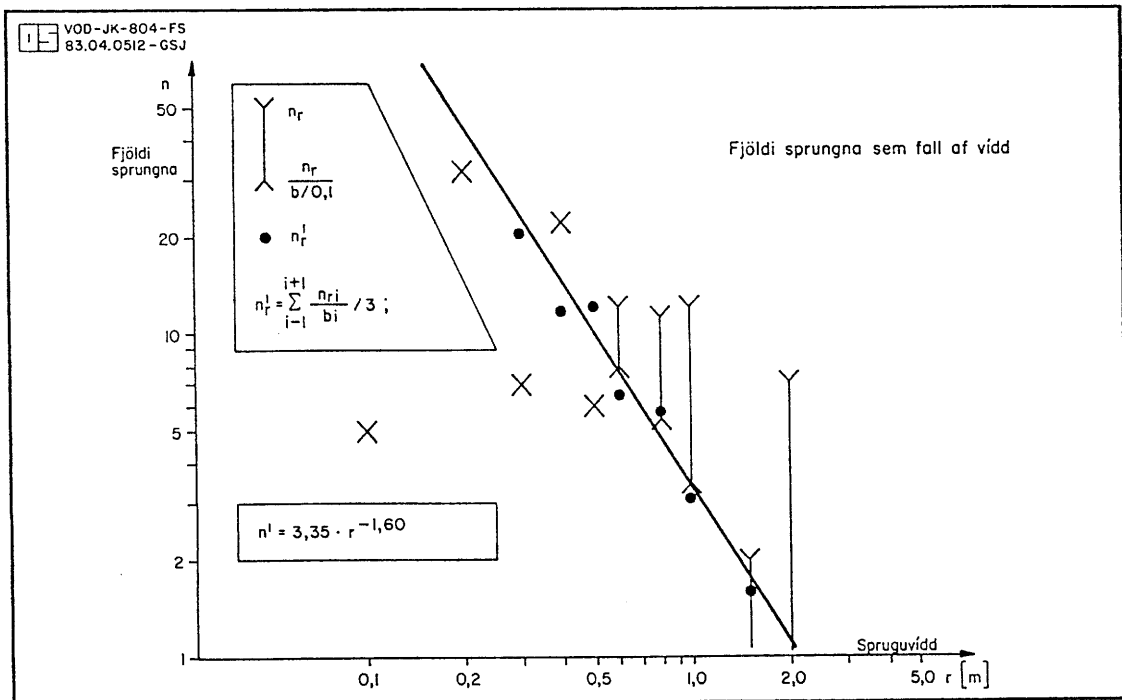
$$n'_r = \frac{\sum_{i=1}^{i+1} n_{r,i}}{3}; \quad (20)$$

Þar sem: n'_r : Fjöldi sprungna með vídd r , (eftir "síun").

Bent skal á, að n'_r í jöfnu (20) svarar til n'_i í formúlu (18), hvað síun eina varðar. Reiknuð gildi fyrir n'_r verða samkvæmt framansögðu lítið marktæk fyrir sprunguvíddir < 0,2 m. Niðurstöður reikninga þessarra fyrir öll mæligildi á sprunguvíddum, 116 talsins, eru tilgreind í töflu V.III-3 og sýnd á mynd V.III-5.



MYND V.III-4 Vídd og fjöldi sprungna á mælisniðum



MYND V.III-5 Fjöldi sprungna sem fall af vídd

TAFLA V.III-3.

r Vidd m	<u>Tíðni mældra sprunguvídda</u>			
	n_r fjöldi	b Bil mæligilda m	$n_{r,b}$	n'_r
0,1	5	0,1	5	-
0,2	32	0,1	32	(14,7)
0,3	7	0,1	7	20,3
0,4	22	0,1	22	11,7
0,5	6	0,1	6	12,0
0,6	12	0,15	8	6,5
0,8	11	0,2	5,5	5,7
1,0	12	0,35	3,4	3,1
1,5	2	0,5	0,4	1,6
2	7	0,75	0,9	-

Gildapörin (n'_r ; r) liggja á log x log pappír mjög nærri beinni línu. Sé hún gild fyrir sambengi á milli n'_r og r, þá er samband þeirra:

$$n'_r = 3,35 \times r^{-1,60} ; \quad (21)$$

Hér gæti verið um einhliða, lógaritmiska máldreifingu að ræða. Sé svo, þá gæti þetta samband gilt líka utan þess bils, sem það var rannsakað á. Óvisst er þó, fyrir hversu smá gildi á r það gildi, eins og fyrir segir. Talan 3,35 er háð fjölda mælinga og grunnbilinu (0,1 m), sem miðað er við. Óvisst er um gildisvið tölunnar í veldisvísinum (1,60), en geta má sér þess til, að hún sé svæðisbundin og háð m.a. jarðgerð og höggulum aðstæðum. Fyrirnefnt samband má þá rita á almennan hátt:

$$n'_r = a \times r^{-b} ; \quad (22)$$

Þar sem a er stuðull háður mælingunum en b er stuðull háður sprungu-
svæðinu. Sambandið á milli sprunguvíddar og sprungufjölda væri þá heildunarhæft fall ("intergraltæk funktion") fyrir öll gildi stærri en núll ($0 < r < \infty$).

$$N_{m,1} = \int_{r=1}^{r=m} n'_r dr = \frac{a}{0,1 (-b+1)} \cdot r_{m,1}^{-b+1}, (r>0); (23)$$

Þar sem :

- N : Heildarfjöldi sprungna
- m,1 : Efri og neðri mörk sprunguvíddarbila (m)
(sjá töflu V.III-4).

1.6 Sprungulekt og sprunguleiðni

Þar eð fjöldi sprungna á hverju 0,1 m breiðu sprunguvíddarbili er þekktur (jafna 22), þá er einnig samarlögð vídd allra sprungna á því bili þekkt:

$$R_r = n'_r \cdot r = a \cdot r^{-b+1}; \quad (24)$$

Þetta fall er líka heildunarhæft fyrir $0 < r < \infty$:

$$R_{m,l} = \int_{r=1}^{r=m} r_r \cdot dr = \frac{2}{0,1(-b+2)} \cdot r_{m,l}^{-b+2}, \quad (r > 0); \quad (25)$$

R : Samarlögð vídd sprungna á sprunguvíddarbilinu m til l (m)

Samkvæmt jöfnu (12) og vangaveitum um lekt, sem henni fylgja, er "lekt" sprungna með ákveðna sprunguvídd:

$$k'_r = 5,6 \times r^{1/3}; \quad (26)$$

"Lektaráhrif" allra sprungna (eiginlega leiðniáhrif) með þessa sprunguvídd verða þá:

$$T_r = R_r \times k'_r = 5,6 \times a \times r^{-b+1+1/3}; \quad (27)$$

Leiðni (lektaráhrif) allra sprungna er þá:

$$T_{m,l} = \int_{r=m}^{r=l} T_r \cdot dr = \frac{5,6 \cdot 10 \cdot a}{-b + 2 \frac{1}{3}} \cdot r_{m,l}^{-b + 2 \frac{1}{3}}; \quad (28)$$

Sprungulekt af völdum allra sprungna á sprunguvíddarbilinu frá m til l er þá:

$$k_{m,l} = \frac{\int_{r=m}^{r=l} T_r \cdot dr}{L}; \quad (29)$$

þar sem :

L : Samarlögð lengd allra sniða (m)

Að þessu öllu gefnu er hægt að bera saman hin ýmsu viðmál ("parametra") sprungulektarinnar (N, R, k o.fl.) fyrir ýmis sprunguvíddarbil. Þessi samanburður er sýndur í töflu V.III-4.

TAFLA V.III-4

Viðmál sprungulektar

<u>Viðmál:</u>	<u>Sprunguvíddarbil (m):</u>			
	0,15-2,5 (mælt)	0,15-2,5 (reiknað)	0,001-0,15 (reiknað)	2,5-10 (reiknað)
N	116	142	3360	18
n	3,5	4,3	102	0,5
R	70,0	81,5	34	90
r	2,2	2,5	1,0	2,7
k	$11,8 \times 10^{-3}$	$13,2 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$26,7 \times 10^{-3}$

N : Heildarfjöldi sprungna (-)
 n : Fjöldi sprunga á 1 km sniðs (km^{-1})
 R : Heildarvídd sprungna (m)
 r : "Víkkun" (vídd á 1 km sniðs) (m/km)
 k : Sprungulekt (m/s)
 L (heildarlengd sniða) er 32,9 km

Mældum og metnum gildum á sprunguvíddarbilinu 0,15-2,5 m (sjá töflu V.III-5) ber vel saman. Samkvæmt jöfnu (23) ættu sprungur á bilinu 0,15-0,35 m að vera um 70, en 0,2 og 0,3 m víðar sprungur töldust aðeins 37. Þar getur að einhverju leyti verið um staðtölulegt frávik að ræða, að einhverju leyti gæti svo sprungum hafa verið sleppt við mælingu og loks er sennilegt, að margar sprungur af þessum víddum séu ekki opnar á yfirborði.

Fjöldi þröngu sprungnanna (0,001-0,15 m) er vitaskuld álitamál, því að ekki er visst, að myndun sprungna af þeim víddum lúti sömu lögmálum og myndun víðari sprungna. Lítið ber á þeim á foldinni. Þær þrengri eru af svipaðri vídd og glufur á milli stuðla í hraununum og yrðu oft ekki þekktar frá slíkum glufum. Að öðru leyti sæjust þær varla, nema þar sem ógróið helluhraun er á yfirborði. Þar sem því er til að dreifa, ber raunar ekki mikið á þessum þröngu sprungum, a.m.k. ekki slíkum, sem sérstök ástæða er til að halda vera af höggulum uppruna. Mest ber á þeim í næsta nágrenni við víðari sprungur og misgengi. Það gæti því verið, að grunnviðmál sprungulektar (N, R) þröngu sprungnanna hafi verið ofmetin.

Framangreindur útreikningur á "lekt" þessara þröngu sprungna er hæginn, vegna þess, hve vídd þeirra (og samfelld lengd) er lítil. Önnur aðferð til þess að meta lektina er sú að ganga út frá formúlum um rennsli milli tveggja þröngstæðra platna ("hárglufur"). Um það gildir (Ebert 1962, s. 187):

$$Q = v \times F = i \times k' \times F = i \times 2/3 \times L/n \times r^2 \times r \times b ; \quad (30)$$

Q : Rennsli (m^3/s)
 v : Meðalhraði rennslis (m/s)
 F : Gegnstreymisflötur (m^2)
 i : Þrýstifall (-)
 n : Seigja (viskósitet) ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$; $\text{g cm}^{-1} \text{s}^{-1}$)
 r : Vídd sprungu (m)

b : Dýpt sprungu (m)

Af þessu má leiða:

$$k'_r = 42 \times r^2 ; \quad (31)$$

og

$$T_r = 1,4 \times 10^4 \times r^{1,4} ; \quad (32)$$

og loks

$$k_{m,1} = \frac{\int_{r=m}^{r=1} T_r \cdot dr}{L} = 1,01 \cdot 10^{-1} \cdot r_{m,1}^{2,4} ; \quad (33)$$

Fyrir sprungur á bilinu 0,001-0,15 m gæfi þessi aðferð lekt sem svarar $k = 1,06 \times 10^{-3}$ m/s, eða um u.þ.b. helming lektar samkvæmt hinni aðferðinni. Það virðist því sennilegt, að sprungulekt í þröngum sprungum (glufum) vegi létt á móti sprungulekt í víðari sprungum.

Framangreindar vangaveltur um sprungulekt byggjast m.a. á tveimur höfuðforsendum:

1. Að einföld lögmál gildi um fjölda sprungna af ákveðinni vídd (á ákveðnu víddarbili), en líkur benda til að máldreifing ("normal-dreifing") gildi um samband sprunguvíddar og sprungufjölda, eins og hér að framan er rakið.
2. Fjöldi mældra sprungna sé nógu mikill til að vera marktækur um þetta lögmál og þau svæðisbundnu gildi, sem finna má samkvæmt því.

Síðari forsendan er sennilega ekki fjarri lagi, þó staðfesting hennar liggja e.t.v. fyrst og fremst í því hvað reiknuðum gildum ber vel saman við lögmálsbundna dreifingu. Þess er að vænta, að síst beri saman reiknuðum gildum og gildum samkvæmt lögmálsferli fyrir minni víddirnar, 0,2 m og minni, eins og þegar hefur verið skýrt. Til þeirra hefur líka verið tekið minnst tillit (sjá mynd V.III-5) við ákvörðun aðferða- og svæðisbundinna einkennisstuðla (a og b í jöfnu 22), svo að skekkja af þeim völdum er væntanlega frekar lítil.

Hvað varðar fyrri forsenduna, þá er ekki ósennilegt, að jarðgerð og öfl þau, sem valda sprungumyndun, geti einmitt leitt til máldreifingar ("normal-dreifingar") á sprunguvíddum. Hins vegar ber að hafa hugfast, að edlismunur gæti verið á glufum (þröngum sprungum) og gjám (víðum sprungum, einkum í stuðlasprungu bergi). Um glufumyndunina gætu gilt lögmál ósamfellingeðlisfræðinnar ("diskontinuitets-fysik") en um gjáamyndunina lögmál samfellingeðlisfræðinnar ("kontinuitets-fysik"). Samkvæmt töflu V.III-4 ættu sprungur af vídd 0,001-0,15 m að vera til jafnaðar á sem næst 10 m bili á mældum sniðum. Samkvæmt jöfnu (23) yrðu 7 sprungur á víddarbili 1 mm - 10^{-3} mm á hverjum lengdarmetra á sniðunum, en þá er komið niður í kólfasterð í hraununum, hvað bil milli sprungna varðar. Á þessum víddarbílum má því búast við því, að víkkun vegna sprungumyndunar yrði að verulegu leyti sem gliðnun á brestum milli kólfa í hraunlögum. Lektarauki vegna sprungna á þessu bili (10^{-3} - 10^{-6} m) yrði aðeins um 5×10^{-6} m/s samkvæmt jöfnum (28) og (29). Raunar eru glufur af þessari vídd nær því að vera hárglufur en glufur, en samkvæmt jöfnu

(33) væri hárglufulektin enn minni fyrir þetta víddarbil. Lektaráhrif sprungna þrengri en 1 mm eru því bersýnilega það lítil, að það veldur ekki neinni teljandi skekkju þó þeim sé sleppt. Bil á milli sprungna, sem eru víðari en 1 cm, ættu að vera tugir metra að jafnaði og því svo langt yfir kólfastærð í hraunlögunum, að ósamfelli þeirra gætir sennilega sáralítið við sprungumyndunina nema rétt í sprungunni sjálfri og næsta nágrenni hennar. Fyrri forsenda virðist því einnig vera fyrir hendi á viðunandi hátt.

Samkvæmt töflu V.III-4 ættu að hafa fundist 18 sprungur á mælisniðunum, sem voru 2,5 m eða meira að vídd. Aðeins 1 hefur fundist og þó óvísst að líta megi á hana sem sprungu, en ekki sem smásigdæld yfir signum bergfleygi. Á rannsóknarsvæðinu er að vísu vitað um sprungur, sem eru víðari en 2,5 m, en þær eru þó sjaldgæfar. Ástæða er því til að halda, að sprungur víðari en 2 m séu sjaldgæfari en lögmálið bendir til. Hér skal ekki rætt, hvað gæti valdið þessu, en ljóst er, að sprungulektar fyrir lektarbil 2,5-10 m gætir miklu minna, en lögmálið gerir ráð fyrir. Giska má á, að þess gæti aðeins að 1/20-1/10 af reiknuðum áhrifum, sbr. það er fyrir segir (e.t.v. 1 sprunga í stað 18).

Samanlögð, reiknuð sprungulekt (tafla V.III-4) yrði þá um, eða rétt innan við 2×10^{-2} m/s ($16,4 - 17,8 \times 10^{-3}$ m/s). Þetta meðalgildi fyrir sprungulekt á mælisniðum er af svipaðri stærð og gildi þau fyrir berglekt, sem reiknuð hafa verið fyrir þessi svæði (Jón Ingimarsson og Snorri P. Kjarran 1978; Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980). Samkvæmt þeim er berglekt í hraunum á Lágasvæði og út til Vogavíkur á bilinu $3 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$ m/s, en í grágrýti á austanverðum Vogastapa ekki meiri en $1,5 - 2,0 \times 10^{-3}$ m/s.

Ýmsar forsendur þessara útreikninga verður að nota með fyrirvara, og hefur þegar verið bent á sumar. Nokkrum má bæta við. Hér skal fyrst bent á val á gildi "hrjúflekastuðulsins" M í jöfnu (5), en mörk gildissviðs þess, sem gildi þetta gæti með góðri sanngirni haft, samsvöruðu allt að 30% skekkju á k' (sprungulekt). Hæpið er, að sprungur hafi alltaf sömu vídd niður í gegnum ferskvatnslagið og þær hafa við yfirborð. Einkum er áberandi við margar misgengissprungur, að þær eru mun víðari við yfirborð en neðar. Einnig má sjá, að hrun er oft meira ofan í þær sprungur, þar sem djúpt er niður að jarðvatnsborði. Þetta tvennt gæti valdið því, að sprungur séu þrengri og fylltari í Strandarheiði, á Vogaholti og vestur frá Stapafelli en t.d. á Lágasvæði, og þá lekt að sama skapi minni. Þessir fyrirvarar, ásamt ýmsum öðrum, gætu hæglega valdið því, að skekkja á reiknuðum lektargildum nemi allt að þætti 2, (þ.e. +100%, -50%). Er þá ekki tekið tillit til aðferðafræðilegra skekkja við mælingar og útreikning, né þeirrar mögulegu grundvallarskekkju, sem felst í vali á meðalgildi á k' , sjá jöfnu (14). Með þetta í huga verður að telja líklegt, að stærðarstig ("stærðargráða") gilda á sprungulekt sé nærri sanni, en veruleg skekkja gæti verið á tölugildunum sjálfum.

1.7 Sprungulektarsvæði

Sprungumælingar ná aðeins til hluta af rannsóknarsvæðinu í heild. Fjöldi mælisniða er takmarkaður og sama gildir um fjölda mældra sprungna á hverju sniði. Því er ekki hægt að skipta mælingasvæðinu upp í mikinn fjölda reita eftir sprungulekt. Augljós munur er þó á reiknaðri sprungulekt eftir sniðum miðað við mældar sprungur, sjá töflu V.III-5.

TAFLA V.III-5

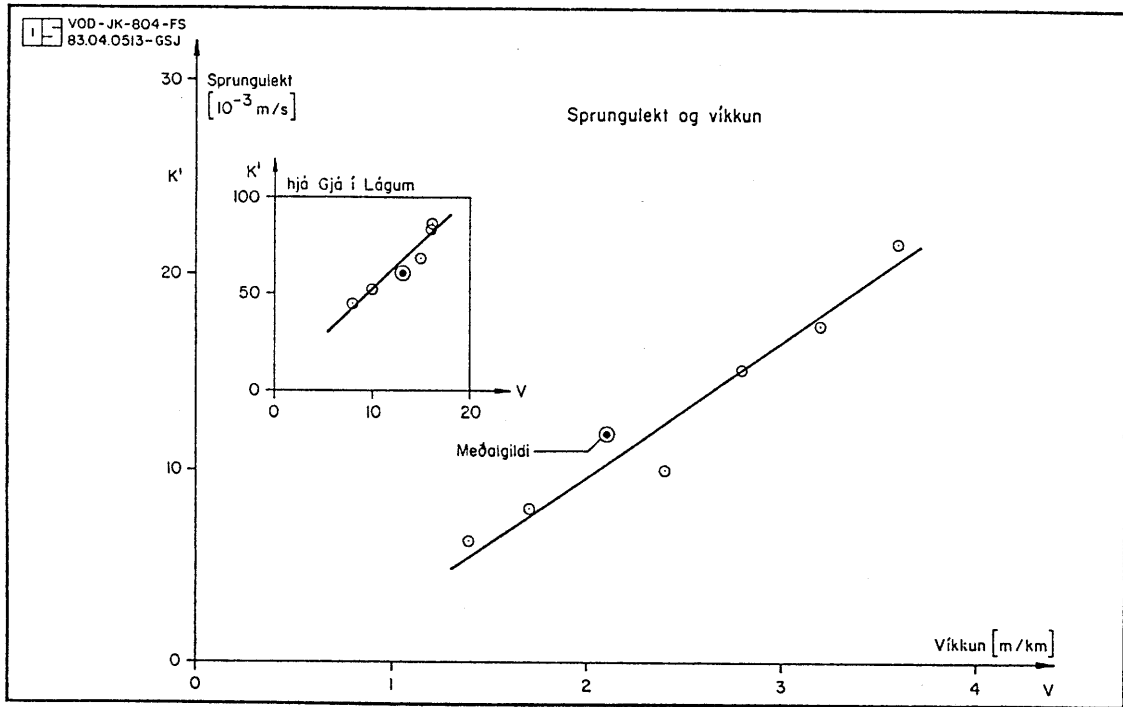
Sprungulekt og sprunguvíkkun

Viðmál:	Snið nr.						
	I	II	III	IV+V +VI	VII+VIII	X	XI
Lengd, km; L	4,6	4,2	5,2	4,1	6,2	4,9	3,7
Víkkun, m/km; V	1,7	2,6	1,4	2,4	1,2	3,2	3,6
Skurðlekt 10^{-3} m/s; k	8,0	15,1	6,3	10,0	7,3	8,8	21,7

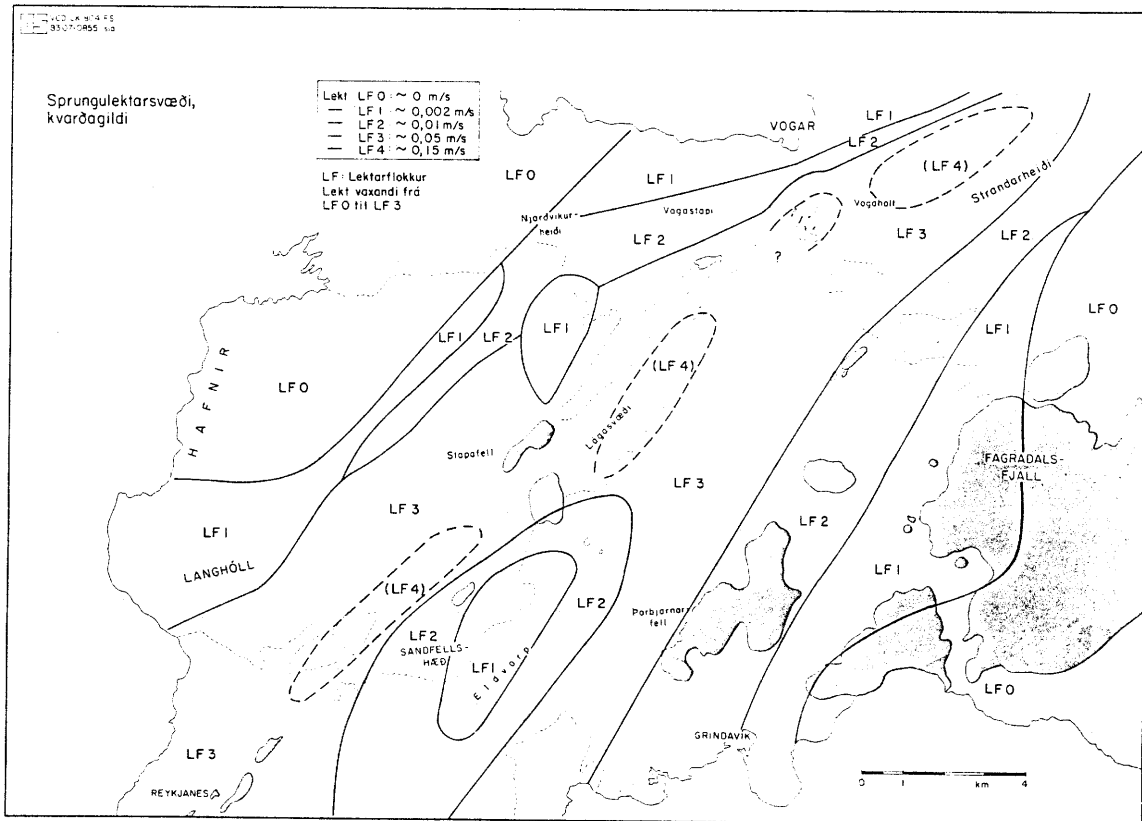
Samanlögð lengd: 32,9 km
Meðalvíkkun: 2,1 m/km
Meðallekt: $11,8 \times 10^{-3}$ m/s

Nokkur munur er á sprungulekt samkvæmt mældum sprunguvíddum (tafla V.III-5) og reiknuðum, máldreifðum sprunguvíddum (tafla V.III-4). Þessi munur er svipaður og munur á samanlögðum sprunguvíddum, mældum og reiknuðum (sjá töflu V.III-4).

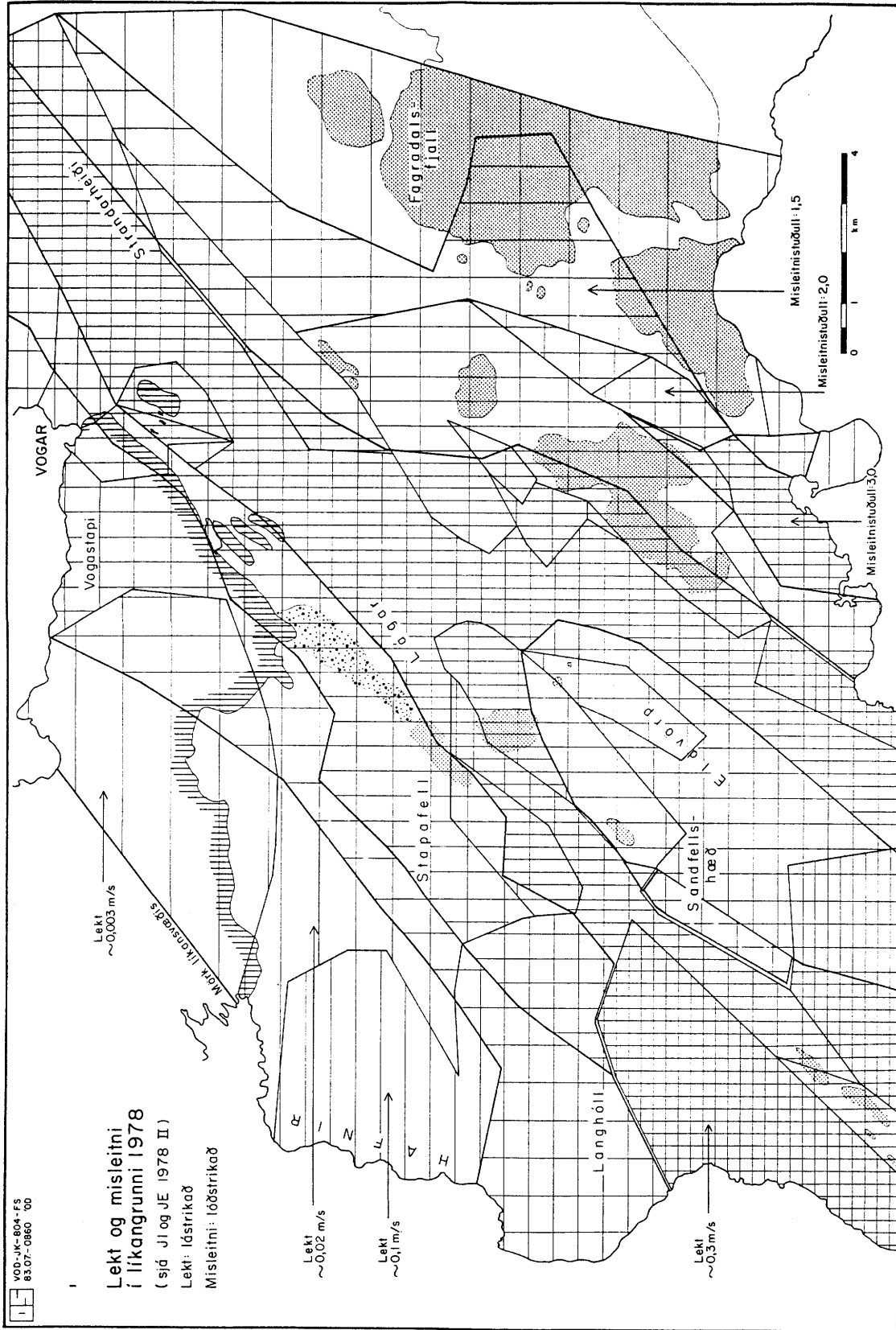
Munur er á sprungulekt eftir sniðum. Hæstu gildi eru rúmlega þrefalt hærri en þau lægstu. Athyglisvert er, að samræmi er furðu gott milli sprungulektar og víkkunar, sjá mynd V.III-6. Þar er þó á að líta, hversu þröngt gildabil er um að ræða, og því vafasamt að teygja megi þetta góða samræmi langt út fyrir mörk þessa bils. Samband þetta gæti þó e.t.v. gilt sem næmi einu stærðarstigi (tugasæta) upp og niður, sbr. samband þetta umhverfis Gjá í Lágum (innfelld mynd á mynd V.III-6). Á þessu bili, og eitthvað út fyrir það, má þá styðjast við víkkun til að meta sennilega lekt. Utan mælingasvæðisins er matið örðugra. Þar hefur verið brugðið á það ráð, að meta það, sem kalla mætti "spryngni", þ.e. hvernig landið er sprungið. Er þá tekið mið af sýnilegum þéttleika sprungna, vídd opinna sprungna, ganghæð misgengja og annarra þeirra einkenna á sprungufari, sem mest eru áberandi. Þetta mat er að verulegu leyti huglægt ("súbjektívt") og hentar því ekki nema til að greina sundur "spryngni" í fáeina flokka. Samanburður svæða og sniða á mælisvæðinu bendir þó til þess, að mark sé takandi á niðurstöðum þessarar aðferðar. Í samræmi við huglægt eðli hennar, verður þessi samanburður ekki rakinn hér, en bent skal á töflu V.III-5, mynd 3-8 í hefti I, mynd V.III-9 og kort Jóns Jónssonar (1978), sem grundvöll að samanburði.



MYND V.III-6 Sprungulekt og víkkun



MYND V.III-7 Sprungulektarsvæði, kvarðagildi



MYND V.III-8 Lekt og misleitni í líkangrunni 1978

Ung hraun þekja stóran hluta rannsóknarsvæðisins og sér þar lítt til sprungna. Athuganir á sprungustefnum og sprungufylkjum (V.III-2) benda hins vegar til tilvistar þeirra og jafnvel hver "spryngni" sé á vissum svæðum. Það má því með nokkurri sanngirni einnig flokka svæði þau, þar sem sprungur sjást lítið eða ekki á yfirborði. Bent hefur verið á hér að framan, að sprungur muni sennilega ekki allar vera jafnvíðar upp og niður. Dregur það væntanlega eitthvað úr lekt á Vogaholti og í Strandarheiði, e.t.v. einnig vestur af Stapafelli. Búast má við, að fylling í sprungum sé þeim mun minni, sem sprungur eru yngri og grynna er á vatnsborð í þeim. Lekt gæti því verið töluvert meiri á Lágasvæði, en reikningar benda til. Fylling er sennilega meiri í gömlum hraunum en ungum vegna veðrunar og jarðvegsmyndunar. Mest er þó fylling á grágrýtissvæðunum, þar sem jöklar og sjór hafa gengið yfir og jafnvel veitt seti ofan í sprungur, sem þar kynnu að hafa verið opnar. Á þeim svæðum gæti því sprungulekt verið stórum mun minni en þéttleiki (tíðni) sprungna þó gæfi til kynna.

Rannsóknarsvæðum er skipt í 4 eðlislæga ("qualitative") flokka eftir sprungulekt, sjá mynd V.III-7. Skipting þessi er ekki að öllu leyti sambærileg við skiptingu þá, sem lögð var til grundvallar í líkanagerunni 1978, sjá mynd V.III-8. Þar var flokkað eftir misleitniáhrifum sprungulektar, en ekki eftir afstæðri sprungulekt. Sú skipting var nokkuð vafasöm, þar eð svæði með sömu misleitniáhrif voru látin ná til reita með verulega mismunandi berglekt (sbr. jöfnu (2) hér að framan). Réði þáverandi þekkingarstaða mestu um það val á einkennisstærð fyrir sprungulekt. Skipt var þá í jafnmarga flokka og nú, enda eru þeir um margt sambærilegir, m.a. afstæð röðun þeirra sem einkennisflokka fyrir sprungulekt. Við báðar skiptingarnar var miðað við sömu eða svipuð einkenni ("spryngni"), þó þau hafi verið betur þekkt við seinni skiptinguna. Það er því ekki að undra, þó svæði þau, sem einstakir flokkar ná til (í afstæðri röð) séu að miklu leyti hin sömu við báðar skiptingarnar.

Ekki er unnt að velja þessum 4 flokkum algjör ("absólút") gildi á sprungulekt. Sem flokk 0 (núll) má velja þau svæði, þar sem sprungulekt er talin hverfandi, en þau eru utan hinna virku sprungusvæða. Sprungulektin er þá mest í flokki 3 (efsta flokknum). Sprungumælingarnar eru að miklu leyti gerðar á þeim svæðum, sem honum tilheyrja. Víkkun á þeim svæðum er oftast 2-3 m/km. Því samsvaraði lekt, sem næmi $2-3 \times 10^{-3}$ m/s, ef sprungur þessar voru fylltar af grófri möl. Lekt, sem stafaði af galopnum sprungum væri u.p.b. 100-falt meiri. Reiknuð sprungulekt er nærri 20×10^{-3} m/s (2×10^{-2} m/s). Á sumum sniðum eru kaflar með víkkun allt niður í 0,1 m/km. Þessir sniðhlutar eru á svæðum, sem tilheyrja flokki 2. Víkkun er sennilega aðeins 1/3-1/10 af víkkun í flokki 3. Á svæðum í flokki 2 eru sprungur yfirleitt þrengri en í flokki 3 og því lektin eftir því minni, auk þess sem hrun- og írennslisfylling gæti verið hlutfallslega meiri í flokki 2. Á hinn bóginn er hugsanlegt, að þröngar sprungur séu hlutfallslega fleiri en í flokki 3 (stuðlar a og b í jöfnu (22) hafi önnur tölugildi). Um þetta er þó ekkert vitað með vissu. Í flokki 1 er víkkun trúlega minni en 0,1 m/km, sem myndi samsvara 1 mældri sprungu á 1-2 km bili. Sú tíðni virðist geta komið þolanlega heim við athugaða tíðni meiri háttar sprungna (sjá mynd 3-8; V.III-9).

Vissar líkur eru á því, að lekt í vel opnum, víðum sprungum liggi nær efri mörkum þess bils, sem lektinni voru valin (sjá V.III 1.3). Þessu

er e.t.v. öfugt varið með þröngar sprungur nærri jöðrum sprungu-
svæðisins. Miðað við sennileg hlutföll milli víkkunar í hinum ýmsu
flokkum, má giska á sprungulektargildi fyrir hina ýmsu flokka (tafla
V.III-6).

TAFLA V.III-6

Sprungulekt og sprungusvæðaflokkar

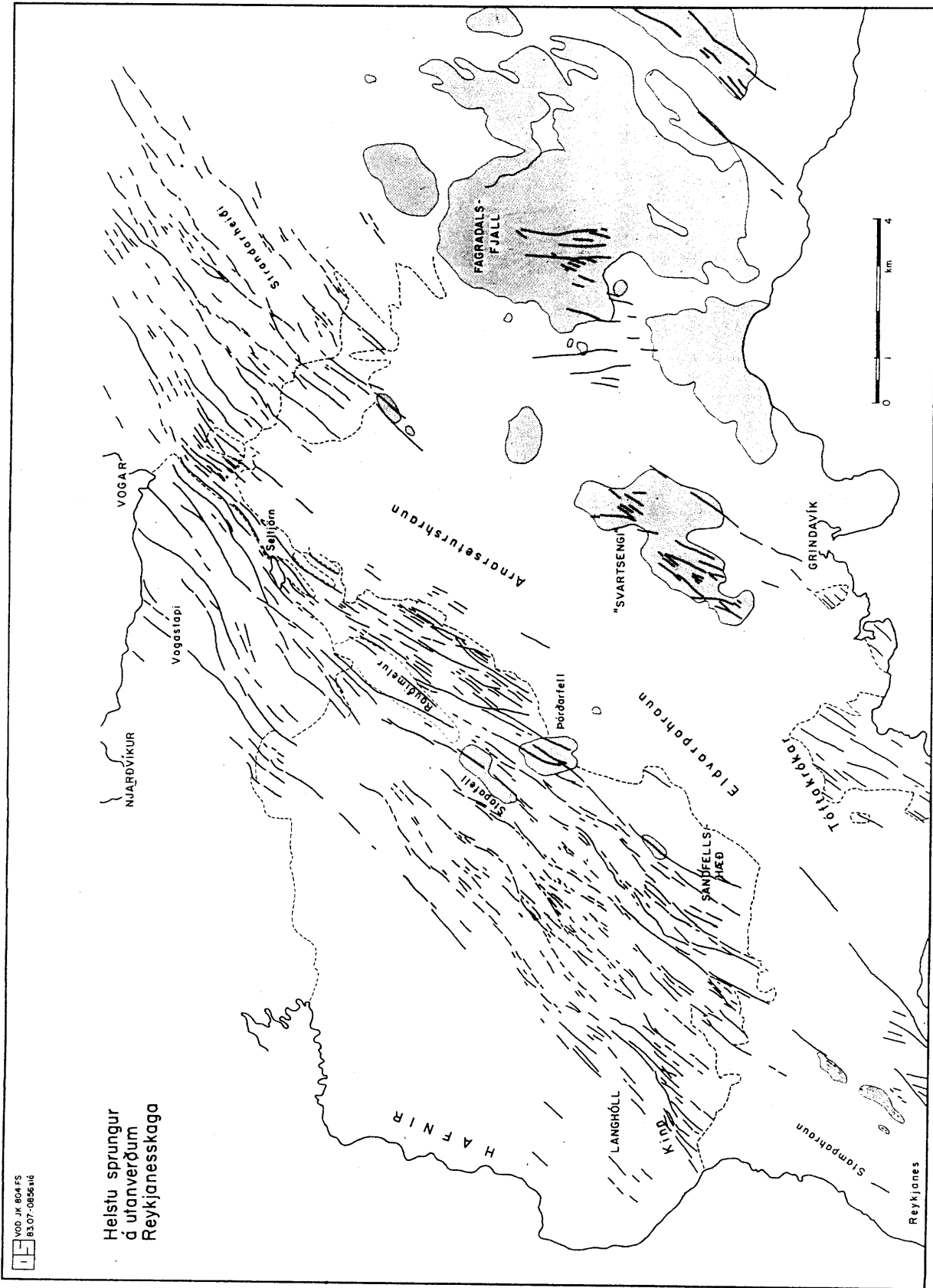
<u>Flokkur:</u>	<u>Lekt:</u>	<u>Lektarbil:</u>
nr.	10^{-3} m/s	10^{-3} m/s
0	0	<1
1	2	0,2-20
2	10	1-100
3	50	2-200

Þessi gildi eru í besta falli einhvers konar ágiskuð meðalgildi.

1.8 Misleitnisvæði

Með þessari nýju flokkun verður misleitnin mun fjölbreytilegri en áður
var gert ráð fyrir, sökum þess hvernig sprungulekt og berglekt eru nú
talin á einstökum svæðum. Í heild verður þó breyting minni en ætla
mætti, þar eð mikil sprungulekt er nú talin vera á þeim svæðum, þar
sem misleitni var talin vera mikil áður. Sprungulekt og berglekt
fylgjast furðu víða að, ef svæði eru grófflokkuð eftir hvoru tveggja,
eins og hér er gert. Svipuð misleitni verður því á tiltölulega
stórum og samfelldum svæðum, líkt og fyrr hafði verið talið. Hins
vegar verða umtalsverðar breytingar á misleitnistuðlum og verulegar
breytingar á misleitni á einstökum svæðum.

Við mat á áhrifum sprungulektar 1978 var rannsóknarsvæðinu skipt í 4
flokka eftir misleitni, með misleitnistuðla 1,0; 1,5; 2,0 og 3,0; en
því samsvara hlutföll sprungulektar á móti berglekt sem nemur 0; 0,5;
1,0 og 2,0. Þessi skipting lá til grundvallar líkanreikningum þeim,
sem gerðir voru um vatnsvinnslusvæðið (Jón Ingimarsson og Jónas
Elíasson 1980). Í grófum dráttum var þá svæðaskipting þannig, að mis-
leitni fór vaxandi inn að miðju sprungusvæðisins. Mesta misleitnin
átti samkvæmt því að vera á breiðri rennu úr Strandarheiði út og
suður til Staðarhverfis í Grindavík og Reykjaness. Þó átti að vera
minna misleitinn fleygur frá sjó austan við Reykjanes og upp og norður
til Þórðarfells. Þessi mynd hefur furðulítið breyst í megindráttum.
Hin nýja hugmynd af svæðaskiptingu er sýnd á mynd 5-5, hefti I. Til
samanburðar við fyrri hugmynd vísast til skýrslu um líkanreikningana
(Jón Ingimarsson og Jónas Elíason 1980, B, kort 2).



MYND V. III-9 Helstu sprungur á utanverðum Reykjaneskaga

Helstu breytingar á svæðaskiptingu eru þær, að mörk sprungulekra og misleitinna svæða hafa verið færð heldur utar, bæði að austan og vestan; mörk 1. og 2. flokks (sprungulekt 2×10^{-3} m/s / 10×10^{-3} m/s, misleitni 1,5/2,0) hafa einnig verið færð utar, í Strandarheiði, á Vogastapa og í Hafnaheiði; kjarni minna sprunguleks fleygs, austur af Sandfellsstöð, hefur verið dreginn í 1. flokk; mörk 2. og 3. flokks (sprungulekt 1×10^{-3} m/s, misleitni 2,0/3,0) hafa verið færð til norðvesturs austan Langhóls, vestan Stapafells og suður af Vogastapa. Til greina hefði komið að setja upp 4. flokkinn fyrir sprungulekt (0,1-0,2 m/s), og draga í hann svæði norðan til í Strandarheiði, sunnan við Snorrastadátjarnir, um Lágasvæði og e.t.v. vestan undir Sandfellsstöð. Það er þó á mörkunum, að mælingar og athuganir hefðu leyft slíka flokkun. Lektarhlutföll milli 4. og 3. flokks hefðu orðið nærri 3 í stað 5 á milli flokka 3, 2 og 1. Sprungulekt á litlu svæði umhverfis Gjá í Lágum reiknast nærri 0,6 m/s (sjá kafla 1.6). Útbreiðsla þess virðist vera mjög takmörkuð, og því e.t.v. óþarfi að setja upp sérstakan flokk fyrir þessa sprungulekt. Hins vegar er vert að hafa þetta í huga við endurhönnun líkangrunns, sökum nálægðar þessa svæðis við Gjá í Lágum.

Við gerð líkangrunnsins 1978 var rannsóknarsvæðinu skipt í 4 flokka eftir berglekt, en lektargildi voru 3×10^{-3} m/s; $2,2 \times 10^{-2}$ m/s; 0,11 m/s og 0,33 m/s. Síðasta lektargildið var látið ná til svæða á báða bóga á Reykjanesi sjálfu, og á smáreiti upp af Arfadalsvík vestan Grindavíkur (sjá Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980, B, kort 4). Samkvæmt nýrri skiptingu svæðisins eftir berglekt (sjá mynd 5-4 í hefti I) hefur þessi flokkun lítið breyst, þessi svæði eru í lekasta flokknum. Þau liggja allfjarri vatnstökusvæði Hitaveitu Suðurnesja og jöðrum þess. Misleitni á þeim skiptir því litlu máli. Meira máli skipta svæði, þar sem lekt var áætluð 0,11 m/s. Þau lágu, og liggja, á svæðum, sem áttu að hafa misleitnistuðul 3,0. Sprungulektin á þeim svæðum er nú hins vegar talin vera nærri 0,05 m/s, sem samsvaraði misleitnistuðli 1,4. Á þeim svæðum, sem e.t.v. mætti flokka til 4. flokks sprungulektar ($k=0,15$ m/s) væri þó misleitnistuðullinn nærri 2,4, við Gjá í Lágum e.t.v. allt að 10.

Svæði talin til sprungulektarflokks 3 (sprungulekt 5×10^{-2} m/s) ná alllangt vestur og norðvestur fyrir svæði það, sem hafa á berglekt 0,11 m/s. Þar á berglekt víðast hvar að vera 0,022 m/s og verður því misleitnistuðull þar víða hár eða nærri 3,3. Norðvestur af Stapafelli er berglekt nú talin enn minni en áður, og samsvarar væntanlega lekt 0,003 m/s í líkangrunninum. Misleitnistuðull yrði þar því nærri 17. Á þessum svæðum var gert ráð fyrir misleitnistuðli 2,0. Sprungulektin er þannig talin hafa hlutfallslega meiri áhrif á þessi svæði en fyrr, þó þau áhrif stafi einkum frá fáeinum, víðum sprungum. Álitamál er, hversu öruggt sé, að sprunguvídd mæld við yfirborð sé sú sama og vídd sprungunnar niðri í vatnslaginu á 50-100 m dýpi undir yfirborði, en það samsvarar landhæð vestur og norður frá Stapafelli. Sprungulekt er því þar e.t.v. minni en hún mælist og reiknast og þá misleitni að sama skapi.

Mikill munur er talinn vera á berglekt á svæðum þeim, sem nú teljast til sprungulektarflokks 2 (sprungulekt 10^{-2} m/s). Mismunur er því miklu meiri í misleitni á þeim svæðum en talið var. Reiknað hafði verið með misleitnistuðli 2,0 og 1,5 á sunnanverðri Strandarheiði og á sunnanverðum Vogastapa. Ekki er talið að stórvægileg breyting verði í berglektarflokkun svæða þarna, en þau voru að verulegu leyti talin

hafa berglekt 0,003 m/s. Misleitnistuðull yrði því víða nærri 3. Á ystu hlutum sprungusvæðisins (sprungulektarflokkur 1) yrði misleitnistuðull víða 1,7 og lægri (berglekt > 0,003 m/s, sprungulekt 0,002 m/s), en var talinn vera 1,5. Breytingar verða þar því ekki stórvægilegar.

Í heild séð verða því ekki þær breytingar á misleitni frá gerð líkangrunns 1978, að þær kippi stóðum undan grunninum. Misleitni virðist vera minni en talið var í leku rennunnni á miðju sprungusvæðinu. Þar eru þó vissar líkur á, að sprungulekt sé helst vanmetin. Misleitni er sennilega meiri en talið var á svæðinu frá Seltjörn og vestur fyrir Stapafell að norðan. Verulegar breytingar verða á einstökum reitum líkangrunnsins en í megindráttum hans verður breytingin lítil. Það er því ekki ástæða til að endurskoða líkangrunninn og líkanið að svo stöddu, en hafa verður hugfast, að semja verður nýjan líkangrunn í samræmi við þessar nýju hugmyndir um berglekt og sprungulekt, ef gera skal nýja líkanreikninga.

Framangreindar athugasir á sprungulekt og misleitni sýna, að áhrif sprungnanna er nokkuð mismunandi, eftir því hvernig "sprungni" svæðanna er. Þar sem sprungulektin stafar af fáum en víðum sprungum, er hún fyrst og fremst tengd sprungunum sjálfum sem línulegum fyrirbrigðum. Þar sem sprungur eru þéttar og þröngar, er sprungulektin nær því að vera flatarlegt fyrirbrigði. Í báðum tilvikum er þess að gæta, að þriðja viddin er einnig til staðar, þar sem er dýpt sprungnanna. Þessi munur getur haft mikla þýðingu við val vatnsbólstaða og mat á lekt í smáum líkanreitum.

2 HAGGALAR STEFNUR

2.1 Aldur sprungna

Hér er talið, að tekist hafi að kortleggja flest allar helstu sprungur, bresti, misgengi og gjár á svæðinu frá Reykjanestá og austur í Strandarheiði eða austur fyrir Fagradalsfjall. Þær voru dregnar upp eftir loftmyndum, en stuðst var við kort Jóns Jónssonar (1978) og viðauka og breytingar í samræmi við könnun á foldinni. Sennilegt er, að einhverjar sprungur hafi orðið útundan, en þær þá vonandi það fáar og smáar, að litlu breyti, þó þær vanti. Hér verður þess ekki freistað að giska á, hve stóran hluta sprungnanna vanti, enda munu sprungur á Reykjanesskaga seint verða taldar af nokkurri skynsemi (mynd V.II-9).

Misvel sést til sprungna á rannsóknarsvæðinu. Valda því einkum áferð hrauna og aldur. Í gömlu og grónu dyngjuhraununum ber lítið á brestum og dulsprungum á foldinni, þó þau fyrirbrigði megi iðulega greina vel á loftmyndum. Eins dyljast sprungur í úfnum apalhraunum og koma þá betur í ljós, þegar bruninn er skafinn ofan af. Yngri hraun fela víða sprungur í eldri hraunum, en ung sprunguhraun þekja að mestu svæðið frá Reykjanesi, norður undir Vogastapa og austur undir Fagradalsfjall. Mörg hinna víðáttumestu hrauna þessara telur Jón Jónsson (1978, 1982) vera ung: Arnarseturshraun frá sögulegum tíma; Eldvarpahraun og Sundhnúkahraun 2-2,5 árpúsunda gömul; Illahraun á móta að aldri og Stampahraun ung. Í þessum hraunum sést lítið af sprungum. Hins vegar eru stóru dyngjuhraunin, Sandfellshæðarhraun og Þráinsskjaldarhraun, víða kassprungin. Þessi hraun eru eldri, Þráinsskjaldarhraun um 10.000 ára gamalt (Jón Jónsson 1978), en Sandfellshæðarhraun 5.000-9.000 ára gamalt (Jón Eiríksson 1974). Sennilega er það þó nær efri mörkunum (9.000 árum).

Einhvern tíma á því bili, sem leið frá myndun beggja stóru dyngjuhraunanna og þar til ungu sprunguhraunin brunnu, hafa orðið umbrot þau á Reykjanesskaga, sem leiddu til myndunar þorra sprungnanna í dyngjuhraununum. Hér skal ekkert sagt um, hvort sprungur þessar hafa myndast í einni hrinu eða fleirum. Einhverjar hreyfingar hafa þó orðið síðan, eins og þær fáu sprungur bera vitni, sem sjást í ungu sprunguhraununum. Svona hreyfingar eiga sér enn stað. Við þjóðveginn á Hafnabergi opnuðust t.d. duldur sprungur samfara jarðskjálftum 1977.

Brot og misgengi hafa líka myndast fyrr. Í Rauðamel, norðaustur frá Stapafelli, er jökulbergslag, eitt eða jafnvel fleiri (Gunnar Birgirs-son, pers. uppl.), og er það bæði brotið og misgengið, malartekjumönnum til hins mesta ama. Þessara misgengja sér nú flestra lítil merki á yfirborði og hefur melurinn sléttast yfir þau. Hann er að flestra dómi forn sjávargrandi, myndaður við hærri sjávarstöðu í lok síðustu ísaldar, fyrir 10.000-12.000 árum.

Enn eldra berg er í móbergsfjöllum, sem skaga upp úr hraunbreiðunum. Aldur þeirra er raunar ekki þekktur með vissu, en þau eru mynduð í síðasta lagi á síðustu ísöld (sjá viðauka I.1). Sömuleiðis eru grágrýtisbreiðurnar nyrst á svæðinu eldri, en þær mynduðust

sennilega fyrir síðustu ísöld. Í þessu eldra bergi mætti vænta merkja um enn eldri umbrot en þau sem mynduðu sprungurnar í dyngjuhraununum. Á Vogastapa verður þeirra þó lítið vart, nema í framhaldi af sprungusvæðunum á hraununum. Við Seltjörn og Snorrastadatjarnir, sunnan og suðaustan undir Vogastapa, má sjá merki þess, að grágrýtið hafi haggast, áður en stóru dyngjuhraunin brunnu (sjá einnig Jón Jónsson 1978), því að þar hafa hraunin runnið upp að brotstöllum í grágrýtinu. Hreyfing hefur orðið um suma þeirra eftir það, og liggur þar hraunmoladreif eftir í miðjum hlíðum (sunnan við Snorrastadatjarnir).

Allt er óljósara um aldur sprungnanna í móbergsfjöllunum. NA á Fagradalsfjalli örklar fyrir línulegum fyrirbrigðum með SV-NA stefnu. Þeirra gætir lítið á foldinni en sjást á loftmynd. Sennilega eru þetta forn brot, máð af jöklum síðustu ísaldar. Brotin í Þorbjarnarfelli munu hafa verið virk eftir að jökla tók upp, hvort sem þau hafa verið mynduð fyrr eða síðar. Í framhaldi brotanna í fellinu sér örla fyrir sprungum í Sundhnúkakrauni (Jón Jónsson 1978). Brot eru í Hagafelli, máð og sennilega nokkuð forn. Brot eru í fleiri fjöllum.

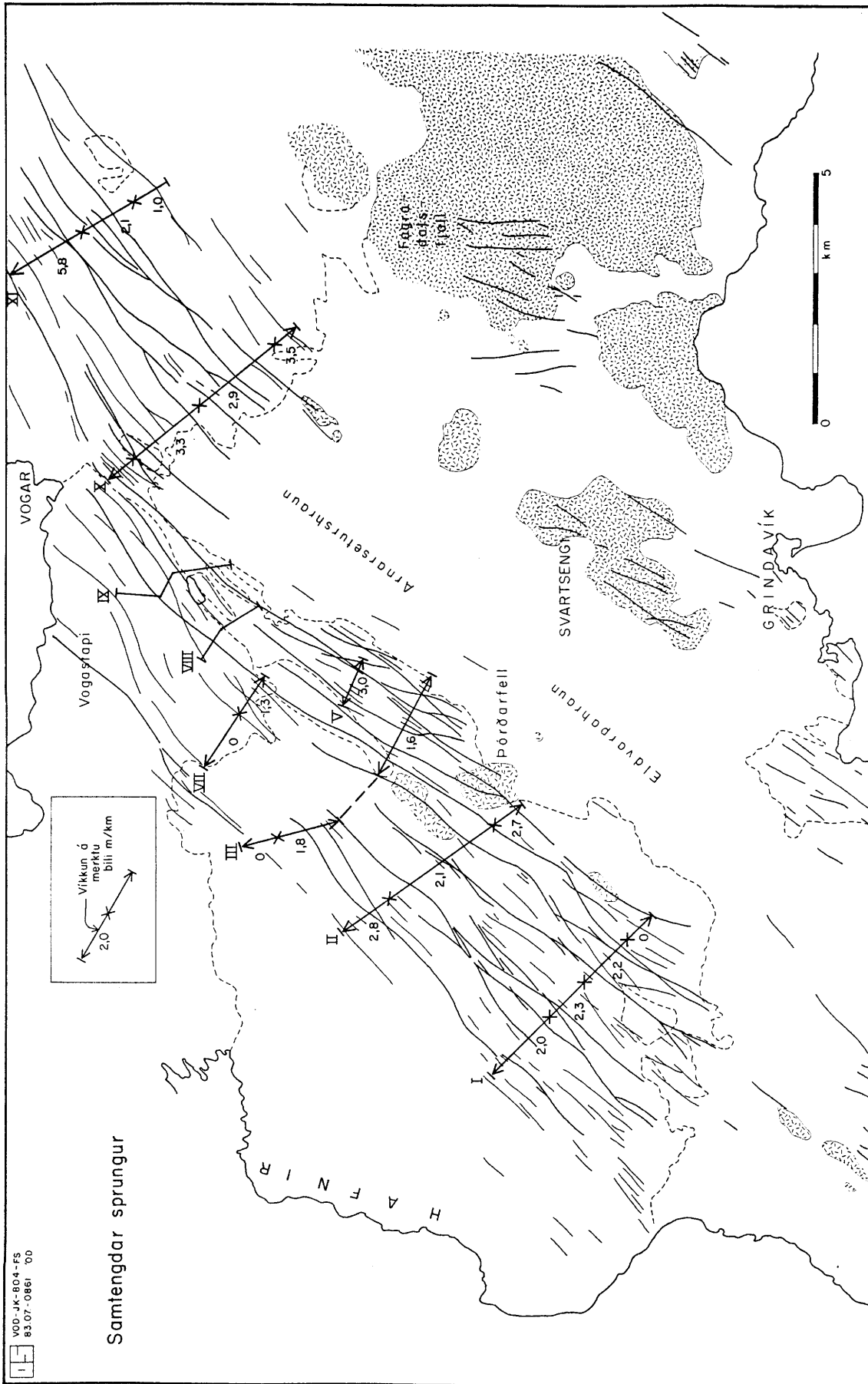
Sprungurnar þrýtur að mestu vestan við Langhól sunnan Hafna, þó þær finnist þar allt vestur undir Kalmanstjörn. Á Vogastapa eru vesturmörk sprungusvæðisins við Ytri-Skor. Þaðan má segja, að þau liggja beint í Langhól. Austurmörkin eru ekki eins bein og skýr. Fátt virðist vera um glöggar sprungur í Fagradalsfjalli, fjöllunum austan þess og allt norður undir Strandarheiði. Svæðið milli þessarra marka virðist mestallt sprungið og hafa margir talið það einn "sprungusveim", samfelldan, og jafnvel allan af einum og sama uppruna.

Þessi túlkun er út af fyrir sig rétt. Hér er einungis um að ræða, á hvaða mælikvarða svæðið er skoðað. Sé viðmiðunarsvæðið Reykjanesskagi í heild, eða jafnvel stærra svæði, þá mun yfirleitt mega skoða sprungusvæði þetta sem eina einingu. Sú einfalda greining, sem hér hefur verið gerð á höggulum stefnum sprungna, bendir til þess, að það sé samsett úr nokkrum smærri einingum, sem myndi þó samstæða heild.

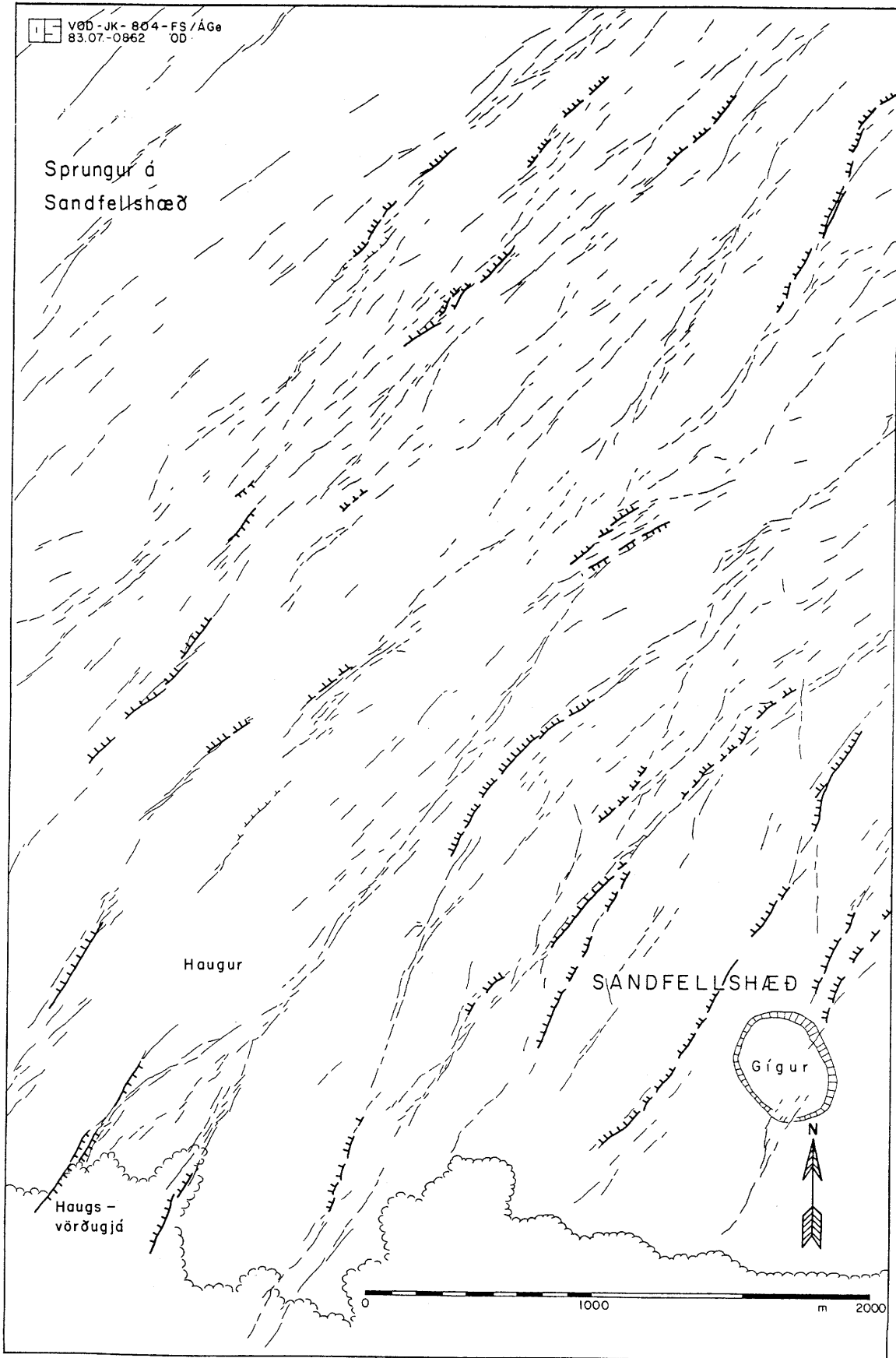
2.2 Sprungur og sprungulínur

Sumar af þessum sprungum (brestum, misgengjum) má rekja óslitnar að kalla svo að kílómetrum skiptir. Flestar eru þær þó aðeins nokkur hundruð metra á lengd, svo að samfelldar séu, eða jafnvel aðeins nokkra tugi metra. Þær raðast þó margar þannig, að stutt er á milli þeirra í lengdina (í langstefnu þeirra). Oft eru þær lítillega hliðraðar, eða stutt bil virðist heilt að kalla á milli þeirra. Svona sprungur má með nokkurri sanngirni tengja saman í samhangandi sprungur eða sprungulínur. Þess háttar tengingar eru vitaskuld jafnan nokkuð matsatriði, bæði hve löng bil má tengja yfir og eins hvaða sprungur skuli tengja saman hverju sinni. Kortlagðar sprungur og samtenging þeirra er sýnd á mynd V.III-10.

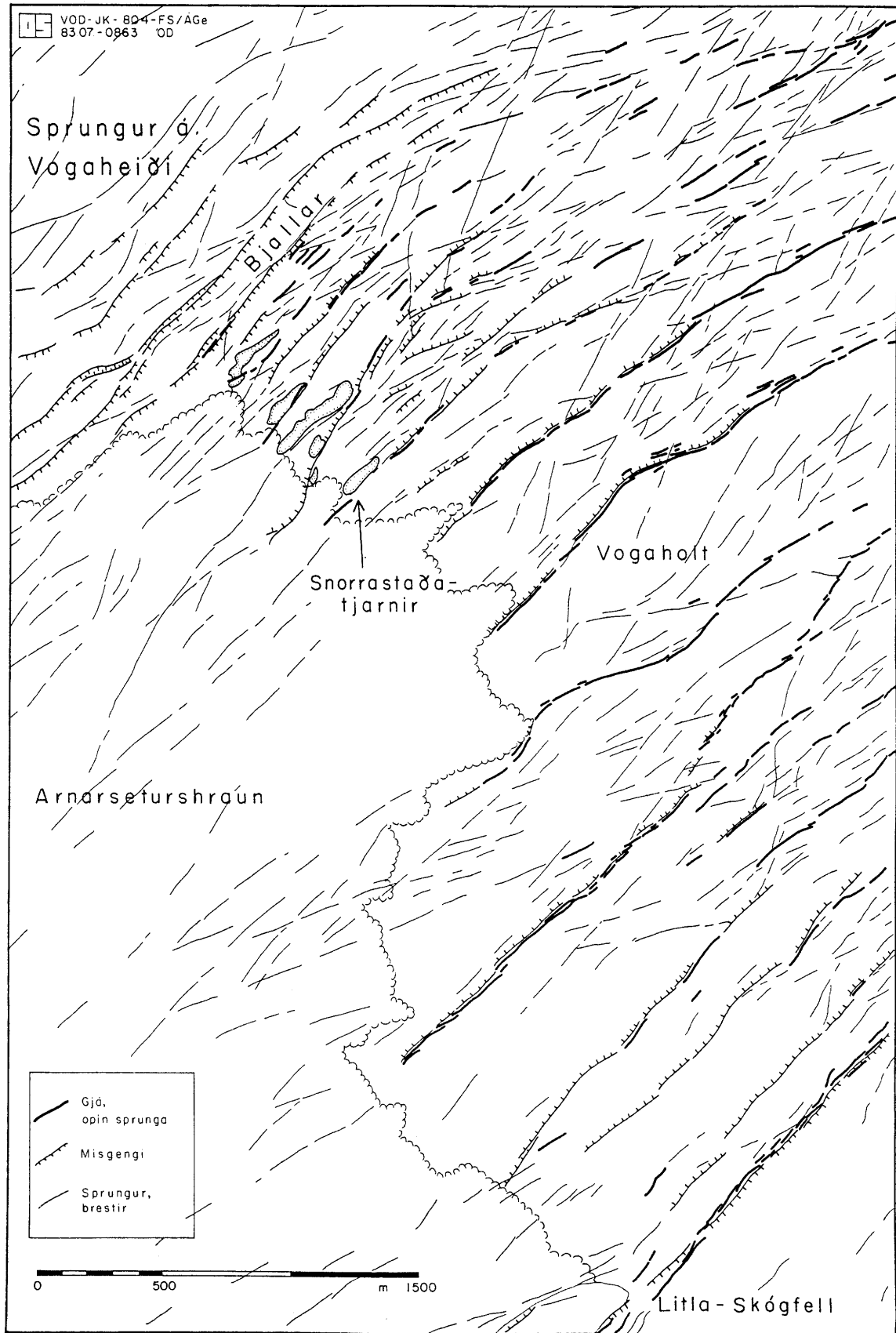
Lögun sprungnanna, röðun þeirra og afstaða hverrar til annarrar eru meðal lýsingarþátta (e.: "descriptive factors") í haggalli greiningu (e.: "tectonic analysis"). Þeim vísindum verða ekki gerð nein skil hér. Þess eins skal getið, að margar hinna samhangandi sprungna hlykkjast, breyta um stefnu, skerast og fléttast saman (myndir V.III-11, V.III-12). Samhangandi sprunga getur því í heild sinni



MYND V.III-10 Samtengdar sprungur



MYND V.III-11 Sprungur á Sandfellshæð



MYND V.III-12 Sprungur á Vogaheiði

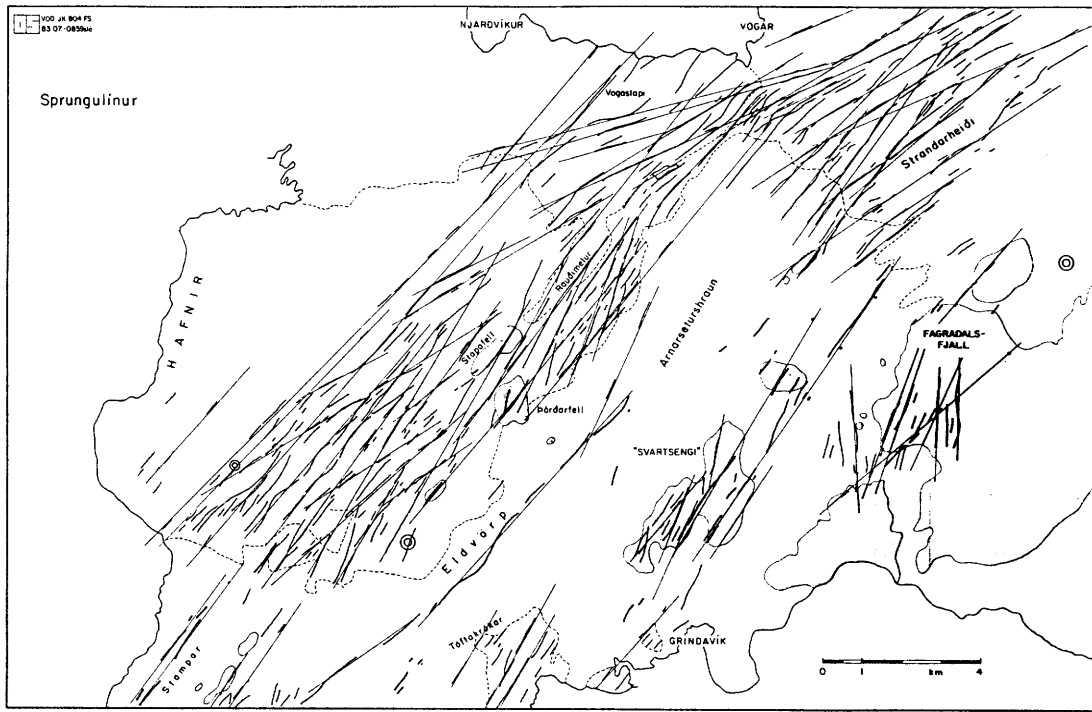
haft aðra stefnu en einstakir hlutar hennar. Þetta er harðla algengt, en þó er svæðamunur á því. Svo er líka að sjá, sem ekki ráði helber tilviljun, hvernig sprunguhlutarnir stefna. Ákvörðun á stefnu þeirra verður að vísu því ónákvæmari sem hver sprunguhluti er styttri. Stefna þeirra liggur þá á einhverju bili milli ákveðinna átta, en ekki í eina ákveðna átt. Með þessum fyrirvara er þó augljóslega kerfi í stefnum flestra hinna einstöku sprunguhluta, ekki síður en í stefnum heilla, samhangandi sprungna.

Þó þessar samhangandi (samtengdu) sprungur séu ekki beinar línur, þá liggja þær sjaldnast í boga, heldur hlykkjast þær um beinar línur, þannig að frávik eru smá. Þessar beinu línur sjást hvorki á fold né mynd og eru því afleiddar og túlkunaratriði. Samt benda allar líkur til þess, að þær samsvari á einhvern hátt einhverjum raunverulegum þáttum á náttúrufari svæðisins. Sú ályktun byggist á tvennu: Annars vegar er tenging sýnilegra sprungna í samhangandi sprungur svo nærtæk, að hún er næstum því knýjandi. Hins vegar er samræmi svo gott í niðurstöðum túlkunarinnar, þ.e. í stefnum hinna beinu lína, að þær geta naumast verið helber tilviljun.

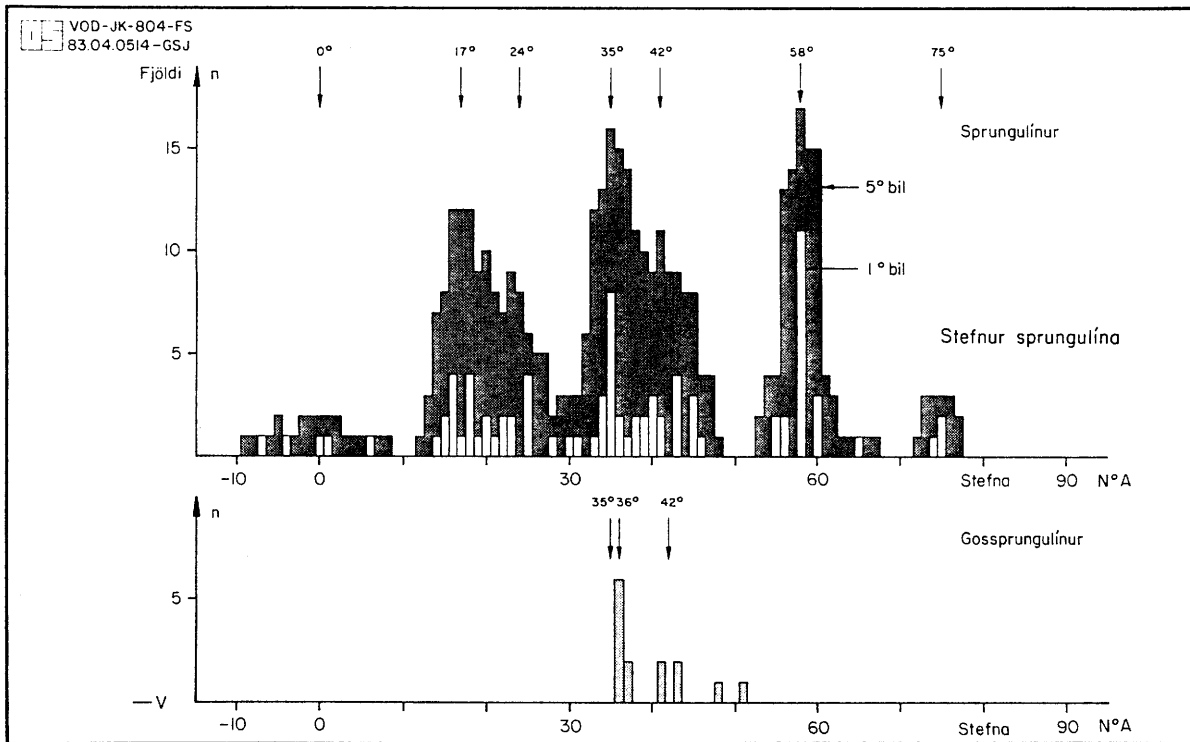
Stefnur sýnilegra sprungna (sprunguhluta) má einnig tjá með beinum línum. Sem fyrr segir, þá eru ákvarðanir á stefnum þeirra mun ónákvæmari en í samhangandi (samtengdum) sprungunum, sem vitaskuld eru miklu lengri. Séu hins vegar valdar líklegustu stefnurnar (meðaltal, miðja stefnuvandar o.s.frv.) og beinu línurnar, sem tákna þær, framlengdar, þá kemur í ljós að samstefna sprungur eða sprunguhlutar liggja sem næst á þessum framlengdu, beinu línunum. Nærri liggur, að telja einnig þessar beinu línur samsvara einhverjum náttúrufarsháttum, svipað og gert var með samhangandi sprungurnar. Þessi ályktun getur þó varla talist standa á eins traustum grunni og hin fyrri. Hins vegar er samsvörun í stefnu þessara lína, sem settir eru saman úr sprungum, með löngum bilum á milli, stundum enn betri, en samsvörun í stefnum hinna nærri samfelldu, samhangandi sprungna.

Mat á höggulum stefnum sprungna og sprungukerfa á þessu svæði tekur hér mið af þrennskönar fyrirbrigðum. Í fyrsta lagi sýnilegum sprungum. Í öðru lagi beinum línunum, sem tákna meginstefnu samtengdra, nærri því samfelldra sprungna. Í þriðja lagi beinum línunum, sem tengja saman nálægar sprungur, eða sprunguhluta, og hafa því sem næst sömu stefnu og sprungurnar. Tvö síðartöldu fyrirbrigðin verða hér á eftir stundum kölluð "sprungulínur" saman. Þær eru mun lengri en einstakar, sýnilegar sprungur, eða allt á annan tug kílómetra, stefnu þeirra má ákvarða mun nákvæmar en stefnu stakra sprungna og þær eru líklegar til að samsvara einhverjum svæðisbundnum þáttum smíðar (strúktúrs) jarðar. Einstakar sprungur eru miklu fremur mótaðar af staðbundnum áhrifum (mynd V.III-13).

Fjöldi sprungulínanna er takmarkaður. Raunar er það matsatriði, hve margar samhangandi sprungur eru dregnar saman úr sýnilegum sprungum. Setja mætti einhverjar skilgreiningarreglur um það, svo sem lengstu bil, mestu hliðrun, hlutfall bila á milli sprungna á móti heildarlengd sprungna o.s.frv. Slíkt væri þó geðþóttaákvörðun. Hér hafa þær samhangandi sprungur verið dregnar, sem talið er að draga megi með verulegri sanngirni. Hver sem er, getur prófað þessa sanngirni við sína eigin með því að mæla áður nefndar "skilgreiningarstærðir" á mynd V.III-9 og kanna, hversu fjöldi samhangandi sprungna breytist við breytingu á viðmiðunargildum "skilgreiningarstærðanna". Hér er talið



MYND V.III-13 Sprungulínur



MYND V.III-14 Stefnur sprungulína og gossprungna

skv. eðlislægu (qualitatívu) mati, að þær breytingar verði að vera verulegar, til þess að fjöldi samhangandi sprungna breytist svo nokkru nemi.

Sprungulínur (sjá fyrr) hafa verið lagðar eftir velflestum samhangandi sprungunum. Svipað gildir því um fjölda beggja. Sprungulínur, tengdar saman úr nálægum, samstefna sprungum, eru einnig takmarkaðar að fjölda til. Þar eru þó mörk þess fjölda, sem talið er að draga megi með sanngirni, talin vera mun rýmri. Þessi ónákvæmni er þó ekki talin koma verulega að sök, svo fremi sem stefnur sprungulínanna eru vel kerfisbundnar og þær sprungur, sem ekki eru túlkaðar með sprungulínunum, stefna nærri því samsíða línunum. Það er hér talið vera tilfellið.

2.3 Sprungustefnur og sprungusvæði

Á kortinu (mynd V.III-13) blasir við, að nokkrar stefnur á sprungulínunum eru ríkjandi. Þetta sama kemur í ljós ef tíðni ákveðinna stefna er athuguð (mynd V.III-14). Val og fjöldi sprungulína hefur að sjálf-sögðu áhrif á tíðni stefna. Varðandi val sprungulína má telja, að valdar hafi verið þær, sem voru mest áberandi, og segðu því í raun mest. Aðrar sprungur og sprunguraðir eru auk þess yfirleitt samsíða sprungulínunum, sem fyrr segir. Mæld var stefna á 86 sprungulínunum. Fjöldi mælinga ætti því að nægja til að gefa samilega öruggar ábendingar, þó útkomur verði ekki nákvæmar upp á stig (gráður). Það má því álíta, að greining á höggulum stefnum þessara sprungulína geti verið samilega marktæk.

Á tíðniferlinum (mynd V.III-14) koma fram 5 hæðir, þar af 2 tví-typptar. Kröppust er sú hæð, sem hefur topp við $N58^{\circ}A$. Mikill fjöldi sprungulína tilheyrir hvorri tvítypptu hæðinni um sig. Á þeim hvorri um sig er annar toppurinn gleggri, og þá sá, sem er vestar að gráðutali. Hinn er óljósari og sennilega bæði minni og flatari. Athyglisvert er, að bilið á milli toppanna er það sama á báðum hæðunum, eða 7° . Önnur hæðin hefur toppa við $N17^{\circ}A$ og $N24^{\circ}A$, en hin við $N35^{\circ}A$ og $N42^{\circ}A$. Sömu stefnur ($N36^{\circ}A$, $N42^{\circ}A$) koma á þessu svæði fyrir sem aðalstefnur á gossprungum. Slíkar stefnur (um og innan við $N40^{\circ}A$) eru ríkjandi á gossprungum og gosreinum á Reykjanesskaga. Meginstefna Reykjaneshryggjarins er nærri $N38^{\circ}A$ (sjá kort hjá Leó Kristjánssyni 1980). Svipað stefna flestar gossprungur, móbergs-hryggir og sprungusvæði um gjörvallt Suðurland. Tvær smáhæðir eru einnig á tíðniferlinum. Önnur er umhverfis $N0^{\circ}A$, lág og flöt; hin er við $N75^{\circ}A$.

Sprungulínur með ákveðnum stefnum liggja hér yfirleitt líka á ákveðnum svæðum, sjá myndir V.III-13, V.III-15. Stefnurnar nærri $N40^{\circ}A$ finnast næstum hvarvetna. Sprungulínur þær, sem þannig stefna, liggja á ræmum ("sprungureinum"), þar sem $N35^{\circ}A$ og $N42^{\circ}A$ skiptast á að vera ríkjandi. Skiptingin í ræmur virðist vera tengd gosreininum á einhvern hátt. $N42^{\circ}A$ -stefnan virðist vera í tengslum við dyngjur ("dyngjureinar") en $N35^{\circ}A$ í tengslum við gossprungur. Frá VSV til ANA er skiptingin þessi: Um Langhól (dyngja !) liggur sprunguskari ("sprungurein"), þar sem sprungulínurnar stefna $N39^{\circ}A$ - $N46^{\circ}A$. Austan hans tekur við rein í framhaldi af Stampa- og Sýrfellsgosreininum með sprungulínustefnur $N33^{\circ}A$ - $N35^{\circ}A$. Austurjaðar þeirrar reinar er um Lágasvæðið og snertir þar næstu sprungurein (stefnur $N40^{\circ}A$ - $N43^{\circ}A$),

sem liggur um Sandfellshæð (dyngju !). Austan undir henni liggur gossprungan í Eldvörpum með meginstefnu $N43^{\circ}A$, og tilheyrir þá væntanlega þessari sprungurein. Þar austan við er land að mestu þakið ungunum sprunguhraunum. Þó sér í brot niðri í Tóttakrókum, upp af Stað, og norður í Strandarheiði. Stefnur á sprungulínunum eru $N31^{\circ}A$ - $N38^{\circ}A$. Suður og austur af varmaorkuverinu í Svartsengi stefna sprungulínur $N35^{\circ}A$ - $N38^{\circ}A$. Enn austar sér lítið af sprungum í þessar áttir og því lítið hægt að spá í stefnur þeirra.

Sprungulínurnar með þessa stefnu eru flestar dregnar gegnum samhangandi (samtengdar) sprungur. Margar þeirra eru nærfellt beinar, en aðrar hlykkjast töluvert. Þess gætir langmest, þar sem sprungur þessar eru skornar af sprungulínunum með stefnu $N58^{\circ}A$, eins og á svæðinu milli Langhóls og Rauðamels. Bútar af samhangandi sprungunum stefna þar $N58^{\circ}A$, en þeir tengjast síðan þannig að samhangandi sprungan í heild viku ekki langt frá $N35^{\circ}A$ -stefnunni. Tengibúturnir hafa fyrir vikið norðlægari stefnur og þær nokkuð dreifðar. Þessi röðun vekur grunsemdir um það, að $N58^{\circ}A$ -stefnan hafi verið til staðar, sem sprungur eða spennur, þegar þau átök urðu, sem leiddu til myndunar sprungnanna með $N35^{\circ}A$ -meginstefnu.

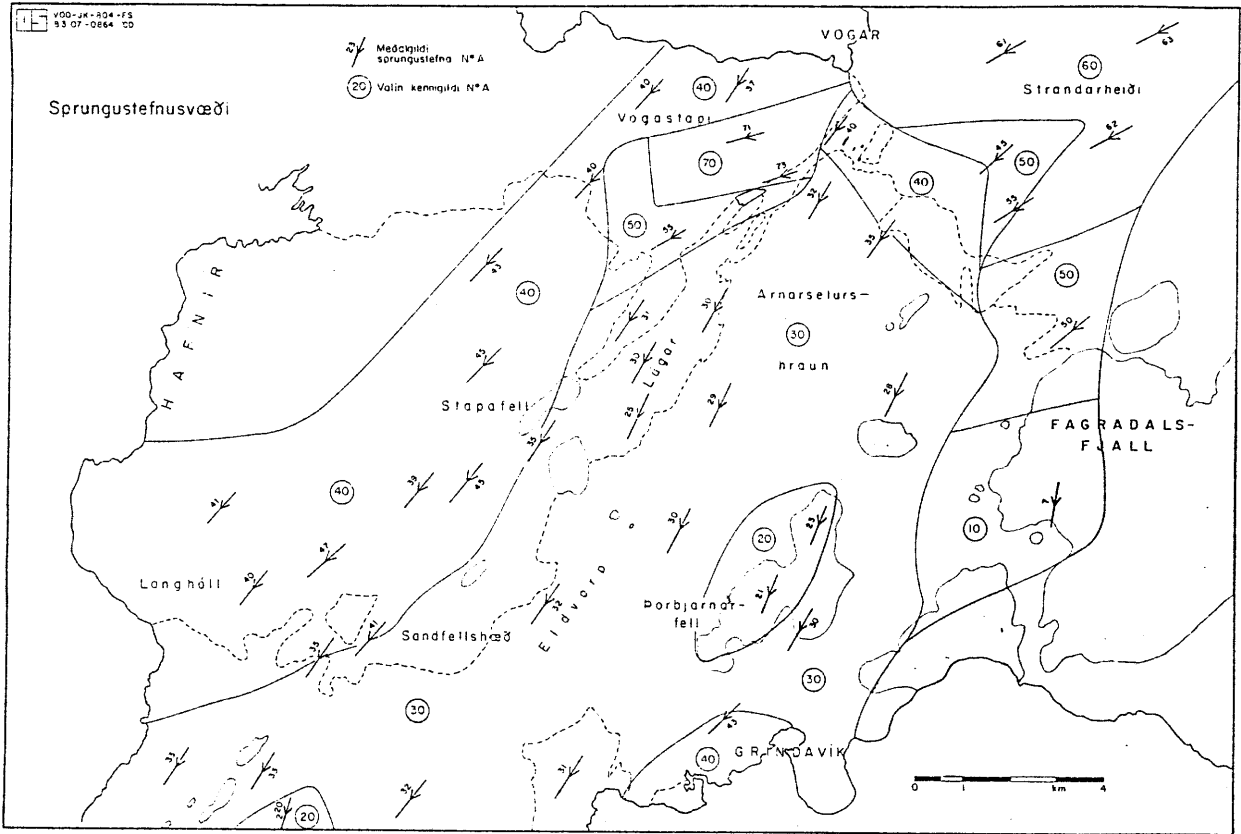
Skilin á milli $N35^{\circ}A$ - og $N42^{\circ}A$ -sprungureinanna eru ekki sérlega glögg. Samt er visst útlit fyrir, að vestur- (NV-) mörk $N42^{\circ}A$ -reinanna stefni nærri $N42^{\circ}A$, en austurmörkin $N35^{\circ}A$. Reinar þessar fleygast þannig hvor á móti annarri; $N42^{\circ}A$ -reinarnar mjökka til norðurs (NA), en hinar til suðurs (SV).

Þéttastar eru þessar sprungulínur, það sem séð verður, á reinamörkunum frá Reykjanesi og norðaustur undir Vogavík. Þar eru líka mestu misgengin og dýpstu sigdældirnar. Um þau fyrirbrigði er fjallað annars staðar (sjá Viðauka III.3). $N35^{\circ}/42^{\circ}A$ -sprungulínanna verður lítið vart í Strandarheiði. Þó teygir sig vöndur af þeim inn á heiðina milli Vogahólts og Brúna. Þeim fylgir þar sigdæld (sjá mynd V.III-16), rétt eins og meiriháttar sigdæld virðist fylgja sprunguvendinum í Lágum og við Snorrastaðatjarnir.

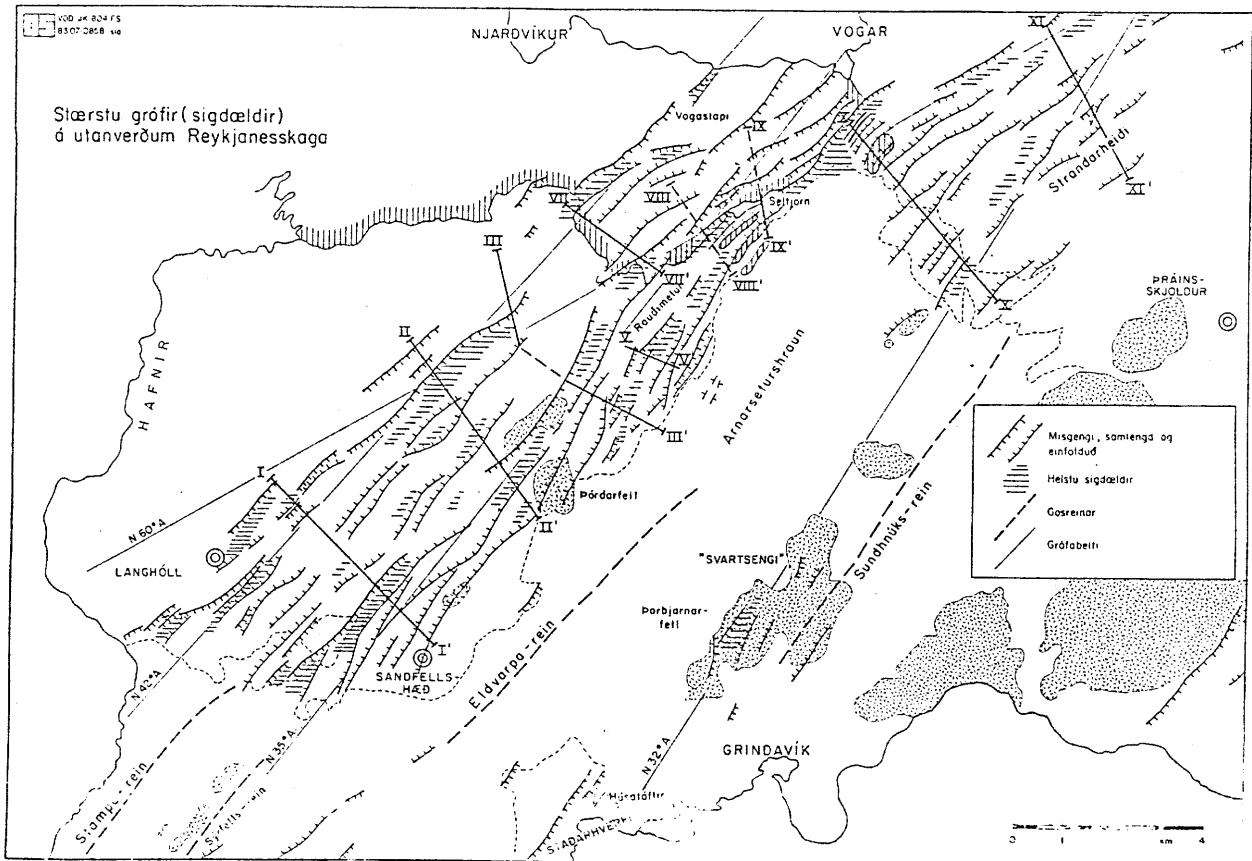
Hins vegar er $N58^{\circ}A$ -stefnan ríkjandi í Strandarheiði. Sprungulínur með þá stefnu liggja einkum með N- og NV-jaðri sprungusvæðisins; á breiðu beltis, að því er virðist. Nær það suður að Brúnum sunnan Strandarheiðar, Lágafelli suðvestan Stapafells og a.m.k. suður í Stóru-Sandvík. Suðurmörk þessa beltis falla hér um bil saman við svæði það, sem gossprungur með stefnur $N36^{\circ}$ - $43^{\circ}A$ koma fyrir á. Norðan skilanna eru fáeinar gossprungur, stuttar, sem stefna nærri $N50^{\circ}A$. Má ætla, að þar gæti áhrifa $N58^{\circ}A$ -beltisins.

Á Lágasvæðinu gætir þessara sprungna ($N58^{\circ}A$) lítið, a.m.k. miðað við sprungur með aðrar stefnur. Vestan Stapafells og allt til Stóru-Sandvíkur skera þær $N35/43^{\circ}A$ -sprungurnar og mynda með þeim samhangandi sprungur, sem fyrr segir. Veruleg misgengi eru víða um þessar sprungur og þær mynda víða galopnar gjár.

Vestan við línu úr Langhól í Ytri-Skor verður naumast vart við þessar sprungur, frekar en aðrar. Þó er athyglisvert, að brekka sú sem gengur nærri þráðbeint austur í hraun sunnan við Kalmanstjörn, hefur svipaða stefnu. Eins er með brot það í svokallaðri Kinn, sunnan undir Langhól, sem liggur norðan að Stóru-Sandvík. Það er skáskorið af fjölda gapandi gjáa (stefnur nærri $N40^{\circ}A$), sem nú eru flestar sandfylltar.



MYND V.III-15 Sprungustefnusvæði



MYND V.III-16 Stærstu grófir (sigdældir) á utanverðum Reykjaneskaga

Margir spakir menn hafa velt þessum brotum og myndun þeirra fyrir sér. Svona brot eru raunar víða þekkt, þar sem tvær brotastefnur skerast. Meira að segja hafa þau verið búin til í leirlíkana-tilraunum í útlöndum. Þau þurfa því ekki endilega að vera yfirmáta merkileg.

Að austan nær $N58^{\circ}A$ -beltið austur að Vatnsleysuvík. Þar virðist það deyja út, en austar liggja raunar yngri hraun yfir því. Enn austar skýtur svipað beltí sér upp í holtunum sunnan Hafnarfjarðar og nær þar líka suður að virka eldgosbeltinu. Stefna þess er nærri $N65^{\circ}A$, eða svipað og suðurjaðar beltisins yst á skaganum. Það lítur því út fyrir, að svona sprungubelti fylgi norðurjaðri virka gosbeltisins, það er þó e.t.v. slitrótt og er þá sennilega í einhverjum tengslum við sprungusvæðin ($N40^{\circ}A$), skáhallt yfir skagann. A.m.k. virðist standast á "eyðan" í jaðarbeltið og "eyðan" austan Fagradalsfjalls inni á beltinu.

Vera má, að samskonar sprungubelti sé sunnan á skaganum. Þess sjást þó lítil merki, enda lægi það sennilega að mestu úti í sjó, yst á skaganum. Þegar kemur austur undir Krýsuvík fara þó svipaðar stefnur að gera vart við sig. Rétt syðst á Vesturhálsi finnast sprungur, lokaðar, sem stefna ANA-A. Enn austar eru brot og misgengi á korti Jóns Jónssonar (1978) bæði á Herdísarvíkurfjalli og í Selvogi, sem hafa stefnur á milli NA og A. Hér gæti verið um jaðarbelti að ræða, þó ekki þyrfti það að samsvara því nyrðra á allar lundir.

Minna sést til sprungulína þeirra, sem valda þriðju hæðinni á tíðni-ferlinum, en þeirra, sem valda hinum tveimur hæðunum. Þessar sprungulínur valda tvítýpptri hæð með toppa við $N17^{\circ}A$ og $N24^{\circ}A$. Dreifing er þó töluverð um toppana. Hins vegar virðist landfræðileg dreifing vera nokkuð skýr. Þessar sprungulínur koma einkum fyrir sunnan $N58^{\circ}A$ -beltisins. Þó teygist vöndur af þeim inn á Lágasvæðið og á þar sinn þátt í hinum þéttu brotum, sem þar finnast. Svo virðist sem $N17^{\circ}A$ -sprungulínurnar fylgi $N42^{\circ}A$ -sprungulínunum og $N24^{\circ}A$ -línurnar fylgi $35^{\circ}A$ -línunum. Hafa verður þó fyrirvara á þeirri staðhæfingu, því að athuganir eru af skornum skammti. Vera má líka, að fylgni sprungulínanna sé við dyngjugosa- og sprungugosreinarnar. Athyglisvert er, að sem næst sama bil virðist vera á milli tíðnitoppa á báðum sprungukerfunum, um 7° , og samsvarandi meginstefnur virðast para sig þannig, að miðlína þeirra er nærri $N30^{\circ}A$ (42° og 17° ; 35° og 24°).

Litlu hæðirnar á tíðni-ferlinum, við $N0^{\circ}A$ og $N75^{\circ}A$ eru einskorðaðar við smásvæði. $N0^{\circ}A$ kemur fyrir í Hagafelli, Dalhrauni (vestan Fagradalsfjalls) og í Fagradalsfjalli. Á þessu svæði eru líka a.m.k. 2 stuttar gossprungur með svipaða stefnu. Þessar sprungulínur eru allar inni á hinu margfræga skjálftabelti, sem stefnir nærri $75^{\circ}A$ milli Reykjaness og Kleifarvatns. Vestan Þorbjarnarfells er svæði það, sem samsvarar skjálftabeltinu yfirleitt þakið ungum sprunguhraunum á yfirborði. Þar sést því lítið til sprungna. Hlykkur í norðlæga átt verður þó á gossprungunni í Eldvörpum á þessum slóðum. Norðlægar stefnur á gossprungum, móbergshryggjum, gjám og misgengjum finnast víða á skjálftabeltinu austur að Kleifarvatni, en óvíða utan þess.

Austan vatns má líka finna þessar norðlægu stefnur, og þar í framhaldi af skjálftabeltinu, t.d. í Brennisteinsfjöllum og austan á Heiðinni há. Enn má finna þær austan vestra gosbeltisins; umhverfis Hveragerði og á Ingólfsfjalli, og jafnvel enn austar. Þannig má rekja þetta

haggala belti á yfirborði, þó slitrótt sé, frá Reykjanesi og austur á Suðurlandsundirlendi. Þessu augljósa fyrirbrigði hefur verið lítt haldið á lofti, og má þó glögglega sjá það á foldinni, á loftmyndum og á ágætum kortum Jóns Jónssonar (1978).

Stefnur þessara höggulu fyrirbrigða gætu samsvarað því, að um fjaðursprungur væri að ræða, þar sem land hefði færst afstætt til vesturs norðan skjálftabeltisins eða gosbeltisins, en til austurs sunnan við. Haggalar stefnur hafa ekki verið kannaðar sérstaklega í þessu tilliti og verður því ekkert um þetta fullyrt, fyrr en svo hefur verið gert á öllu því belti, sem fyrirbrigði þessi finnast á.

N75⁰A-stefnan er sem næst samsíða stefnunni á skjálftabeltinu. Hún fyrirfinnst aðeins á Vogastapa og nyrst í Strandarheiði, þ.e. við nyrstu mörk sprungusvæðisins. Vísast er, að stefna þessi sé jaðar-fyrirbæri, tengd gos- og sprungubelti Reykjanesskagans. Ekki hefur verið kannað sérstaklega, hvort stefna þessi kemur fram austar á jaðarsvæði þessa beltis. Í Strandarheiði ber lítið á henni móts við N58⁰A-stefnuna. Ekki hefur heldur verið sérstaklega rannsakað, hvort sú stefna er útbreidd annars staðar á jaðarsvæðinu. Sá hluti þess svæðis, sem hér hefur verið skoðaður, gæti haft einhverja sérstöðu, því að vestan til á því beygir gosbeltið til SV út á Reykjaneshrygg.

2.4 Misgengi og sig

Auk sprunguvíddar voru mæld misgengi. Með því að leggja saman hæð misgengja eftir hverju sniði, má finna afstæðar hæðarbreytingar um misgengi á öllu sniðinu (mynd V.II-3). Þá koma í ljós sigdældir ("grófir") og rishæðir ("hörgar"). Mishæðir þessar eru yfirleitt áberandi í landslagi. Þær má greina vel á fold og á loftmyndum og finna á kortum Jóns Jónssonar (1978). Á þeim kortum er ekki tilgreind hæð misgengja, enda er hún oftast breytileg á einu og sama misgenginu.

Á mynd V.III-16 er sýnd lega stærstu grófa ("sigdælda") á svæðinu. Þær virðast raða sér á línur. Tvær línur fylgja jaðri brotasvæðisins að N og NV : Önnur austan undir Langhól með stefnu N42⁰A, svipað og ríkjandi sprungustefnuna þar. Hin liggur úr Hafnaheiði um Seltjörn í Strandarheiði og stefnir nærri N60⁰A, sem er mjög nærri ríkjandi sprungustefnu á því svæði (N58⁰A). Röð eða keðja af grófum liggur frá Vogastapa til Reykjaness, norðvestan við Rauðamel, Þórðarfell og Sandfellshæð, en hún virðist jafnvel sveigja fyrir dyngjuna á Sandfells-hæð. Röð þessi samsvarar ekki fyllilega beinni línu, en sú beina lína, sem best hæfði, hefði stefnu nærri N35⁰A, í samræmi við sprungustefnu á þessu svæði. Gróf er í Lágum, en verður ekki rakin lengra. Loks er sennilega gróf hjá Húsatóttum í Staðarhverfi, um Þorbjarnarfell og e.t.v. í framhaldi þess norður í Strandarheiði. Stefna samsvarandi grófa-raðar væri N30⁰-35⁰A, sem einnig er í samræmi við ríkjandi sprungustefnu.

Grófir þessar (sigdældir) eru yfirleitt 5-10 m djúpar. Hins vegar er samanlagt sig um misgengi mun meira. Lægsti punktur á sniðunum er siginn um 15-60 m miðað við SA-enda sniðanna. Mismunur á milli enda sniðanna virðist oftast vera 10-30 m (sjá mynd V.III-3) og er SA-endinn jafnan hærri. Þetta er ekki í samræmi við lögun gosstöðva, halla hrauna og hæð yfir sjó. Það eru því líkur á því, að sig hafi orðið meira inni á brotasvæðinu en við jaðra þess, og þá um sveigjur

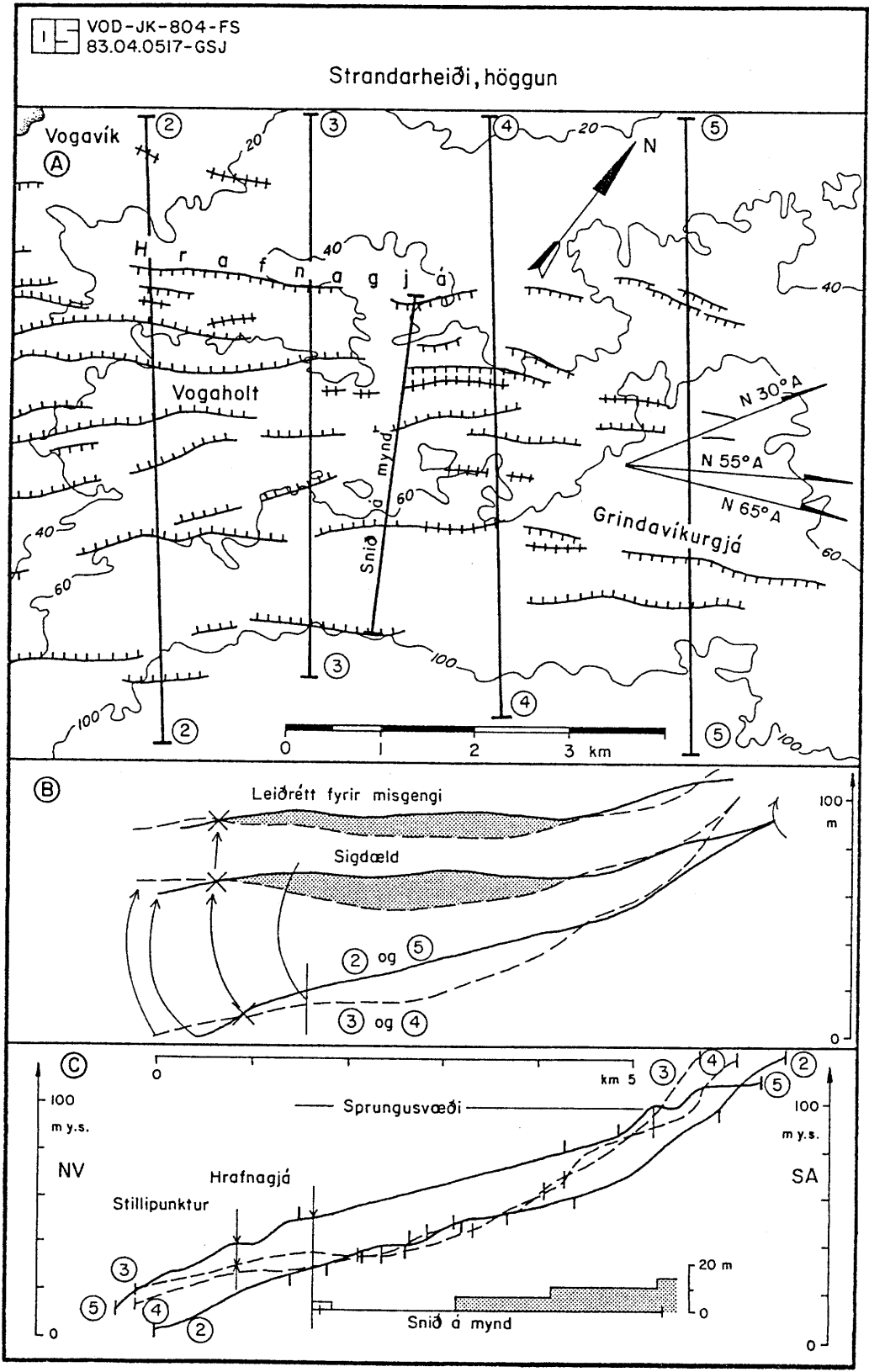
("flexúr") en ekki brot. Sýnileg misgengi gætu meira að segja hafa myndast til mótvægis við sveigjusig, eins og algengt er í höggun. Fleygarnir á milli misgengjanna geta líka verið snaraðir. Jón Jónsson (1978) telur, að snörun jarðlaga (til SA) hafi átt sér stað í Lágum og við Seltjörn og á grágrýti við Snorrastaðatjarnir. Væri það vel í samræmi við halla yfirborðs bergfleyga á þeim slóðum.

Margt bendir til þess, að sig hafi orðið í Strandarheiði, meira en nemur misgengjum. Land er sums staðar hærra nær ströndinni en lengra inn til fjalls, t.d. á Vogaholti og suður frá Hrafnagjá (sjá mynd V.III-7). Bendir þetta til sigs á nefndu svæði. Gerðar hafa verið nákvæmnishæðarmælingar á línu suðaustur frá Vogum, sem benda til svipaðra breytinga á síðustu árum (sjá Eysteinn Tryggvason 1981). Sá tími er auðvitað ekki nema örlítið brot af hinum jarðfræðilega "nú-tíma" frá ísaldarlokum (rúmlaga 1/1000). Reynt hefur verið að meta sig frá myndun Þráinsskjaldarhrauns með samanburði á ferlum af hæð lands (mynd V.III-17). Dregnir voru upp fjórir ferlar. Ytri ferlarnir tveir reyndust nærri því samsíða og voru felldir saman í einn með drætti meðallínu. Sömu sögu er að segja um báða innri ferlana. Þessum tveimur nýju ferlum er hliðrað þannig í hæð, að þeir falla saman utan við NV-mörk misgengjabeltisins (við Hrafnagjá). Hér er gengið út frá því, að halli á Þráinsskjaldardýngjunni hafi hvarvetna verið sá sami í upphafi, þar sem ferlarnir eru dregnir. Hæðarmunur meðalferlanna orsakist því af sigi og sé óháður raunverulegri hæð yfir sjó á upphaflegu ferlunum fjórum. Séu þessar forsendur réttar, þá er greinileg sigskál í miðri Strandarheiði, um 15 m á dýpt og 3,5 km í NV-SA-stefnu. Sennilega er þó sig þetta meira. Ef tekið er tillit til samanlagðrar misgengishæðar á sniði mitt á milli innri ferlanna, þá nær sigskálin lengra til suðausturs og er lítið eitt dýpri. Þar þarf þó að taka tillit til misgengishæða á ytri ferlunum, en þar er hún ekki þekkt með nægjanlegri vissu.

Þetta eina dæmi verður hér látið nægja til að benda á líkurnar á sigi um sveigjur ("flexúr"), sem ekki gætir í misgengjum, nema þá sem and-leitinni svörun. Sig þessi hafa vatnafræðilegar þýðingu að því leyti, að við þau geta yngri og betur leiðandi jarðlög (einkum hraun) lent ofan í jarðvatni og þar með valdið aukinni jarðlekt.

Dreifing á hæð misgengja er sýnd á mynd V.III-18. Ekki er svo að sjá, sem um glögga máldreifingu sé að ræða. Hærri gildin eru vitaskuld sjaldgæfari en þau lægri. Hins vegar eru gildi nálægt núlli alls ekki algengust; algengastar misgengishæðir eru um 2-3 m. Þess ber að gæta, að "núll-misgengi" eru ekki talin með, þar eð eðlismunur getur verið á brotum án misgengis og brotum með misgengi.

Engar getur verða hér að því leiddar, hverjar séu orsakir þessarar dreifingar. Hæð misgengja skiptir einkum máli við val bor- eða brunntæða. Hæðarlega sama jarðlags er mismunandi, eftir því hvorum megin misgengis það liggur. Lekt jarðlag getur því legið ofan grunnvatnsborðs öðrum megin misgengis, en neðan þess hinum megin. Dýpi á grunnvatnsborð frá jarðaryfirborði er að sjálfsögðu einnig mismunandi.



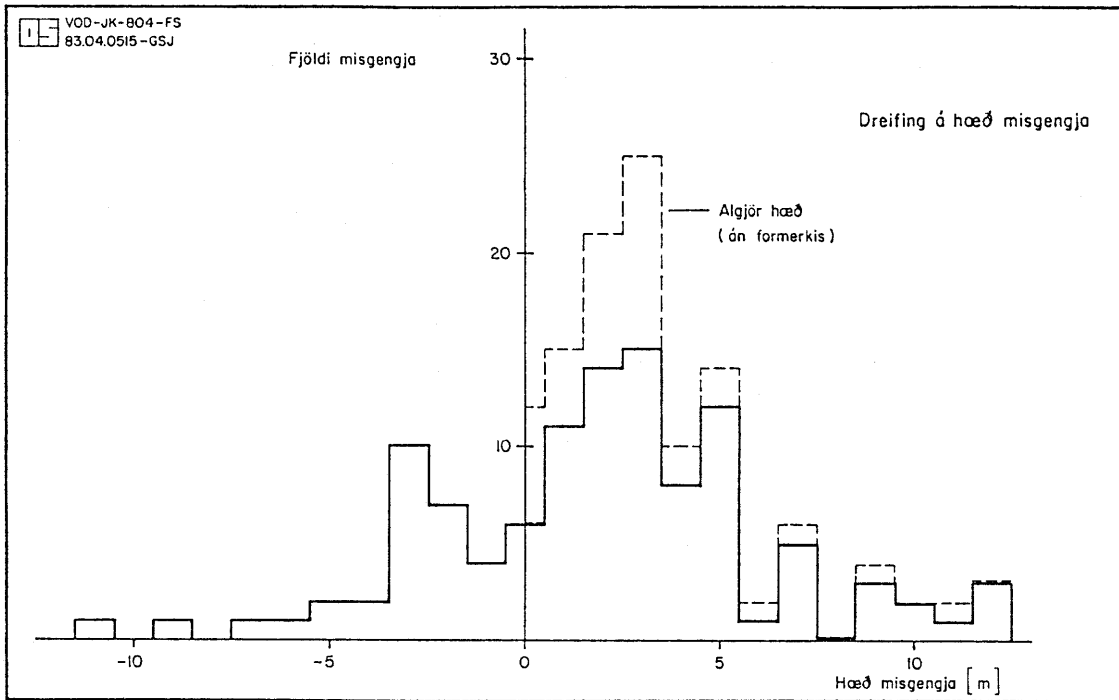
MYND V.III-17 Strandarheiði, höggun

Fyrirbrigði finnast á rannsóknarsvæðinu, er túlka má sem afleiðingar vindings (e.: "torsion") í jörðinni. Með norðurjaðri sprungusvæðisins skiptast á hæðir og lögðir (sjá mynd V.III-19). Hæðir eru í Vogaholti og vestur-norðvestur frá Stapafelli. Norðvestan í þeim báðum eru nokkurra metra há misgengi, en fleygunum á milli er jafnvel lítillega snarað til suðausturs. Lögðir eru í Strandarheiði, Lágum og austur undir Langhól. Í þeim skiptast á grófir og hörgar (sigdældir og ris-hæðir). Í Lágum er fleygum milli misgengja sennilega snarað til suðausturs (Jón Jónsson 1978) og svo gæti einnig verið í Strandarheiði. Á milli eru svæði, þar sem snörun virðist vera lítil eða engin, en þar koma fyrir hreinar sigdældir. Þessi fyrirbrigði virðast koma fyrir á ræmum, sem stefna nærri $N20^{\circ}A$ og liggja með norðurjaðri sprungusvæðisins á belti, sem stefnir nærri $N60^{\circ}A$. Svipaða stefnu hefur röð ("keðja") af sigdældum meðfram þessum sama jaðri.

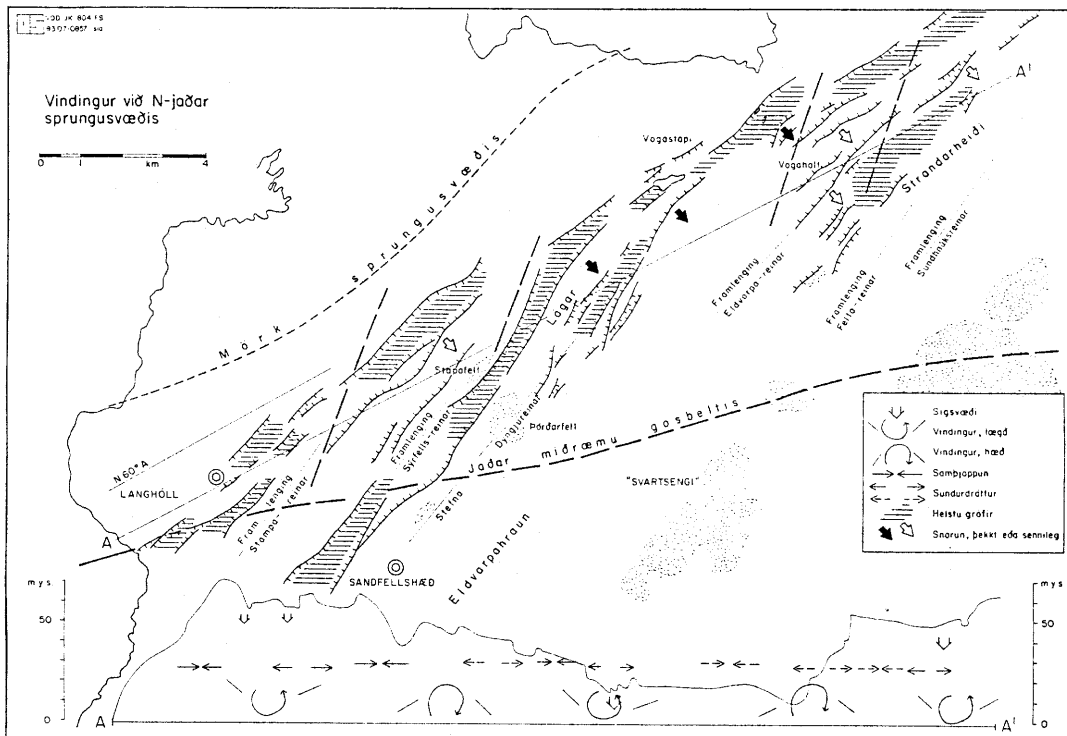
Vera má, að fyrirbrigða þessara verði einnig vart sunnar á sprungubeltinu, en þar er land að mestu leyti þakið ungum hraunum, og sér því lítið til sprungna og misgengja. Því er fátt hægt að segja um þann hluta. Fyrirbrigðin við norðurjaðarinn er hægt að hugsa sér, að séu mynduð við vinding í jörðinni; einskonar fellingar eða öldur, sem liggi skáhallt, svipað og undið sé upp á þær. Þessi fyrirbrigði gætu hugsanlega stafað af því, að sniðhreyfingar eða einhverjir sniðkraftar hefðu verið að verki, þannig að hreyfing eða ýtingur hefði afstætt verið til vesturs-suðvesturs norðan við þetta undna eða hrukkaða belti. Væri slíkt í samræmi við ýmsar aðrar athuganir (sjá V.II., V.III.2).

Þessi fyrirbrigði hafa lítið verið skoðuð og skal því ekki fullyrt neitt um haggala ("tektóniska") þýðingu þeirra. Sé þarna um svona vinding að ræða, þá má búast við því, að honum fylgi samþjöppun, sennilega austan á fyrrnefndum hæðum, og sundurdráttur, sennilega vestan undir sömu hæðum, eða í lögðabotnunum. Athyglisvert er, að gosreinarnar sunnar á skaganum stefna inn á síðarnefndu svæðin. Séu svona hreyfingar að verki, eða samsvarandi spennur, þá gæti þetta valdið misleitni í berglekt á þessum svæðum, þar sem skiptust á verr leiðandi (samþjöppun) og betur leiðandi ræmur (sundurdráttur), sem stefndu $N20^{\circ}A$.

Tæpir 10 km virðast vera á milli lögðabotna eða hæðahvirfla á belti þessu með norðurjaðrinum (sjá mynd V.III-19). Mat á legu hvirfla og botna er ónákvæmt og því lengd bila á milli þeirra sömuleiðis. Ofanvarpað á miðlínu gosbeltisins væri bil milli hvirfla eða botna tæplega 9 km, eða svipað og hálf tæpi bil milli miðra gosfylkja (sjá V.II.1.9). Þarf það heldur ekki að koma á óvart, því að "bylgjulengd" vindingsaldnanna samsvarar væntanlega veikleikum í jörðinni en það gera gosfylkin líka.



MYND V.III-18 Dreifing á hæð misgengja



MYND V.III-19 Vindingur við N-jadar sprungusvæðis