



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

JARÐKÖNNUN – ÞÁTTUR Í NÚTÍMA SKIPULAGI

Unnið hafa: Birgir Jónsson
Davíð Egilson
Freysteinn Sigurðsson
Freyr Þórarinsson

Endurunnið úr handriti frá 1977

OS-85007/VOD-02 B

Febrúar 1985



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

JARÐKÖNNUN – ÞÁTTUR Í NÚTÍMA SKIPULAGI

Unnið hafa: Birgir Jónsson
Davíð Egilson
Freysteinn Sigurðsson
Freyr Þórarinsson

Endurunnið úr handriti frá 1977

OS-85007/VOD-02 B

Febrúar 1985

Varðar: Jarðkönnun - þáttur í nútímaskipulagi.

Skilagrein þessi á sér nokkuð langa forsögu; Tveir starfsmenn þáverandi Jarðkönnunardeildar, Freysteinn Sigurðsson og Freyr Þórarínsson, tóku saman yfirlit um hagnýtt gildi jarðkönnunar vorið 1977. Var þá einkum litið til gagnsemi jarðkönnunar fyrir sveitarstjórnir og við byggðaskipulagningu. Að undirlagi deildarstjóra Jarðkönnunardeildar Guttorms Sigbjarnarsonar, var afráðið að víkka þetta yfirlit út í samvinnu við þáverandi Raforkudeild Orkustofnunnar. Af hennar hálfu gengu þeir Birgir Jónsson og Davíð Egilson til verksins. Fjórmenningarnir gengu frá handriti til greinargerðar vorið 1978.

Greinin var þó ekki gefin út þá, og stóðu mál þannig við sameiningu Raforku- og Jarðkönnunardeildar árið 1978. Ekki hefur verið ráðist í að endurgera handritið fyrr en nú. Kom þar einkum tvennt til:

- Árin 1979 - 84 lögðu stjórnvöld og orkusöluþyriræki slíkt kapp á undirbúning vatnsaflsvirkjana að höfundar skýrslunnar höfðu engan tíma til vinnu við endurgerð handritsins. Raunar hætti einn höfunda, Freyr Þórarínsson störfum árið 1981.
- Við það yfirálag sem var á starfsemi Vatnsorkudeildar ofangreind ár þótti tæpast ástæða til að hvetja sveitarstjórnir eða aðra utan raforkugeirans til að biðja um þjónustu sem enginn nema Vatnsorkudeild veitti.

Þegar dró að haustnóttum 1984 var nokkuð ljóst að umtalsverður samdráttur myndi eiga sér stað í byggingu og rannsókn nýrra virkjana. Þessi samdráttur hefur orsakað auknið svigrúm hjá starfsmönnum Vatnsorkudeildar til að taka að sér ýmiss jarðkönnunarverk ásamt rannsókn fyrir nýjar virkjanir. Það þótti því rétt að endurgera handritið til að kynna hvað felst í jarðkönnun og hvert væri hagnýtt gildi hennar.

Það er von okkar að þessi skilagrein verði sveitarstjórnnum og öðrum skipuleggjendum nýbyggðar og mannvirkjagerðar hvatning til að notfæra sér hinar ýmsu rannsóknir sem lýst er hér á eftir.

Virðingarfyllst.

Haukur Tómasson
 Haukur Tómasson
 Forstjóri Vatnsorkudeildar

Guttormur Sigbjarnarson
 Guttormur Sigbjarnarson
 Verkefnisstóri jarðkönnunar-
 verka.

EFNISYFIRLIT

bls.

1.	MANNVIRKI OG JARÐEFNI	3
2.	SKIPULAG OG JARÐKÖNNUN	3
2.1.	Skipulag	3
2.2.	Jarðkönnun	4
3.	VIÐFANGSEFNI	5
3.1.	Byggingarsvæði	5
3.2.	Nýting náttúruauðefa	5
3.2.1.	Neysluvatn	6
3.2.2.	Byggingarefni	7
3.2.3.	Iðnaðarefni	7
3.2.4.	Umhverfisvernd	9
3.3.	Jarðhættur	9
3.3.1.	Náttúruhamfarir	9
3.3.2.	Jarðbreytingar	11
4.	AÐFERÐIR	12
4.1.	Jarðfræðileg kortlagning	12
4.1.1.	Almenn jarðfræðileg yfirlitskort	12
4.1.2.	Jarðfræðikort fyrir skipulag	12
4.1.3.	Námukort	12
4.2.	Jarðeðlisfræðilegar mælingar	14
4.2.1.	Hljóðhradameðlingar	14
4.2.2.	Viðnámsmælingar	15
4.3.	Jarðboranir og gryfjur	16
4.3.1.	Gryfjur	16
4.3.2.	Jarðgrunnsboranir	17
4.3.3.	Sýnataka	17
4.3.4.	Könnunarborun	18
4.3.5.	Grunnavatnsholur	19
4.3.6.	Neysluvatnsholur og tilraunaholur fyrir dæluprófanir	19
5.	NOTENDUR OG RÁÐGJÖF	20
6.	LOKAORÐ	20

MYNDASKRÁ

bls.

Mynd 1. Lausleg úttekt á lausum jarðlögum í Vopnafjarðarbyggð	6
Mynd 2. Lausleg úttekt á jarðefnum í Bolungarvík	8
Mynd 3. Jarðskjálftasvæði	10
Mynd 4. Laus jarðlög í botni Reyðarfjarðar	13
Mynd 5. Tengsl hljóðhraða við rípanleika bergs	14

1. MANNVIRKI OG JARÐEFNI.

Mannvirki eru byggð í jörðu eða á og oft að miklu leyti úr jarðefnum. Hús þarf að byggja á góðum grunni en stöðugleiki jarðvegs og dýpi á fast eru þó sjaldan þekkt þegar framkvæmdir hefjast. Hús og önnur mannvirki verður að setja þar sem skriður, snjóflóð og vatnagangur granda þeim ekki. Fyllingarefni þarf í grunna og aðrar fyllingar en steypuefni í mannvirkin sjálf. Ekki er hægt að nýta hvaða mál sem er til þess, ef mannvirkið á að endast vel. Jörð og jarðefni skipta því ekki síður máli við mannvirkjagerð en hönnun og bygging. Ríður á miklu að rétt sé þar að staðið. Því miður eru alltof mörg dæmi um óhófsdýran grunngröft, missigln mannvirki, sprungna steypu, vondar og illa reknar efnisnámur, svo nokkuð sé nefnt. Ótalið er það jarðefni, sem notað er í stærstum mæli, en það er neysluvatnið. Það þarf að vera hreint, gott og nægjanlegt vegna almennrar neyslu og matvælaíðnaðar eins og fiskvinnslu. Víða hefur tekist að afla viðunandni neysluvatns, en þó er þar of víða pottur brotinn ennpá. Skynsamlegur undirbúningur mannvirkjagerðar og jarðefnanýtingar kostar jafnan nokkurt fé, sem þó er alla jafna aðeins örlítið brot af framkvæmdakostnaði og vinnst yfirleitt upp aftur við framkvæmdirnar sjálfar, og það oft margfalt. Mistök eða vanræksla í undirbúningi kostar hins vegar alltaf ómælt fé. Er raunar stundum torvelt að bæta úr slíkum mistökum, eða jafnvel ógerlegt. Til að fyrirbyggja slík mistök er beitt skipulagi og undirbúningskönnunum.

2. SKIPULAG OG JARÐKÖNNUN

2.1. Skipulag

Á tveimur síðustu áratugum hafa orðið miklar framfarir í skipulagsmálum hérlendis. Fyrir utan byggðarskipulagningu þá, sem einnig er nefnd landshlutaáætlunir, eru öll sveitarfélög skipulagsskyld og einhvers konar skipulagsuppdrættir eru til fyrir þau öll. Þar mun ýmist vera um að ræða aðalskipulag sveitarfélagsins í heild eða deiliskipulag sem tekur yfir hluta hins skipulagsskylda svæðis. Aðalástæðan fyrir þessari skipulagsvinnu er sá gífurlegi sparnaður sem til lengdar leiðir af henni, bæði á tíma og peningum.

Það hefur færst í vöxt að sveitarstjórnir undirbúi verklegar framkvæmdir með gerð deiliskipulags fyrir ný byggingasvæði, og jafnvel með því að gera lóðir byggingarhæfar samkvæmt þessu deiliskipulagi. Ef vel á að vera, "ætti það að vera föst regla að jafnan væri til framkvæmda- og kostnaðaráætlun, miðað við þriggja ára áætlaða lóðapörf, og framkvæmdum jafnan hagað þannig, að aldrei komi til þess, að úthluta þurfi lóð, sem ekki hefur áður verið gerð byggingarhæf" (Zóphonías Pálsson, skipulagsstjóri ríkisins, erindi á ráðstefnunni "Skipulagssjónarmið til næstu aldamóta", Handbók sveitarstjórna nr. 9).

2.2. Jarðkönnun

Gerð og staðsetning mannvirkja hefur að jafnaði ýmsar jarðfræðilegar hliðar. Gildir það jafnt um húsbýggingar allskonar, samgöngumannvirki, mannvirki til atvinnureksturs og mannvirki til nýtingar náttúruauðæfa. Rannsókn þeirra jarðfræðilegu aðstæðna, sem skipta máli í þessum efnum, er hér nefnd jarðkönnun. Þessi þáttur í gerð skipulags- og kostnaðaráætlana t.d. aðal- og deiliskipulags, skiptir tvímælalaust miklu máli en hefur ekki alltaf verið nægjanlega sinnt. Til þess liggja efalítið margar ástæður:

- Ein er sú að þegar þéttbýliskjarnar mynduðust var sú mikla þensla sem síðar varð í þörf á landrými og byggingarefni ekki séð fyrir.
- Önnur veigamikil ástæða er án efa að þrátt fyrir að frumkvöðlar í jarðkönnun hafi verið margir hverjir mjög færir menn, voru þeir það fáir að þeir önnuðu ekki þeim verkum sem fyrir lágu. Fjöldi menntaðra sérfræðinga í jarðkönnun hefur hins vegar bæst í hópinn hin síðari ár og margir eru komnir með mikla starfsreynslu.
- Þá hafa orðið miklar framfarir í vissum þáttum jarðkönnunar t.d. með stórvirkum vinnuvélum og breyttum vinnuaðferðum, sem valda því að upplýsingar sem ekki var hægt að afla áður, fást nú á tiltölulega auðveldan hátt.
- Loks hefur aukin reynsla leitt til þess að auðvelda lausn margs konar jarðkönnunarlegra vandamála og draga úr kostnaði við þau.

Má fullyrða að með íslenskum starfskröftum sé unnt að sinna allri jarðkönnun hérlendis í sambandi við skipulagsvinnu og mannvirkjagerð.

Það ríður á miklu að sveitarstjórnir, og aðrir þeir aðilar sem forgöngu hafa um skipulag og áætlanagerð, átti sig á þeim miklu fjármunum sem unnt er að spara með alhliða rannsókn á jarðfræðilegum aðstæðum þar sem einhverjar verklegar framkvæmdir eru fyrirhugaðar, og taki í sína þjónustu þá þekkingu sem til er í landinu. Hér á eftir er stuttlega lýst helstu þáttum jarðkönnunar, gerð grein fyrir helstu rannsóknaraðferðum og reynt að skýra nokkuð hvers megi vænta af svona könnun.

Hlutverk þessarar greinar er ekki að lýsa jarðkönnun á tæmandi hátt, heldur nær hún tilgangi sínum ef þeir sem málið er skylt leita frekari upplýsinga um mögulegar rannsóknir af þessu tagi og nýta þær sér í hag.

3. VIÐFANGSEFNI

3.1. Byggingarsvæði

Alkunna er hver vandræði hljótast oft og tíðum af ókunnugleika á jarðlagi því sem mannvirki er reist á og í. Varðar það m.a:

- Þykkt lausra jarðlaga, útbreiðslu og gerð, en þessi atriði ráða því, hversu dýrt er að grafa og flytja burt hvern rúmmetra efnis, þar sem þess gerist þörf.
- Hvernig jarðlag bregst við raski og álagi sem fylgir mannvirkjum og gerð þess (burðarþol jarðlags, hætta á hruni o.fl.).
- Hvort grunnvatn er vandamál í húsgrunnum, hvort mikillar frostlyftingar sé að vænta í jarðvegi o.s.frv.

Nokkur vitneskja fæst um gerð, útbreiðslu og þykkt jarðlaga þegar byggt er á jarðkönnun við gerð aðal- og deiliskipulags og framkvæmdaáætlaða. Þannig er trúlegast best tryggt að ódýrasta leiðin verði valin strax í upphafi. Sparnaður í tíma og fjármunum ætti því að koma fram í færri mistökum á framkvæmdastigi. Auk þess yrði komið í veg fyrir mistök og vinnutafir vegna vanþekkingar á jarðfræðilegum aðstæðum. Sé svo haft í huga, hversu mannvirkjagerð alls konar er stór hluti fjárfestingar landsmanna, þá er ljóst að hver hundraðshluti af kostnaði við þessa mannvirkjagerð er veruleg fjárhæð. Verði unnt að lækka byggingarkostnað þó ekki væri nema um örfáa hundraðshluta að jafnaði, er þar um umtalsverðar fjárhæðir að tefla bæði fyrir ríki, bæ og einstaklinga.

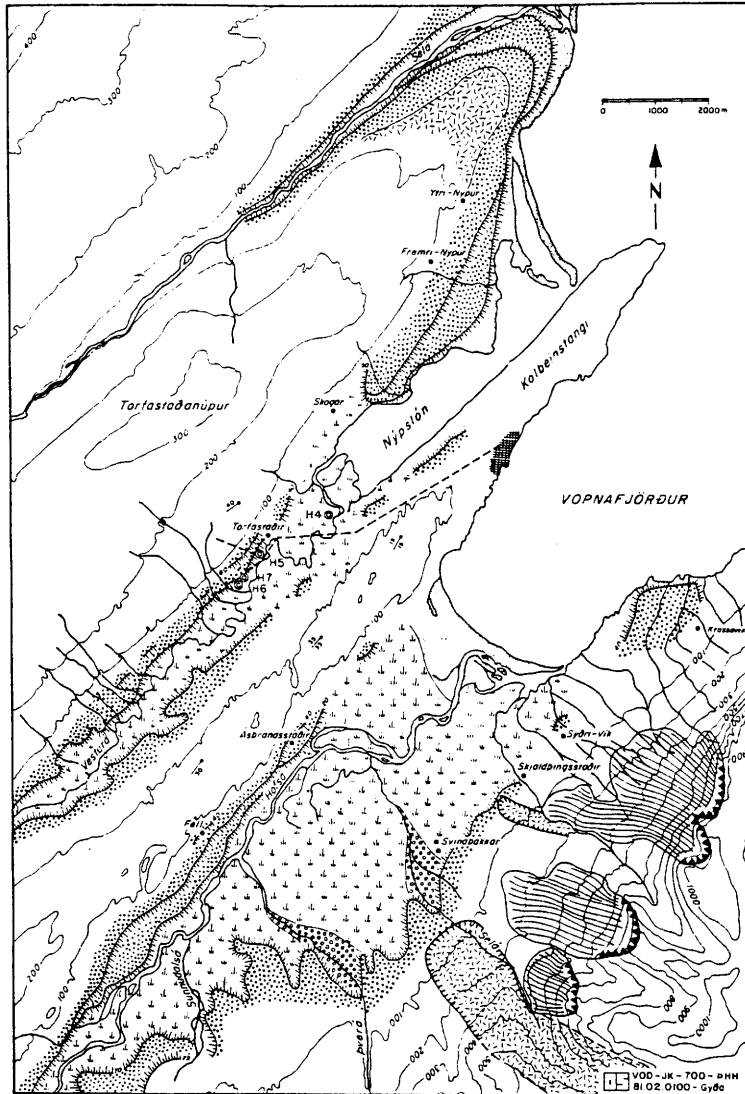
Tilgangur jarðkönnunar á væntanlegum byggingasvæðum er að fá upplýsingar um þykkt og gerð hinna ýmsu jarðlaga og eðliseiginleika þeirra, sérstaklega þykkt lausra jarðlaga ofan á föstu bergi. Könnunin er alla jafna fólgin í yfirborðskortlagningu, gryfjugreftri, jarðgrunnsborunum og stundum jarðeðlisfræðilegum mælingum (aðallega viðnámsmælingum og hljóðhraðamælingum). Þar sem aðstæður eru erfiðar getur þurft ítarlega könnunarbörðun og sýnatöku úr borholum, rannsókn jarðsýna og ýmsar sérrannsóknir eftir þörfum hverju sinni. Nokkur munur er á könnunaraðferðum eftir því hvort um er að ræða staðbundna könnun (t.d. húsgrunnar) eða könnun stærri svæða og lengri leiða (t.d. byggðahverfi eða samgöngumannvirki). Þessi munur liggur einkum í sérrannsóknnum og því, hversu mikil áhersla er lögð á hinar ýmsu fyrrgreindra rannsóknaraðferða.

3.2. Nýting náttúruauðefa

Til algengra náttúruauðefa má m.a. telja neysluvatn, byggingarefni, jarðhita, vatnsorku, mó og hráefni til iðnaðar. Könnun jarðfræðilegra aðstæðna við nýtingu vatnsorku og jarðhita er hér á landi í höndum sérhæfðra deilda Orkustofnunar, nefnilega Vatnsorku- og Jarðhitadeilda. Hér verður aðeins dregið á könnun á neysluvatni, byggingarefnum og iðnaðarefnum.

3.2.1. Neysluvatn

Jarðfræðilegar og vatnafræðilegar aðstæður ráða hvar hentugast er að taka neysluvatn með tilliti til besta vatns, mesta vatnsmagns, jafnasta rennslis og minnstu mengunar. Því þarf könnun á aðrennslissvæði, rennslisháttum og fleiri þáttum í hegðun vatnsins. Könnun fer fram með jarðfræðilegri kortlagningu, vatnsborðs- og rennslismælingum, efnagreiningum ýmiss konar, könnunarborunum og sérrannsóknunum, sem nauðsynlegar kunna að verða á hverjum stað. Mynd 1 sýnir dæmi um slíka könnun.



Mynd 1

Lausleg heildarúttekt á lausum jarðlögum í Vopnafjarðarbyggð, unnin vegna neysluvatnskönnunar.

3.2.2. Byggingarefni

Fyrir vinnslu og nýtingu byggingarefna (grjóti, mól, gjalli, sandi, og vikri) varðar miklu að þekkja legu þeirra, útbreiðslu og gerð. Könnunaraðferðir eru svipaðar og við könnun á útbreiðslu og þykkt jarðlaga á byggingasvæðum, en þegar væntanleg byggingarefni eiga í hlut, er mikil áhersla auðvitað lögð á sérrannsóknir til að kanna gerð og eiginleika efnisins sem byggingarefnis t.d steypuhæfni, þar meðtalið: kornastærð og berggerð fyllingarefnisins ásamt brotþoli, vatnsdrægni, alkalívirgni og frostþoli steypunnar.

Fyrstu þrep könnunarinnar fyrir grjótnám (t.d. í varnargarða) og malarnám eru jafnan vettvangsskoðun og síðan jarðfræðileg kortlagning námusvæðis. Í malarnámum fylgja þá jarðgrunnsboranir til þykktarkönnunar, gryfjugröftur og sýnataka til efnisgreiningar og prófunar. Sýni eru einnig tekin og prófuð úr grjótnámum. Þar er oft þörf á könnunarborunum til að kanna útbreiðslu og gerð efnis og jafnvel til sýnatöku. Ýmsar jarðeðlisfræðilegar mælingar geta einnig komið að gagni bæði við rannsóknir á malar- og grjótnámi. Mynd 2 sýnir niðurstöður könnunar á byggingarefni sem fram fór á Bolungarvík.

3.2.3 Iðnaðarefni

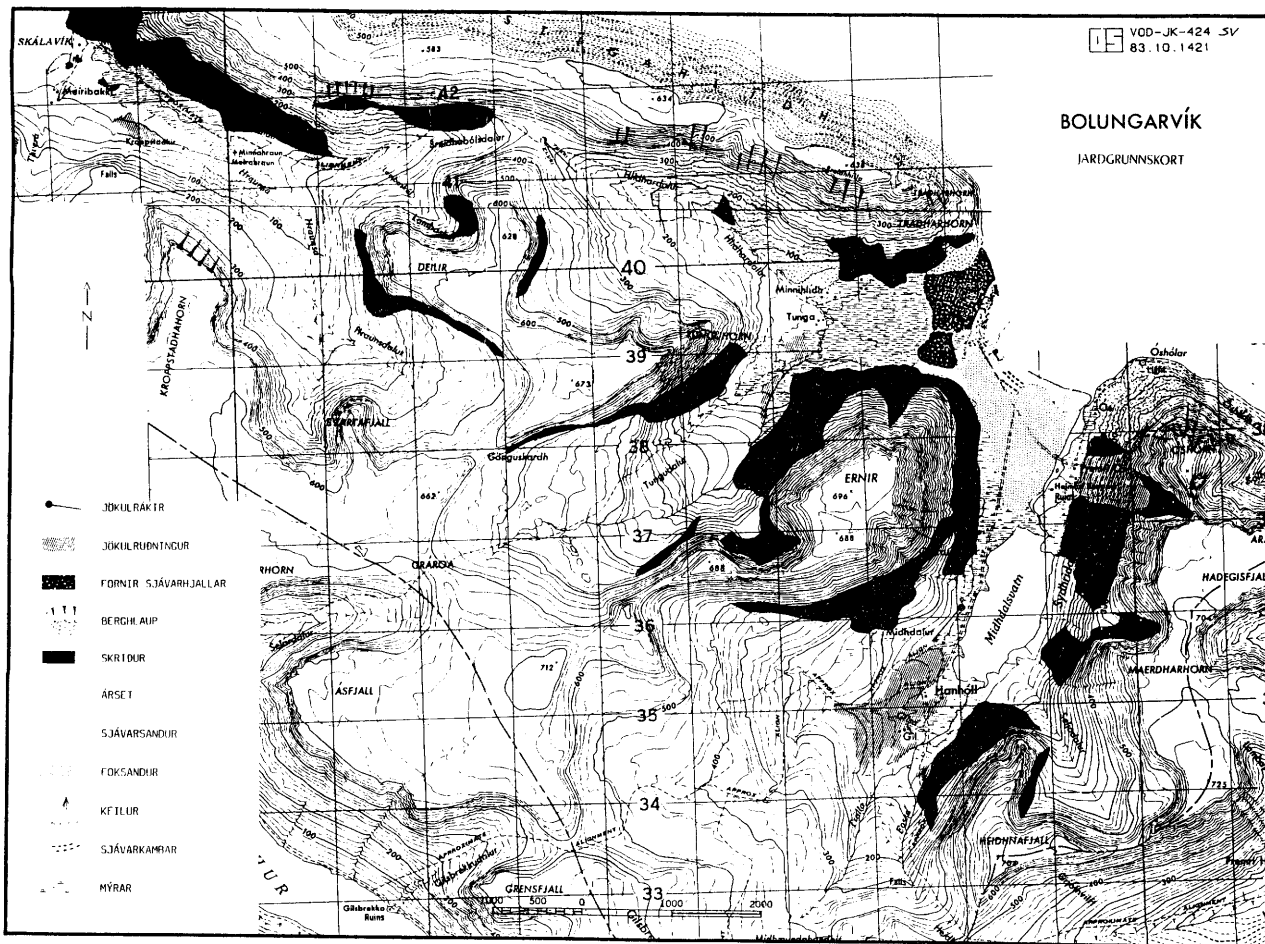
Íslensk jarðefni eru enn ekki mikið notuð til iðnaðar, en þó má nefna kísilgúr, skeljasand, perlustein, vikur og gjall. Af öðrum efnum sem til greina kemur að vinna eru helst:

HRÁEFNI	FRAMLEIÐSLUEFNI
- basalt	steinull, flísar, vörur o.fl.
- leir	keramik, borleðja
- mór	eldsneyti og kolefni í efnaiðnað.
- berg og sandur	málmefni.
- jarðsjár (heitur)	ýmiss konar sölt.

Könnun sumra þessara efna er með svipuðum hætti og könnun byggingarefna, en ýmsar sérrannsóknir eru oft mikilvægasti þáttur könnunarinnar. Verður að geta sérstaklega hagkvæmniathuganna, sem ótrúlega oft er hlaupið yfir.

MYND 2. LAUSLEG ÚTTEKT Á JARÐEFNUM Í BOLUNGARVÍK.

Könnunin fór fram í öllu landi Bolungarvíkurkaupstaðar árið 1983. Slík lausleg heildarúttekt tók aðeins um 5 vikuverk, þar af 1 1/2 á vettvangi. Éskilegt er að nota Cobrabor í 2 - 3 daga og gröfu í 3 - 4 daga við könnunina.



Eftirfarandi upptalning sýnir hvernig hugsanlegt er að nýta hina ýmsu flokka lausra jarðefna. Það skal tekið fram að: PRÖFUN Á EFNINU VERÐUR AÐ FARA FRAM ÁÐUR ENDANLEGA ER SLEGIO ÞÓSTU UM TIL HVERS ÞAÐ ER NOTHÆFT.

EFNI

ALGENG NOT

Jökulruðningur
Sjávarhjallar

Vegfyllingar, stíflukjarni.
Þetta er besta jarðefni sem völ er á
til hvers konar mannvirkjagerðar, t.d.
steypuefni, slitlög, burðarlög.

Skriður
Árset
Sjávarsandur
Sjávarkambar

Stundum góðar í fyllingar.
Stundum gott byggingarefni.
Stundum góður í steypuefni.
Steypuefni, bundin slitlög.

3.2.4. Umhverfisvernd

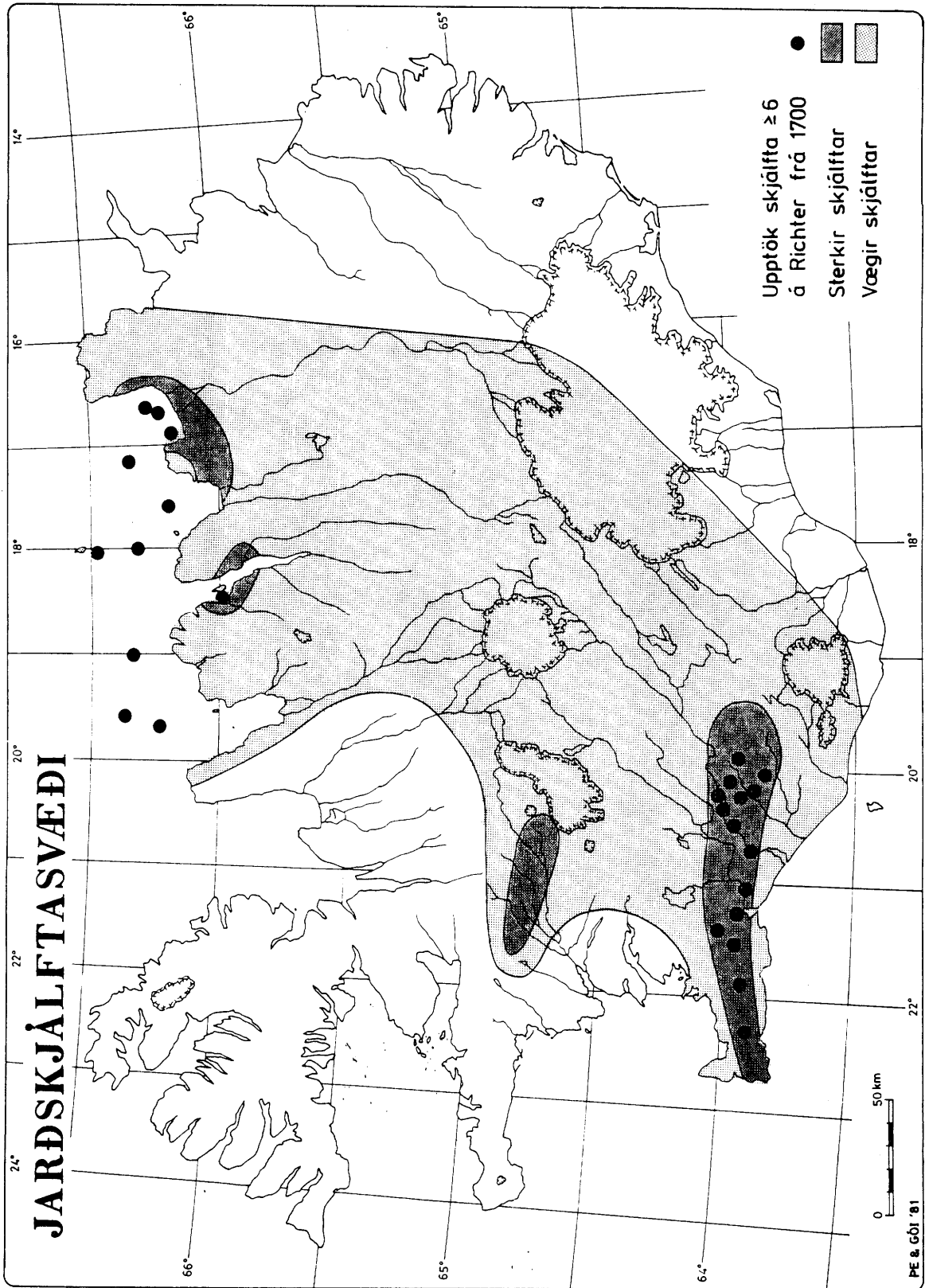
Margar ástæður geta verið fyrir því að vernda umhverfi sitt. Skal þar fyrst nefna þjóðmenjar og sérstæða náttúru, sem bæði getur verið skylt og vert að vernda. En umhverfisvernd getur einnig haft beinan hagnýtan tilgang, þegar verið er að vernda efnistökusvæði og vatnsvinnslusvæði. Slíkt er að sjálfsögðu best gert í ramma skipulags. Nauðsynlegar undirbúningsrannsóknir eru svipaðar og vegna byggingarefna eða neysluvatns, þó þær séu sjaldnast eins umfangsmiklar né margþættar. Þar kemur einnig til samstarf manna úr ýmsum fræðigreinum.

3.3. Jarðhættur

Þannig eru nefndar þær hættur sem mannvirkjum og lífi manna og skepna stafar af hægum og stöðugum jarðbreytingum annars vegar, og hins vegar af náttúruhamförum þeim sem eru jarðfræðilegs eðlis að einhverju leyti. Allt skipulag verður að byggjast á raunhæfu mati á jarðhættum, og nægir þar til dæmis að nefna þá skiptingu landsins í svæði eftir sennilegum styrk stærstu jarðskjálfta, sjá mynd 3.

3.3.1. Náttúruhamfarir

Hér er annars vegar um að ræða eldgos, jarðskjálfta og stórfelld landsig, en jarðhætta af slíku er réttilega kortlögð í svo grófum mælikvarða að þessi atriði eiga fyrst og fremst heima í aðalskipulagi eða svæðisskipulagi. Einstaka sprungur þarf þó að kortleggja nákvæmlega. Hins vegar er um að ræða hættu af skriðuhlaupum, snjó - vatns - og sjávarflóðum, en þessi hættu er að jafnaði staðbundin og á yfirleitt heima í aðalskipulagi eða deiliskipulagi stærri staða. Tvennt er það einkum sem að gagni má koma til að meta skriðu- og flóða hættu. Bæði þarf auk annars sérstakar jarðfræðilegar aðstæður til að kalla fram þessar hamfarir, og þær skilja líka oftast eftir sig ýmsar jarðfræðilegar menjar. Vettvangskönnun og kortlagning í viðeigandi mælikvarða á halla hlíða, skriðufarvegum, lausum jarðlögum, berggrunni og nákvæmri kortlagningu á sprungukerfum eru því algengastu rannsóknaraðferðirnar.



3.3.2. Jarðbreytingar

Hægar en stöðugar breytingar af völdum jarðfræðilegra afla má nefna jarðbreytingar. Breytingar á jarðlögum valda sigi og missigi í grunnum mannvirkja, þannig t.d. að veggir í húsum springa o.s.v.frv. Til breytinga á jarðlögum telst líka framræsla lands, en framræsla getur valdið staðbundnu landsigi. Dæmi um þetta eru fjölmörg hús í Reykjavík sem "risu" úr jörð þegar gatan neðan þeirra var malbikuð með tilheyrandi jarðvegsskiptum, sem ræstu burt allt vatn úr lóðunum, þannig að landið seig, meðan húsin stóðu kyrr á djúpum sökklum. Jarðbreytingar af völdum jarðfræðilegra afla eru sandfylling hafna, breytingar á árfarvegum, jarðvegsþykkun vegna óhóflegs áfoks, frostlyfting o.s.frv. Til þeirra má einnig telja framskið jarðvegs í halla eða hlíðum, sem getur skyndilega leitt til framhlaups. Svipað er um framhrun hamrabíla, að þau geti verið allengi að gliðna, áður en þau hrynja. Sama er um sprungur á virkum sprungusvæðum (Rauðavatnssvæði, Kópasker), að þar geta átt sér stað smáar og hægfara hreyfingar um sprungur sem aukast og margfaldast við jarðskjálfta.

Auk kortlagningar á lausum jarðlögum og berggrunni ásamt nákvæmri kortlagningu á sorungum er rannsókn á jarðhættu vegna jarðbreytinga einkum fólgin í könnun á eðli og eiginleikum jarðlaga, en þær rannsóknir eru um flest svipaðar rannsóknum á mannvirkjagrunnum frá byggingarlegu sjónarmiði, og vísast um þær í kafla 3.1 hér að framan. Auk þessa þarf iðulega ýmsar sérrannsóknir eins og t.d. líkantilaunir vegna hafnargerðar.

Hér að framan eru nefnd helstu viðfangsefni jarðkönnunar og rannsóknum á þeim lýst. Til frekari glöggvunar á umfangi þessara rannsókna og hvers sé af þeim að vænta er helstu rannsóknaraðferðum lýst hér á eftir.

4. AÐFERÐIR

4.1. Jarðfræðileg kortlagning

Reynslan hefur sýnt að jarðfræðilegar upplýsingar eru skýrast settar fram myndrænt á jarðfræðikortum og þannig er einnig aðgengilegast að nota þær. Jarðfræðikort greinast í almenn yfirlitskort og sérkort ýmiss konar sem gerð eru með ákveðið viðfangsefni í huga t.d. neysluvatnaskönnun eða byggingarefnisleit. Þau eru yfirleitt í stærri mælikvarða en almennu kortin. Á sérkortunum eru tilgreind þau atriði er varða viðfangsefnið og ekki er rúm fyrir á almennum kortum. Mælikvarði og kortteiningar ráðast af því hvers er leitað:

4.1.1. Almenn jarðfræðileg yfirlitskort

Almenn jarðfræðileg yfirlitskort eru oftast í mælikvarða 1:50.000 eða 1:250.000 en þeir mælikvarðar ráðast að nokkru af því, hvaða almennra korta er vöð. Á slíkum kortum er berg og laus yfirborðslög flokkað í jarðsögulegar og bergfræðilegar einingar, og mörk þeirra og lega sýnd, þá eru sprungukerfi kortlögð.

4.1.2. Jarðfræðikort fyrir skipulag

Alla jafna er stuðst við jarðfræðikort í meðalstórum mælikvarða (1:5.000 - 1:50.000). Þau þarf yfirleitt að gera af seti (jarðgrunni), bergi (berggrunnur og sprungur) og vatnafari (jarðvatni), nema um afmörkuð viðfangsefni sé að ræða, t.d. staðsetningu á malarnámum og fyllingarefnum. Á bergkortum eru sprungur kortlagðar eins nákvæmlega og unnt er því þær geta haft mikil áhrif á staðsetningu mannvirkja. Þar má t.d. greina líklegar efnisnámur, líkleg vatnsvinnslusvæði og heppileg byggingarsvæði. Öll þessi kortlagning fer fyrst og fremst fram "á fæti", þó hagur sé oft að því að geta gripið til gryfjugraftrar á lokastigi sérkortlagningar. Mynd 4a er gott dæmi um þess háttar kort.

4.1.3. Námukort

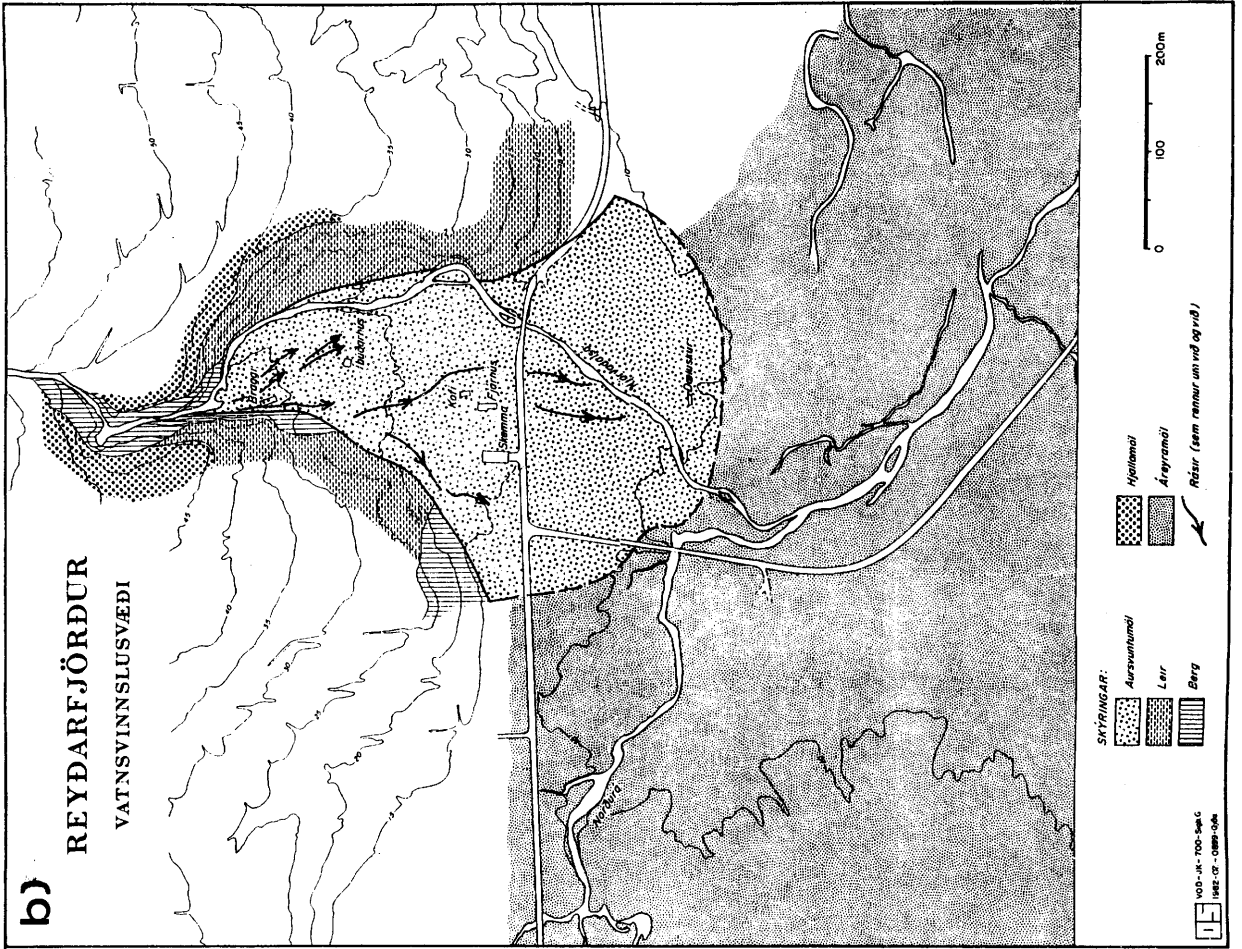
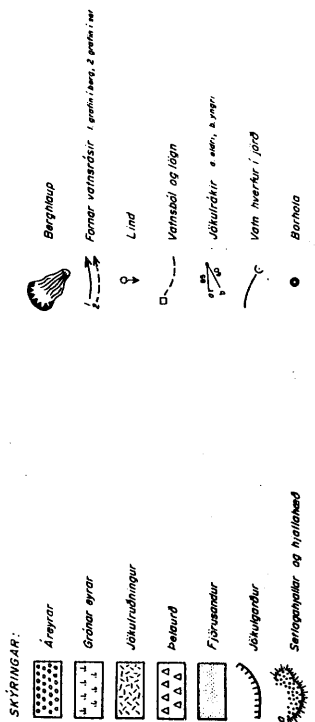
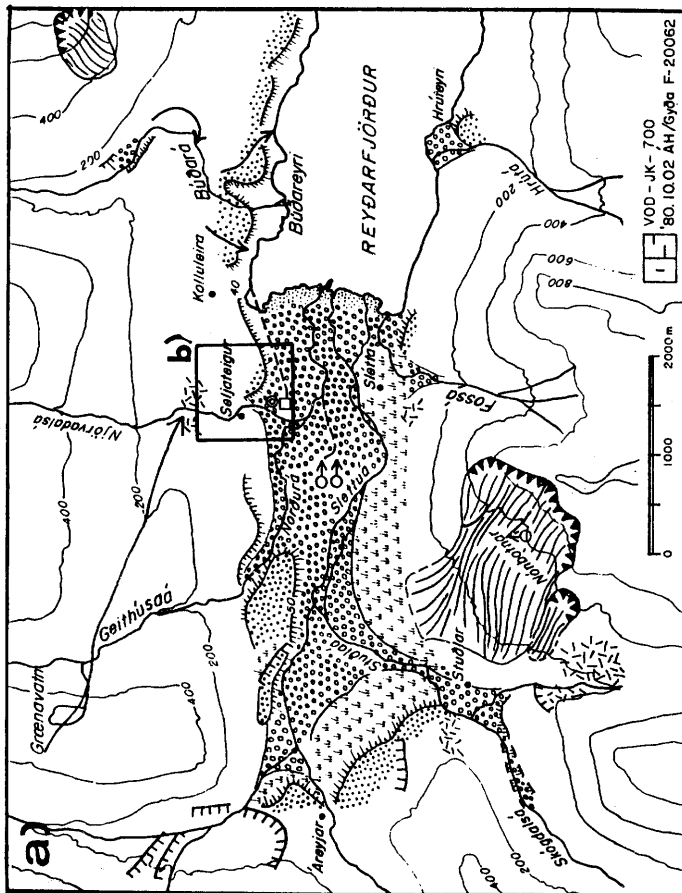
Sérkort í stórum mælikvarða 1:500 - 1:5.000 eru mun sérhæfðari og eru yfirleitt af einstökum efnisnámunum, vatnsvinnslusvæðum eða byggingarsvæðum. Þar er yfirleitt sýnd gerð jarðlaga, flóðamenjar, lindir, þykkt jarðvegs o.fl. Við gerð slíkra sérkorta er oft stuðst við gryfjur, jarðgrunnsboranir, jarðboranir, jarðeðlisfræðilegar mælingar og aðrar sérrannsóknir. Mynd 4b sýnir nokkuð einkennandi námukort.

Kostnaður við jarðfræðilega kortlagningu fer eftir stærð svæðis og þeirra nákvæmni, sem kortlagt er með. Kort í stórum mælikvarða eru mun dýrari á flatareiningu en almenn kort, nema um yfirlitskort um einstaka jarðfræðilega þætti sé að ræða.

MYND 4. LAUS JARÐLÖG FYRIR BOTNI REYÐARFJÖRÐAR.

- a) Kortló er gert upphaflega vegna neysluvatnstránnsóknna en kemur að fullu gægni t.d. við byggingarefnisleit og vegna skipulags byggðarinnar.
- b) Hér sést námukort. Þetta er nákvæm kortlagning með tilliti til vinnslu neysluvatns á litlum hluta af svæðinu (Sjá staðsetningu á mynd 4a).

Athygli skal vakin á mun á málkvarða a) og b) hluta myndarinnar.



4.2. Jarðeðlisfræðilegar mælingar

Með jarðeðlisfræðilegum mælingum er reynt að kanna þykkt, útbreiðslu og gerð jarðlaga, þegar þetta verður ekki greint á yfirborði. Margvíslegar mælingar koma hér til greina, en tvær gerðir, hljóðhraðamælingar og viðnámsmælingar, eru langalgengastar, a.m.k. enn sem komið er, og verður þeim einum lýst hér á eftir. Auk þeirra má nefna segulmælingar, spanskautunarmælingar (IP-m) og þyngdarmælingar.

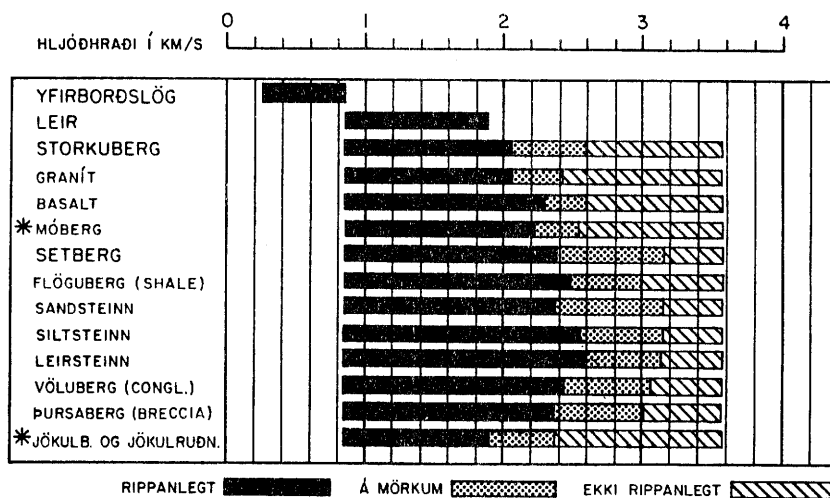
4.2.1. Hljóðhraðamælingar

Hljóðhraðamælingar fara þannig fram að annað hvort er lamið í jörðina með sleggju eða sprengd dálftil dýnamitsprengja en hljóðnemar, sem stungið er í jörðina, hlusta eftir og skrá hljóðbylgjuna frá högginu. Út frá þessum mælingum má svo reikna hversu hratt hljóðbylgjan berst um hin einstöku jarðlög og hversu þykk þau eru. Hljóðhraði í jarðlögum fylgir nokkuð hörku þeirra, og þess vegna eru þessar mælingar jafnan nokkur mælikvarði á t.d. hversu erfitt er að ryðja þeim burtu. Er hægt að moka þeim beint? Vinnur jarðýta með riftönn (ripper) á þeim eða þarf að sprengja? Til frekari skýringar er sýnt á mynd 5 hvernig vinnuvélaframleiðendur telja að hljóðhraði í mismunandi jarðlögum segi til um hvernig gengur að vinna bergið.

(Skýlt er að nefna að hljóðhraðamælingar hafa einnig verið nefndar á íslensku sveiflumælingar, jarðsveiflumælingar og skjálftamælingar).

MYND 5. TENGL HLJÓÐHRAÐA VIÐ RIPPANLEIKA BERGS

CATEPILLAR D9H



AD MESTU BYGGT Á CATEPILLAR PERFORMANCE HANDBOOK ED. 10. MYNDIN ER ÖRLÍTIÐ LÖGUÐ AD ÍSLENSKUM ADSTÆÐUM (*). BREYTINGIN BYGGIR EKKI Á SKIPULEGRI GAGNASÓFNUN OG SKAL TEKIN MEÐ FYRIRVARA. F. 81.06.0799

4.2.2. Viðnámsmælingar

Viðnámsmælingar fara þannig fram að rafstraumur er leiddur um jörðina milli tveggja straumskauta, þ.e. málmpóla sem reknir eru í jörð, og viðnám í jörðinni mælt með hjálp tveggja spennuskauta. Með því að færa straumskautin sundur er rafstraumurinn leiddur í vaxandi mæli um dýpri jarðlög.

Viðnám í einstökum jarðlögum er ýmsu háð, t.d. berggerð holrýmd, hitastigi, vatnsinnihaldi og efnasamsetningu vatns. Engin einhlít skýring er því á viðnámsgildi jarðlags, en sama jarðlag hefur þó víðast svipað viðnám. Viðnámsmælingar eru í jarðkönnun bæði notaðar til þykktarmælinga á jarðlögum og til að rekja útbreiðslu jarðlaga. Kostir þessarar mæliaðferðar eru að hún mælir aðra eiginleika jarðlaga en hljóðhraðamæling, og þess vegna gefa þessar mælingar saman gleggri mynd af jarðlagaskipaninni en hvor mæliaðferðin ein fyrir sig. Auk þessa geta viðnámsmælingar oft gefið mjög góða raun í jarðvatnsleit. Oft er hægt eða jafnvel hentugt að nota rafsegul- og segulmælingar í stað viðnámsmælinga, en þær eru mun ódýrari.

4.3. Jarðboranir og gryfjur

Margvíslegar upplýsingar fást með því að bora í jörðina, eða grafa í hana gryfjur. Helstu aðferðir eru:

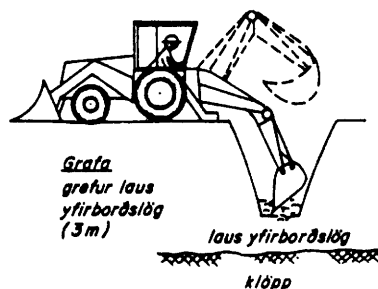
- Athugun á jarðgrunni:
 1. Gryfjur, til könnunar á lausum jarðlögum og til sýnatöku.
Tæki: Skurðgröfur, ýtur.
 2. Jarðgrunnsborun, til að kanna þykkt og hörku lausra jarðlaga.
Tæki: Cobra- og Borroborar.
 3. Sýnataka, til að kanna gerð og eiginleika lausra jarðlaga á meiri dýpi en gryfjur ná til.
Tæki: Kjarnaborar og aðrir rannsóknaborar. Einnig er unnt að taka smásýni með jarðgrunnsborum

- Athugun á berggrunni:
 4. Könnunarborun (í bergi), til að kanna gerð bergs og legu jarðlaga.
Tæki: Kjarnaborar, loftborar, (titringsborar)

- Athugun á grunnvatni:
 5. Grunnvatnsholur, til mælinga á grunnvatni.
Tæki: Loftborar, sjaldnar kjarnaborar.
 6. Tilraunaholur, til könnunar á vatnsgæfni.
Tæki: t.d. Höggborar, loftborar.

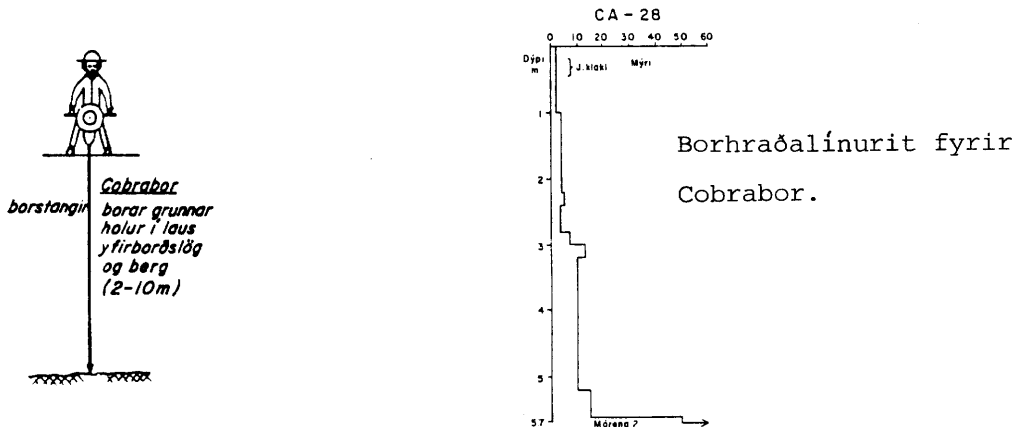
4.3.1. Gryfjur

Ódýrt og fljótlegt er að grafa gryfju með traktorsgröfu, t.d. í fyrirhugað efnisnám. Þar má sjá innri gerð efnisnámunnar berum augum og taka efnissýni eftir þörfum til greiningar. Að visu ná svona gryfjur aðeins örfáa metra niður, en í mörgum tilfellum er það líka nægjanlegt.



4.3.2. Jarðgrunnsboranir

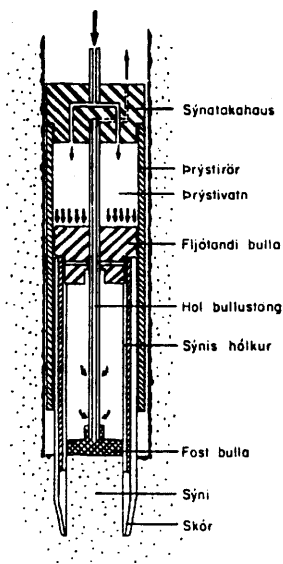
Notaðir eru litlir og léttir borar, einkum svonefndir Cobraborar og Borroborar, sem heita eftir framleiðendum. Á þeim eru annað hvort notaðar litlar aflvélar (Cobrabor) eða lóð (Borrobor) til að reka grannar borstangir ofan í jörðina. Fylgst er með, hversu hratt borstangirnar ganga niður, en borhraðinn getur sagt nokkuð til um hörku eða þéttleika jarðlaganna. Borarnir eru sérlega hentugir til að kanna dýpi á fast, og mikið notaðir við könnun á húsgrunnum og staurastæðum. Cobraborinn er svo léttur, að 2 menn geta borið hann með sér nokkurn spöl og unnið með honum. Hefur hann verið geysi mikið notaður hin síðari ár. Borrobor er vafningameiri í notkun og því minna notaður nú.



4.3.3. Sýnataka

Settur er sýnatakai framan á borstangalengju. Hann er barinn eða honum snúið og þrýst niður í jarðlögin. Algengast er að nota kjarnabor eða titringsbor til þess verks en hugsanlegt er að nota önnur tæki. Þegar sýnatakin er hættur að ganga niður eða orðinn fullar er hann dreginn upp. Sýnin eru síðan prófuð hvað varðar efnisgerð og aðra þætti. Unnt er að ná sýnum niður á tugi og jafn vel hundruð metra á þennan hátt. Sýnataka er hins vegar fremur seinleg og dýr og yfirleitt ekki ráðist í hana nema mikið liggi við. Raunar er hægt að taka örlítil sýni með Cobrabor, þar sem hægt er að sjá efnisgerð og oftast einnig kornastærðargreiningu í fínkornóttu efni.

SÝNATAKI FYRIR LAUS JARÐLÖG

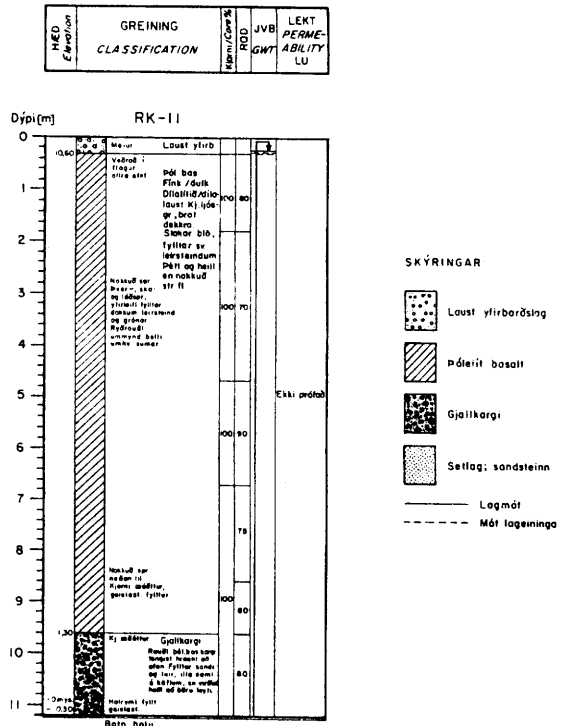
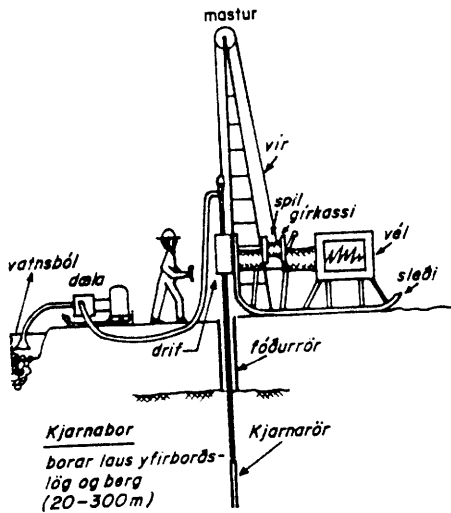


4.3.4. Könnunarborun

Víða eru jarðlög það hulin eða liggja svo djúpt að upplýsinga um þau verður að afla með könnunarborun. Nákvæmust, en jafnframt dýrust er svokölluð kjarnaborun sem er yfirleitt framkvæmd með litlum snúningsbor. Nást þá úr berginu samfelldir borkjarnar sem gefa beinar upplýsingar um gerð undirliggjandi jarðlaga.

Loftborar, sem notaðir eru í sprengjuvinnu eru mun afkastameiri en kjarnaborar. Kostnaður á hvern boraðan metra er því mun minni en við kjarnaborun. Við loftborun kemur borsvarf upp úr holunni og má af því ráða gerð bergsins, sem borað er í. Hins vegar er ljóst að mun erfiðara er að gera sér glögga mynd af jarðlögunum út frá borsvarfi einu saman en þegar kjarni er hafður til hliðsjónar.

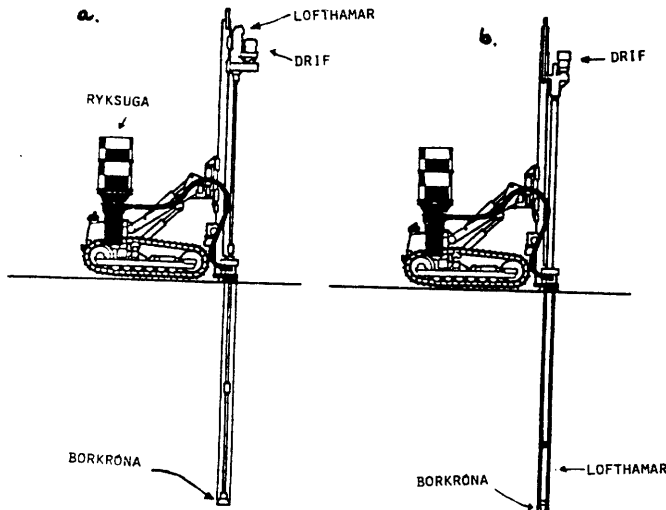
Við stærri verk er yfirleitt hagkvæmast að fá fram yfirlitsmynd með kjarnaborun en tengja á milli með loftborun. Það er nauðsynlegt að æfðir menn annist svarfgreiningar og tengingar milli borhola, svo minni hætta sé á mistúlkun.



Upplýsingar um kjarnann eru færðar á þar til gert eyðublað.

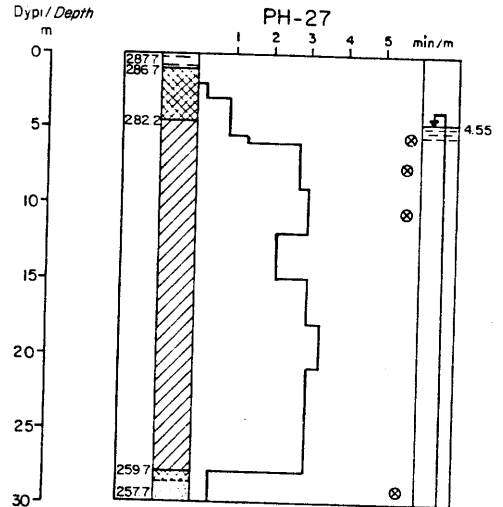
4.3.5. Grunnvatnsholur.

Í tengslum við neysluvatnsöflun, virkjunarrannsóknir og hvarvetna þar sem grunnvatn skiptir máli þarf oft að afla upplýsinga um t.d. hvernig hæð þess breytist með tíma, hitastig þess og efnasamsetningu. Hæð grunnvatnsborðs má mæla í frekar þröngum holum og eins má mæla hita og rafleiðni vatnsins, en hún er háð efnasamsetningu. Loftborar hafa gefist vel við að bora svona holur.



LOFTBORAR. T.V. ER LOFTBOR MED BÆÐI LOFTHAMAR OG DRIF UPPÍ Í MASTRI (TOP HAMMER). T.H. ER LOFTBOR MED DRIFID UPPÍ Í MASTRI EN LOFTHAMAR SEM GENGUR NIÐUR Í HOLUNA (DOWN-THE-HOLE HAMMER).

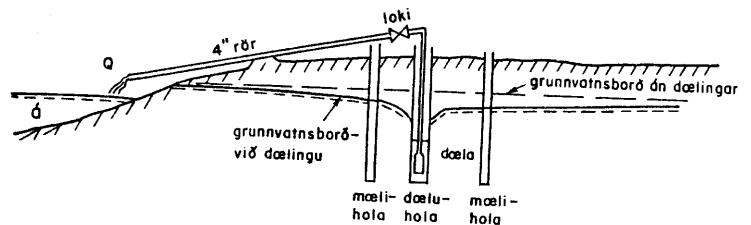
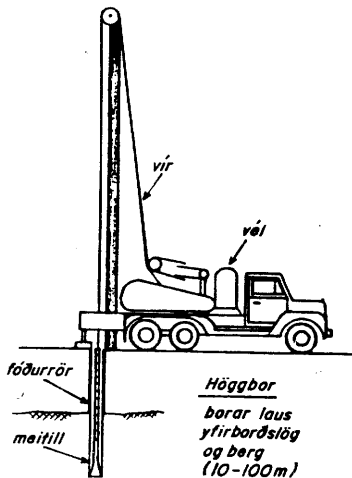
Hæð Elevation	Lýsing og borhraði Description and drilling speed	JVB GWT
------------------	--	------------



Borhraðalínurit fyrir loftbor.

4.3.6. Neysluvatnsholur og tilraunaholur fyrir dæluþrófanir.

Til að kanna vatnsgæfni jarðlaga með dæluþrófunum þarf oft víðari holur en flestar loftborar geta borað. Þá eru oftast notaðir höggborar, sem mylja bergið með þungum fallandi meitli. Þeir eru seinvirkir, hvað dýpt holu varðar, en geta borað holur, sem eru tugir sm á vídd. Nú er einnig kostur á að bora víðar holur með stórum snúningsborum. eru þá notaðir stórir lofthamrar sem ganga niður í holuna við borun. Val milli tækja ræðst af kostnaði og koma margir þættir inn í þá mynd.



Dæluþrófun - skýringarmynd.

5. NOTENDUR OG RÁÐGJÖF

Notendur jarðkönnunar eru ýmsir. Fyrst skal þar telja sveitarstjórnir sem nýta hana til undirbúnings skipulags, til undirbúnings og eftirlits með ýmiss konar mannvirkjagerð, vegna hagkvæms byggingarefnaáms og vegna neysluvatnsöflunar. Jarðkönnunin fer þá yfirleitt fram í samvinnu við tæknimenn sveitarfélaga eða aðra tæknilega ráðgjafa, sem vinna að sömu málum á vegum sveitarstjórnanna. Einstaklingar og atvinnufyrirtæki hagnýta sér einnig jarðkönnun vegna mannvirkja, t.d. í sambandi við húsgrunna. Loks má nefna aðila eins og Vegagerðina, Hafnamálastofnun, Álverid o.fl. sem nýta sér margs konar jarðkönnunarþjónustu.

Stærsti notandi jarðkönnunar um árabíl hefur þó verið Landsvirkjun. Með árunum hefur jarðkönnuðunum tekist að uppfylla æ fleiri óskir hönnuða og verkstjórnenda um jarðfræðilegar upplýsingar. Eftirspurn Landsvirkjunar eftir hvers konar jarðkönnun hefur því farið sívaxandi hlutfallslega miðað við virkjunarframkvæmdir. Vatnsorkudeild Orkustofnunnar hefur sinnt þessari jarðkönnun að mestu og hefur hún nú víðfeðmasta þekkingu á jarðkönnun hér á landi, sem byggist fyrst og fremst á fyrrnefndum undirbúningsrannsóknum vegna virkjunarmannvirkja, sem hún hefur sinnt um langt skeið. Einnig hefur hún tekið við hlutverki Jarðkönnunardeildar, sem um skeið starfaði á Orkustofnun, og sá einkum um könnun og ráðgjöf varðandi neysluvatnsöflun auk annars. Rannsóknarstofnun byggingariðnaðarins er sérhæfð í greiningu og mati á byggingarefnum. Sérfræðingar Háskóla Íslands hafa einnig fengist við afmarkaða og sérstæða þætti jarðkönnunar. Auk þess hafa ýmsir sérfræðingar, verkfræðingar og jarðfræðingar, fengist við jarðkönnun.

6. LOKAORÐ

Allar rannsóknir kosta fjármuni. Mörgum finnst sem þeim peningum sem fara í þær sé illa farið. Yfirleitt er kostnaður við jarðkönnun aðeins lítið brot af kostnaði við byggingu mannvirkja. Reynslan sýnir, hvort sem er hér á landi, eða annars staðar að unnt er að spara umtalsverða fjármuni með jarðkönnun viti menn að hverju þeir eru að leita. Vel skipulögð könnun á skýrt afmörkuðum þáttum vegna ákveðinna og raunhæfra markmiða þar sem full gát er höfð á kostnaði og öllum verkþáttum, borgar sig á mjög skömmum tíma. Það ætti að vera mönnum hérlendis umhugsunarefni að flestar stórbjóðir, svo ekki sé talað um fjölþjóðafyrirtæki eyða verulegum fjármunum í jarðkönnun, hvar sem reisa á mannvirki. Tæpast trúir nokkur maður því að færri vandamál séu hérlendis á þessu landi elds og ísa. Enn færri munu trúa því að fjölþjóðafyrirtæki ráðist í slíka könnun af einhverri óráðsíu eða í góðgerðarskyni ;þetta einfaldlega borgar sig.

Að endingu skal áréttað að jarðkönnun er sérhæfð starfsgrein, þar sem reynsla sérfræðinga skiptir verulegu máli. Það er mjög vafasamur sparnaður að fá eingöngu til þess verks viðvaninga sem hvorki spyrja markvissra spurninga né leita svara við þeim á skipulegan hátt.