

NOTKUN OG VAL VATNAFRÆÐILEGRA GAGNA

Elías B. Elíasson

Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68, 103 Reykjavík

Vatn er ein mikilvægasta undirstaða lífsins hér á jörð. Í vatni hófst þróunarferill lífsins og þó við lifum nú á þurru landi er það enn ráðandi þáttur í umhverfi okkar.

Vatn þekur tvo þriðju yfirborðs jarðar. Það hefur formað yfirborð þurrleidis í grófum dráttum sem finni, og gnægð þess eða skortur ræður áferð lands og lífsskilyrðum. Saga menningarinnar er nátengd vatni. Þróun tímatals og stærðfræðipekkingu tengdist fyrst notkun vatns til áveitu og flest framúrskarandi menningarsamfélög sögunnar áttu rætur sínar í hnútapunktum þess samgöngukerfis sem um vatn lá.

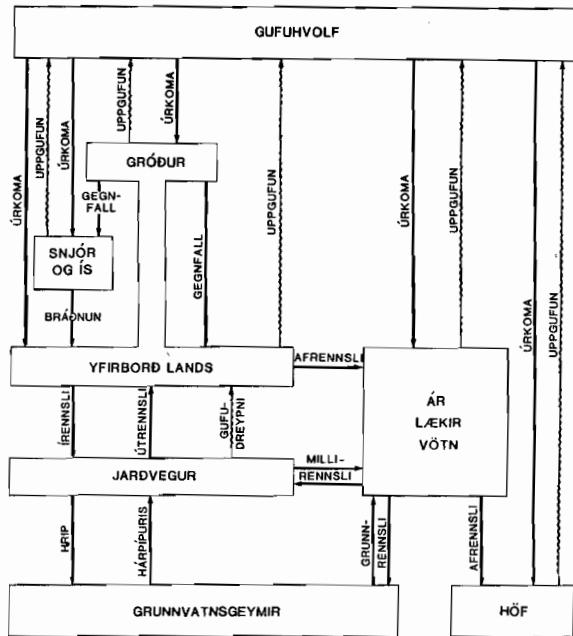
Hin tæknivæddu samfélög nútímans byggja tilveru sína ekki síður á vatni en hin eldri. Um vatn eru flutt hráefnin sem þau þarfust sem og varningurinn sem þau framleiða og til vatnsins skila þau úrgangsefnum. Það er í ljósi alls þessa eilítioð undarlegt hvað vatnafræðin, það er fræðin um hringrás vatnsins á jörðinni, er í raun ung og lítt mótuð vísindagrein. Það er e.t.v. fyrst þá, þegar maðurinn hefur uppfyllt jörðina svo rækilega, að vötn hennar megna ekki lengur að sjá fyrir öllum hans úrgangi, að vatnafræðin fer að dafna og mótaðast sem sjálftæð vísindagrein.

Til að átta sig betur á eðli þessara fræða er gott að lita á skematiska mynd af vatnafræðihringnum (mynd 1).

Hér hefur verið valin nokkuð flókin útgáfa en hún getur samt sem áður engan veginn talist tæmandi. Í mynd sem þessari eru hinir ýmsu hlutar umhverfisins táknaðir með kössum og flæði vatns

á milli þeirra táknað með örbum.

Undir hugtakið vatnafræðileg gögn má flokka öll þau gögn, sem á einhvern hátt lýsa þeim ferli, sem mynd 1 sýnir. Til þæginda má skipta þeim í fjóra hluta:



MYND 1. *Vatnafræðihringurinn*

1. Tímaraðir sem sýna flæði vatns milli hinna einstöku umhverfishluta. Hér getur verið um að

- ræða t.d. rennslisskýrslur, veðurskýrslur yfir úrkomu, uppgufun o.fl.
2. Tímaráðir sem lýsa flæði orku frá sólu, eða iðrum jarðar, en þetta er það afl, sem heldur hringrás vatnsins gangandi.
 3. Tímaráðir sem lýsa breytilegu ástandi hinna ýmsu umhverfishluta, þar með talið magni vatns í geymum, ástandi andrúmslofts, gróðurs, efstu jarðlaga o.fl.
 4. Gögn sem lýsa eiginleikum þeirra umhverfis hluta sem vatnið fer um, svo sem stærð þeirra, lögur, efniseiginleika og móttöðu gegn hreyfingum vatns. Yfirleitt er lítið á þessa eiginleika sem óháða tíma, en á því geta verið undantekningar.

Við gerð myndar 1 hefur öll jörðin verið höfð í huga, en allar vatnafræðilegar rannsóknir byggja á því, að maður gerir sér svipaða mynd eða líka af þeim takmarkaða hluta umhverfisins, sem tekinn hefur verið til rannsóknar. Fyrri á tímum voru myndirnar helst notaðar til að skilgreina þau gögn, sem þurfti að nota við rannsóknina, en á síðari tímum eru þær einnig notaðar sem grunnur fyrir reiknilíkön, sem síðan eru sett upp á tölvur og notuð til að finna hvernig tímaráðirnar breytast og verka hver á aðra.

Þessi reiknilíkön eru öflugustu rannsóknartækin sem vatnafræðingar nútímans hafa yfir að ráða. Með aðstoð þeirra er fundið samhengi hinna mismunandi tímaráða og fyllt út í eyður sem kunna að vera í mælingum. Þau gera líka kleift að segja fyrir um rennslí fram í tímann og jafnvel má nota þau til að gera sér grein fyrir eiginleikum og legu jarðlaga.

Útlit þessara reiknilíkana er misjafnt og fer eftir því hvað tekið er til rannsóknar hverju sinni. Ef tekin eru sem dæmi reiknilíkön sem eiga að líkja eftir sambandi rennslis í á og úrkomu á vatnasviði hennar, þá samanstanda þau oftast af þremur megin hlutum, sem segja má að meðhöndli mismunandi tíðni eða mismunandi hraða svörunar rennslis við breytingum í úrkomu.

Fyrst er sá hlutinn sem kenndur er við afrennslí af yfirborði og meðhöndlar þann hluta rennslisins,

sem tekur hröðustum breytingum. Óft er í þessum hluta beitt svökölldum einingarfloðferli, en líka þekkist að úrkoman sé tekin gegnum hugsað lón með tiltölulega stuttum tímakonstant.

Síðan kemur sá hlutinn sem ýmist er kenndur við millirennсли eða farvegsreikninga. Í þessum hluta er vatnið yfirleitt tekið gegnum lón með nokkuð lengri tímakonstant en í fyrsta hlutanum og er þá verið að líkja eftir rennslí með viðkomu í efstu jarðlögunum. Einnig er til að gera farvegsreikninga sem líkja eftir ferð flóðöldu gegnum langan farveg. Í slískum reikningum getur bæði verið um það að ræða að taka vatnið gegnum lón og reikna með hreinni tímasíinkun.

Síðast er sá hlutinn sem reiknar grunnrennсли og þar er vatnið yfirleitt tekið gegnum lón með mjög langan tímakonstant.

Tenging hinna ýmsu hluta, bæði innbyrðis og við umhverfið, getur verið með ýmsu móti og fer það eftir náttúru hvers staðar.

Þessi reiknilíkön eru nú orðin það öflug og almennt notuð að segja má að þau séu grundvöllur nútíma vatnafræðirannsókna. Hér á landi hafa vatnafræðilegar rannsóknir mest verið stundaðar vegna raforkuframleiðslu í virkjunum, sem byggðar hafa verið í grennd við hið eldvirka belti um miðbik landsins. Á þessu svæði eru jarðög ung og lek og grunnvatnið stærri þáttur en viðast hvar annars staðar. Grunnvatnið er einnig sá þáttur, sem breytist hægast og hægt að segja fyrir um með mestri nákvæmni í lengstan tíma. Þetta er því sá þáttur, sem mest rækt hefur verið lögð við að rannsaka hér og erum við hér líklega með þeim fremstu í heimi við gerð reiknilíkana á því sviði.

Notkun reiknilíkana í vatnafræði hafa aukið til muna skilning manna á þeim ferlum, sem um er að ræða, og skýrt mikilvægi hinna einstöku þátta. Þar sem mælingar eru notaðar til að stilla af reiknilíkön, er hægt að nota þau til að meta mikilvægi einstakra mælinga.

Sem dæmi má nefna, að undanfarin ár hefur á vegum Landsvirkjunar verið unnið að þróun rennslislíkans fyrir svæðið kringum Þórisvatn. Í ljós hefur komið að við þetta starf nýlast gamlar einangraðar athuganir við vegar af svæðinu, sem

fá þannig nýtt og aukið gildi. Gerð reiknilíkans af Þórisvatnssvæði hefur þannig breytt hugmyndum manna um verðmæti upplýsinga. Nú er ekki talið jafnmikilvægt og áður að hafa mælingar af löngum ótrufluðlum tímaröðum, en mikilvægi styttri og fjölbreyttari tímaröða, svo og upplýsingar um eiginleika vatnasvæða og jarðlaga, hefur aftur á móti aukist.

Ef meta ætti það nú hvaða upplýsingar mundu bæta mest þekkingu á rennsli vatns í Þórisvatn mundu þrjú atriði skera sig úr:

- Rennsli frá jöklum LI - Árstíðabundin lekt efstu jarðlaga
- Snjóbráðnun

Það er þó ekki þar með sagt, að best sé að leggja alla áherslu á mælingar á þessum sviðum, þar þarf fleira að koma til. Það þarf t.d. að vera von um að ná jákvæðum árangri fyrir það fé sem tiltækt er til mælinga. Ef litið er á þau þrjú atriði sem talin eru hér að framan, hvert fyrir sig, kemur eftirsarandi í ljós:

- Snjóbráðnun er vel þekkt vandamál og viða stór þáttur í vatnsbúskapnum og mikið rannsakaður. Niðurstöður þessara rannsóknna hafa verið notaðar hér á landi. Lítill von er til að við hér náum lengra á þessu sviði en erlendar rannsóknarstofnanir með nægt fé handa á milli, nema fyrir hendi séu einhverjar þær aðstæður sem geri rannsóknir af þessu tagi auðveldari eða þá nauðsynlegri hér en annars staðar. Þar sem því er varla til að dreifa er ekki vænlegt að leggja sérstaka áherslu á rannsóknir á snjóbráðnun.
- Árstíðabundin lekt efstu jarðlaga er einnig vel þekkt vandamál, en vegna mikilvægis grunnrennslis og stærðar þess þáttar er þetta mikilvægara atriði hér en viðast hvar annars staðar og samsvarandi meiri nauðsyn á rannsókn þess. Hins vegar er fræðileg þekking á þessu atriði lítil og rannsóknir mundu trúlega útheimta mun nákvæmari mælingar á öllum þáttum

rennslis og umhverfis en raunhæft er að hugsa sér við okkar aðstæður nú sem stendur. Það er því tæplega vænlegt að leggja út í rannsóknir sem hafa aukna þekkingu á þessu sviði sem aðalmarkmið.

- Rennsli frá jöklum er að sjálfsögðu einnig vel þekkt vandamál, en sjaldgæft er að rennsli í virkjanlegum ám sé jökulvatn í jafnmiklum mæli og hér er. Nauðsyn rannsóknna á þessu sviði er því meiri hér en viðast hvar annars staðar. Ennfremur eru jöklar hér þannig að þeir eru auðveldari yfirferðar, og því auðveldara og ódýrara að gera á þeim mælingar en gengur og gerist. Það hefur einnig sýnt sig að hér á landi er hægt að ná árangri í jöklarannsóknnum sem, þrátt fyrir litlar fjárveitingar, setur okkur í fremstu röð á þessu sviði. Rannsóknir á jöklum eru því vænlegar, en rannsóknir á afrennsli jöкла eru aðeins vænlegar þar sem hægt er að mæla eða áætla þetta rennsli með viðhlítandi nákvæmni og getur þessi staðreynd sett því skorður hvaða jöklum er best að snúa sér að í þessu skyni.

Það skal endurtekið, að þessar vangaveltur og niðurstöður gilda aðeins um Þórisvatnssvæðið.

Ef litið er á Þjórsárvæðið í heild sinni, þá er líklegast að áframhaldandi aukin áhersla á grunnvatnsmælingar muni skila mestum ávinnungi í heildina tekið á næstu árum. Kemur þar bæði til mikilvægi grunnvatnsþáttarins í öðru rennsli en Efri-Þjórsár, svo og mikilvægi þess að geta sagt til um þróun rennslis til nokkuð langa tíma, þ.e.a.s. nokkurra mánaða. Pau vandamál sem yrðu gerð viðráðanlegri með hjálp rennslisspár til skamms tíma, þ.e. til eins sólarhrings eða minna, hafa hins vegar verið mikið til leyst með því að koma upp miðlunum og mannvirkjum sem geta breytt rennslini með stuttum fyrirvara.

Sú mynd sem hér hefur verið dregin upp af meðferð vatnafræðilegra gagna, hefði orðið allt önnur fyrir fáum árum, þegar tölvunotkun hafði ekki rutt sér til rúms eins og nú. Tilkoma tölvunnar hefur gjörబreyyt öllum viðhorfum í meðferð

gagna og mati á gildi þeirra og kemur án efa til með að hafa jafn róttæk áhrif á gagnaöflun í framtíðinni. Það væri ekki úr vegi að velta því lítið eitt fyrir sér í hvaða átt þær gætu orðið.

Þegar rætt er um vatnamælingar, framkvæmd þeirra og skipulag, þá er gjarnan fyrst spurt hver tilgangur þeirra sé. Stundum er hægt að svara þessari spurningu með því að benda á ákveðna framkvæmd sem stendur fyrir dyrum eða ákveðinn rekstur sem nýtir mælingarnar en það er ekki hin almenna regla. Það býður hættunni heim að ætla sér að skipuleggja þessar mælingar á grundvelli einhverrar framtíðarsýnar eða spár, sem tekur til þess hvar eða hvernig gögnin eru notuð vegna raunverulegs reksturs eða hönnunar. Enginn veit í dag hvar verður virkjað eftir 20 ár og almennt séð veit enginn hvaða spræna kann þá að verða mikilvæg fyrir hvern og af hvaða ástæðum. Hin almenna regla er því sú, að vatnafræðileg gögn eru til notkunar einhvern tíma í ótilgreindri framtíð í ófyrirséðum tilgangi en hægt er að sjá viss atriði, sem gera þekkingu á tilteknu rennsli verðmæta:

1. Þekking á rennsli vatns sem ber með sér náttúruauðæfi er eða verður verðmæt. Náttúruauðæfi í þessu sambandi geta verið orka í formi fallorku eða varma, hreinleiki, áburðarefní og fleira.
2. Verðmæti náttúruauðæfanna vaxa með nálægð við byggð.
3. Verðmæti náttúruauðæfanna vaxa eftir því sem minna er af þeim.
4. Verðmæti þekkingar á rennsli vex eftir því sem hagnýting þeirra náttúruauðæfa, sem það ber með sér, er nær í tíma.

Pungamiðjan í þessum atriðum er nálægð við manninn, bæði í tíma og rúmi.

Meiri áherslu þarf að leggja á söfnun upplýsinga í grennd við byggðir í örum vexti en annars staðar, með það að markmiði að svara sem flestum spurnum með sem stytum fyrirvara.

Nú orðið eru þær upplýsingar sem safnað er fyrst og fremst notaðar til að stilla af reiknilíkön fyrir ákveðin svæði. Ennfremur til að endurbæta þau og fylgjast með hvort einhverjar þær breytingar verða á umhverfi og náttúrusvari að það breyti upplýsingagildi eldri gagna. Upplýsingasöfnunin beinist þannig í mun riskara mæli að þáttum í umhverfi vatnsins, sem breytist lítið eða ekki með tíma. Með þetta í huga má skipta gagnaöflun vegna ótilgreindra þarfa í tvennt eftir tilgangi.

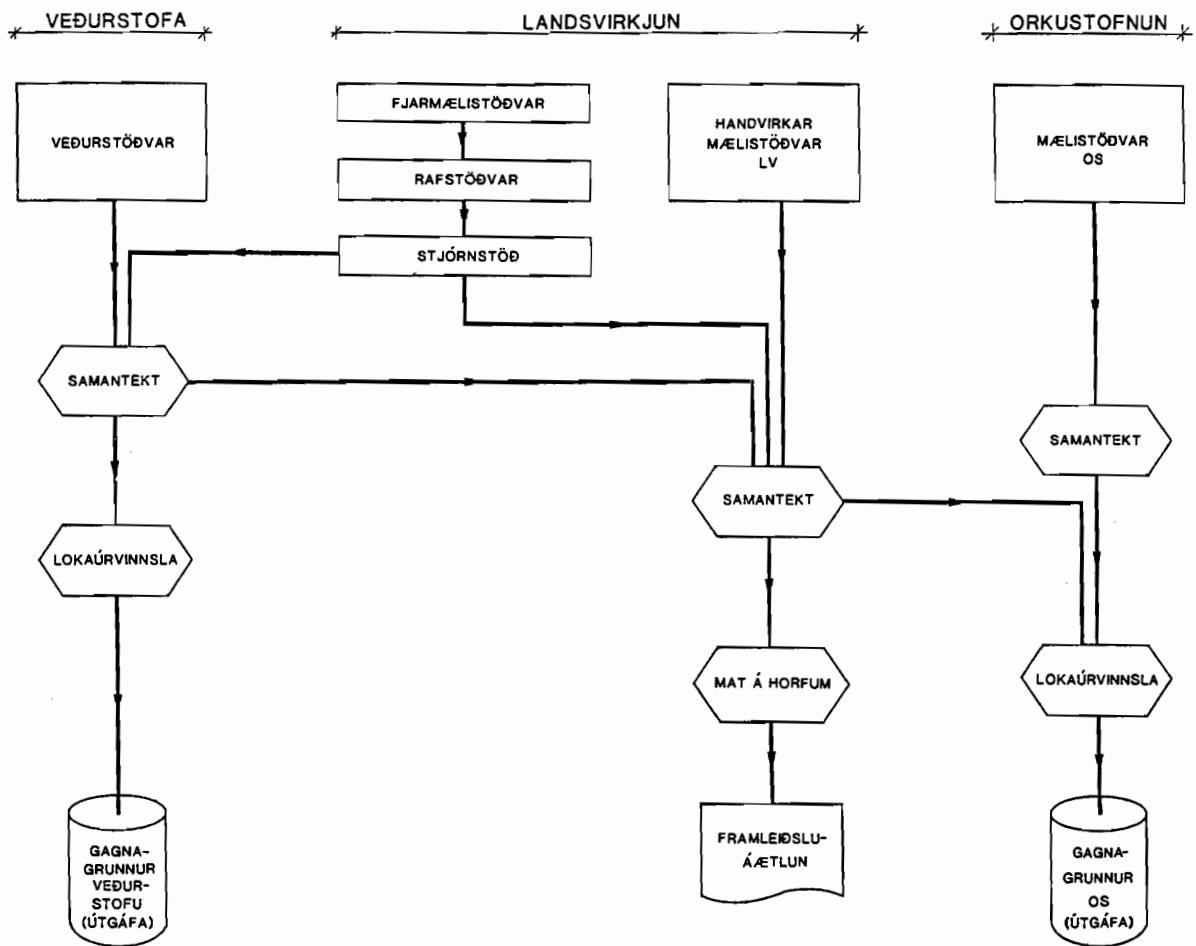
Öflun upplýsinga sem nægja til frumgerðar reiknilíkans af ákveðnu svæði er verk sem er til-tölulega afmarkað að umfangi og í tíma. Þær upplýsingar sem til þarf eru ákveðnar tímaraðir og vitneskja um eiginleika svæðisins eins og áður er lýst. Sé þessum upplýsingum safnað markvisst af tilteknu svæði verður það gagnasafn verðmætarar þó það spanni stuttan tíma en jafnvel margra áratuga löng rennslisröð af svæðinu.

Öflun upplýsinga til að fylgjast með breytingum á náttúrusvari eru mikilvægar ef taka þarf upp aftur mælingar á stöðum, þar sem þær hafa verið lagðar niður. Þessum upplýsingum þarf helst að safna á svæðum þar sem athafnir mannsins eru í lágmarki, svo ekki sé hætta á að þær breyti umhverfinu.

Jafnframt þurfa svæðin að vera sem næst byggð til að halda kostnaði við mælingar og eftirlit í lágmarki. Það er því ekki sérlega heppilegt að stunda mælingar af þessum toga á svæðum sem eru í örri uppbyggingu, en þær gætu hins vegar fallið vel að rekstrarmælingum á svæðum, þar sem hagnýting auðlindar er komin í fastar skorður.

Mikilvægt er að sjálfsögðu að gætt sé ýtrrustu hagkvæmni í öflun vatnafræðilegra gagna. Verðmæti gagnanna er mest þegar þau hafa verið tengd reiknilíkön og þannig þurfa þau helst að liggja fyrir. Kostnaður við öflun þeirra má skipta á skráningu, flutning og úrvinnslu. Til að auka hagkvæmni er æskilegast að skráning geti farið fram sem mest sjálfvirkt og þannig að flutningur gagna geti farið eftir þeim upplýsingaleiðum, sem notaðar eru fyrir í öðrum tilgangi.

Þetta beinir athyglinni að virkjunum, veðurstöðvum og öðrum þeim stöðum sem eru uppsprettu stöðugra upplýsinga sem flytja þarf. Sem



MYND 2. Hugsanlegt flæði vatnafræðilegra gagna

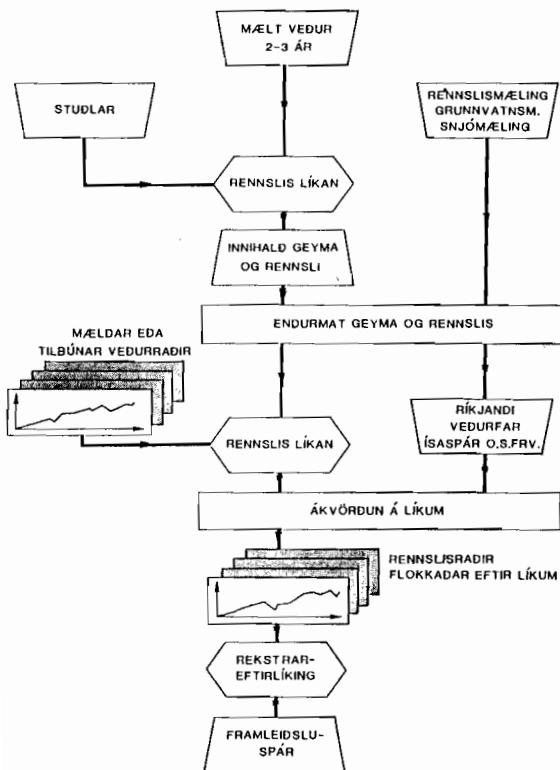
dæmi mætti taka söfnun og flæði vatnafræðilegra upplýsinga eins og það gæti best orðið vegna framleiðsluáætlana Landsvirkjunar til nokkurra mánaða (mynd 2).

Landsvirkjun safnar sjálf miklu af vatnafræðilegum upplýsingum í rafstöðvum sínum og rekur auk þes sjálfvirkar mælistöðvar, sem senda upplýsingar um vatn og veður í stjórnstöðina á Geithálsi. Að auki safna Vatnamælingar Landsvirkjunar miklum gögnum með síriturum og stökum mælingum. Þar til viðbótar þurfa að koma upplýsingar frá mælistöðvum Orkustofnunar, auk gagna frá veðurstöðv-

um Veðurstofunnar. Þar sem þessi notkun útheimtir sérstakan hraða á gagnaflæðinu verður að gera ráð fyrir, að gögnin komi til Landsvirkjunar á sama formi og þau koma frá mælistöðvunum, eða þá í lauslegri úrvinnslu. Þau eru því tekin saman á því formi, sem hentar þessari notkun. Landsvirkjun þakkar að sjálfsögðu fyrir sig með því að senda hinum stofnunum þau gögn sem þær þarfnað.

Þau gögn sem þannig safnast eru notuð til finstillingar reiknilískana (sjá mynd 3). Þetta er sumpart gert með beinum útreikningum í tölvu og sumpart þannig að vatnafræðingur ákveður vissar

stærðir út frá reynslu og þekkingu á staðháttum, þannig að líkanið gefi niðurstöður í samræmi við mælingar. Á síðari stigum er einnig hægt að taka tillit til atriða sem talin eru hafa áhrif á líkur fyrir að útkoman verði fremur í eina átt en aðra. Sem dæmi um slískar upplýsingar má nefna hitastig á Jan Mayen, sjávarhita og eldgos.



MYND 3. Notkun rennslislíkans og viðbótarupplýsingar

Í þessum vangaveltum hefur verið lögð höfuðáhersla á hið aukna verðmæti, sem vatnafræðileg gögn öðlast, ef hægt er að tengja þau innbyrðis með reiknilíkani. Í samanburðinum hefur verðmæti langra rennslisraða sem standa einar sér án stuðnings af veðurgönum og jarðfræðilegum upplýsingum minnkað.

Þessar breytingar eru afleiðing af tilkomu tölvunnar og þeim stórauknu möguleikum til meðhöndlunar talnalegra gagna, sem hún hefur í för með sér. Í samræmi við það mætti ætla að vatnafræðingar framtíðarinnar þurfi að uppfylla sivaxandi kröfur um hæfni í tölvunarfræðum og reiknikúnustum, en það er ekki álit þess sem þetta ritar. Miklu fremur þarf að gera strangar kröfur til vatnafræðinga framtíðarinnar um haldgóða þekkingu á öllum svíðum hins vatnafræðilega hrings. Mikilvægasti hluti starfs þeirra verður að leggja mat á verðmæti þeirra upplýsinga, sem safnað er eða fórnægilegt fyrir aðrar. Þeir verða að geta dæmt það fyrirfram, hvaða upplýsingum þarf að safna á tilteknunum svæðum, svo fá megi nægilegt efni í reiknilíkan. Þetta starf mun útheimta mikla reynslu og þjálfun við hinum fjölbreyttustu aðstæður í mörkinni, sem þarf að byggja á góðri vatnafræðilegri menntun, þar sem m.a. er lögð meiri áhersla á ýmsa þætti veðurfræði og jarðfræði en nú er gert.