

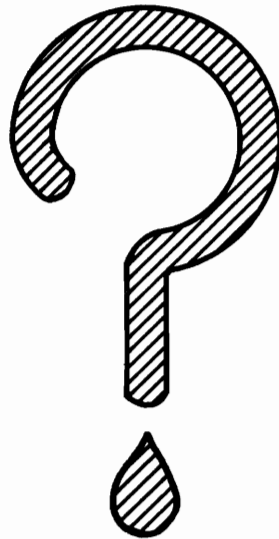
VATNSÞÖRF

eftir

Jón Ingimarsson

og

Þórodd F. Þóroddsson



VATNSÞÖRF

Eftir Jón Ingimarsson, verkfræðing og
Þórodd F. Þóroddsson, jarðfræðing hjá Orkustofnun

Formáli

Raforkumálaskrifstofan, síðar Orkustofnun, hefur nú um langt árabíl veitt mörgum byggðum og einstaklingum ráðgjafarþjónustu varðandi neytluvatnsöflun, og hefur sú starfsemi stöðugt farið vaxandi. Að mestu hafa þessi störf verið unnin af einstökum sérfræðingum stofnunarinnar, og hefur Jón Jónsson, jarðfræðingur, átt þar langstærstan hlut að máli. Eftir að Jarðkönnunardeild Orkustofnunar tók til starfa árið 1971, hefur hún beint starfsemi sinni að neytluvatnsmálum almennt, auk þess sem hún hefur unnið að rannsóknum fyrir fjölmörg bæjar- og sveitarfélög. Við þær athuganir hefur það komið æ betur og betur í ljós, hvað lítið er vitað um raunverulega vatnsþörf til heimilisnota og til hvers konar atvinnurekstrar. Að frumkvæði Stefáns Arnórssonar hóf Jarðkönnunardeild að safna gögnum um almenna neytluvatnsþörf. Árið 1975 vann Jón Ingimarsson, verkfræðingur, að þeirri gagnasöfnun með aðstoð Þórodds Þóroddssonar, jarðfræðings. Þessi skýrsla er árangur þeirrar söfnunar, og er hún hugsuð sveitarstjórnunum og hönnuðum vatnsveitna til aðstoðar.

Flestar talnalegar upplýsingar eru fengnar úr erlendum ritum, eins og skýrslan ber með sér, en reynt hefur verið að samræma þær íslenskum aðstæðum, eftir því sem mögulegt hefur verið. Leitað hefur verið áhlits og umsagna fjölmargra einstaklinga og stofnana, sem unnið hafa að neytluvatnsmálum. Færum við þeim öllum okkar beztu þakkir fyrir alla þeirra mikilsverðu að-

stoð. Við óskum þess, að skýrsla þessi megi verða vatnsveitumálum landsmanna til gagns og velfarnaðar.

Guttormur Sigbjarnarson.

I. Inngangur

Þessi skýrsla fjallar um vatnsþörf til heimilisnota, nota í þágu ýmiss konar atvinnureksturs og til opinberrar þjónustu (sjúkrahús, sundlaugar o. fl.).

Tilgangurinn er að setja fram tölur um vatnsþörf, sem sveitarstjórnir og aðrir gætu haft til hliðsjónar við frumáætlanagerðir vegna vatnsveitna, s. s. nauðsynlega stærð vatnsbóla.

Það, sem hér verður kallað vatnsþörf, eru ekki nauðþurftir, heldur það, sem auðveldlega á að vera hægt að komast af með, án beinnar sparsemi.

Það skal strax tekið fram, að allar tölur um vatnsþörf eru mjög breytilegar milli landa og staða innanlands, einkum vatnsþörf til heimilisnota.

Tölur um vatnsþörf hafa verið breytilegar og yfirleitt vaxandi með tímanum. Þetta stafar bæði af auknum þægindum og auknum hreinlætiskröfum. Vegna mikilla erfiðleika við vatnsöflun víða í heiminum er þó reynt að gera vélar og tæki þannig úr garði, að vatnsþörfin minnki. Eftir megni verður notast við innlendar tölur um vatnsþörf. Miklir erfiðleikar eru hins vegar við öflun þeirra. Víðast hvar er vatn ekki selt eftir mæli. Algengt er, að það vatnsmagn, sem

veitt er inn á veitukerfin, sé óþekkt og þá einnig töp í kerfinu.

Loks má benda á, að ýmis vatnsnotkun er bundin við takmarkaðan tíma ársins.

II. Vatnspörf

II. 1. Til heimilisnota

Ýmis atriði hafa áhrif á vatnsnotkun til heimilisnota, s. s. lífsþægindi, velmegun, veðurfar, lega í landi o. fl. Í Taschenbuch der Wasserversorgung (1973) er gefin eftirfarandi tafla (Tafla 1) um vatnspörf eftir legu og gerð húsnæðis án upphitunar.

TAFLA 1

Heiti	Mesta þörf l/íb/sólarhr.	Meðalþörf l/íb/sólarhr.
Í sveitum	100	50
Bæir, eldra húsnæði, án baðs	80	60
Eldri íbúðir	150	100
Nýttizku íbúðir	200	120
Einbýlishús með öllum þægindum	250	150

Í töflu 2, sem unnin er upp úr Water Supply (London 1974) og Teknisk Hygiejne (Kaupmannahöfn 1970), eru tölur um vatnsnotkun til heimilis í ýmsum löndum.

TAFLA 2 (gildir frá 1969–70)

Land	Vatnsnotkun l/íb/sólarhr.
England + Wales ¹⁾	183
Skotland ¹⁾	269
U.S.A.	303
Vesturríki U.S.A.	434
Austurríki U.S.A.	265
Þýzkaland	167
Belgía	77
Ítalía	233
Austurríki	131
Sviss	273
Svíþjóð	217

176 ¹⁾ Innihalda leka í kerfum og smáatvinnurekstur.

SVEITARSTJÓRNARMÁL

Ekki eru til neinar nákvæmar tölur um meðalvatnspörf til heimilisnota hér á landi. Á Reykjavíkursvæðinu er miðað við, að til heimilis, minniháttar atvinnurekstrar og þjónustu, sé notað að meðaltali 250 l/íb/sólarhring.

Eins og alkunnugt er, þá er hitaveita í Reykjavík, og er því hitaveituvatn notað mikið til hreinlætis. Á þeim stöðum, þar sem ekki er hitaveita, má reikna með, að kaldavatnsnotkun sé um 50 l/íb/sólarhring meiri eða um 300–350 l/íb/sólarhring, og er þá ekki reiknað með vatni til upphitunar.

II. 2. Atvinnurekstur

II. 2.1 Smærri atvinnurekstur — þjónusta o. fl.

Í töflu 3 eru gefnar upp tölur fyrir ýmiss konar smærri atvinnurekstur. Yfirleitt er vatnspörfin miðuð við starfsmann á dag (sd). Tölurnar eru fengar úr Taschenbuch der Wasserversorgung (1973). Einnig er gefinn upp fjöldi íbúa á hverjum stað á hvern starfsmann í viðkomandi greinum.

TAFLA 3

Heiti	Fjöldi íb. pr. starfsm.	Mesta þörf	Meðal þörf
Bakarí	150–250	250 l/sd	150 l/sd
Hárskerar ..	300–600	300 —	250 —
Almennur atvinnurekstur		100 —	50 —
Óhreinl. alm. atvinnurekstur		400 —	150 —
Stærri verzlani (frysti o. fl.)		900 —	300 —
Góð hótél		600 l/rúm	300 l/rúm
Þvottahús (pr. 10 kg þurr þvottur)		800 l	400 l
Bifreiðaþvottastöðvar		200 l/bíl	100 l/bíl

Þeir liðir, sem hér eru nefndir, eru að líkindum mjög háðir stærð bæjanna. Í flestum tilfellum er í rauninni eðlilegt að taka þessa liði með í vatnsþörf til heimilisnota, s. s. gert er í Reykjavík, Danmörku, Bretlandi og víðar. Lagt er til, að svo verði einnig gert hér og notuð sem viðmiðun talan frá Reykjavíkursvæðinu, 250–350 l/íb/sólarhring að meðaltali, án húshitunar.

II. 2.2. Vatnsfrekar atvinnugreinar

Þær tölur, sem settar eru fram í töflu 4 eru fengnar úr heimildum 1–6 í heimildaskrá aftast í greininni.

Eins og áður segir, verða innlendar tölur notaðar þar sem þær eru fyrir hendi, erlendar tölur eru í svigum. Tölurnar eru gefnar upp í ýmsum einingum, og verður þess getið í hvert skipti. Margar atvinnugreinar eru mjög árstíðabundnar, og verður þess getið í athugasemdum.

TAFLA 4

Heiti	Eining	Magn	Athugasemdir
Sláturhús	l/dilk	250–300 (150)	Án frystingar. Notkun mest í sept.–okt.
–	l/stórgrip	(400)	
Mjólkurbú	l/l mjólkur	3 (3–7.5)	Misjafnt álag yfir árið.
Ölgerð	l/l öls	(15–20)	Með kælingu.
–	– –	(3–7)	Án kælingar.
–	t/tonn öls	5	Þar af þvottur 4 tonn.
Steypustöðvar	l/m ³ steypu	160–170	Mest álag sumar og haust.
Fiskiðjuver	t/tonn slægðs fisks	5	Án frystingar.
Frysting	t/tonn afurða	15–20	1)
Saltfiskverkun	t/klst	15	Ein vélasamstæða, fyrsta vinnslustig, flatning og komið í salt. (Notkun á öðrum vinnslustigum óveruleg).
Fiskimjölsverksmiðjur	t/tonn hráefnis		Vantar upplýsingar
Rækjuvinnsla	l/sek	meira en 5	Fer eftir stærð og gerð véla og hvort notuð eru færibönd eða flotrennur.
Niðursuða			Mjög breytilegt.
Íssala til fiskiskipa	l/tonn fisks	300	Mjög mismunandi eftir stærð og gerð skipa og lengd útivistar. Getur skapað verulegan álagstopp í stuttan tíma. (Skuttogarar taka 60–90 t/löndun).
Vatnssala til skipa			
Skinnasútun	l/m ²	(4)	

1) Í frystikerfum þarf ekki að gera sömu kröfur til kælivatns og gerðar eru til neyzluvatns. Algengt er að nota fyrir þau sjó og árvatn. Talan, sem nefnd er, miðast við kerfi, sem nýta vatn vel. Þegar frystihús standa yfirgefin langtímum saman og frystikerfið er sjálfvirkt, er notkun 6–10 t/klst, og þarf það helzt að vera neyzluvatn.



Ymsar rannsóknir eru nauðsynlegar, áður en vatn er tekið til neyzlu. Ljósmynd Snorri Zophóníasson.

II. 2.3. Vatnspörf til landbúnaðar

Í leiðbeiningum um neyzluvatnsleiðslur í sveitum (1973) eru gefnar upp tölur um vatnspörf einstakra húsdýrategunda. Ekki kemur fram, hvernig þessar tölur eru fengnar, þ. e. hvort um sé að ræða innlendar reynslutölur eða erlendar. Tölurnar eru í töflu 5.

TAFLA 5.

Heiti	Vatnspörf l/dag
Mjólkandi kýr	50
Mjólkurkæling á kú	50
Svín	15–30
Kind	5–10
Hestur eða geldneyti	20–30
100 hænsni	35

Í Vandforsyning (2) eru gefnar upp tvær aðferðir til að áætla vatnspörf til húsdýra. Í töflu 6 eru einstakar dýrategundir reiknaðar yfir í „kúgildi“, og er sú tala notuð sem deilitala til að finna vatnspörf hvers dýrs.

TAFLA 6.

Heiti	Fjöldi dýra í „kúgildi“	Vatnspörf l/sólarhr./dýr
Mjólkandi kýr ..	1.00	50
Naut	1.05	47
Uxi	1.40	35
Geldneyti	1.75	28
Kálfur	2.65	18
(Hestur)	(1.00)	(50)
(Tryppi)	(1.40)	(35)
(Folald)	(3.33)	(15)
Gylta eða göltur	2.00	25
Spengrís	25	2

Slátursvín	2	25
Kind	6.25	8
Hænsn	140	0.3

Í Taschenbuch der Wasserversorgung (1973) er áætlað, að til þess að kæla mjólkina þurfi 1.5–2.0 l/1 mjólkur. Töflum 5 og 6 ber vel saman, ef hestar eru undanskildir (sem stafar að sjálfsgöðu af smæð íslenska hestsins). Vatn til vökvunar í gróðurhúsum er 0.75–1.0 m³/m²ári, skv. reynslu frá Danmörku og Englandi. Innlendar tölur eru 0.75–1.50³/m² gróðurhúss á ári.

Hér verður ekki áætlað sérstaklega vatn til vökvunar vegna ræktunar utanhúss, enda úrkomudagar mjög mismargir. Til þess að bleyta vel einu sinni (rótarbleyta) er áætlað, að þurfi 20–40 m³/ha.

Í Leiðbeiningum um neytluvatnsleiðslur í sveitum (1973) eru settar fram tölur um, að vatnsþörf til heimilisnota í sveitum sé 100–200 l/ib/sólarhring. Að vísu má vera, að salerni séu ekki eins mikið notuð í sveitum á vorin, sumrin og haustin vegna útistarfa og menn væti gjarnan tún. Eigi að síður teljum við rétt að áætla vatnsþörfina hina sömu og í bæjum, eftir að sveitahemili eru komin með sams konar heimilis- og hreinlætistæki, þ. e. 250–350 l/ib/sólarhring, án upphitunar.

II. 3. Til opinberra nota

Í töflu 7 eru reynslugildi fyrir nokkra þætti vatnsnotkunar hins opinbera (erlendar tölur).

TAFLA 7

Heiti	Eining	Mesta magn	Meðalmagn	Athugasemdir
Skólar ¹⁾	l/nem/sólarhr.	(15)	(10)	Án sturtu eða sundlaugar.
Skólar ¹⁾	— —	(30)	(20)	Með sturtu án sundlaugar.
Skólar ¹⁾	— —	(50)	(30)	Með sturtu, með sundlaug.
Skólar	— —	(1200)	(150)	Hásk., menntask., fiskvinnslusk. með sérstakar vatnsþarfir, í efnafræði, líffræði o. fl. greinum.
Sjúkrahús	l/rúm/shr.	(700)	(400)	Almennt.
Sjúkrahús	— —	(1500)	(1000)	Sérstakar þarfir.
Baðhús	l/viðsk.vin	(500)		
Gufubaðstofur	—	(700)		
Sundlaugar				Mjög mism. eftir stærð.
Gosbrunnur				Mismunandi eftir stærð og gerð, t. d. er vatnskerfi þeirra lokað.
Garðvökvun	m ³ /ha		(30)	Rótarbleyting.

1) Í heimavistar skólum má gera ráð fyrir, að vatnsþörfin á einstakling sé svipuð og til almennra heimilisnota að viðbættum sérþörfum skólans.

Eðlilegt er að taka þörf skóla með í vatnsþörf til heimilishalds. Þó þarf að hugsa fyrir sérstöku úttaki við stærðarákvörðun á vatnsleiðslum í viðkomandi götum.

II. 4. Töp í kerfinu

Stærð þessa þáttar er ákaflega mismunandi eftir bæjarkerfum, enda er hann samsettur af leka úr leiðslum og tengistykkjum (brunahanar innifaldir), vatnsnotkun til að skola óhreinindum úr kerfinu, vatnsgeymaþvotti, spúlun skolpleiðsla og vatni til brunavarna. Hjá þeim veitum, sem selja allt vatn eftir mælum, kemur mismunur á mældu innrennsli og mældu útrennsli einnig fram í þessum lið.

Í Danmörku er stærð þessa liðar 2–31% af heildarnotkun (1963–64), að meðaltali um 10%, í Þýskalandi var stærð hans milli 5–40%, að meðaltali 17.8% árið 1950. Við íslenskar aðstæður er stærð þessa þáttar óþekkt, en samkvæmt fenginni reynslu mun hann víða vera mjög verulegur, 15–50% ekki óalengt.

II. 5. Slökkvivatn

Ekki eru til bein ákvæði um lágmarks-slökkvivatn í íslenskum lögum, reglugerðum eða stöðlum. Í lögum frá 1969 um brunavarnir og brunamál segir, „að sveitarstjórnnum beri *skylda* til að hlutast til um að *ávallt* sé fyrir hendi nægilegt slökkvivatn.“ Samkvæmt sænskum staðli (sjá m. a. í Teknisk Hygiejne notater om vandforsynings-teknik, 1970), sem er notaður í Skandinavíu, þá skal við hámarksklukkustundarnotkun til venjulegra nota, vera mögulegt að fá úr hvaða punkti vatnsveitukerfisins sem er slökkvivatn, skv. töflu 8.

TAFLA 8

Heiti	Magn	Lengd tímabils
-------	------	----------------

Í einbýlishúshverfum	10 l/sek	2 klst
Í þéttri íbúðabyggð ..	20 l/sek	4 klst
Iðnaður með meðalbrunaálag, án stórra		

SVEITARSTJÓRNARMÁL

lagera af eldfimu efni	20 l/sek	4 klst
Iðnaður með mikið brunaálag	40 l/sek	6 klst

Í Bandaríkjunum er lágmarksslökkvivatn fyrir bæi allt að 200 þús. íb

$Q = 64,3 \cdot \sqrt{n} (1 - 0.01 \cdot \sqrt{n})$ l/sek, þar sem n er fjöldi íbúa í þús. Formúla gefur fyrir

bæi með 500 íb: $Q = 45$ l/sek,

bæi með 1000 íb: $Q = 64$ l/sek

og fyrir bæi með 2000 íb: $Q = 90$ l/sek.

Eins og sést af ofanskráðu, eru kröfurnar mun meiri í Bandaríkjunum en Skandinavíu. Eðlilegt virðist, að við sláum ekki af þeim kröfum, sem gerðar eru í Skandinavíu. Í stórbrunum í smærri bæjum verður að gera ráð fyrir, að hægt sé að loka fyrir stórfyrirtæki, og það þarf að vera fljótlegt. Víðast í bæjum hér á landi eru digrir vara-sjóðir slökkvivatns í sjó, ám, lækjum og tjörnum, en útilokað er að byggja brunavarnir á þeim.

Það vatn, sem þarf að vera í tönkum (nema borholur eða uppsprettur geti annað því auk hámarksnotkunar) skv. sænskum staðli, miðað við meðalbrunaálag er:

$$20 \frac{\text{l}}{\text{sek}} \cdot 3600 \frac{\text{sek}}{\text{klst}} \cdot 4 \text{ klst} = 288 \text{ m}^3$$

III. Dreifing vatnsþarfarinnar

Meðalvatnsþörfin (q_n) er skilgreind sem heildarvatnsnotkun (Q) yfir árið deilt með fjölda daga í árinu ($Q/365 = q_n$). Almennt er mjög mismunandi vatnsnotkun eftir árstíma. Í sveita-



Vaxandi kröfur um aukid hreinlaeti i fiskidnaði kalla á stórauana vatnsnotkun. Ljósmyndina tók Snorri Zophóníasson i fiskidjuveri.

Þorpum með sláturhúsum má búast við mestri notkun á haustin í sláturtíð, í þorpum við sjávarsíðuna er þörfin mest, þegar vertíðin stendur hæst, o. s. frv.

Notkunin er einnig mjög breytileg yfir sólarhringinn. Mesta vatnsnotkun á heimilum er á morgnana og við matmálstíðir. Hámarksnotkun flestra atvinnufyrirtækja er um hádegisbil.

Hér á eftir verður reynt að gera nokkra grein fyrir stærð þessara álagsþátta.

III. 1. Mesta langtímanotkun

Mesta langtímanotkun er yfirleitt mjög árs-tíðabundin og mjög háð atvinnuuppbyggingu byggðarlagsins, einnig getur veðurfar haft veruleg áhrif. Ekki er hægt að gefa neinar ákveðnar leiðbeiningar um þetta atriði, en nauðsynlegt

er í hverju tilfelli að mæla þennan þátt við hönnun vatnsveitukerfa.

III. 2. Mesta sólarhringsnotkun

Í Danmörku er mælt með, að gert sé ráð fyrir, að mesta sólarhringsnotkun sé tvöföld meðal-sólarhringsnotkun (q_n). Hér liggja yfirleitt engar mælingar fyrir, svo að erfitt er að notast við þessa reglu. Tölurnar frá Danmörku gefa til kynna, að í minni bæjum sé mesta sólarhringsnotkun almennt 1,5–1,7 q_n , í stærri bæjum almennt 1,3–1,4 q_n .

Í Þýskalandi eru gildin mjög svipuð, 1,42–1,84, og stækka eftir því sem bæirnir eru minni.

Erlendis ráðast þessi gildi víðast af þurrkam og miklum hitum. Hér á landi má búast við, að vertíð, sláturtíð o. þ. h. verði ráðandi. Matíð



Það er orðin sjaldgæf sjón að sjá vatn renna um yfirfallið á vatnsbóli. Ljós. Guðtormur Sigbjarnarson.

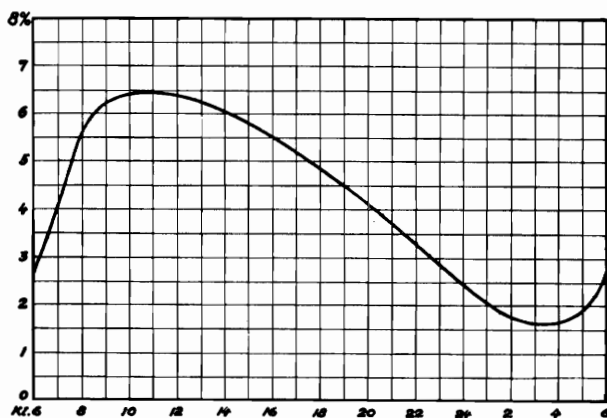
verður því mjög staðbundið. Hér skal bent á eina leið til slíks mats: Framleiðsla atvinnufyrirtækja er áætluð á mismunandi árstíma, og gildin út töflu 4 (eða mæld gildi á staðnum) eru notuð til að finna vatnsþörf þeirra. Íbúafjöldinn er fundinn út á mismunandi árstímum, þar sem slíkt á við, og álagspáttur 1,5–2 notaður á áætlaða heimilisnotkun, eftir atvinnuuppbyggingu staðarins.

III. 3. Mesta klukkustundarnotkun

Almennt er mesta klukkustundarnotkun (f_t) gefin upp í % af sólarhringsnotkun, þannig er meðalklukkustundarnotkun $1/24 \cdot 100\% = 4,2\%$.

Í Danmörku sýnir reynslan (Teknisk Hygiejne, notater om vandforsynings teknik (1970), að fyrir stærri bæi með iðnað er $f_t = 6 - 7\%$, og fyrir minni bæi er $f_t = 8 - 12\%$. Í Þýskalandi eru gildin 6 – 12,5%.

Hér verður mælt með að nota gildi innan þessara marka. Fyrir flesta bæi ætti gildið $f_t = 10\%$ að vera nærri lagi (hér á landi er vinnudagurinn t. d. almennt lengri en erlendis).



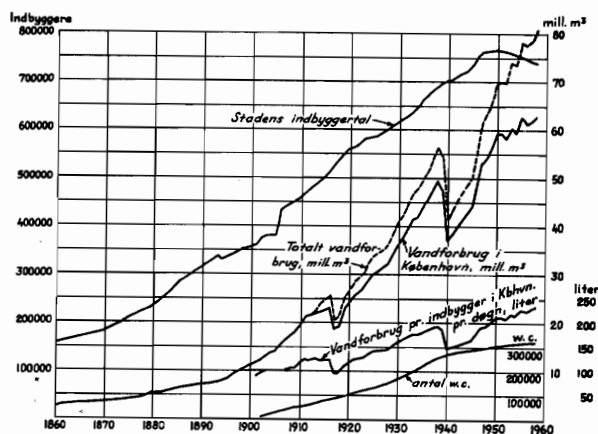
Mynd 1. Dreifing vatnsorkunnar yfir sólarhringinn í Kaupmannahöfn.

IV. Áætlun um framtíðarvatnspörf

Ýmsar aðferðir eru til að spá um vatnspörf í framtíðinni. Sameiginlegt með þeim er yfirleitt, að þær byggja á mældri vatnsnotkun aftur í tímann. Hér á landi eru slíkar mælingar yfirleitt alls ekki fyrir hendi, því verður þessum aðferðum ekki lýst hér.

Á það skal bent, að þarfir einstakra atvinnugreina eru mjög háðar hreinlætiskröfum. Vitneskjan um væntanlega þróun í þeim málum er helzt hjá heilbrigðisnefndum og -ráðum.

Á mynd 2 má sjá breytingu á vatnsnotkun á íbúa í Kaupmannahöfn frá aldamótum, einnig fjölgun íbúa, fjölgun vatnssalerna o. fl.



Mynd 2.

Öll sveitarfélög í þéttbýli eru skipulagsskyld, og flest eiga skipulagsupprætti, eða eru að vinna að þeim. Ef skipulag er unnið af raun-sæi, með áætlun um fólksfjölgun, atvinnuuppbyggingu og framkvæmdir, á að vera fjallað um þætti eins og vatnspörf, öflun vatns o. s. frv.

Jarðkönnunardeild Orkustofnunar hefur í nokkrum tilfellum gert lauslega áætlun um vatnspörf einstakra þéttbýlisstaða. Vegna skorts á upplýsingum og mælingum á mismunandi þáttum vatnsþarfarrinnar, s. s. til skóla, sjúkra-

húsa, smáíðnaðar, tapa í kerfinu o. fl., höfum við valið þann kost að áætla almenna neytlu-vatnsnotkun 500 l/íb/sólarhring. Í framtíðinni væri æskilegt að meta og mæla alla þessa þætti betur en gert hefur verið fram til þessa. Til að svo megi verða, þarf að gera yfirlit yfir uppbyggingu staðarins ásamt áætlun um framtíðarþróun hennar á næstu árum. Einnig er mjög mikilsvert, að vatnsnotkunin almennt yrði mæld meira en gert hefur verið, bæði með tilliti til einstakra þátta hennar og á mismunandi árs-tímum.

V. Heimildir

1. Water supply engineering, Harold E. Babbit and James J. Doland, fourth edition, New York 1949.
2. Vandforsyning, Teknisk forlag 1969.
3. Taschenbuch der Wasserversorgung, Stuttgart 1973.
4. Matvælaíðnaður og vatnspörf hans, erindi eftir Pál Lúðvíksson. Ráðstefna Sambands ísl. sveitarfélaga um vatn 1975.
5. Vatnsnotkun í fiskiðjuveri, erindi eftir Baldvin Gestsson. Ráðstefna Sambands ísl. sveitarfélaga um vatn 1975.
6. Vandforsyningsanleg, Universitforlaget 1965.
7. Leiðbeiningar um neytluvatnsleiðslur í sveitum, Ásgeir L. Jónsson, 1973.
8. Water Supply, A. C. Twort, R. C. Hoather, F. M. Law, second edition London, 1974.
9. Teknisk Hygiejne, notater om vandforsyningsteknik, Ib Mikkelsen, Leif Winther, J. J. Linde-Jensen, Poleteknisk forlag, 1970.