

RANNSÖKNASTOFNUN
FISKIÐNADARINS

6. RIT

REYKJAVÍK APRÍL 1983

**Frysting matvæla með
jarðhita og útblásturs-
varma skipavéla og
iðnaðartækja**

ÓLAFUR ÁRNASON, vélaverkfræðingur
SIGURJÓN ARASON, efnaverkfræðingur

RANNSÓKNASTOFNUN
FISKIÐNAÐARINS

6. RIT

REYKJAVÍK APRÍL 1983

Frysting matvæla með
jarðhita og útblásturs-
varma skipavéla og
iðnaðartækja

ÓLAFUR ÁRNASON, vélaverkfræðingur
SIGURJÓN ARASON, efnaverkfræðingur

Agrip.

Í greininni eru borin saman ísogskerfi og venjuleg kælikerfi. Það kom í ljós að ísogskerfi sem nota jarðgufu sem varmagjafa eru því aðeins hagkvæmari en venjuleg kælikerfi í íslenskum frystihúsum að hægt sé að nýta borholu til fullnustu og að ekki sé langt á milli borholu og frystihúss (10-20 km). Því miður eru háhitasvæði örfá innan hagstæðra marka frá byggð.

Heitt jarðvatn kemur varla til greina sem orkugjafi til kælingar, nema ef hægt væri að ná því upp með mjög litlum tilkostnaði.

Vonir standa til að hægt verði að nota ísogskerfi um borð í bátum og skipum. Þau gætu nýtt afgang frá vélum skipanna, sem samsvaraði hálfu afli vélanna. Til dæmis væru kæliafköst termískrar þjöppu (þjappa ísogskerfis), sem nýtti afgang frá 2000 ha dísilvél um 300.000 kcal/klst. við kælihitastig -10°C . Það segir sig sjálft að það gæti skipt sköpum í útgerð að geta fullunnið fiskinn um borð með litlum aukakostnaði vegna frystingar.

EFNISYFIRLIT.

bls.

Agrip

Inngangur

KAFLI 1. KERFISLÝSING

1.1. Almenn um kælikerfi.....	1
1.2. Þjöppur.....	3
1.3. Vélræn þjappa	5
1.4. Termísk þjappa	6
1.5. Stærð termísku þjöppunnar	11

KAFLI 2. ORKUGJAFAR

2.1. Lífrænir orkugjafar	15
2.2. Náttúrulegar auðlindir	17
2.3. Orkuverð í desember 1982	17

KAFLI 3. KOSTNAÐARSAMANBURÐUR Á ÞJÖPPUKERFUM

3.1. Orkunotkun	20
3.2. Rekstrarkostnaður	23
3.3. Stofnkostnaður og fjármagnskostnaður	24
LOKAORÐ	28
HEIMILDIR	29

MYNDIR.

Mynd 1. Einfalt kælikerfi, skýringarmynd	2
Mynd 2. Termísk þjappa, skýringarmynd	4
Mynd 3. Notkun vélrænna þjappa við algengasta kæli- sviðið	6
Mynd 4. Ísogarar	8
Mynd 5. Sjóðarar	10
Mynd 6. Ástandsflínurit fyrir termíska þjöppu. Styrk- leiki lausnar.	12
Mynd 7. Ástandsflínurit fyrir tveggja þrepa termíska þjöppu, styrkleiki lausnar	14

TÖFLUR.

Tafla 1. Samanburður á orkunotkun vélrænna og termískra þjappa, sem nota lífrænt brennsluefni	16
--	----

LÍNURIT.bls.

Línurit 1.	Verð á jarðgufu	19
Línurit 2.	Orkunotkun eins þreps ísogskerfis. Varmagjafi er gufa	21
Línurit 3.	Nýtnistuðull mismunandi þjöppukerfa	22
Línurit 4.	Magn varmagjafa termískrar þjöppu	22
Línurit 5.	Rekstrarkostnaður termískrar þjöppu sem notar 80°C hitaveituvatn	23
Línurit 6.	Samanburður á rekstrarkostnaður vélrænnar þjöppu og termískrar þjöppu sem notar gufu.	25
Línurit 7.	Stofnkostnaður þjöppukerfa. Verðhlutfall .	26
Línurit 8.	Fjármagnskostnaður mismunandi þjöppukerfa .	27

Inngangur.

Mörgum hefur leikið hugur á að nýta jarðvarmann á Islandi til kælingar eða frystingar. Það er því von höfundar að þessi grein verði til þess að létta mönnum að átta sig á því hvort einhver ávinningur sé af því og við hvaða aðstæður.

Háhitavæðin sem til álita koma sem virkjunarstaðir fyrir orku-notkun af þessu tagi eru fá á landinu. Í minnstri fjarlægð (5 km) er Svartseugi frá Grindavík, en á fleiri stöðum á Reykjanesvæðinu mætti virkja jarðgufu fyrir aðra útgerðarbæi. Einnig mætti nýta jarðgufu við Axarfjörð og e.t.v. í Hveragerði. Að sjálfsögðu eru fleiri háhitavæði á landinu, en þau eru það fjarri byggð að ekki borgar sig að veita gufu frá þeim að notkunarstöðum. Fjármagnskostnaður vex um 5% við hvern kílómeter sem veita þarf gufu frá fullnýttri meðalborholu. Lághitavæðin eru miklu fleiri nærri byggð og flest þegar nýtt til upphitunar á húsnæði. Heitt vatn hentar þó illa til þeirrar notkunar sem hér um ræðir vegna þess hve lítil varmaorka nýtist úr hverjum líter af vatni. Af þeim sökum þarf óhemju magn af vatni til þess að afkasta þeirri kælingu sem algeng er í íslenskum frystihúsum. Annar ókostur við nýtingu hitaveituvatns er sá að stærð sumra tækja kælikerfisins, ísogskerfisins, er háð hitastigi varmagjafans þannig að stærðin vex með lakkandi hitastigi.

Enn er ótalinn sá varmagjafi sem er trúlega vænlegastur til nýtingar, en það er afgangur frá ýmsum iðnaði og brennsluvélum. Í Noregi eru um þessar mundir verið að gera tilraunir, með ísogskerfi sem nota á um borð í skipum og sem nýta afgang frá skipavélum. Það er óþarfi að fjölyrða um nytsemi þannig tækja, sem nýta ókeypis orku með nánast engum virkjunartilkostnaði, vegna þess að heitt afgangið er nýtt beint í einu af tækjum kælikerfisins. Ef tilraunirnar verða jákvæðar ættu að opnast möguleikar á að fullvinna fisk um borð í togurum, eða að minnsta kosti að verja hann skemmdum með tiltölulega litlum tilkostnaði. Víða í byggð er vöð á heitu afgangi frá iðnaðarrekstri, sem oft er nauðsynlegt að kæla og hreinsa áður en því er sleppt út í andrúmsloftið.

Í greininni verður lítið rætt um tæknilega uppbyggingu þessa sérstæða kælikerfis sem nýtir varma til kælingar. Það byggist á því að vatn drekkur í sig ammoníak við lágt hitastig, sem

siðan er eimað aftur úr vatninu við herra hitastig. Í venjulegum kælikerfum er ammoníakgufu þjappað í vélrænni þjöppu frá uppgufunarþrýstingi upp í þéttþrýsting. Í ísogskerfum er ammoníak - vatnsblöndu þjappað með hringrásardælu yfir sama þrýstisvið. Raforkuþörf dælnnar er ekki nema um 1% af raforkuþörf vélrænu þjöppunnar og auk þess kostar dælan ekki nema lítið brot af verði þjöppunnar. Í stað raforku notar ísogskerfið varmaorku eins og áður hefur komið fram. Afskriftarkostnaður þjöppukerfa, eða sá hluti rekstrarkostnaðar sem stafar af stofnkostnaði þjöppunnar hvort sem hún er termísk eða vélræn, er óverulegur miðað við orkukostnaðinn (5%). Hann er þó metinn í greininni og er sýndur í línuriti 8.

Orkukostnaður er bæði háður virkjunarkostnaði og flutningskostnaði orkunnar og því hversu vel mannvirki og orkugjafar endast. Eins hefur nýting á orkuinnihaldi orkugjafans geysilega mikil áhrif á orkukostnaðinn. Til dæmis er ekki hægt að kæla 80°C heitt hitaveituvatn um meira en 10-20°C, en vatnið er keypt í lítratali.

Orkukostnaður, þ.e. rekstrarkostnaður án fjármögnunarkostnaðar, mismunandi þjöppukerfa er sýndur á línuritum 5 og 6.

KAFLI I. KERFISLÝSING.

1.1. Almenn um kælikerfi.

Fyrstu kælikerfin voru svokölluð ísogskælikerfi (absorption refrigerating plant) sem Frakkinn Ferdinand Carré (1857) fann upp. Um þrjátíu árum síðar fann Carl von Linde upp þjöppu-kælikerfið (compressor refrigerating plant), sem algengast er í dag.

Þessi tvö kerfi eru í meginatriðum eins þ.e. allir hlutar kerfisins eru eins að undanskilinni dælu eða þjöppunni. Þjöppur þjöppukælikerfanna eru rafdrifnar eða véldrifnar stimpil-, skrúfu-, hverfil- eða spjaldþjöppur. Í ísogskælikerfunum er „termísk“ þjöppun. Varmaorka er þá notuð til að dæla varma frá kæli- eða frystigeyslum. Í flestum ísogskælikerfum er þá einnig notuð raforka til að knýja vökvadælur en aðeins um 1% af þeirri orku sem sambærileg vélræn þjöppukælikerfi nota.

Kerfin sem um er rætt, eru lokuð, ekki ósvipuð lokuðu upphitunar-kerfi í íbúðarhúsum eða lokuðu gufukerfi í ýmsum verksmiðjum.

Kæliefni er soðið við lágan þrýsting í sérstökum varmaskipti, uppgufaranum, í kæli- eða frystigeyslunni og þétt við hærri þrýsting, í öðrum varmaskipti, þéttinum, eða eimsvalanum.

Kælivökvinn, ammoníak eða Freon-efni, gufar upp eða þéttist við ákveðið hitastig, sem háð er þrýstingi í kerfinu.

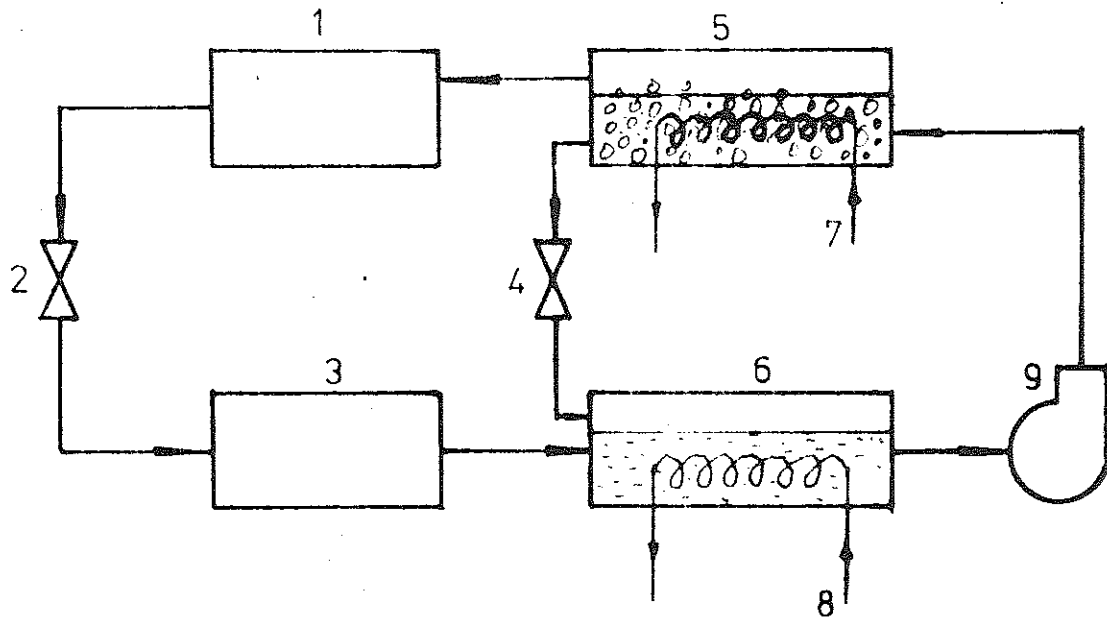
Uppgufunin verður við lágsta þrýsting í kerfinu svokallaðan uppgufunarþrýsting og tilheyrandi uppgufunarhitastig, sem síðan ræður hitastigi í kæligeymslu.

Í þéttinum er kæligufan þétt við hærri þrýsting og hitastig sem ákveðst af hitastigi útiloftsins, eða kælivatnsins sem notað er til kælingar í honum.

Val á kæliefni fer nokkuð mikið eftir hitastigi í kæligeymslu þar eð æskilegt er að uppgufunarþrýstingur sé að minnsta kosti eitt bar.

Einfalt kælikerfi er sýnt á mynd 1. Í kerfinu er kæliefnið í stöðugri hringrás.

Þjappan, hvort sem hún er termísk eða vélræn, eykur þrýsting kæliefnisins upp í þéttiþrýsting og heldur þar með efninu í hringrás. Eftir þéttingu mætti knýja hverfil (turbine) með



- | | |
|------------------|-------------|
| 1 Þéttir | 6 Ísogari |
| 2 Þrýstiminnkari | 7 Hitagjafi |
| 3 Uppgufari | 8 Kælivatn |
| 4 Loki | 9 Dæla |
| 5 Sjóðari | |

Mynd 1. Einfalt ísogskælikerfi, skýringarmynd.

kælivökvanum og slá þar með tvær flugur í einu höggi, lækka þrýsting kæliefnisins niður í uppgufunarþrýsting og vinna aftur eitthvað af þeirri orku sem fór í þjöppunina. Hverflar eru þó það dýrir að ekki þykir borga sig að sækjast eftir þeirri orku sem tapast við hefðbundna þrýstímínkun með "kapillarröri" eða þensluloka.

Orkunýting kælikerfa er oft borin saman við nýtingu svokallaðrar Carnot vélar sem ekki er til nema sem fræðilegt hugtak í varmafræðinni. Allir hlutar Carnot vélarinnar, þjappa, hverfill, uppgufari og þéttir, vinna taplaust. Það þýðir að allur varmaflutningur verður við mjög lítinn hitastigsmun, þ.e. í þétti er nánast sama hitastig og á kælivatni eða útilofti og í uppgufara sama hitastig og í kæligeymslu. Uppgufunarhitastig og þéttihitastig í kælikerfum eru konstant, en talsverður hitastigsmunur verður að vera yfir uppgufara eða þétti til þess að varmaflutningur verði nægilegur og til þess að stærð varmaskipta haldist innan hagstæðra marka.

Sérstakur ávinningur er að láta kæliefni sjóða eða þéttast í varmaskipti vegna þess hve varmaflutningur er mikill við uppgufun eða þéttingu.

Þjöppur nýta orku engan veginn til fullnustu. Algengt er að orkunýting þeirra sé um 70%. Í þenslulokanum verða hrein viðnámstöp, en mest tapast þar vegna þess að hann er ekki hentugasta tækið til að þenja kæliefnið. Þrátt fyrir þetta er vinnuferill Carnot vélarinnar oft notaður til að meta orkunýtingu kælikerfa.

Kæliafköst kælikerfis er sú varmaorka sem kælikerfið dælir frá kæliklefa á tímaeiningu. Venjulega er talað um kæliafköst þjöppu vegna þess að hún er sá hluti kerfisins sem knúinn er með utanaðkomandi afli. Orkunýting kælikerfis er skilgreind sem hlutfallið á milli kæliafkasta þjöppunnar og orkunotkunar hennar.

$$\epsilon = \frac{Q_o}{W} \quad 1.1.1.$$

Orkunýting Carnot vélarinnar er einfaldlega hægt að reikna út frá hitastigi í kæligeymslu T_o og hitastigi þéttimiðils T_k .

$$\epsilon = \frac{T_o}{T_k - T_o} \quad 1.1.2.$$

Allar aðrar kælivélar sem vinna við sömu vinnuskilyrði hafa verri nýtingu en Carnot vélin. Eftir því sem hitastig í kæligeymslu er lægra, þeim mun verri verður nýting vélarinnar. Hafa verður í huga að hitastigin í jöfnu 1.1.2. eru í Kelvin gráðum, (K°).

Hér hefur enginn greinarmunur verið gerður á vélrænum og termískum þjöppum, en tilgangur greinarinnar er einmitt að bera saman þessar tvær þjöpputegundir.

1.2. Þjöppur.

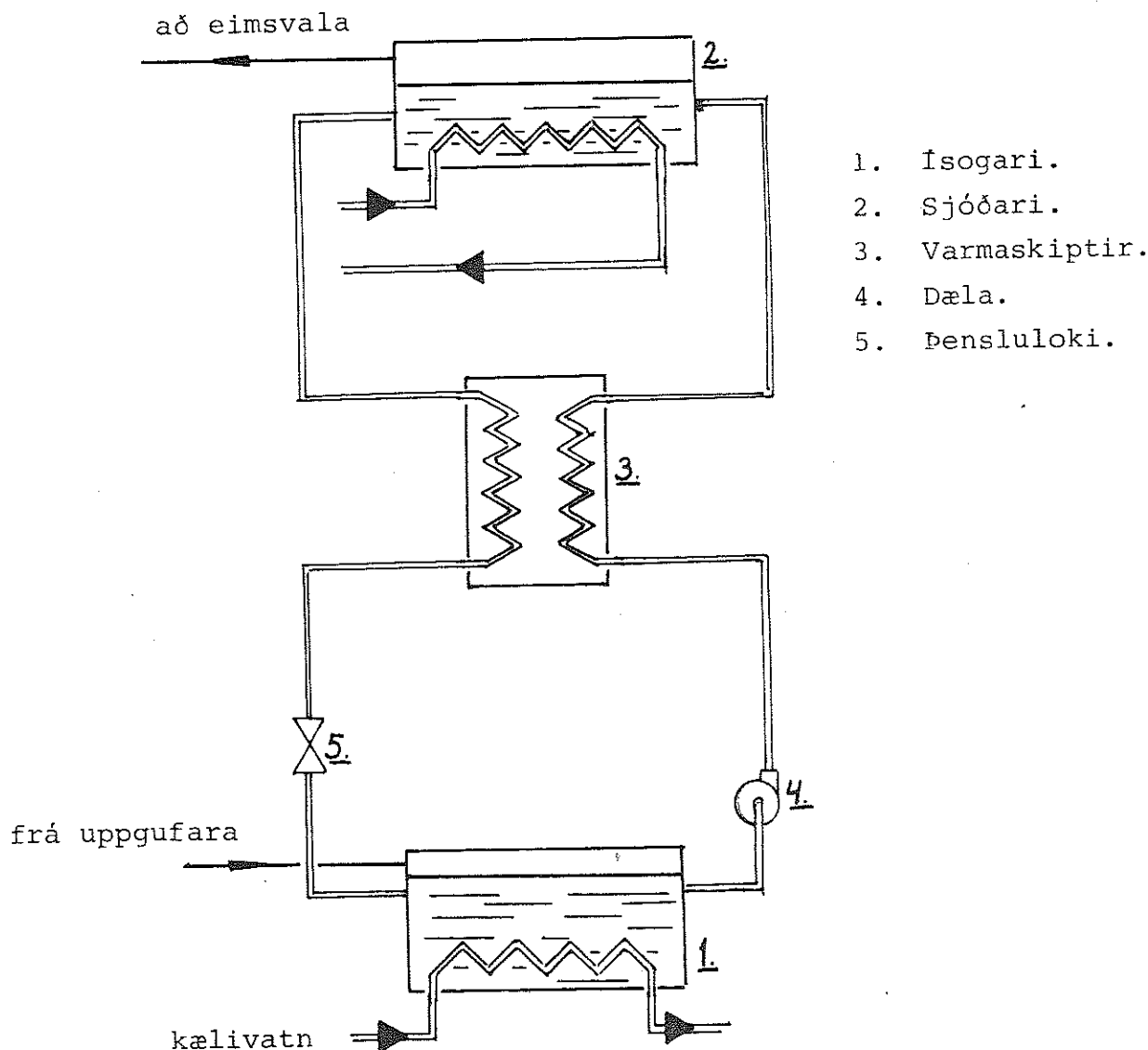
Eins og sagt var frá hér að framan voru fyrstu þjöppurnar termískar (1857). Það var ekki fyrr en um þrjátíu árum síðar sem fyrsta vélræna þjappan leit dagsins ljós. Síðarnefnda þjappan varð fljótlega það miklu vinsælli að við lá að ísogskerfi féllu í gleymsku. Ástæðan var trúlega sú að vélræna þjappan er mun einfaldari eining í kælikerfinu bæði fræðilega séð og í reynd. Um 1910 endurlífgaði Þjóðverji að nafni Altenkirch gömlu hugmyndirnar um ísogskerfið. Hann endurbætti

ýmsa vankanta á kerfinu og sannaði kosti þess sérstaklega við mjög lágt hitastig.

Í dag eru ísogskerfi í notkun víða erlendis. Þau eru notuð til að kæla niður í mjög lágt hitastig, en þó sérstaklega þar sem varmi fer til spillis eins og t.d. í ýmsum efnaiðnaði.

Benda má á hér að nýta mætti afgangsvarma frá stóriðju hér á landi til kælingar. Þokasiur, sem nú er algengasta mengunarvörnin í orkufrekuð iðnaði þola takmarkað hitastig á afgangi frá bræðsluofnum. Kæling á því er þessvegna oft nauðsynleg og ætíð æskileg.

Termísk þjappa er tvímælalaust öruggari í rekstri og endingarbetri en venjuleg vélræn þjappa. Veikasti hlekkur hennar er dælan (sjá mynd 2), en hún er ódýr og því tiltölulega lítil aukakostnaður við að kaupa varadælu til öryggis.



Mynd 2. Termísk þjappa. Skýringarmynd.

Titringur og hávaði er hverfandi lítill frá ísogskælikerfum og afköstum þeirra er auðvelt að stjórna með sjálfvirkum lokum. Vandamál út af smurningsolíu eru engin í ísogskerfum, en vatn berst alltaf í einhverjum mæli með kæliefninu og dregur úr kæliafköstum. Það síðasta á við ef vökvinn í termísku þjöppunni er blanda af ammoníaki og vatni. Aðrar blöndur eru notaðar en verða ekki ræddar hér.

Í stuttu máli má segja að termísk þjappa hafi eftirfarandi kosti fram yfir vélræna þjöppu.

- a) Öruggeri rekstur, lítið slit.
- b) Hávaði og titringur hverfandi.
- c) Auðveld stjórnun á afköstum.
- d) Engin smurningsolía í rörum.
- e) Getur nýtt sér marga mismunandi orkugjafa.

Ókostir eru hinsvegar þessir:

- a) Fyrirferðamikill tækjabúnaður.
- b) Sein gangsetning kerfis.
- c) Orkufrekari nema við lágt hitastig.
- d) Vatn í kælikerfi dregur úr afköstum.

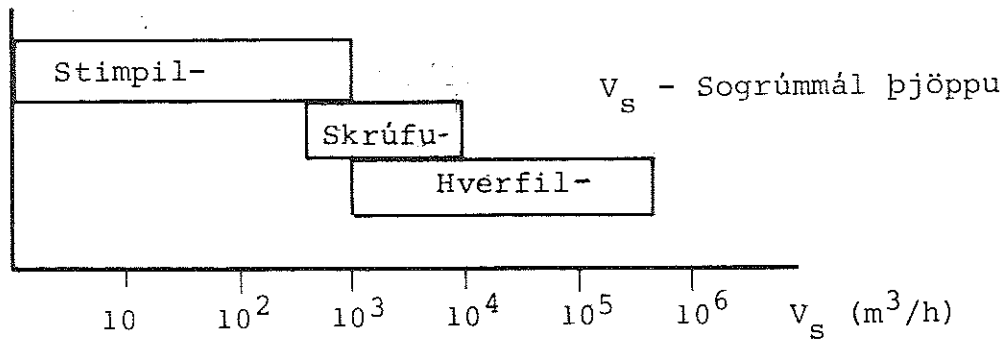
1.3. Vélræn þjappa.

Vélrænu þjöppuna kannast flestir við, annaðhvort frá kæli-eða frystikerfum, eða þrýstiloftskerfum.

Í öllum ísskápum og frystikistum er þjappa, sem nú orðið er nær undantekningarlaust vélræn þjappa. Áður voru termískar þjöppur nokkuð algengar í ísskápum og ennþá er hægt að fá þannig ísskápa til að nota í sumarústöðum og þar sem ekki er rafmagn. Vélrænu þjöppurnar þjappa kæliefninu (eða loftinu) saman á vélrænan hátt, eins og nafnið bendir til.

Stimpilþjöppur eru lang algengastar í öllum litlum kerfum en skrúfuþjöppur eða jafnvel hverfilþjöppur eru mest notaðar í stórum kerfum.

Notkunarsvið þessara þjöpputegunda er sýnt á mynd 3. Alltaf núningsfleti í þjöppunum þarf að smyrja og berst því smurólía óhjákvæmilega út í kælikerfið með kæliefninu og rýrir varmaflutning í varmaskiptum.



Mynd 3. Notkun vélrænna þjappa við algengasta kæliviðið.

Í sumum kerfum er olíuskilja fast við þjöppuna á þrýsti-hlið hennar þ.e.a.s. ef kæliefnið er þannig að olía er ekki uppleysanlegt í því, annars verður að hanna kerfið þannig að tryggt sé að olían komist með kæliefninu allan hringinn að þjöppunni aftur. Sérstakt eftirlit verður að vera með því að þjappan smyrjist vel því annars er hætt á því að hún bræði úr sér sem kallað er. Vélrænar þjöppur eru viðkvæmar fyrir öllum frávikum frá venjulegri keyrslu svo sem ef vökvi sogast inn í þjöppuna frá uppgufurum. Eins eru þjöpputegundir misjafnlega vel útbúnar til að mæta breytingum á afköstum. Reynt er að útbúa þjöppurnar þannig að þær bregðist sjálfvirkt við öllum keyrslufrávikum þannig að álag á rafmótor verði ekki of mikið og orkunotkun sem hagkvæmust. Afköstum stimpilþjöppunar er stýrt með því að „slá undir ventla“ þannig að aðeins hluti af bullum þjöppunnar séu virkar. Það sama er gert þegar verið er að gangsetja þjöppurnar til þess að álag á mótor verði ekki of mikið.

Afköstum skrúfuþjappa er stjórnað stiglaust þannig að hluta af kæliefninu sem þjappan sogar inn í sig er hleypt til baka inn í sogrörið áður en því er þjappað neitt að ráði. Á öllum stærri vélrænum þjöppum er útsláttarrofi sem stöðvar mótorinn ef eitthvað fer úrskeiðis.

Allur útbúnaður af þessu tagi er dýr og viðkvæmur og krefst mikils eftirlits og viðhalds. Þetta á bæði við um þjöppurnar sjálfar og allan búnað tengdum þeim.

1.4. Termísk þjappa.

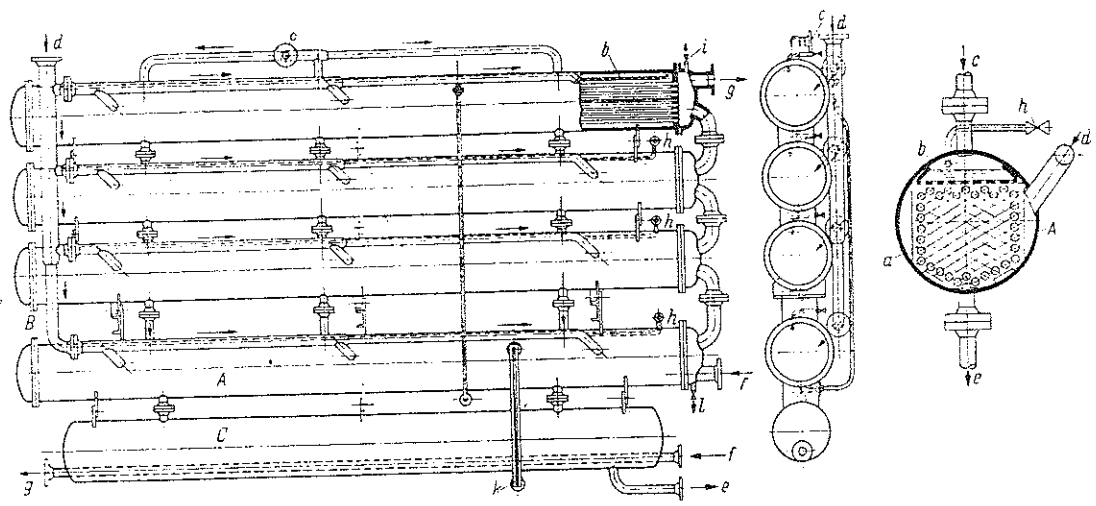
Á mynd 2 er sýnd uppbygging termísku þjöppunnar. Helstu og nauðsynlegustu einingar þjöppunnar eru ísogarinn, dælan, sjóðarinn og þenslulokinn. Varmaskiptirinn er til þess að auka nýtingu þjöppunnar með því að kæla heitan vökva frá sjóðara

og hita upp kaldan vökva frá ísogara. Termísk þjöppun byggist á því að vökvi, í þessu tilfalli vatn, drekkur í sig kæliefni, sem er hérrammoníak. Ísogið er þeim mun meira sem hitastigið er lægra. Við ísogunina myndast varmi, sem fjarlægja verður. Því verður að vatnskæla ísogarann með þá líka miklu vatni og notað er í vatnskældum þétti í sama kælikerfi. Nú orðið er þó notað sama vatn í þétti og ísogara þannig að kælivatnsnotkun þarf ekki að verða meiri svo neinum nemi í ísogskerfum en venjulegum kælikerfum.

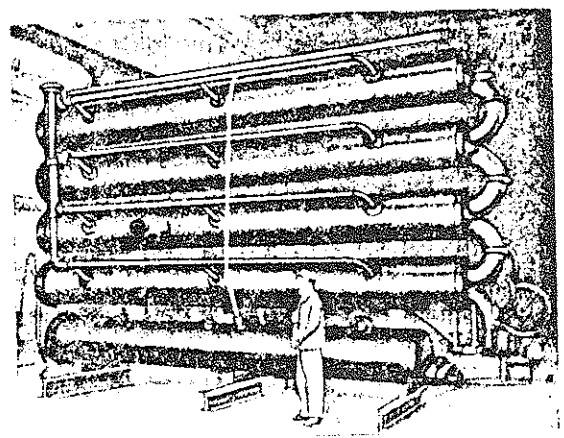
Ísogarinn dregur gufu frá uppgufara kælikerfisins (sjá mynd 1). Þrýstingurinn í ísogaranum er því að minnsta kosti jafn lágur og í uppgufaranum, en alltaf er eitthvað þrýstifall í rörum, lokum og tengistykkjum frá uppgufara að ísogara. Til þess að nægilega hröð ísogun geti orðið verður lausnin að vera undirkæld, sem samsvarar því að hlutþrýstingur ammoníakgufunnar nálægt yfirborði vökvans sé um það bil 0.2 börum lægri en heildarþrýstingur í ísogaranum.

Á mynd 4 eru sýndir tveir mismunandi ísogarar. Þeim svipar til venjulegra eimsvala þar sem kælivatn streymir í rörunum, en lausnin yfir rörin. Í báðum ísogurunum streymir veika lausnin frá sjóðaranum inn í ísogarann að ofan og hríslast síðan yfir kæliörubúntin niður í gegnum ísogarann í móttstreymi við ammoníakgufu frá uppgufaranum. Sterku lausninni frá ísogaranum er safnað í geymi til þess að mæta sveiflum í kerfinu.

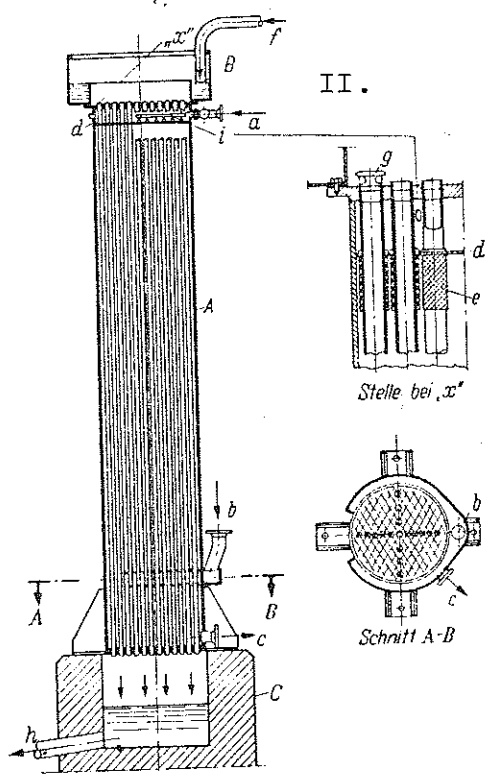
Ef veika lausnin kemur heitari úr varmaskiptinum, en hæfilegt er talið til þess að ísogarinn virki eins og til er ætlast, er skotið inn lausnarkæli á eftir varmaskiptinum. Frá ísogaranum eða réttara sagt lausnargeyminum er sterku lausninni dælt til sjóðarans, í gegnum varmaskiptinn, með hringrásardælu. Í sjóðaranum er ammoníak eimað úr lausninni en þaðan fer hún aftur í ísogarann í gegnum varmaskiptinn, lausnarkælinn og þenslulokann. Lausnin er þannig í stöðugri hringrás í termísku þjöppunni.



I.



II.



Mynd 4. Isogorar. (2).

- I. Liggjandi margröraisogari (Borsig). Kælivatn streymir í gegnum rör, en ammoniaklausn yfir rörið. Ammoniakgufan kemur inn í d og skiptist á milli katla b. Veik lausn streymir inn í c. Sterk lausn safnast í geyminn C, (10^6 kcal/klst)
- II. Standandi margröraisogari. Kælivatn streymir inn í f og síðan niður, innan í rörum. Veik lausn streymir inn í a, en ammoniakgufa inn í b.

Tveir mismunandi sjóðarar eru sýndir á mynd 5. Annar sjóðaranna er hitaður með vatnsgufu og er hann með standandi katli, þ.e. gufurörin eru lóðrétt, en yfir þau hríslast ammoníak - vatnslausnin. Hinn sjóðarinn er með láréttum katli, en hann er hitaður beint með afgasi.

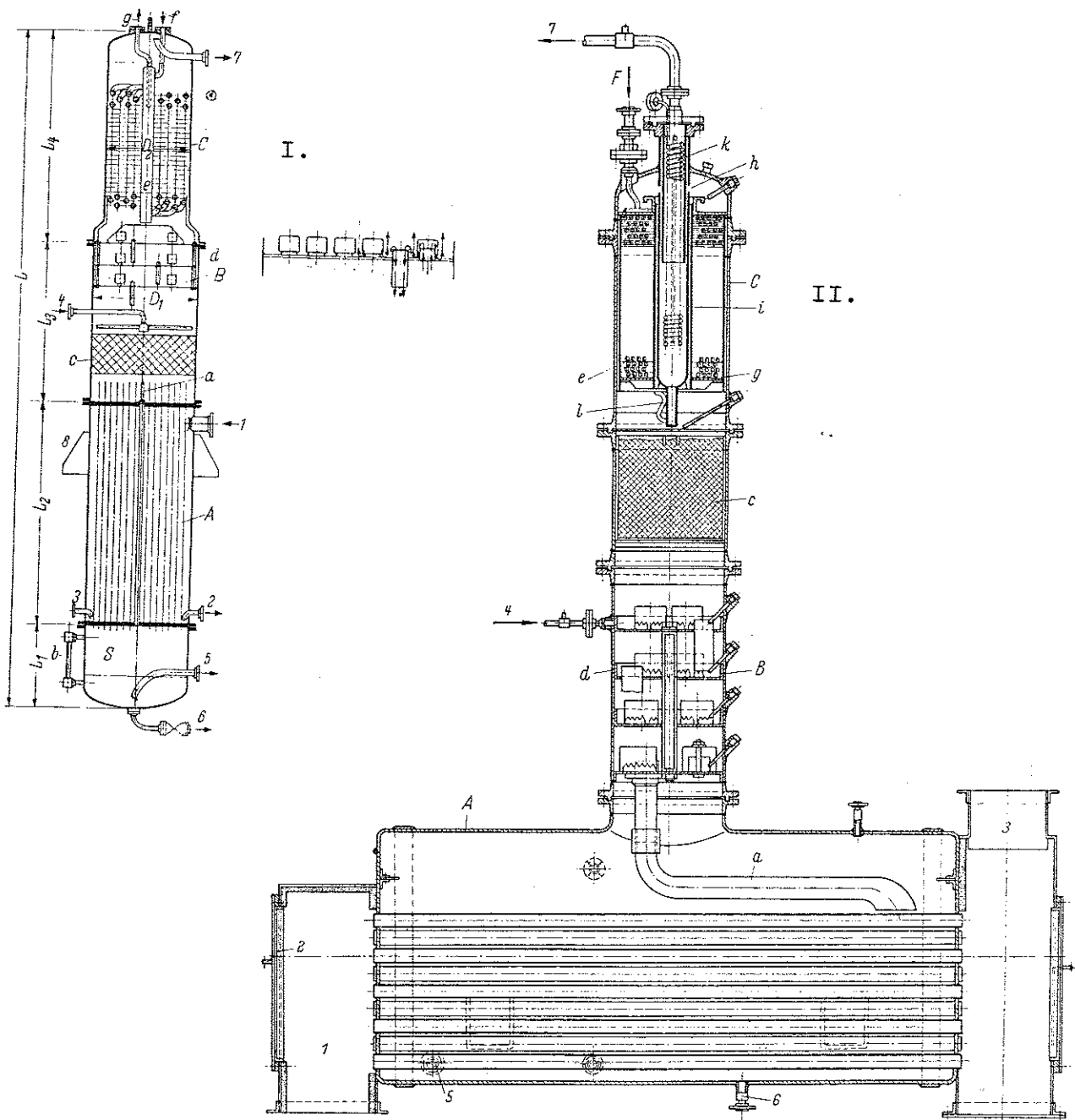
Við suðuna gufar upp vatn með ammoniakinu. Vatnið er óæskilegt í kælihringrásinni og því hefur eimhreinsisúlan verið þróuð, en hún er ofan á sjóðaranum. Sterku lausninni er úðað inn í sjóðarann neðst í eimhreinsisúlunni. Það er gert til þess að eimurinn sé sem hreinastur, en hreinleiki hans er háður styrkleika lausnarinnar sem eimuð er.

Eimurinn inniheldur venjulega undir 95% ammoniak miðað við þunga þegar hann fer inn í eimhreinsisúluna. Þar fer hann fyrst í gegnum sjálfa hreinsisúluna, sem er með nokkrum botnum, eða skálum á hvolfi, hvern upp af öðrum. Vatnið þéttist utan á þessum botnum og rennur aftur niður í sjóðarann. Yfir hreinsisúlunni er oft bakrennslisþéttir, sem þéttir ennþá meira vatn úr eimnum. Sterka lausnin frá ísogaranum er notuð til kælingar í bakrennslisþéttinum áður en hún fer inn í varmaskiptinn. Algengt er að styrkleiki gufu frá bakrennslisþétti sé 99.5-99.8%. Ef termíska þjappan er tveggja þrepa þarf ekki að hreinsa eiminn eins vel á fyrra þrepinu eins og hér hefur verið lýst.

Þrýstingur í sjóðara verður að vera það mikið meiri en þéttiþrýstingur að ammoniakgufan streymi á milli sjóðara og eimsvala. Oft er óverulegt þrýstifall í lögnum á milli þessara tækja vegna þess hve nálægt þau eru hvort öðru.

Varmafræðilegur grundvöllur termísku þjöppunnar er nokkuð flókinn og verður ekki rakinn hér en þeim sem áhuga hafa er bent á rit í heimildaskrá t.d. (1) og (2). Hinsvegar verður bent á nokkur atriði sem ákvarða stærð þjöppukerfisins.

Í fyrsta lagi eru það hinir venjulegu þéttir, sem afmarka stærð á öllum þjöppum bæði vélrænum og termískum, þ.e. kæli- eða frystihitastig, kæliafköst og þéttihitastig. Í öðru lagi er það hitastig varmagjafans í sjóðara.



Mynd 5. Sjóðarar.

- I. Standandi margrörasjóðari. Varmagjafi er gufa eða heitt vatn. Neðst er ketillinn, en efst eimhreinsisúlan og bakrennslispéttirinn. Ammoníakgufa streymir út í 7. Lausnin streymir inn í 4 en út í 5.
- II. Afgassjóðari. Ketillinn er hitaður með afgasi frá vél eða verksmiðju. Ketillinn er neðst, en eimhreinsisúlan þar yfir og efst er bakrennslispéttirinn.

1.5. Stærð termísku þjöppunnar.

A mynd 6 er sýnt hvernig stærð termísku þjöppunnar ákveðst af hitastigunum þremur, sem greint var frá í síðustu grein. A lóðréttum ás er heildarþrýstingur í kerfinu, en hann takmarkast að neðan af kæli-eða frystihitastigi og að ofan af þéttihitastigi. Þetta hvorutveggja má afmarka með hitastigi á lárétta ásnum, eins og skýrt verður út síðar. Skálinurnar sýna styrkleika lausnarinnar í hringrás í þjöppunni, þ.e. þungahlutfall ammoníaks í lausninni. Minnkandi styrkleiki er til hægri á myndinni.

Skurðpunktur lóðréttrar línu frá uppgufunarhitastigi eða þéttihitastigi og línu fyrir 100% styrkleika lausnar sýna uppgufunarþrýsting og þéttiprýsting kerfisins.

Eins og áður hefur verið skýrt út verður ísogunarþrýstingur að vera nokkru lægri, eða sem nemur þrýstifalli í lögnum á milli uppgufara og ísogara og um það bil 0.2 börum í viðbót. Ísogunarþrýstingurinn afmarkar vinnslusvæði þjöppunnar að neðan. Að ofan afmarkar þrýstingur í sjóðara svæðið.

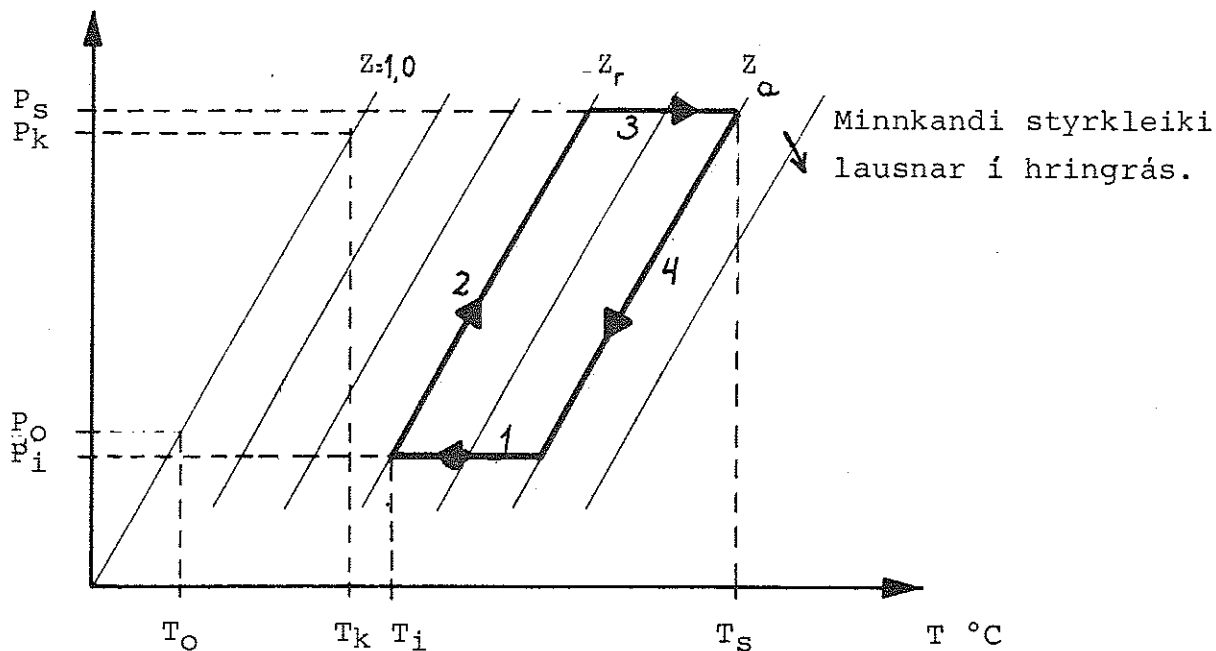
Skurðpunktur lóðréttrar línu fyrir hitastig í tæki, annaðhvort sjóðara eða ísogara, og láréttrar línu fyrir þrýsting í sama tæki, afmarkar styrkleika lausnarinnar.

Hitastig á kælivatni, sem notað er í ísogara afmarkar styrkleika lausnarinnar þegar hún er sterkust, en hitastig á varmagjafa afmarkar styrkleika lausnarinnar þegar hún er veikust. Í rauninni eru það ekki nákvæmlega umrædd hitastig sem afmarka styrkleikann, heldur hitastig lausnarinnar við suðu eða ísogun, en það verður að vera um það bil 10°C hitastigsmunur á milli lausnar og hitagjafa eða lausnar og kælivökva, til þess að varmaflutningur sé nægilega hraður.

Ammoníakmagnið sem næst úr hverju kílógrammi af lausn inn í sjóðara er háð styrkleikamun á sterkustu og veikustu lausninni eins og jafna 1.5.1. sýnir.

$$g = \frac{Z_r - Z_a}{1 - Z_a} \quad 1.5.1.$$

g er eimað ammoníakmagn á hvert kg sterkrar lausnar.



Mynd 6. Myndin sýnir eðlisfræðilegar breytingar á ammoníak - vatn upplausn í hringrás í termískri þjöppu.

- 1 er ísogun ammoníak gufu
- 2 er þjöppun lausnar og upphitun í varmaskipti.
- 3 er eiming ammoníakgufu úr lausn.

4 er þensla lausnar og kæling

z_a er styrkleiki veikustu lausnarinnar

z_r er styrkleiki sterkustu lausnarinnar

$z=1.0$ er ammoníak.

P er þrýstingur

T er hitastig. °C

i er ástand í ísogara

o er ástand í uppgufara

k er ástand í þétti

s er ástand í sjóðara

Heildarmagn ammoníaks í kælihringrásinni ákveðst af kæli-afköstunum og af þétti- og uppgufunarhitastigi eins og þekkt er frá venjulegum kælikerfum. Ef heildarmagnið er G kg er hægt að reikna út magn sterkrar lausnar á eftirfarandi hátt.

$$F = \frac{G}{g} \quad (\text{kg sterk lausn}) \quad 1.5.2.$$

eða

$$f = \frac{1}{g} \quad (\text{kg sterk lausn/kg NH}_3) \quad 1.5.3.$$

Af mynd 6 sést að ef T_g lækkar þ.e. ef hitastig varmagjafa lækkar og allt annað er óbreytt þá minnkar munur á sterkustu og veikustu lausninni. Við það minnkar g og f stækkar. Það þýðir að termíska þjappan stækkar með lakkandi hitastigi varmagjafa. Svipuð áhrif hefur lakkun á uppgufunarhitastigi og hækun á þéttihitastigi. Á því eru þó bæði eðlisfræðileg og fjárhagsleg takmörk hve styrkleikamunurinn getur orðið lítill. Því er gripið til þess ráðs að þjappa kælivökvanum í tveimur eða fleiri þrepum.

Tveggja þrepa kerfi geta verið margskonar, en einfaldast er tvöföld termísk þjappa. Þá er ammoníak soðið úr lausn fyrra þrepsins við milliprýsting, sem oft er áætlaður við fyrstu ágiskun út frá jöfnu 1.5.4.

$$P_m = \sqrt{P_o \cdot P_k} \quad 1.5.4.$$

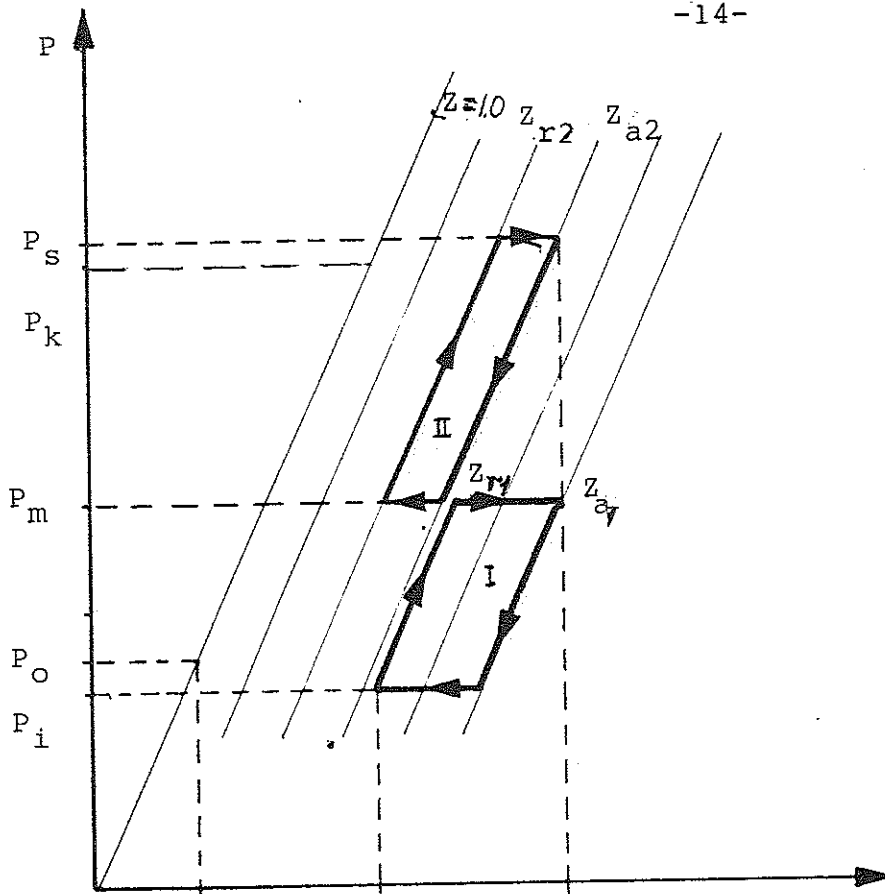
P_m er milliprýstingur

P_o er uppgufunarþrýstingur

P_k er þéttiþrýstingur

Hagkvæmasta milliprýsting verður þó að meta hverju sinni með kostnaðarútreikningum.

Ammoníak frá fyrra þrepi fer í ísogara seinna þreps. Þrepin tvö eru því í rauninni tvær raðtengdar termískar þjöppur, sem vinna á tveimur mismunandi þrýstiprepum. Sjóðari fyrra þrepsins þarf þó ekki að vera útbúinn eins fullkominni hreinsisúlu og sá síðari. Á mynd 7 er sýnt ástand lausnar í tveggja þrepa termískri þjöppu af þeirri tegund sem sagt hefur verið frá.



Mynd 7. Myndin sýnir sama og mynd 6 fyrir tveggja þrepa termíska þjöppu.

I er lægra þrep þjöppunnar og

II er herra þrep hennar.

P_m er milliprýstingur í þjöppunni.

KAFLI II. ORKUGJAFAR.

2.1. Lífrænir orkugjafar.

Vélknúnar þjöppur eru venjulegast drifnar af rafmótor. Viða erlendis og í fáum tilfellum hér á landi eru þjöppurnar knúnar af brennsluvélum af ýmsum gerðum, bensínvélum, dísilvélum og gashverflum svo eitthvað sé nefnt. Orkunýtni vélanna er jafn mismunandi og vélarnar eru margar, en hún er skilgreind í eftirfarandi jöfnu.

$$\eta = \frac{W}{B \cdot H_u} \quad 2.1.1.$$

η er nýtni vélar

W er nýtanleg vinna vélar

H_u er brennslugildi brennsluefnis

B er magn brennsluefnis

Kæliafköst þjöppunnar eru eins og jafna 2.1.2. sýnir.

$$Q_o = \epsilon \cdot W \quad 2.1.2.$$

En af þeirri jöfnu má leiða jöfnu 2.1.3.

$$B = \frac{1}{\xi} \cdot \frac{Q_o}{H_u} \quad 2.1.3.$$

Hér er heildarnýtnisstuðullinn ξ margfeldi hinna tveggja ϵ og η .

Þar sem brennslugildi lífrænna orkugjafa er álíka hátt er hægt að bera samaneyðslu vélrænna þjappa beint út frá orkunýtni vélanna sem knýja þær og nýtni þjappa sjálfra.

Það er ljóst að ef kynda á sjóðara með lífrænu brennsluefni t.d. olíu, er hagkvæmast að gera það milliliðalaust. Oft er gufa framleidd í gufukatli og hún síðan notuð til að kynda sjóðarann. Við millifærslu áf því tagi tapast alltaf orka. Oliueyðslu termískrar þjöppu með oliukynntum sjóðara er hægt að meta með jöfnu 2.1.3.

Af töflu 1, sem unnin er upp úr heimild (2), sést að termísk þjappa er einungis jafn hagkvæm í rekstri og vélræn þjappa við lágt hitastig, þ.e. ef báðar þjöppurnar nota lífrænt brennsluefni.

Tafla 1. Nýtnistuðull.

Samanburður á orkunotkun vélranna og termískra þjappa. Brennsluefni er lífrænt, bensín eða olía.

Rekstrarkostnaður termískrar þjöppu er sambærilegur við lágt hitastig. Olíunotkun er í öfugu hlutfalli við nýtnistuðulinn.

<u>Kerfi</u>	<u>Kælihitastig -15°C</u>	<u>Kælihitastig -52°C</u>
<u>Termísk þjappa</u>		
(olíukyntur sjóðari)	0.43	0.21
<u>Gufukerfi</u> (olíuketill, gufuvél, rafall, þjappa)	0.53-0.88	0.14-0.24
<u>Gashverfill-þjappa</u>	1.0	0.27
<u>Dísilvél-þjappa</u>	1.4	0.34
<u>Bensínvél-þjappa</u>	1.2	0.32

Um borð í mörgum fiski-og flutningaskipum eru kæli-eða frystilestar, sem kældar eru með vélrænni þjöppu, sem annaðhvort er knúin með vél skipsins eða með rafmótor, sem aftur fær rafmagn frá rafal sem knúinn er af vél skipsins.

Í mörg ár hafa verið uppi hugmyndir um að nýta afgas skipavéla til kuldaframleiðslu með ísogskerfi. Fyrir 16 árum var smíðað 60 kW tilraunakerfi í Þrándheimi í Noregi. Kerfið sjálft hvílir á sérstökum undirstöðuramma, sem líkir eftir hreyfingum skipa í sjó. Það er í sjálfu sér ekkert nýtt við þetta kerfi, en mönnum lék hugur á að athuga rekstrarörðugleika þess í veltingi.

Tilraunir með kerfið hafa legið að mestu niðri, aðallega vegna áhugaleysis útgerðarmanna á kerfinu, þar til núna nýlega að sótt var um styrk til Nordforsk til þess að halda tilraunum áfram. Trúlega er að vænta niðurstaðna úr tilraununum bráðlega, ef þær hafa ekki þegar verið birtar.

Það lætur nærri að þriðjungur brennslugildis olíu nýtist til vinnu í brennsluvélum. Þriðjungur brennslugildisins tapast út í kælivatnið, en afgangurinn tapast út um skorsteininn eða útblástursrörið. Vel helminginn af skorsteinstöpunum, eða 15-18% af brennslugildi olíunnar mætti nýta til kuldaframleiðslu.

Þessi nýting afgassins samsvarar hálfu afli brennsluvélarinnar. Kæliafköst termískrar þjöppu sem tengd yrði útblástursröri 2000 ha dísilvélar væri um 300.000 kcal/klst. við kælihitastig -10°C .

Hér hefur einungis verið minnst á afgang frá skipavélum. Það er þó engan veginn eini möguleikinn sem kostur er á. Afgasi frá ýmsum iðnaði er blásið út í loftið oft æði heitu. Það er einmitt í þeim tilvikum sem ísogskerfi hafa þótt álitleg til kuldaframleiðslu.

2.2. Náttúrulegar auðlindir.

Í síðustu grein var bent á að afgang frá ýmsum iðnaði og frá brennsluvélum, mætti nota og væri notað til kuldaframleiðslu. Efnaiðnaður er ekki í þeim mæli hér á Íslandi, eins og víða erlendis en samt nokkur. Hins vegar búum við vel af annarri óbeislaðri orku, þ.e. jarðhitanum. Þó er sá galli á gjöf Njarðar að háhitasvæði eru fjarri byggð þar sem mest þörf er á kuldaframleiðslu. Víða eru hitaveitur en hitastig vatnsins er lágt, yfirleitt undir 80°C , og ísogskerfið er þeim mun stærra og dýrara, sem hitastig varmagjafa er lægra. Óhemjumagn af heitu vatni þarf til kuldaframleiðslunnar, því í flestum tilfellum yrði ekki hægt að kæla vatnið um meira en $10-20^{\circ}\text{C}$. Möguleiki yrði þó á því að nýta vatnið betur t.d. til húshitunar.

Gufuveitur eru á tveimur stöðum á landinu, í Svartsengi og á Kröflusvæðinu. Ef til vill væri hægt að nýta gufu á öðrum stöðum t.d. í Hveragerði. Gufuveiturnar vaxa gífurlega í verði ef notkun gufunnar er langt frá borholum vegna mikils lagnakostnaðar.

Þriðja náttúrulega orkulind okkar Íslendinga eru fallvötnin til raforkuframleiðslu, en kuldaframleiðsla er í dag nær eingöngu með rafknúnum þjöppum.

2.3. Orkuverð í desember 1982.

Verð á hitaveituvatni er mjög mismunandi á landinu. Valið var að reikna út meðaltal af verði á vatni frá 17 hitaveitum. Hvort þetta er rétt að farið er álitamál, en að álitni höfunda er þetta besti kosturinn. Sexfaldur verðmunur var á ódýrasta og

dýrasta hitaveituvatninu, þannig að miklu varðar hvar á landinu kuldaframleiðsla með heitu vatni yrði. Eins og síðar kemur í ljós er óhagkvæmt að nota hitaveituvatn í þessu augnamiði, nema ef til vill væri hægt að fá það mjög ódýrt, nánast beint úr hver. Meðalverð frá þessum 17 hitaveitum var í desember 1982 - 15.30 kr/tonn vatn.

Svartoliuverð var, um áramótin 1982 og 1983, sem hér segir:

Afgreitt af bifreið	4.49 kr/kg
Afgreitt af skipi	4.33 kr/kg

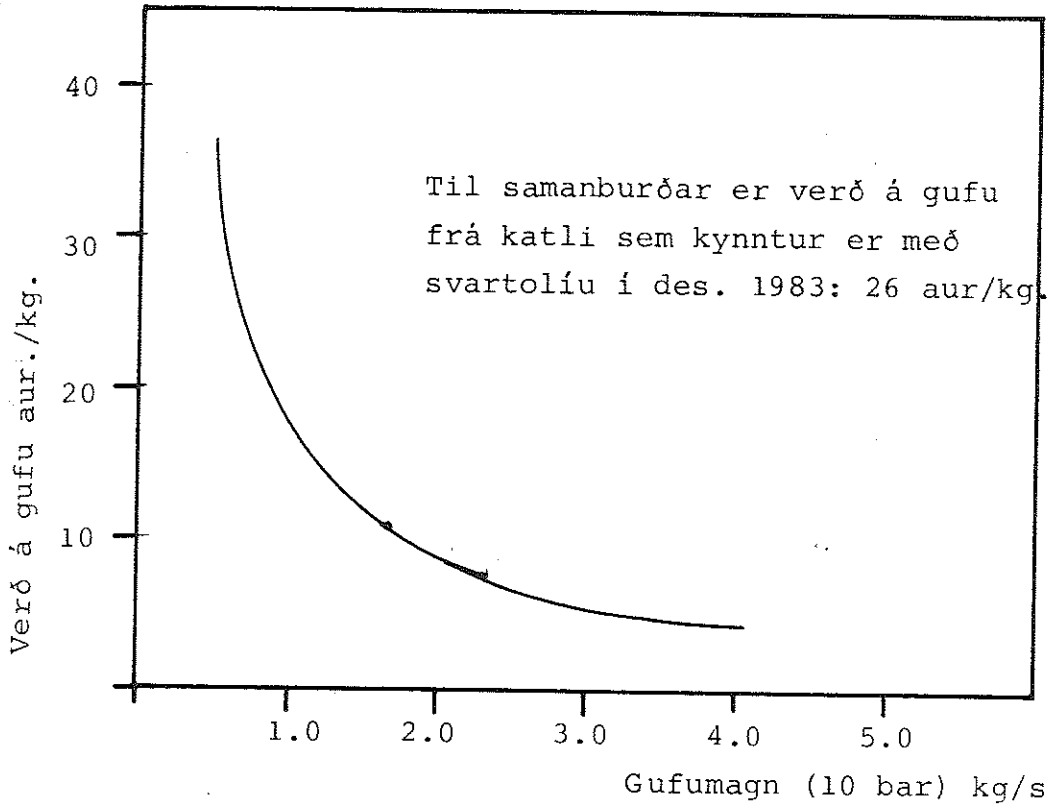
Reiknað var með meðaltali af þessum tveimur verðum. Svartoliunni yrði brennt í katli með varmanýtingu um 85%. Svartoliuverðið var því umreiknað í verð á gufu en gert var ráð fyrir að gufa væri fyrst framleidd í katli og hún síðan þétt í sjóðara ísogskælikerfisins. Gufan kostaði á þessum tíma 26 auro/kg gufa.

Við útreikninga á verði jarðgufu var stuðst við grein sem kom út hjá Orkustofnun í maí 1982 (6). Í þeirri grein, eða skýrslu, var reiknað út verð á gufu frá þremur borholum, tveimur vinnsluholum og einni til vara. Holurnar voru samtengdar, en við hverja holu var gufuskilja og annar nauðsynlegur vinnsluútbúnaður. Reiknað var með gufusölu 600 m frá holutoppum og að holurnar væru fullnýttar. Afskriftartími hvernar holu var 10 ár, en afskriftartími gufuveitu 25 ár.

Hér í þessari grein var reiknað með einni vinnsluholu og annarri til vara, en að öðru leyti voru útreikningar eins og í fyrrnefndri skýrslu. Afkastavextir voru 8%.

Línurit 1 sýnir verð á jarðgufu eins og það var reiknað út hér. Full nýting á borholu var talin um 6 kg/sek, en verð gufunnar vex eftir því sem nýting holunnar er minni.

Nú kann einhver að gera þá athugasemd að 10 ára afskriftartími sé ekki raunhæfur ef nýting holu er lítil. Það er alveg rétt, en við athugun kom í ljós, að lengri afskriftartími á holum breytti gufuverði það lítið að ekki þykir ástæða til þess að taka tillit til þess hér.



Línurit 1. Verð á jarðgufu í des. 1982. Við verðútreikninga er stuðst við heimild (6).

Höfundur þessarar greinar notaði heimild (10) til þess að reikna út kostnað við lagnir miðað við fulla nýtingu borholu. Um áramótin 1982 og 1983 var afskriftarkostnaður hvers km. lagnar 45-55 kr/klst., en það þýðir að verð á jarðgufu vex um 5-6% við hvern km jarðgufulagnar.

Raforkuverð var reiknað út frá gjaldskrá Rafmagnsveitna ríkisins frá nóvember 1982. Til véla af því tagi sem hér um ræðir var verðið - 9.140 kr/kW-ár, eða 104 aurar/kWh. Ef til vill hefði verið réttara að finna eitthvert meðalverð á rafmagni frá fleiri rafveitum, en talið var að Rafmagnsveitur ríkisins selðu rafmagn á það stórum hluta landsins að viðmiðun við gjaldskrá þeirra gæfi réttustu mynd af raforkuverði yfir landið.

KAFLI 3. KOSTNAÐARSAMANBURÐUR Á ÞJÖPPUKERFUM.

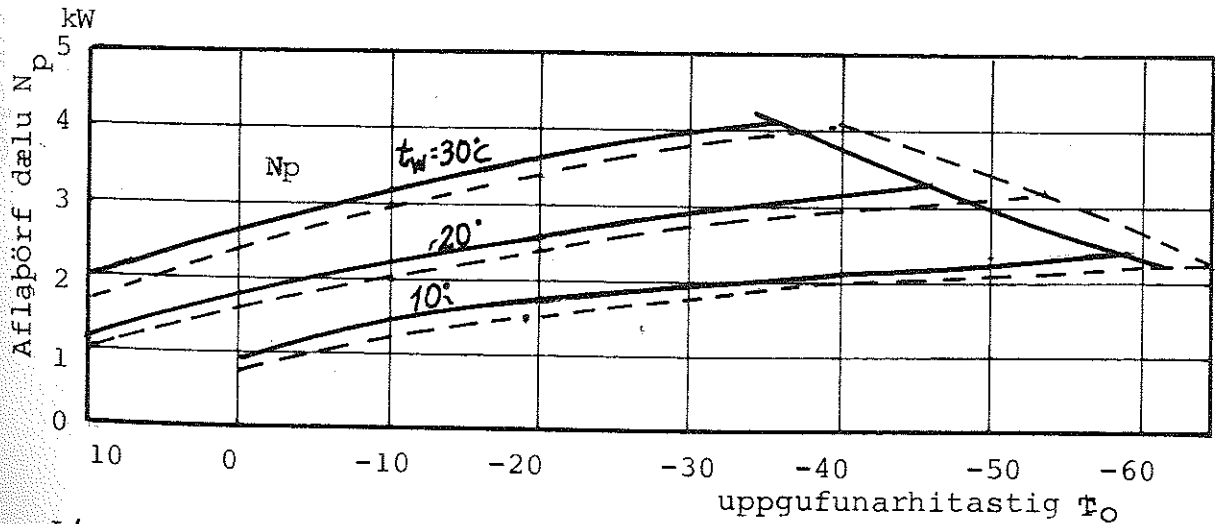
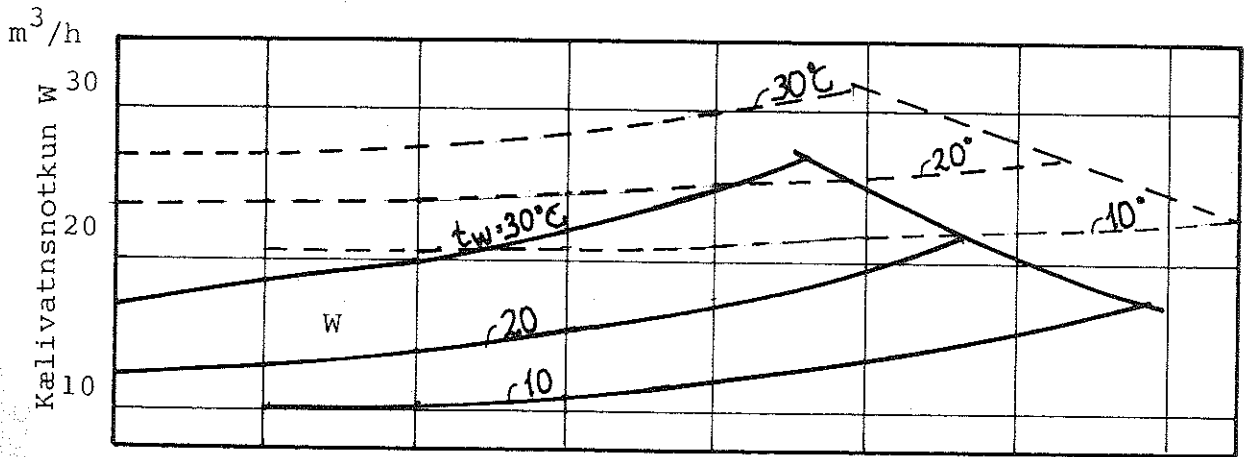
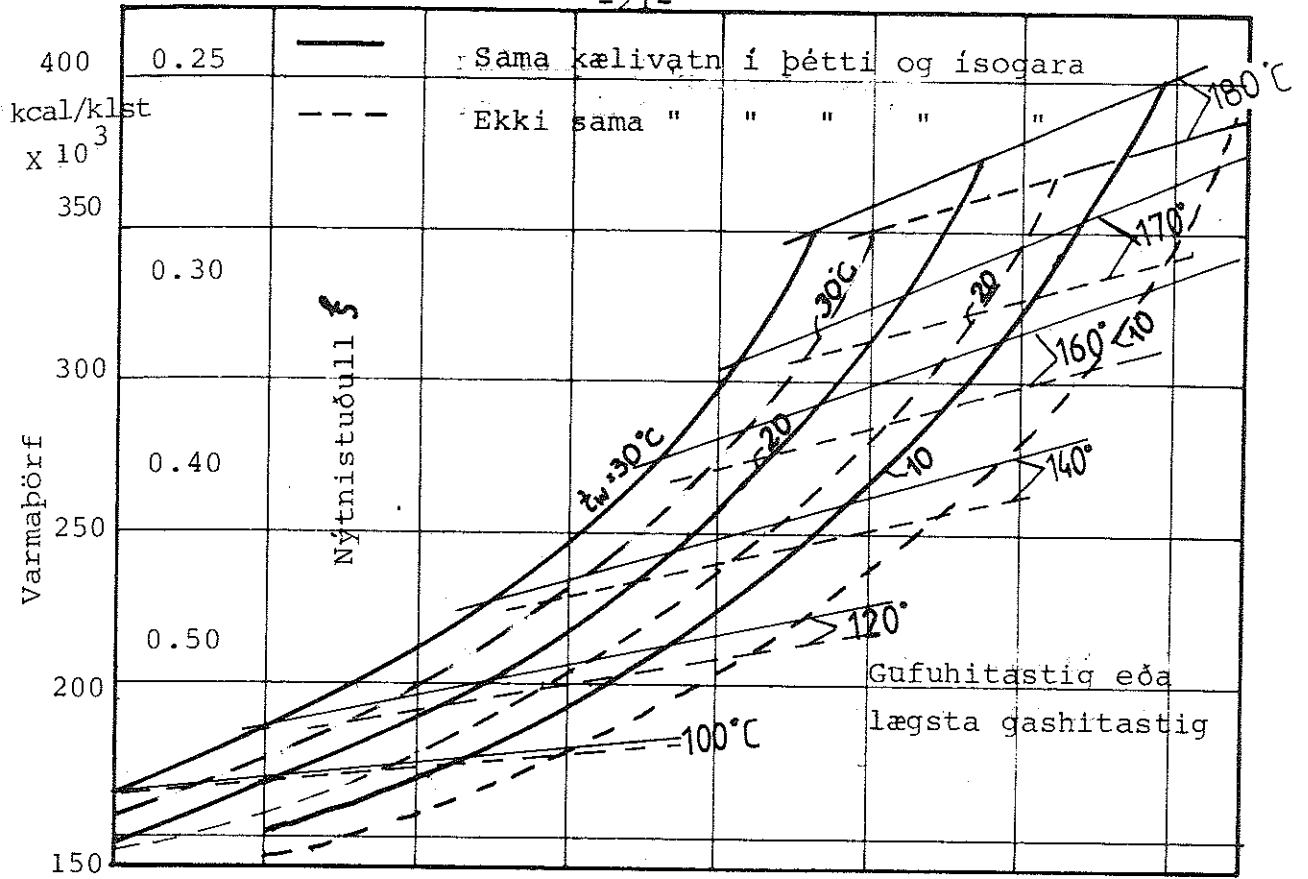
3.1. Orkunotkun.

Við útreikninga á orkunotkun einstakra tækja og heilla kerfa verður að fara nákvæmlega í saumana á ýmsum varmafræðilegum þáttum, sem ekki hefur verið fjallað um í greininni, enda ekki ætlunin þar sem hlutverk hennar er fyrst og fremst að sýna kostnaðarlegan samanburð þjöppukerfa. Þeir sem áhuga hafa á nánari vitnæskju um þann varmafræðilega grundvöll sem nauðsynlegur er til þess að meta rekstrarkostnað og orkunotkun kælikerfa er til dæmis bent á heimildir (1) og (2).

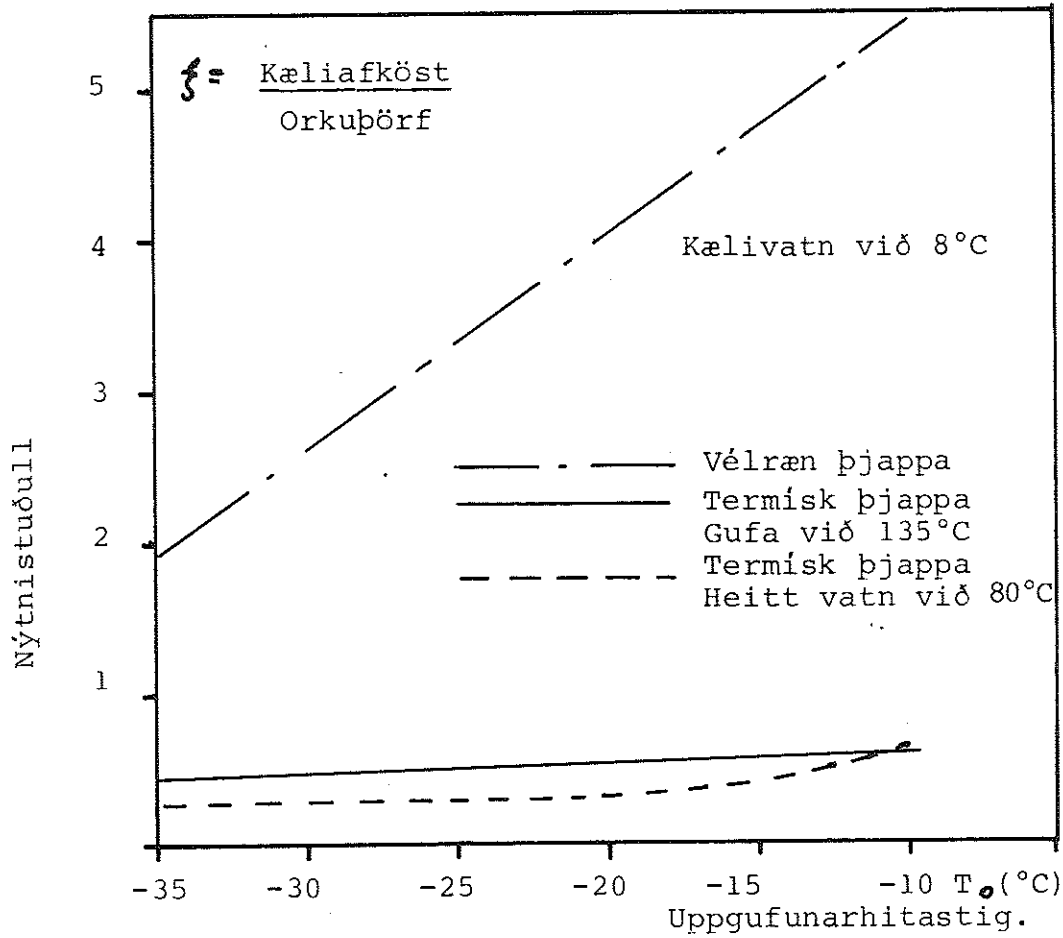
Í kafla 2.1., Lífrænir orkugjafar, var bent á að termísk þjappa væri einungis sambærileg vélrænni þjöppu í rekstri við mjög lágt hitastig ef orkugjafinn er olía. Sérstakur nýtnistuðull var notaður til þess að sýna rekstrarlegan mun á þjöppukerfunum. Nýtnistuðullinn sýnir einmitt hlutfallið á milli kæliafkasta og orkunotkunar þjöppukerfis, eins og sýnt var í kafla 1 með jöfnu 1.1.1.

Línurit 2 er endurprentað úr heimild (2). Það sýnir meðal annars nýtnistuðul ísogskælikerfis við breytilegt uppgufunarhitastig, og við breytilegt hitastig kælivatns. Töluverðu máli skiptir, eins og sýnt er, hvort ísogari og eimsvali eru kældir með sama kælivatni eða hvor í sínu lagi. Ef þeir nota sama kælivatnið verður orkunotkun sjóðarans meiri en ella, en samanlögð kaldavatnsnotkun að sama skapi minni. Á línuritinu eru einnig dregin hitastigsmörk varmagjafans. Til dæmis er ekki hægt að kæla við lægra uppgufunarhitastig en -20°C ef ekki er völ á varmagjafa með herra hitastigi en 100°C og þá einungis ef völ er á nægu kælivatni 10°C heitu. Af línuritinu er einnig hægt að lesa aflþörf dælu, magn kælivatns og varmaþörf sjóðara, allt við kæliafköstin 100.000 kcal/h . Línuritið er fyrir eins þreps termíska þjöppu, en orkuþörf og kæliþörf tveggja þrepa þjöppu er allnokkuð meiri.

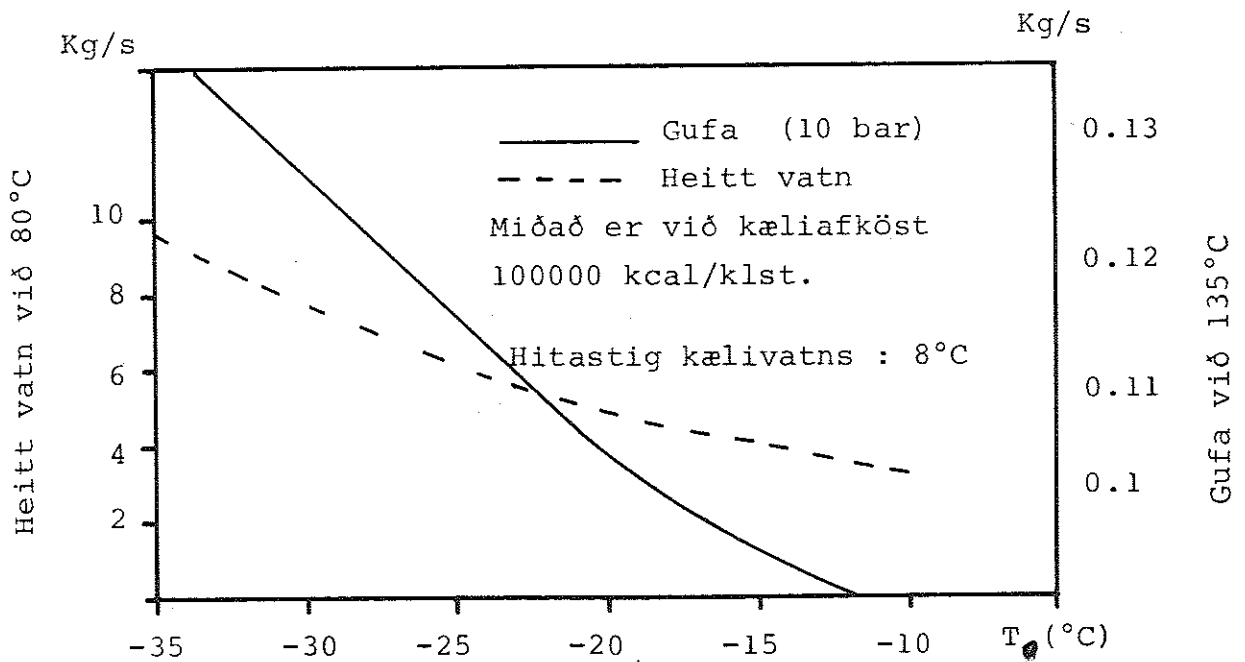
Eitt af aðalviðfangsefnum verkefnis þessa var að athuga möguleika þess að nota 80°C heitt hitaveituvatn sem orkugjafa termískrar þjöppu. Það er að sjálfsögðu hægt en óhemju magn af heitu vatni þarf, meðal annars vegna þess að ekki er hægt að kæla vatnið um meira en $10-20^{\circ}\text{C}$ á því kalisviði sem algengast er hér á Íslandi. Einnig setur það strik í reikninginn að undir -10°C uppgufunarhitastigi er ekki mögulegt að kæla með eins þreps termískri þjöppu ef varmagjafi sjóðarans er hitaveituvatn.



Línurit 2. Orkunotkun eins þreps ísogskerfis. Orkugjafi er gufa eða afgang kæliafköst eru 100.000 Kcal/klst. (2).



Línurit 3. Nýtnistuðull ξ , sem er skilgreindur í texta og á línuritum.



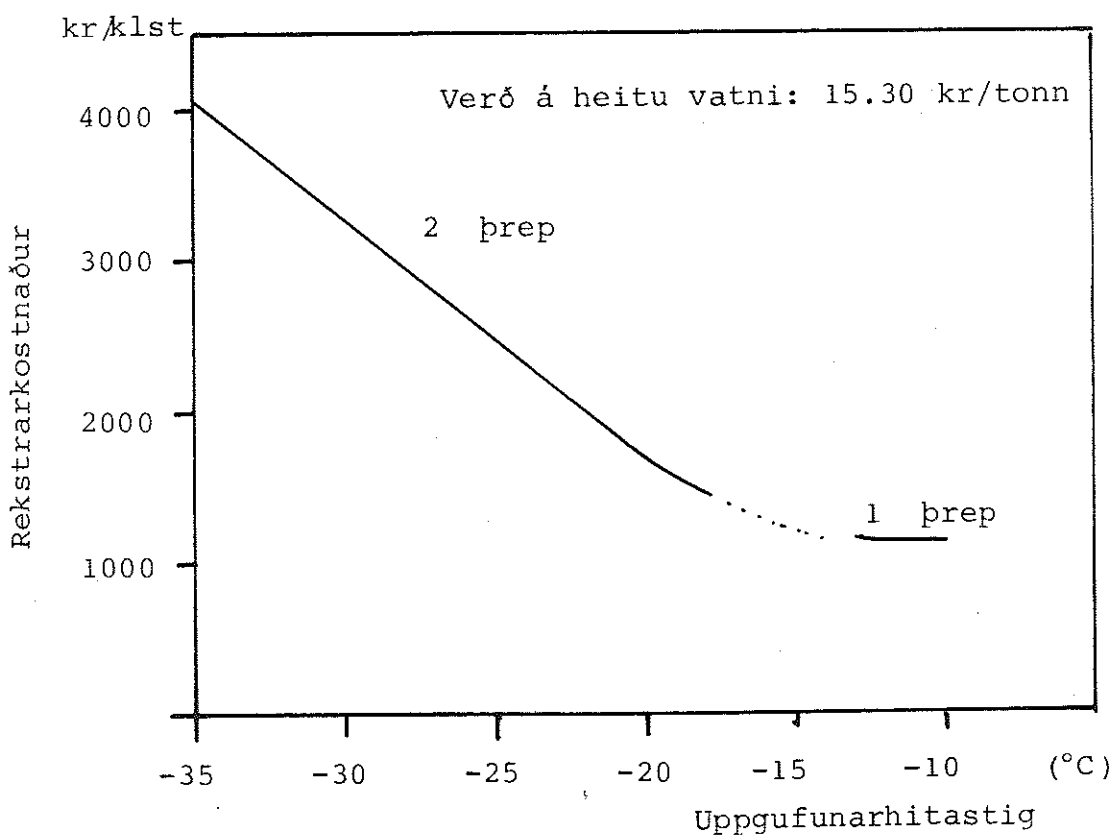
Línurit 4. Magn heits vatns eða gufu sem þarf í termískri þjöppu við kæliafköstin 100.000 kcal/klst.

Línurit 3 sýnir nýtnistuðul ísogskerfis sem notar hitaveituvatn sem varmagjafa. Til samanburðar eru sýndir nýtnistuðlar kælikerfis með vélrænni þjöppu og ísogskerfis sem notar 135°C heita gufu sem varmagjafa. Gert var ráð fyrir að nægilegt 8°C heitt kælivatn væri til á staðnum.

Á línuriti 4 er síðan sýnt magn af 80°C heitu vatni, eða 135°C heitri gufu sem þarf til þess að afkasta 100.000 kcal/klst. kælingu, en magn varmagjafa vex í réttu hlutfalli við kæliafköstin.

3.2. Rekstrarkostnaður.

Hér á eftir er gert ráð fyrir því að kostnaður af kælivatni sé álíka mikill í öllum kælikerfum sem vinna við sama uppgufunarhitastig. Þetta er því aðeins rétt að ísogari termískrar þjöppu noti sama kælivatn og eimsvallinn, en þannig er því varið í flestum nútíma ísogskerfum.



Línurit 5. Rekstrarkostnaður ísogskerfis sem notar 80°C heitt hitaveituvatn sem varmagjafa. Verð vatns var meðaltal af verði 17 hitaveitna á landinu. Kæliafköst voru 732.000 kcal/klst.

Gufa við 135°C

Í rekstrarkostnaði þjöppukerfanna er því hitunarkostnaður og/eða raforkukostnaður meðtalinn, en kælivatnskostnaður undanskilinn. Reiknaður var rekstrarkostnaður mismunandi þjöppukerfa á verðlagi í desember 1982 fyrir kæliafköst 732.000 kcal/klst. en það eru kæliafköst eins og þau gerast mest í íslenskum fiskfrystihúsum. Niðurstöður þessara útreikninga eru sýndar á línuritum 5 og 6.

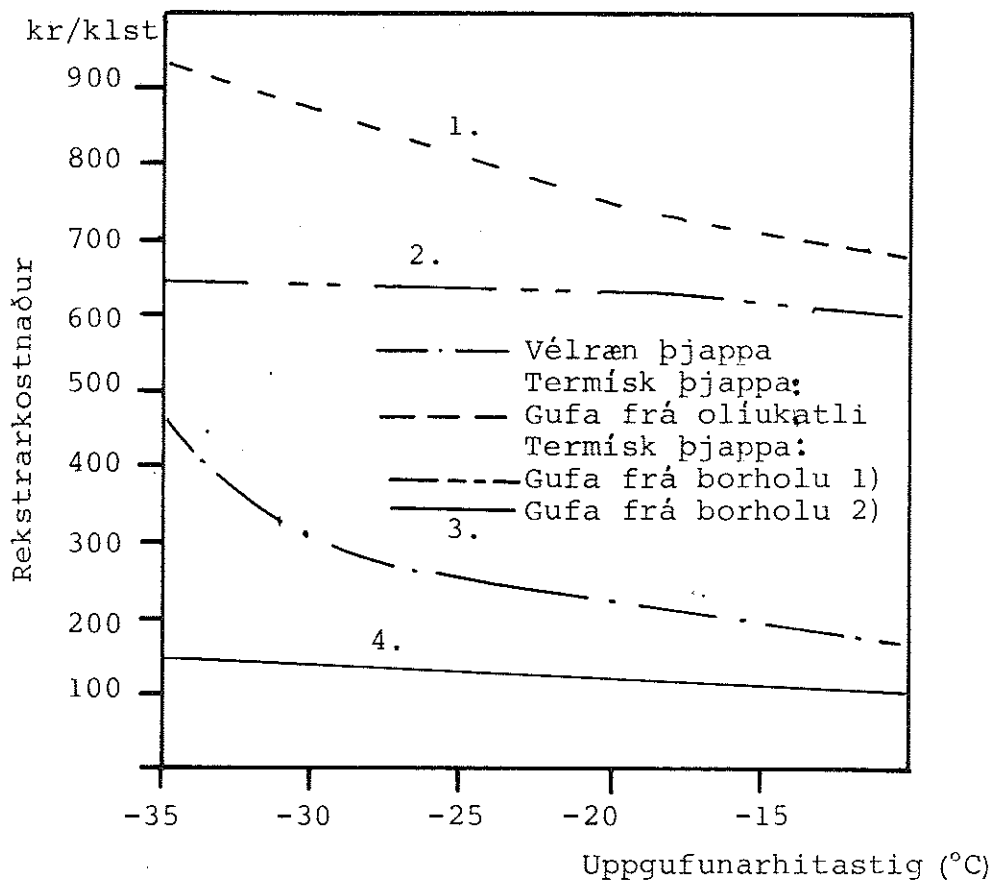
Línuritin skýra sig sjálf, en eftirtektarvert er að vélrænar þjöppur eru hagkvæmastar í rekstri ef ekki er hægt að nýta borholu að fullu í verksmiðju nánast alvega við borholur. Verð á jarðgufu er háð því hve mikill hluti af aflgetu borholu nýtist til reksturs, eins og skýrt var frá í grein 2.3., orkuverð í desember 1982.

Trúlegt er að ekki verði farið út í borun og virkjun borholu ef ekki er trygg full nýting á holunni í upphafi. Raunhæft er því að miða við verð á jarðgufu við fulla nýtingu borholu. Benda verður á það að verð á jarðgufu eykst um 5-6% við hvern km sem veita verður gufu frá virkjunarstað að notkunarstað. Rekstrarkostnaður þjöppukerfa sem nota hitaveituvatn er það hár að þau koma vart til greina sem arftaki vélrænna þjöppukerfa nema ef til vill, ef hægt er að fá heitt vatn nánast beint úr heitri lind eða hver. Eins og sést á línuriti 5, er ekki ljóst hvernig rekstrarkostnaðarlínan tengist á milli tveggja þrepakerfis, og eins þrepa kerfis, en tengingin er táknuð með brotalínu.

3.3. Stofnkostnaður og fjármagnskostnaður.

Sama aðferð var notuð hér við að finna stofnkostnað termískra þjappa og notuð var í heimild 1. Metið var hversu stór tækin voru út frá til dæmis varmaflutningi og síðan áætlað efnismagn, sem þarf í tækin. Vinnutími við smíði var áætlaður sem ákveðinn tölulegur hluti af efnisþyngd. Samanlagt verð á vinnu og efni auk áætlaðs uppsetningarkostnaðar var stofnkostnaður tækja.

Páll Lúðvíksson (9) var svo vinsámlegur að áætla verð á vélrænum þjöppum, en hann á langa reynslu að baki í hönnun kælikerfa hjá S.I.S. Línurit 7 sýnir verðhlutfall á þjöppum með kæliafköst 732.000 kcal/klst. miðað við verð á vélrænni þjöppu, sem vinnur við uppgufunarhitastig -20°C .



Línurit 6. Samanburður á rekstrarkostnaði, vélrænnar þjöppu og termískra þjappa.

Útreikningar voru fyrir kerfi með kálíafköst 732.000 kcal/klst. Verð á rafmagni var samkvæmt gjaldskrá Rafmagnsveitu ríkisins í des 1982.

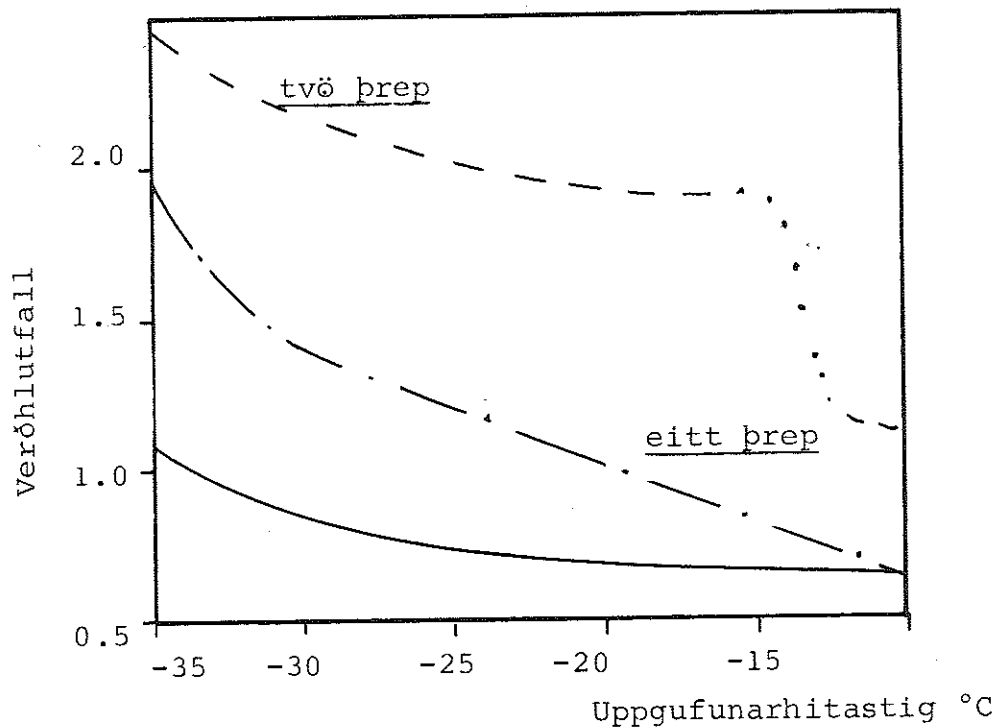
9 140 kr/kW ár.

Eftirtektarvert er að vélrænar þjöppur eru hagkvæmastar í rekstri, ef ekki er hægt að nýta borholu að fullu í verksmiðju alveg við borholur.

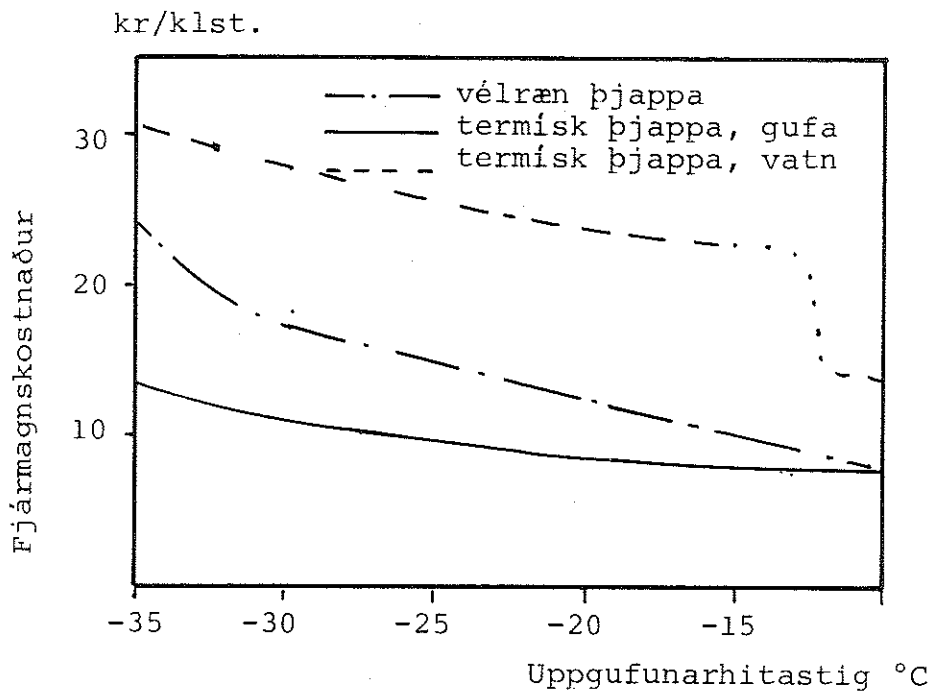
1) 15-20% af aflgetu borholu nýtist.

2) Borhola nýtist að fullu.

Fjármagnskostnaður var reiknaður með svokallaðri "annuity" aðferð. Afskriftartími var 10 ár og vextir 10%. Fjármagnskostnaður mismunandi þjöppukerfa, með kæliafköst 732.000 kcal/klst. er sýndur á línuriti 8. Það sést að fjármagnskostnaður er aðeins brot af rekstrarkostnaði.



Línurit 7. Verðhlutfall á þjöppum. Miðað er við að verð á vélrænni þjöppu við uppgufunarhitastig -20°C sem var í des. 1982-667.350 kr.



Línurit 8. Fjármagnskostnaður mismunandi þjöppukerfa. Var reiknaður fyrir kæliafköstin 732.000 kcal/klst. sem eru álíka mikil og í stóru fiskifyrstihúsi á Íslandi. Stofnkostnaði var deilt niður á 10 ár með 10% vöxtum. (annuity).

LOKAORÐ.

Það má líta á þessa grein sem framhald af lokaverkefni Árna Ragnarssonar í vélaverkfræði 1976 (1). Höfundar styðjast í meginatriðum við aðferðir Árna í kostnaðarútreikningum, en þessi grein styðst þó við ýmsar nýrri og haldbetri forsendur eins og til dæmis við útreikning á jarðgufuverði. Á síðustu örfáum árum hefur athygli manna einmitt beinst að nýtingu jarðgufu til upphitunar, raforkuframleiðslu og jafnvel fiskmjölsframleiðslu. Í tengslum við það hefur fengist nokkuð góð vitneskja um virkjunar- og flutningskostnað jarðgufunnar.

Því miður virðist ekki eins mikill munur á reksturskostnaði ísogskerfa og venjulegra kælikerfa eins og margir hafa talið, við þau kæli- og frystihitastig sem algengust eru hér á landi. Þau gætu þó hentað vel þar sem völ er á afgangsvarma. Má þar meðal annars nefna afgang frá iðnaði og afgang frá brennsluvélum t.d. um borð í skipum. Eins koma ísogskerfi til álita samhliða öðrum iðnaði til þess að fullnýta gufulagnir og borholur.

Að lokum vilja höfundar þakka öllum þeim sem þátt áttu í því að koma greininni út. Þeir vonast jafnframt til þess að vinnan sem lögð var í greinina verði til einhvers gagns.

Heimildaskrá.

1. Árni Ragnarsson, Notkun jarðvarma í frystiðnaði.
Lokaverkefni í vélaverkfræði H.Í. 1976.
2. Wilhelm Niebergall, Handbuch der Kältetechnik, VII. band.
Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1959.
3. Sigurður Magnússon, Absorptionskælikerfi, kuldaframleiðsla
með nýtingu hitaorku. Tæknimál fiskiðjuvera, 2.tbl.,
sept. 1983.
4. Helge E. Krex, Maskin stæði. Teknisk forlag, 1974.
5. J. Lorentzen, A/S, Atlas, Ballerup, Denmark. Industrial
absorption refrigerating plants - in focus again.
Bæklingur frá A/S Atlas.
6. Karl Ragnars, Orkustofnun.
Verð á jarðgufu frá háhitasvæðum. Maí 1982.
7. H. Haukås, Kompressorer. Kennslugögn í kælitækni við
N.T.H. Þrándheimi.
8. Bendix Christensen, Absorptionskölemaskiner, Handbok i
kylteknik, Stockholm 1959.
9. Páll Lúðvíksson, verkfræðingur hjá Sambandi Ísl. samvinnu-
félaga. Einkaviðtal.
10. Jónas Matthíasson, vélaverkfræðingur. Flutningur jarðgufu
frá háhitasvæðum. Erindi flutt á ráðstefnu um orku-
notkun og orkusparnað í fiskimjölsiðnaði 28.-29.01.1983.

