

Olli Eloranta

# Tislattun veden valmistus energiatehokkaasti

---

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

8.3.2014

Tekijä Otsikko	Olli Eloranta Tislatun veden valmistus energiatehokkaasti
Sivumäärä Aika	32 sivua + 3 liitettä
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	DI Aki Kurronen lehtori Hanna Sulamäki
<p>Opinnäytetyössä tarkastellaan uudenlaista keksintöä, joka mahdollistaa tislatun veden valmistuksen tavanomaista tislausta energiatehokkaammin. Laitos tislaa vettä hyödyntäen aurinkoenergiaa, tulistuskompressoria sekä lämmön talteenottoa prosessin eri vaiheissa.</p> <p>Työssä käydään kattavasti läpi keksintöön liittyvä teoria sekä keksinnön komponentit ja niiden toiminta prosessin aikana. Kokonaisuus sisältää lämmönsiirtimen, kattilan, aurinkolämmönvaihtimen ja kompressorin. Prosessin eri vaiheiden olennaiset laskelmat on esitetty prosessin eri vaiheista. Tislausprosessi on mahdollista toteuttaa pelkän tulistuskompressorin sähkönkulutuksen avulla, joka on vain murto-osa tavanomaiseen tislausprosessiin verrattuna.</p> <p>Lopputuloksena työstä saatiin kattava teoria pohja mahdollisen prototyypin luomiseen ja dokumenttiin, jonka avulla voidaan markkinoida innovaatiota mahdollisille rahoittajille.</p>	
Avainsanat	tislaus, talotekniikka, aurinkoenergia, energiatehokkuus

Author Title	Olli Eloranta Energy efficient way to distil water
Number of Pages Date	32 pages + 3 appendices 8 Feb 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC engineering, Design Orientation
Instructors	Aki Kurronen, M.Sc (tech.) Hanna Sulamäki, Senior lecturer
<p>The purpose of this final year project was to introduce a theory for a new way to distil water. The invention is more energy efficient than the traditional methods. The main idea behind this invention was a combined use of solar power, superheat compressor and heat recovery system.</p> <p>For the project, books, manufacturers' web pages and final year projects were studied to collect data for theory. Formulas for the calculus were mostly found in old HVAC hand-books. All the significant calculations were introduced and explained in the thesis.</p> <p>It was discovered that it is possible to distil water in a more energy efficient way. The most significant part of the innovation is the use of electricity for the superheat compressor only. Thus, the overall energy consumption is just a fraction of the traditional methods.</p> <p>The main result of the thesis is an inclusive theory base for building a prototype of the invention. The thesis also provides a good background document for marketing this invention to possible investors.</p>	
Keywords	HVAC, distillation, solar power, energy saving

# Sisällys

Lyhenteet

Käsitteet

1	Johdanto	1
2	Teoria	2
2.1	Järjestelmä	2
2.2	Tislaus	2
2.3	Käänteisosmoosi	4
2.4	Aurinkoenergia	5
2.5	Lämmönsiirrin	6
2.5.1	Lämmönsiirtimen teoria	6
2.5.2	Lämmönsiirtimen mitoitus	8
2.6	Kattila	10
2.7	Aurinkolämmönsiirrin	10
2.7.1	Sijoitus	11
2.7.2	Absortio	12
2.7.3	Aurinkokeräin	12
2.8	Kompressori	13
2.9	Varusteet	14
2.10	Eristys ja putkimateriaalit	16
3	Energiatehokas tislaus	18
3.1	Toimintaperiaate	19
3.2	Järjestelmän komponentit	20
3.2.1	Lämmönsiirrin	20
3.2.2	Kattila	21
3.2.3	Aurinkolämmönsiirrin	22
3.2.4	Kompressori	24
3.2.5	Kattila	24
3.2.6	Varusteet	25
3.2.7	Eristys	26
3.2.8	Putkimateriaali	26
4	Käytännön sovellus	27
4.1.1	Pientalomalli	27

4.1.2	Tehdasmalli	28
4.1.3	Patentti	28
4.1.4	Aurinkoenergian hyödyntäminen sähkön tuottamisessa.	28
5	Ongelmat	29
6	Tulevaisuus	29
7	Yhteenveto	30
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Prosessin toimintakaavio	
	Liite 2. LS1, mitoitus tiedot	
	Liite 3. LS2, mitoitus tiedot	

## Lyhenteet ja yksiköt

bar	paine, 1 bar = 100 kPa
°C	astetta Celciusta
J	Joule
kg	kilogramma
LS	lämmönsiirrin
Pa	Pascal (N/m <sup>2</sup> )
Wh	wattitunti
W	watti (J/s)

## Käsitteet

absorptio

Kappaleen vastaanottama säteilyteho.

atsimuuttikulma

Horizontaalitason kulma, jonka muodostavat referenssisuunta ja suunta kohti annettua pistettä. horisontissa. Atsimuutti ilmaistaan asteissa ja mitataan tavallisesti myötöpäivään pohjoissuunnasta.

aurinkovakio

Maapallon ilmakehän ulkopuolella kohtisuoraan saapuvan auringonsäteilyn määrää yhdellä neliömetrillä. Maapallolla arvo on 1,35–1,39 kW/m<sup>2</sup>.

makea vesi

Vesi, H<sub>2</sub>O, joka on juomakelpoista.

merivesi

Vesi, H<sub>2</sub>O, jonka suolapitoisuus on n. 3–4 painoprosenttia.

raakavesi

Vesi, H<sub>2</sub>O, joka on otettu talousvesikäyttöön, mutta jota ei ole puhdistettu käyttökelpoiseksi.

osmoosi

Luonnossa tapahtuva erotusmenetelmä, joka perustuu puoliläpäisevään kalvoon ja paine-eroon.

tulokulma

Auringon säteen ja absorptiopinnan välinen kulma.

## 1 Johdanto

Makea vesi on edellytys elämälle maapallolla. Ihmisen päivittäinen makean veden tarve on noin 2-3 litraa (3). Ihminen saa kehoonsa nestettä sekä juomalla, että ravinnosta. Maapallolla olevasta vedestä 97 % on suolaista, juomakelvotonta vettä. Jäljelle jäävä 3 % on makeaa, juomakelpoista vettä. Tästä vedestä suurin osa on varastoitunut jäätiköihin, kallioon ja maaperään. Vain n.1 % makeasta vedestä on järvissä ja joissa. Jo valmiiksi vähäiset makean veden varat eivät ole jakautuneet tasaisesti maapallolle. Suomessa makean veden saanti on taattu päivittäiseen käyttöön, mutta esimerkiksi Afrikassa, Aasiassa ja Lähi-idässä tilanne on toinen (1). Suomalainen käyttää keskimäärin n.155 litraa makeaa vettä päivässä (2).

Samaan aikaan, kun maapallon vesivarat on rajoittuneet, myös maapallon uusiutumattomat energiavarat hupenevat nopeammin kuin koskaan. Energiatehokkuus on hyvin pinnalla oleva aihe nykypäivänä. Asiat pyritään tekemään mahdollisimman energiätehokkaasti ja luontoa säästäen. Energian hinnalla on vain yksi suunta, joka on ylös päin. Tämä motivoi ihmisiä kehittämään uusia innovaatioita halvemman energian perässä. Työssä esitellään keksintö, joka mahdollistaa juomaveden tuottamisen hyödyntäen uusiutuvaa energialähdettä. Keksinnön avulla voidaan valmistaa suolaisesta tai likaantuneesta vedestä puhdasta makeaa vettä tislamalla käyttäen vain murto-osan energiaa perinteiseen tislaukseen verrattuna. Työtä voidaan hyödyntää keksinnön markkinoinnissa sekä sopivien rahoittajien hakemisessa.

Insinööriä tehdään insinööritoimisto Entalcon Oy:lle. Entalcon on vuonna 1981 perustettu LVIAKSpr- ja energiasuunnittelutoimisto. Toimitilat sijaitsevat Espoon Leppävaarassa. Yrityksessä on noin 10 henkilöä töissä. Suunnittelun lisäksi Entalcon tekee LVI-valvontaa. Yli kolmenkymmenen vuoden historian aikana toimistossa on suunniteltu asuinrakennuksia, palvelutaloja, kouluja, urheilurakennuksia yms. Nykyään Entalconin suunnittelukohteista noin puolet ovat asuntoja ja loput teollisuuden, kaupan ja julkisen rakentamisen kohteita. Entalcon on myös laatinut LVIASpr-suunnitelmat isoon osaan pääkaupunkiseudun tornitaloista, esimerkkeinä Leppävaaran torni, Sellonhuippu ja Kivenlahden Meritorni Espoossa ja Vuosaaren Cirrus Helsingissä. Entalcon on myös ollut mukana kansainvälisissä hankkeissa muun muassa Venäjälle. Yrityksen toimitusjohtaja Aki Kurronen on ollut aina kiinnostunut talotekniikan kehittämisestä ja innovaatioiden keksimisestä, joten insinööriä on aihe oli luonteva Entalcon Oy:lle.

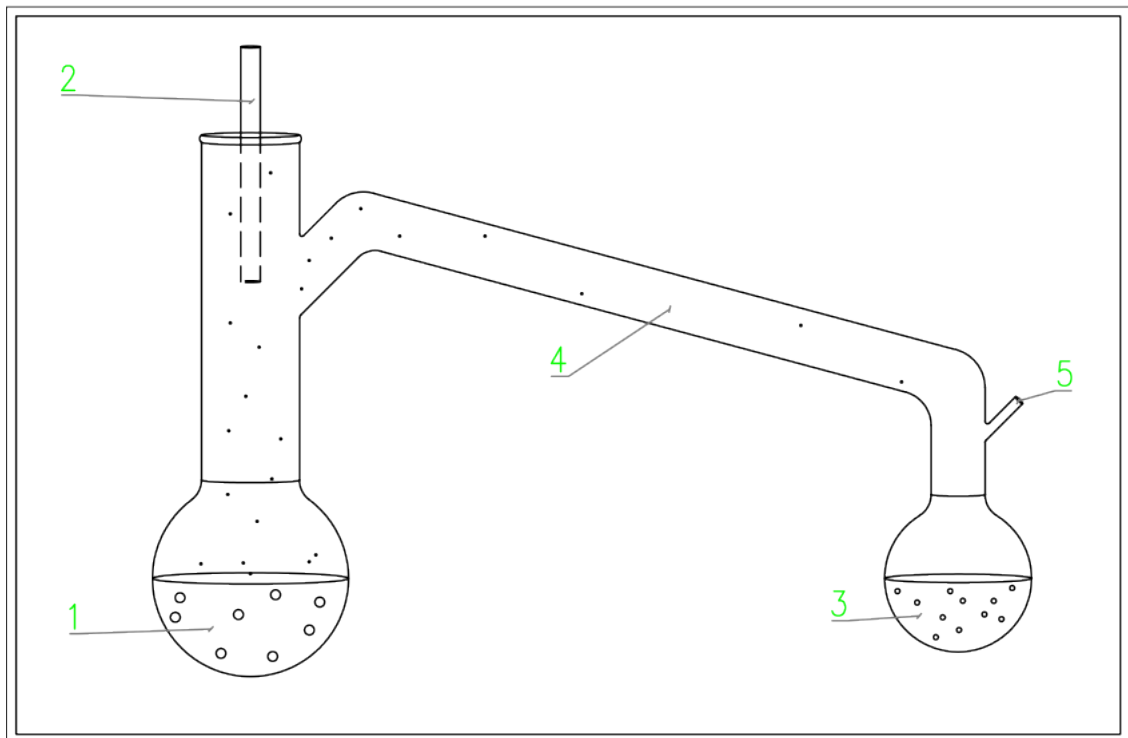
## 2 Teoria

### 2.1 Järjestelmä

Esiteltävä järjestelmä koostuu usean laitteen kokonaisuudesta. Keksinnössä pääasiana on tislata vettä. Tämän prosessin energiatehokkuuden parantamiseksi keksinnössä käytetään hyväksi aurinkoenergiaa, lämmönsiirintä, kattilaa ja kompressoria.

### 2.2 Tislaus

Tislaus on kemiallinen erotusmenetelmä. Se on yksikköprosessi, jolla voidaan erottaa liuoksessa olevia komponentteja niiden eri kiehumislämpötilan perusteella haihduttamalla (8, s. 90). Tislausta suorittaessa tai suunnitellessa on ennalta tunnettava tislattavan aineen koostumus ja liuenneiden aineiden kiehumispisteet. Tislaukseen tarvittavat välineet on tislausastia, lämpömittari, jäähdytin, ilma-aukko, ja tisleastia (9, s. 93). Tislauksessa ei tapahdu kemiallista reaktiota. Prosessia ei saa päästää kuivaksi prosessin ollessa käynnissä. Tämä voi aiheuttaa laitteiston rikkoutumisen.



*Kuva 1. Tislaukseen tarvittavat laitteet: 1. Tislausastia, 2. Lämpömittari, 3. Tisleastia, 4. Jäähdytin, 5. Ilma-aukko*

Tislausprosessissa (kuva 1) tislattava aine kuumennetaan tislauksastiassa (kuva 1, kohta 1) halutun erotettavan aineen kiehumispisteeseen. Lämpötilaa seurataan astian yläpuolella olevalla lämpömittarilla (kuva 1, kohta 2). Lämpötilan saavuttaessa halutun lämpötilan, neste alkaa höyrystyä. Tämä saa aikaan höyryn nousemisen tislauksastiasta ylös päin, josta höyry siirtyy jäähdytimeen (kuva 1, kohta 4). Jäähdyttimessä höyry muuttuu nesteeksi ja valuu tisleastiaan (kuva 1, kohta 3). Jäähdytys voidaan toteuttaa esimerkiksi höyryä viileämmän nesteen kierrolla jäähdyttimen ympärillä. Jäähdytys on mahdollista käytännössä millä tahansa tislauksessa olevaan aineeseen viileämmällä liuoksella. Lopputuloksena on tisleastiaan matalamman kiehumispisteen omaava neste ja tislauksastiassa korkeamman kiehumispisteen omaava liuos. Tislausprosessi ei saa koskaan olla suljettu vaan sen pitää aina sisältää ilmanottoaukko, joka sijoitetaan tisleastian yläpuolelle (kuva 1, kohta 5). Yhden 15 °C:n lämpöisen vesilitran tislaaminen kuluttaa energiaa n. 2,6 MJ, jos jäähdytyksen tarvitsemaa energiaa ei oteta huomioon (10, s. 163).

$$W = m * c_p * \Delta t + Q_h$$

$$W = 1\text{kg} * 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * (100 - 15)^\circ\text{C} + 2260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$W = 2,6\text{MJ}$$

jossa,

$W$  on energia

$m$  on massa

$c_p$  on ominaislämpökapasiteetti

$\rho$  on tiheys

$\Delta t$  on lämpötilaero

$Q_h$  on höyrystyslämpö

*Kaava 1. Yhden vesilitran tislamiseen kuluva energia*

### 2.3 Käänteisosmoosi

Tislaukselle on olemassa myös vaihtoehto, osmoosi. Osmoosi on luonnon oma keino erotella aineita toisistaan. Osmoosia esiintyy esimerkiksi kasveissa, jossa kasvi imee maaperästä vettä itseensä puoliläpäisevän kalvon läpi. Käänteisosmoosi on osmoosista kehitetty erotusmenetelmä. Käänteisosmoosissa vesi ajetaan paineessa puoliläpäisevän kalvon läpi, jolloin suolainen ja makea vesi erottuu toisistaan paineen avulla (11, s. 8). Tällä järjestelmällä ei kuitenkaan päästä täysin puhtaaseen veteen, vaan siihen jää vielä epäpuhtauksia (4), jotka voidaan erottaa vedestä suodattimien avulla (5, s.9). Tämän tyyppistä prosessia käytetään esimerkiksi laivoilla, jotka tuottavat juomavetensä merivedestä. Muita käyttökohteita ovat elintarviketeollisuus, lääketeollisuus ja jätevedenpuhdistus (11, s. 9).

## 2.4 Aurinkoenergia

Aurinko sisältää erittäin suuren määrän energiaa, jonka se tuottaa fuusioreaktion avulla muodostamalla vetyatomeista heliumia, joka vapauttaa valtavan määrän energiaa. Fuusioreaktio antaa auringolle  $3,8 \cdot 10^{23}$  kW:n kokonaistehon. Tästä maapallolle säteilee  $1,7 \cdot 10^{14}$  kW, mikä vastaa noin 20 000-kertaisesti maapallon käyttämää tehoa (7, s. 10). Käsite aurinkovakio tarkoittaa maapallon ilmakehän ulkopuolella kohtisuoraan saapuvan auringonsäteilyn määrää yhdellä neliömetrillä. Tämä vakio on maapallon ilmakehällä 1,35–1,39 kW/m<sup>2</sup>. Tästä tehosta ei suinkaan kaikki päädy maan pinnalle vaan maanpinnalle tulevasta aurinkotehosta käytetään nimitystä välitön aurinkovakio. Hyödynnettävä teho on noin 0,8–1,0 kW/m<sup>2</sup> kirkkaana päivänä.

Ilmakehä ja sen epäpuhtaudet ja vesihöyry vaikuttavat auringon säteilyyn maanpinnalle. Säteily saavuttaa maanpinnan suoralla auringonsäteilyllä, haja-aurinkosäteilyllä sekä ilmakehän vastasäteilyllä. Näiden suhde riippuu vallitsevasta sääolosta. Pilvisenä päivänä hajasäteilyn määrä on suurempi kuin kirkkaana päivänä. Suomen oloissa noin 50 % säteilystä on hajasäteilyä (7, s. 12) johtuen Suomen sijainnista suhteessa aurinkoon. Taulukosta 1 nähdään aurinkoenergian saantimahdollisuus vuodessa eri kaupungeissa. Lähde ei kerro, onko pilvisyys otettu huomioon ko. taulukossa.

Taulukko 1. Aurinkoenergian saantimahdollisuus vuodessa eri puolilla maailmaa. Yksikkö kWh/m<sup>2</sup>a (7, s. 13).

<b>Kaupunki</b>	<b>Aurinkoenergian saantimahdollisuus vuodessa kWh/m<sup>2</sup>a</b>
Helsinki	938
Jokioinen	887
Sodankylä	807
Aden	2708
El Paso	2309
Dakar	2152
New Delhi	1987
Nairobi	1855
Lissabon	1689
Buenos Aires	1622
Melbourne	1588
Rooma	1435
New York	1405
Montreal	1240
Wien	1070
Pariisi	1032
Lontoo	1023
Tukholma	993
Kööpenhamina	976
Hampuri	938
Bergen	908
Pietari	908
Reykjavik	798

## 2.5 Lämmönsiirrin

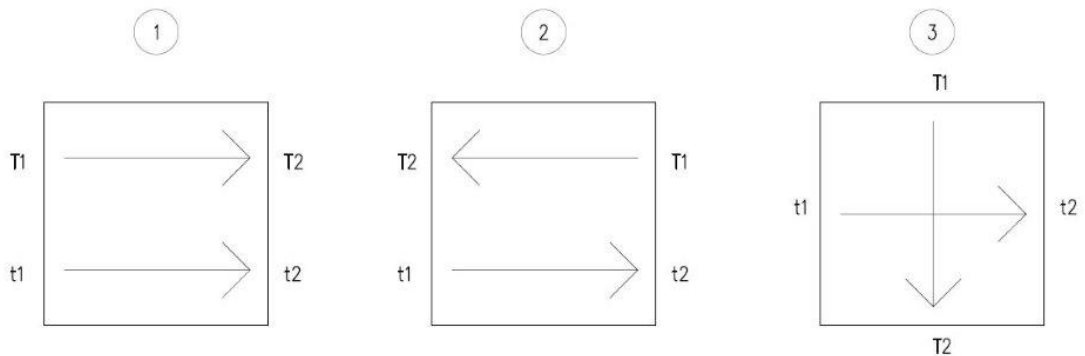
### 2.5.1 Lämmönsiirtimen teoria

Lämmönsiirtyminen on ilmiö, johon törmää arkipäivässä jatkuvasti. Kyseiseen ilmiöön liittyy paljon teoriaa, ja ilmiö on laskennallisesti monimutkainen tapahtuma. Lämpöä siirretään usein taloteknisissä sovelluksissa lämmönsiirtimillä (kuva 2).



Kuva 2. Lämmönsiirtimiä (18)

Lämmönsiirtimen tehtävä on yksinkertainen, siirtää lämpöä tai kylmää toiseen aineeseen mahdollisimman hyvin. Tämä ilmiö vaatii toimiakseen lämpötilaeron kahden tai useamman ainevirran välillä (12, osa 2. s.1). Tähän lopputulokseen toivotaan päästävän mahdollisimman pienillä kuluilla sekä energian että materiaalien osalta. Lämmönsiirtimiä on myötä-, vasta- ja ristivirtaisia sekä näiden yhdistelmiä eli ns. sekakytkenköjä (kuva 3) (12, osa 2. s.5)



Kuva 3. Eri lämmönsiirintyyppit: 1. myötävirta, 2. vastavirta, 3. ristivirta.

Lämmönsiirtimet voidaan myös jakaa rekuperaattoreihin sekä regeneraattoreihin. Rekuperaattorissa lämpö siirtyy kylmästä lämpimään seinämän läpi, ja aineet eivät sekoitu. Regeneraattorissa aineiden välinen rajapinta on häilyvämpi, ja lämpövirrat pääsevät sekoittumaan. Hyvä esimerkki regeneraattorista on pyörivä lämmöntalteenotto, jossa

raitis- ja jäteilma pääsevät sekoittumaan talteenoton pyöriessä. Tavallisesti kaikki lämmittimet, jäähdyttimet, lauhduttimet ja haihduuttimet ovat rekuperaattoreita (12, osa 2. s. 3). Lämmönsiirtimen hyvyttä kuvaa sen rekuperaatioaste eli lämpötilahyötysuhde.

$$\varepsilon = \frac{\text{heikomman ainevirran lämpötilan muutos}}{\text{korkein esiintyvä lämpötilaero}}$$

*Kaava 2. Rekuperaatioaste eli lämpötilahyötysuhde*

## 2.5.2 Lämmönsiirtimen mitoitus

Lämmönsiirtyminen voidaan laskea kaavalla 3.

$$\Phi = k * A * (T_1 - T_2)$$

jossa

$\Phi$  on teho

k on lämmönläpäisykerroin

A on lämmönsiirtopinta - ala

$(T_1 - T_2)$  on lämpötilaero

*Kaava 3. Lämmönsiirtymisen kaava*

Taulukossa 2 on esitetty tyypillisiä lämmönläpäisykertoimia.

Taulukko 2. Lämmönläpäisykertoimia (k) eri putkilämmönsiirtimille. (12, s. 4).

Lämmönläpäisykerroin (k)	W/m <sup>2</sup> K
Kaasu (1 bar) kaasua vastaan 1 bar	5...35
Kaasu, suurpaine (160...300 bar) putkien ympärillä ja sama sisäpuolella	150...500
Neste kaasua vastaan	15...70
Neste nestettä vasten	150...1200
Lämmityshöyry putkien ulkopuolella, putkissa neste	300...1200
Höyrystin	300...3000
Lauhdutin	
jäähdytysvesiputkissa, kylmäaine höyry ulkopuolella	300...1200
Höyryturbiinilauhdutin	1500...4000

Koska lämpötilaeroa ei voida kuitenkaan pitää vakiona, täytyy laskenta viedä pidemmälle. Laskemalla lämmönsiirtimessä luovutettu ja saatu lämpötehon saadaan lasketua prosessin lämpökapasiteettivirta,  $W$  (13, s. 22).

$$\Phi = k * A(T_1 - T_2)$$

*Kaava 4. Lämmönsiirtymisen peruskaava lämmönvaihtimessa (16, s. 21–22).*

$$\Phi = \dot{m} * c * \Delta T$$

ja

$$W = \dot{m} * c$$

*Kaava 5. Tehon ja lämpökapasiteettivirran perus kaavat (16. s. 21–22).*

Luovutettu lämpöteho

$$\Phi = \dot{m}_1 * c_1 (T_1 - T_2)$$

Saatu lämpöteho

$$\Phi = \dot{m}_2 * c_2 (t_1 - t_2)$$

näistä saadaan

$$\frac{T_1 - T_2}{t_1 - t_2} = \frac{\dot{m}_2 * c_2}{\dot{m}_1 * c_1} = \frac{W_2}{W_1}$$

$\Phi$  on siirtyvä lämpöteho

$\dot{m}$  on massavirta

$W$  on lämpökapasiteettivirta

*Kaava 6. Siirtyvän lämpötehon,  $\Phi$ , ja lämpökapasiteettivirran,  $W$ , ratkaisu (16, s. 21–22)*

Tarkemman laskennan aikaansaamiseksi lämpötilaeron tilalla voidaan käyttää keskimääräistä lämpötilanerotusta. Se lasketaan seuraavilla kaavoilla.

$$\Phi = k * A * \Delta T_m$$

jossa

$$\Delta T_m = \frac{-\left(\frac{\Phi}{W_1} - \frac{\Phi}{W_2}\right)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_2}}$$

*Kaava 7. Keskimääräisen lämpötilaerotuksen ratkaisu käyttäen logaritmista lämpötilaeroa (16, s.21–22)*

Kaavalla seitsemän pystytään ratkaisemaan lämmönsiirtimen arvoja, kun tiedetään lämmönläpäisyyluku  $k$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].  $k$ :n voi myös laskea kaavalla 8.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_u}{d_s} + \frac{1}{\pi d_u \alpha_u}} = \left[ \frac{W}{m^2 K} \right]$$

*Kaava 8. Lämmönläpäisyyluvun  $k$  laskentakaava.*

## 2.6 Kattila

Lämmönsiirtimen lisäksi lämpöä voidaan siirtää kattilassa. Kun tavanomainen lämmönsiirrin ei palvele halutulla tavalla tai lämmönsiirtimeistä halutaan täysin räätälöity omiin tarpeisiin, on mahdollista toteuttaa lämmönsiirrin kattilana. Kattilan sisällä on kierukka, joka luovuttaa lämpöä sen ulkopuolella, kattilassa, olevaan aineeseen.

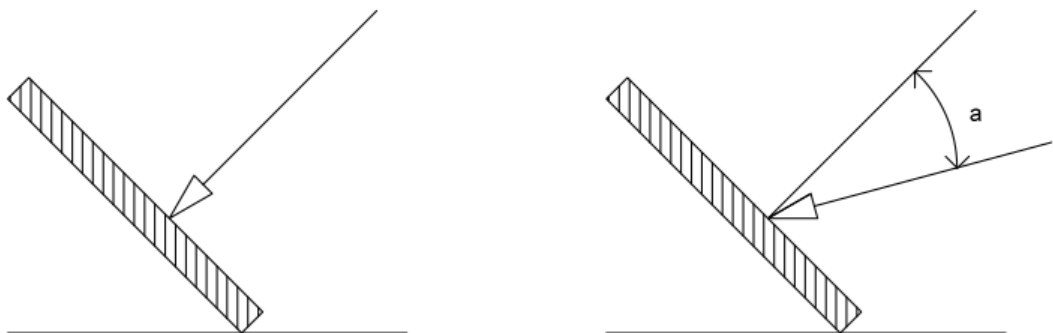
## 2.7 Aurinkolämmönsiirrin

Kuten aiemmin todettiin, aurinko tuottaa jatkuvasti valtavan määrän ilmaista energiaa. Tätä energiaa voidaan hyödyntää taloteknisissä ratkaisuissa. Aurinkokeräin on hyvä tapa kerätä aurinkoenergiaa. Keräimiä on muutamaa eri tyyppiä, tässä perehdytään tasokeräimiin. Keräimen suunnittelussa on syytä huomioida sijainti, suuntaus ja kallistuskulma.

### 2.7.1 Sijoitus

Sijainti olisi syytä olla mahdollisimman esteetön auringon säteilylle. Mitä aukeampi on paikka, sitä paremmin auringonsäteet pääsevät osumaan keräimen pintaan (7, s. 15). Kuten sijaintiin, myös suuntaan on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Luonnollinen suunta aurinkopaneelin asennukselle olisi kohti päiväntasaajaa, mutta mikäli tämä suunta on estetty tai tiedetään valmiiksi, että aurinko paistaa parhaiten jonain tiettyinä päivän hetkenä, tulee paneeli suunnata joko itään tai länteen. Mikäli tiedetään, että käyttöpiikki on todennäköisempi illalla kuin aamulla, on syytä suunnata paneeli enemmän länteen. Tällä ei kuitenkaan päästä maksimaaliseen energiantuottoon. Tällöin kannattaa kiinnittää erityistä huomiota kallistuskulmaan.

Kallistuskulma eli atsimuutti on parhaimmillaan silloin, kun auringon säteiden tulokulma suhteessa keräimen pintaan on  $0^\circ$ . Esimerkiksi Suomen leveysasteilla atsimuuttikulma on korkeimmillaan  $53^\circ$ . Kuvassa 4 auringonsädettä esittää nuoli.



*Kuva 4. Tulokulma. Ensimmäisessä kohdassa tulokulma on nolla ja toisessa se on kulma a.*

Auringon säteiden kulma muuttuu pitkin vuotta, tämän takia kallistuskulman säätäminen läpi vuoden kasvattaa paneelin hyötysuhdetta. Paras kallistuskulma on sama kuin leveysaste (7, s. 16). Keräimet asennetaan kuitenkin yleensä kiinteästi tiettyyn kulmaan, jolloin tehdään kompromissi hyötysuhteen kanssa, mutta tehdään prosessista mahdollisimman huoltovapaa ja varma.

On olemassa laitteita, jotka seuraavat auringon kulmaa ja suuntaa, joka mahdollistaa parhaan mahdollisen hyötysuhteen vuorokauden ja vuoden ympäri. Seurantalaitteen asentaminen voi parantaa hyötysuhdetta jopa 30–60 % (7, s. 17).

### 2.7.2 Absortio

Kun keräimen suunta ja kulma on oikein, tulee keräimen pinnan olla mahdollisimman edukas keräämään energiaa. Tässä käytetään monesti tummia elementtejä. Elementit ovat hyvin lämpöä kestävä materiaalia, kuten metallia. Absortion maksimoinniksi elementti varustetaan selektiivisellä pinnoitteella. Tällä pyritään kaappaamaan mahdollisimman paljon lyhytaaltoista säteilyä ja hylkimään mahdollisimman vähän pitkäaaltoista säteilyä. Tyypillisiä pinnoitteita ovat mustakromi- ja mustanikkelpinnat sekä erilaiset tyhjiökeinoin valmistetut pinnat. (7, s. 73).

### 2.7.3 Aurinkokeräin

Kun puhutaan tasokeräimistä, voidaan ne jakaa kolmeen keräintyyppiin. On olemassa neste-, ilma- ja lämpöputkitasokeräimiä. Tässä työssä käytetään nestekiertoista keräintyyppiä. Valtaosa nykyisistä keräimistä on juuri nestekiertoisia tasokeräimiä (7, s. 74) (kuva 5).

Nestekeräin on käytännössä lämmönsiirrin, jossa nesteeseen siirretään auringosta saatavaa lämpöenergiaa. Tämä edellyttää nesteeltä hyvää lämmönsiirtokykyä. Vesi on hyvä lämmönsiirtoaine keräimeen, mikäli alueella ei ole jäätyksen vaaraa. Mikäli jäätymisvaara on olemassa, nesteeseen on syytä lisätä jäänestoinetta tai suunnitella koko järjestelmä niin, että se voidaan tyhjentää pakkasjakson ajaksi. Jäätymisvaaran lisäksi on syytä myös huomioida nesteen kiehumispiste ja tämän aiheuttama paineen ja tilavuuden muutos.

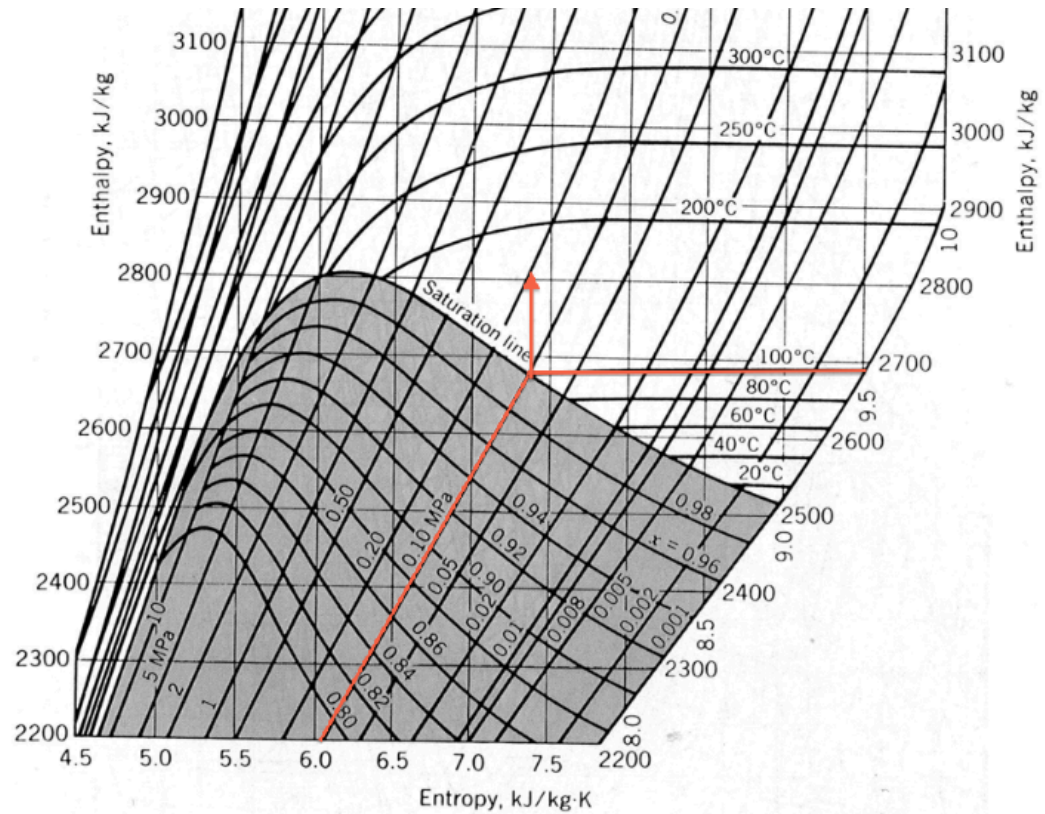


*Kuva 5. Aurinkolämmönsiirrin (19)*

## 2.8 Kompressori

Talotekniikassa kompressoria käytetään hyväksi, kun halutaan nostaa painetta prosessissa. Kompressoreita on erilaisia, jotka soveltuvat erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kompressoreita on mm. ruuvikompressoreita, turbokompressoreita ja korkeapainekompressoreita. (17) Kompressoreita käytetään hyväksi silloin, kun halutaan nostaa painetta.

Kun vesi alkaa höyrystyä, se vaatii n. 100 °C:n lämpötilan. Tässä lämpötilassa vesi alkaa kiehua ja muuttuu vesihöyryksi. Normaalissa kiehumisessa höyryn lämpötila ei nouse korkeammaksi kuin 100 °C. Vesihöyry pitää nostaa kovempaan paineeseen, jotta höyrystymislämpötilaa saadaan nostetuksi, tätä kutsutaan tulistamiseksi (kuva 6).

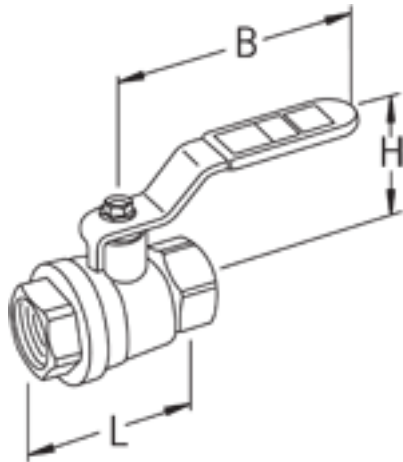


**Figure A-8** Enthalpy–entropy diagram for water (SI units). *Source:* J. B. Jones and G. A. Hawkins, *Engineering Thermodynamics*, 2nd ed., Wiley, New York, 1986.

Kuva 6. Höyryn tulistaminen Mollier-diagrammissa. Höyrystyslämpötilan nostamiseksi on sen painetta nostettava.

## 2.9 Varusteet

LVI-tekniikassa varusteiksi sanotaan laitteita, joilla voidaan muuttaa, sulkea ja rajata virtausta. Virtaaman sulkemiseksi käytetään usein palloventtiiliä (kuva 7) (15, s. 84), jonka toiminta perustuu venttiilin sisällä olevaan palloon, jossa on reikä keskellä. Venttiili on auki silloin, kun kahva on putken suuntainen. Palloa kääntämällä reikä umpeutuu ja virtaus estyy venttiilin sisällä.



*Kuva 7. Sulkuventtiili (20).*

Varoventtiilillä (kuva 8) pyritään välttämään liiallinen paineen nouseminen putkistossa. Sen toiminta perustuu venttiilissä olevan jousen ja karan toimintaan. Kun paine verkostossa nousee, kara nousee ja jousi painuu kasaan, jolloin prosessista pääsee nestettä ulos ja paine pääsee laskemaan (15, s. 86). Varoventtiili mitoitetaan aina niin, että sen laukeaa alemmassa paineessa kuin prosessin heikoin piste.



*Kuva 8. Varoventtiili (21).*

Prosessin eri pisteisiin on syytä lisätä mittareita, jotta sisällä vallitsevien olosuhteiden tilaa pystytään tarkkailemaan. Tyypillisiä mittareita ovat paine- ja lämpömittarit (kuva 9). Mittarit asennetaan putkistoon niin, että mitta-anturi osuu varmasti sisällä olevaan nesteeseen. Venttiilit kiinnitetään putkistoon kiertein, laipoin tai hitsaten.



*Kuva 9. LVI-tekniikassa esiintyviä mittareita (23).*

## 2.10 Eristys ja putkimateriaalit

Eristyksen ja putkimateriaalin valinta riippuu niille asetettavista olosuhteista. Eristeiden avulla pyritään säästämään lämmitys- ja jäähdytysenergiaa, estämään mahdollisia tulipalojen leviämistä sekä vaimentamaan ääntä. (14, s. 30).



*Kuva 10. Putkieriste, polyeteenivaahтомуovia (24).*

Eristeillä (kuva 10) pyritään säästämään lämpöenergiaa estämällä lämmönsiirtymisen tilaan, jossa sitä ei tarvita. Esimerkiksi kylmässä tilassa lämpöjohdot eristetään. Sama pätee kylmiin johtoihin, joiden ei haluta lämpiävän putkiosuuksilla. Paloeristysten on tarkoitus hidastaa palon leviämistä palo-osastoista toisiin. Ääneneristämällä pyritään absorboimaan ääniä eristeisiin. Tarkoituksena on hiljentää äänekkäiden virtausten tai laiteäänien kuuluminen tiloihin tilanteessa, joissa se ei ole haluttua tai tilanteessa, jossa äänilähteet ovat todella voimakkaita.

Eristeet ovat täynnä huonosti lämpöä johtavaa ainetta esimerkiksi ilmaa ja itse eristysmateriaalin ideana on pitää tämä aine paikallaan. Tämä ehkäisee konvektion muodostumista (14, s. 30). Eristysmateriaalin toimivuuden kannalta on tärkeää, että eristeessä on tai siihen asennetaan ilma-/höyrysulku, joka estää ilmavirtojen pääsyn eristemateriaalin sisälle. Oikeanlaisella eristämällä taataan prosessin paras mahdollinen hyötysuhde ja säästetään energiaa.

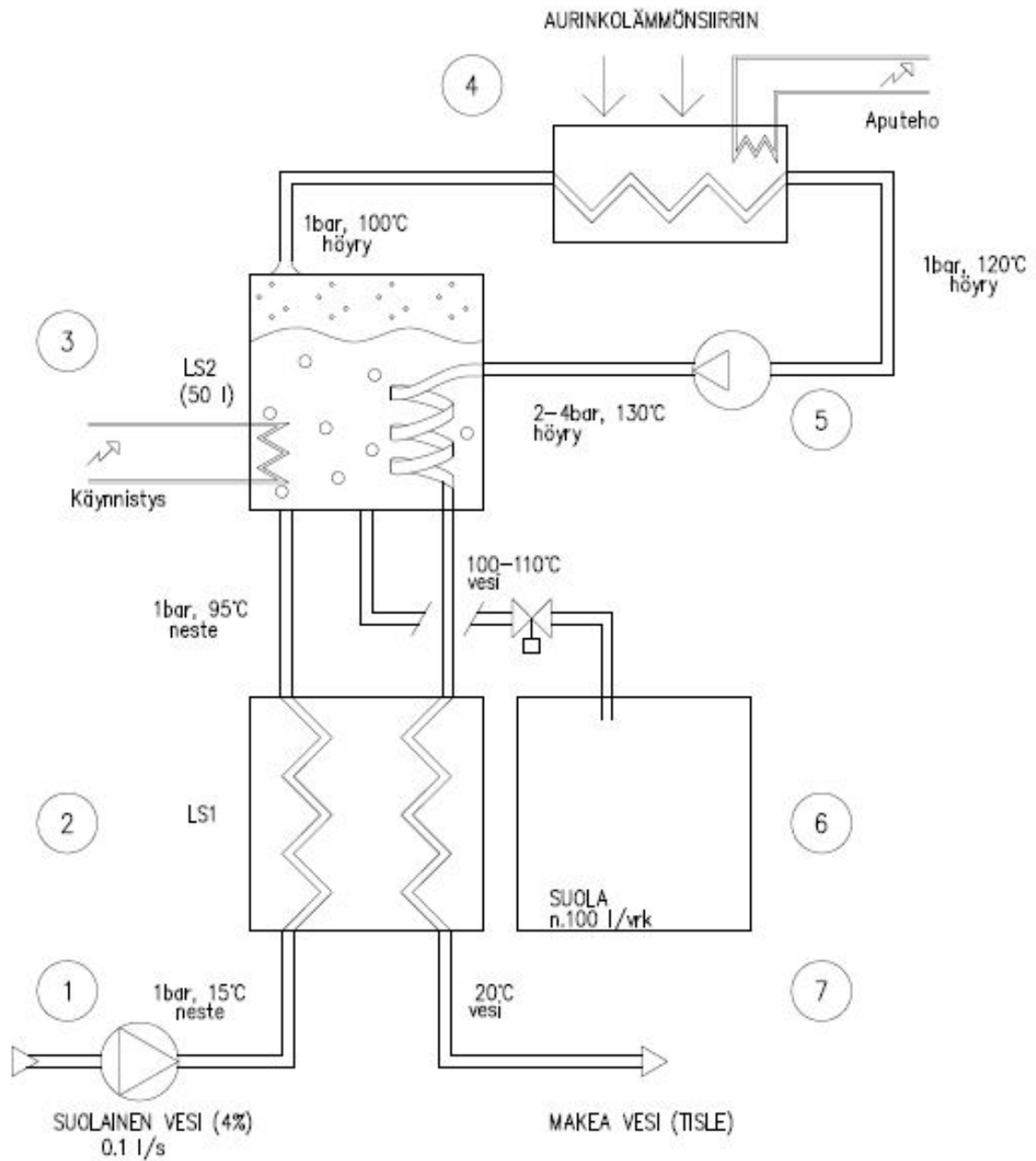
Putkimateriaali on syytä valita aina prosessille sopivaksi. Yleisimpiä putkimateriaaleja on kupari, muovi ja teräs. Putkimateriaalin valintaan vaikuttaa mm. prosessin lämpötilat, materiaalit, paine, virtaava aine sekä mahdolliset korroosiotekijät.

### **3 Energiatehokas tislauk**

Tavanomainen tislauk ei ole energiatehokas tapa valmistaa makeaa vettä. Markkinoilla on tällä hetkellä muita tapoja valmistaa puhdasta vettä. Yksi vaihtoehto tislaukselle aiemmin työssä mainittu on käänteisosmoosi.

Tavanomaisesta tislauksesta poiketen keksinnön tislaukprosessissa käytetään hyväksi lämmön talteenottoa, aurinkoenergiaa ja kompressoria höyryn tulistukseen. Tällä tislaukmenetelmällä voidaan toteuttaa tislaukprosessi vain noin 4 % energian kulutuksella tavanomaiseen tislaukseen verrattuna. Tällä periaatteella tislaukseen kuluisi siis 2,6 MJ:n sijaan noin 0,1 MJ.

## 3.1 Toimintaperiaate



OLLI ELORANTA, ENTALCON OY 2014

Kuva 11. Energiatehokkaan tislauksen toimintakaavio

Prosessi alkaa kuvan 2 kohdasta 1, jossa laitteen prosessiin otetaan merivettä, jonka lämpötila vaihtelee täysin vesilähteestä. Laskennassa olemme käyttäneen arvoa

+15 °C. Raakaveden saaminen voidaan toteuttaa pumpaamalla vettä suoraan vesilähteestä prosessiin tai järjestämällä tarvittava paine esimerkiksi vesitornilla. Käytän esimerkkiprosessissa raakavesilähteenä merivettä ja vesivirtaamaa 0,1 l/s, jonka saavuttamiseksi ei tarvita suurta pumppua. Pumpun sähkötarve voidaan toteuttaa aurinkopaneelilla. Pumpun korroosioluokan on syytä olla korkea ja valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Esimerkiksi Grundfosilta löytyy pumppuja, jotka on suunniteltu erityisesti meriveden pumppaamiseen. On syytä myös huomioida pumpun energiatehokkuus, koska pumppu on päällä aina kun itse puhdistusprosessi on käynnissä. Pumppu voi olla joko uppo- tai kuiva-asenteinen. Tämä määräytyy pitkälti raakavesilähteen sijainnista suhteessa rakennukseen, jossa prosessi sijaitsee.

## 3.2 Järjestelmän komponentit

### 3.2.1 Lämmönsiirrin

Kun merivesi on saatu sisään järjestelmään, siirtyy se ensimmäiseen lämmönsiirtimeen (Kuva 11, kohta 2). Lämmönsiirtimessä veden lämpötila nostetaan 15 °C:sta 95 °C:seen. Merivesi lämpenee lämmönsiirtimen sisällä lamellien välityksellä prosessista palautuvaa lauhdevettä hyväksikäyttäen. Lämmönsiirtimen sisällä nesteet eivät sekoitu, joten tislauksesta palautuva vesi ei pääse sekoittumaan meriveden kanssa. Piirin virtaamaksi voidaan olettaa 0,1 l/s, jolla päästäisiin reilun 8 m<sup>3</sup>:n makean veden tuotantoon päivässä/vuorokaudessa (huomioiden suolan tyhjennys). Mikäli ihminen käyttää n. 155 l/vrk vettä, tämän tulisi riittää mainiosti useamman perheen päivittäiseen tarpeeseen.

$$\Phi = q_v * c_p * \rho * \Delta t$$

$$\Phi = 0,1 \frac{l}{s} * 4,19 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * 1000 \frac{kg}{m^3} * (95 - 15)^{\circ}C$$

$$\Phi = 33,40 kW$$

jossa

$\Phi$  on teho

$q_v$  on virtaus

$c_p$  on ominaislämpökapasiteetti

$\rho$  on tiheys

$\Delta t$  on lämpötilaero

### *Kaava 9: Veden lämpeneminen lämmönsiirtimessä*

Pyysimme SWEP Oy:ltä apua lämmönsiirtimien mitoittamiseen ja tyypittämiseen. Liitteessä 1 on esitetty SWEPin laskelman mukaiset arvot lämmönsiirtimelle. SWEPin ehdottama lämmönsiirrin on levylämmönsiirrin, jota käytetään usein LVI-tekniikan sovelluksissa, kun on tarkoitus lämmittää tai jäähdyttää. (8, s. 77.)

### 3.2.2 Kattila

Ensimmäisen lämmönsiirtimen jälkeen seuraa kattila (kuva 11, kohta 3), missä meriveden lämpötila nousee sen kiehumispisteeseen ja itse tislausprosessi pääsee alkamaan. Alkuperäisenä ajatuksena oli käyttää tässäkin lämmönsiirrintä, mutta jo varhaisessa vaiheessa päädyimme siihen, että juuri prosessille yksilöidyllä kattilalla pääsemme parempaan lopputulokseen.

Kattila on umpinainen säiliö, jonka sisällä on kierukka. Tämä kattila täytyy teettää juuri tähän prosessiin sopivaksi. Kierukan sisällä virtaa prosessista palautuva vesi vesihöyrynä. Tämä höyry on lämpötilaltaan +130 °C ja muuttuu kierukassa lämpötilan laskeessa höyryn ja nesteen seokseksi.

Prosessista palautuva höyryn ja veden seos saa kattilassa olevan raakaveden höyrystymään. Höyrystyvä neste on makeaa vettä, ja varsinaiseksi tisleeksi jää korkean suolapitoisuuden omaava liuos.

Kattilan sisällä olevan liuoksen suolapitoisuus nousee koko ajan prosessin ollessa käynnissä. Suolapitoisuuden noustessa tarpeeksi korkeaksi kattilan sisällä anturi viestii automatiikalle, joka reagoi avaamalla tyhjennysventtiilin. Tyhjenevä suolaliuos johdetaan erilliseen säiliöön (kuva 11, kohta 6), josta suola voidaan ottaa talteen ja käyttää sopivaan tarkoitukseen. Tyhjennyksen ajan raakaveden syöttö tulee olla katkaistuna.

Kattila on syytä varustaa myös sähkövastuksella, joka mahdollistaa prosessin mahdollisimman nopean käynnistyksen. Vastus siis esilämmittää meriveden käynnistystilanteessa ja aloittaa veden kiehuttamisen ja jatkaa, kunnes prosessista palaava höyry on kykenevä ylläpitämään prosessia.

Mikäli kattila toteutettaisiin lämmönsiirtimenä, liitteessä 2 on esitetty SWEP Oy:n esitys mahdollisesta lämmönsiirtimestä, joka voisi soveltua tämän kaltaiseen käyttökohteeseen. Kyseisessä ratkaisussa ongelmaksi tulee suolan poistaminen prosessista.

### 3.2.3 Aurinkolämmönsiirrin

Kattilasta höyrystynyt makea vesi nousee kylläisenä höyrynä uuteen lämmönsiirtimeen (kuva 11, kohta 4), jossa sen lämpötila nousee 100 °C:sta 120 °C:seen. Tämä prosessi toteutetaan niin, että pääasiallisesti pyritään käyttämään aurinkoenergiaa tai muuta vastaavaa ilmaisenergiaa.

Prosessissa käytetään ns. tyhjiökeräintä, koska sillä saavutetaan paras mahdollinen hyötysuhde. Aurinkolämmönsiirtimen osat ovat keräin, tyhjiöputki ja sen sisällä oleva nesteputki.

Siirtimen tärkein osa on itse keräin. Se vastaanottaa aurinkosäteet, jotka tuottavat lämpöä auringon lämmöstä. Keräin ohjaa lämpösäteet kohti tyhjiöputkea, jonka sisällä on nesteputki, joka tässä tapauksessa on täynnä höyryä. Putken sisällä höyryyn varastoituu auringon tuottama energia, ja tällöin höyry lämpenee. Lämmönsiirtoteho riippuen asennuspaikasta ja -tavasta. Pohjoismaissa paikasta riippuen energiaa saadaan 700–1200 kWh/m<sup>2</sup> (7, s. 159). Siirtimessä on lisäksi sähkövastus, jolla varmistetaan prosessin toiminta pilvisinä ja pimeinä aikoina.

$$\Phi = \dot{m} * \Delta h$$

$$\Phi = 0,1 \frac{kg}{s} * (2716,6 - 2675,76) \frac{kJ}{kg}$$

$$\Phi = 4,08 kW$$

jossa

$\Phi$  on teho

$\dot{m}$  on massavirta

$\Delta h$  on entalpiaero

(120°C höyryn entalpia - 100°C höyryn entalpia)

*Kaava 10. Aurinkolämmönsiirtimessä tapahtuvan lämpenemisen vaatima teho.*

$$A = \frac{\Phi}{\dot{A}}$$

$$A = \frac{4,08 kW}{600 \frac{W}{m^2}}$$

$$A = 6,8 m^2$$

$\dot{A}$  on mitoituspinta - ala

A on tarvittava pinta - ala

$\Phi$  on tarvittava teho

*Kaava 11. Aurinkokeräimen tarvittava pinta-ala*

Laskelman perusteella aurinkolämmönsiirtimen pinta-alaksi saadaan n. 6,5 m<sup>2</sup>. Käytännössä järkevän pinta-alan tulisi olla n. 10 m<sup>2</sup>, käyttäen lämpöarvoa 600 W/m<sup>2</sup>. Silloin hieman pilvisinäkin päivinä järjestelmä pysyy toiminnassa ilman apuenergiaa ja aurinkoisina päivinä tuotto saadaan nousemaan mitoitusarvoa suuremmaksi.

### 3.2.4 Kompressori

Aurinkolämmönsiirtimen jälkeen höyry ajetaan kompressoriin (kuva 11, kohta 5), jolla höyryn paine nostetaan. Tällöin höyry tulistuu. Lämpötila kompressorin jälkeen on n. 130 °C ja paine

3 bar. Korkeapaineinen ja tulistunut höyry palautuu tislauskattilaan. Paluuputkessa höyry tiivistyy takaisin nesteeksi ja luovuttaa energiansa tislausastiassa olevaan meriveteen. Kompressorin hankinnassa päätimme käyttää kotimaista kompressorivalmistajaa. Tällä hetkellä pohjoismaissa on yksi ruuvikompressoritehdas Tamrotor, joka valmistaa ruuvikompressorinsa. Otimme Tamrotor kompressorit Oy:öön yhteyttä ja pyysimme apua kompressorin suunnitteluun (6). Toistaiseksi kompressoria ei ole saatu suunniteltua. Suunnittelussa on haaste höyryn lämpötilan kanssa. Normaalisti kompressorit eivät joudu tekemisiin sellaisten aineiden kanssa, joiden lämpötila on yli 100°C, joten suunnittelu on vielä kesken. Keksintöön soveltuvan ruuvikompressorin toteuttamisen pitäisi kuitenkin olla täysin mahdollista.

### 3.2.5 Kattila

Kattilasta höyrystä tiivistynyt makea vesi (n.100°C) ajetaan ensimmäiseen lämmönsiirtimen läpi, jossa makea vesi lämmittää suolaisen 15°C meriveden.

$$\Phi = q_v * c_p * \rho * \Delta t$$

$$\Phi = 0,1 \frac{l}{s} * 4,9 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} * 1,0 \frac{kg}{dm^3} * (100 - 15)^{\circ}C$$

$$\Phi = 35,62kW$$

jossa

$\Phi$  on teho

$q_v$  on virtaus

$c_p$  on ominaislämpökapasiteetti

$\rho$  on tiheys

$\Delta t$  on lämpötilaero

*Kaava 12. Lämmönsiirtimessä tapahtuva lämmönluovutus*

Lopputuotteena on makeaa vettä (kuva 11, kohta 7) ja korkean suolapitoisuuden omaavaa liuosta. Prosessin jälkeen voisi sijoittaa vielä säiliön, johon makeaa vettä voisi

tuottaa varastoon suuria kuormituksia varten. Samalla prosessin voisi automatisoida toimimaan sellaisina aikoina, kun kukaan ei ole kotona, ja näin saataisiin mahdolliset äänihaitat eliminoitua. Prosessissa ulkopuolista energiaa tarvitaan kompressoriin, jolla höyry tulistetaan ja mahdollisesti käynnistyksessä tarvittavien sähkövastusten käyttöön. Sähköä vie myös jonkin verran automaatiojärjestelmä ja mahdollinen raakaveden pumppaaminen prosessiin.

### 3.2.6 Varusteet

Prosessin eri vaiheissa vallitsee erilaisia olomuotoja, paineita ja lämpötiloja. Optimaalissa tilanteessa mitään vaaraa ei pääse tulemaan, kun prosessi on käynnissä. Prosessi saattaa kuitenkin olla poissa käytöstä tai siihen voi tulla jokin vika, joka on syytä saada kuriin varolaitteiden avulla.

Ensimmäisenä prosessiin tulee laittaa sulku ja yksisuuntaventtiili raakaveden sisäänottoa varten. Sulku helpottaa mahdollisia huoltotoimenpiteitä ja sulkee raakaveden syötön tarvittaessa. Yksisuuntaventtiili vastaavasti estää veden takaisinvirtauksen raakavesiputkeen. Sulun on syytä olla moittoroitu, jotta prosessiin saadaan mahdollisimman kattava automaatiojärjestelmä.

Kattila toimii itsessään paisunta-astiana menopuolella, joten sitä ei tarvitse lisätä erikseen. Kattilan jälkeiseen höyryputkeen on kuitenkin syytä lisätä varoventtiili, koska olomuoto muuttuu ja lämpötila nousee ja on vaarana, että paine prosessissa voi nousta ja rikkoa järjestelmän. Toinen varoventtiili lisätään kompressorin jälkeiseen putkeen. Kompressori tulistaa höyryä ja paine nostetaan. Paine ei kuitenkaan saa nousta liikaa. Laukeamispaineeksi on hyvä laittaa noin 6 bar. Paine prosessissa ei saisi nousta yli prosessin rakennepaineen, ja tämän kohdan ollessa prosessin kovimmassa paineessa, venttiili pitää samalla huolen siitä ettei rakennepainetta ylity.

Prosessi on paineen korotuksen jälkeen avoin, ja ylimääräinen neste ja paine pääsee purkaantumaan vapaasti, joten paisunta-astiaa tai muita varoventtiileitä ei tarvita. Prosessin raakavesiputkeen olisi hyvä lisätä karkea suodatin, joka estäisi isoimpien epäpuhtauksien pääsyn kattilaan.

### 3.2.7 Eristys

Kun puhutaan energiatehokkuudesta, on syytä varmistaa, että energia, joka on laitettu prosessiin ei luovu väärään paikkaan. Prosessissa on sekä viileitä että lämpimiä kohtia. Viileät kohdat vaativat eristyksen, jotta kondensaatiota ei pääse muodostumaan putkien pinnalle. Kuumien kohtien eristäminen vähentää lämpöhäviöitä ja täten parantaa prosessin hyötysuhdetta. Lämmöneristäminen myös estää prosessia lämmittämästä muita tiloja.

### 3.2.8 Putkimateriaali

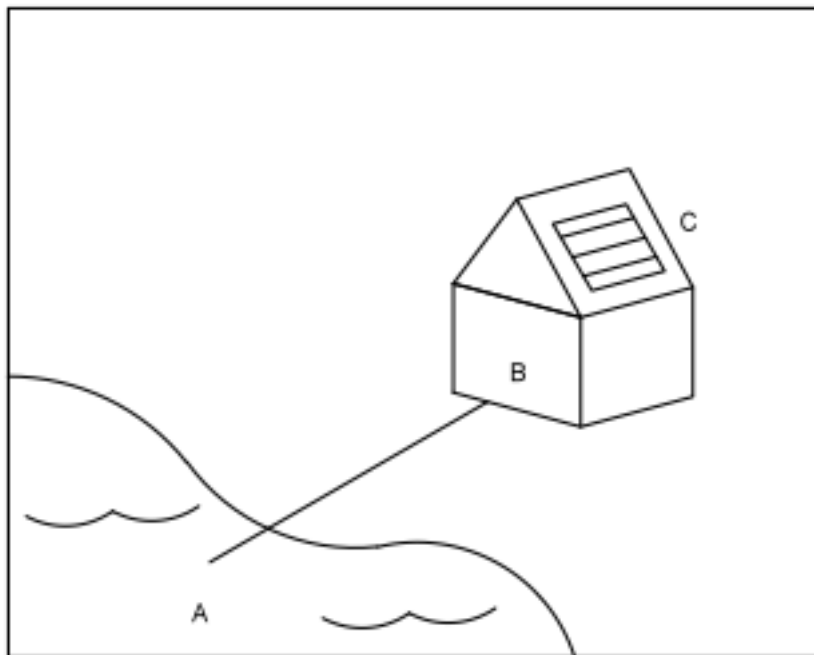
Kun ollaan tekemisissä meriveden kanssa, on syytä kiinnittää huomiota putkimateriaaleihin. Merivesi on vahvasti korroosiota aiheuttavaa, ja täten suositeltava putkimateriaali on haponkestävä teräs. Mikäli tiedetään, että prosessiin ei pääse suolaista tai vahvasti korroosiota aiheuttavaa vettä, esimerkiksi järviveden puhdistuksessa, voidaan putkisto toteuttaa kuparista. Putkimateriaalin valinnassa kannattaa siis huomioida puhdistettavan raakaveden koostumus tarkkaan. Tämä vaikuttaa huomattavasti lopputuotteen kustannuksiin.

## 4 Käytännön sovellus

Keksintö on suunniteltu alueille, jossa on taattu riittävä aurinkoenergian saati ja pula makeasta vedestä, kuten Arabian niemimaalle. Keksinnön voi toteuttaa minkä kokoisena tahansa. Keksinnöllä voidaan puhdistaa myös muutakin vettä, kuin pelkästään esimerkkinä olevaa merivettä.

### 4.1.1 Pientalomalli

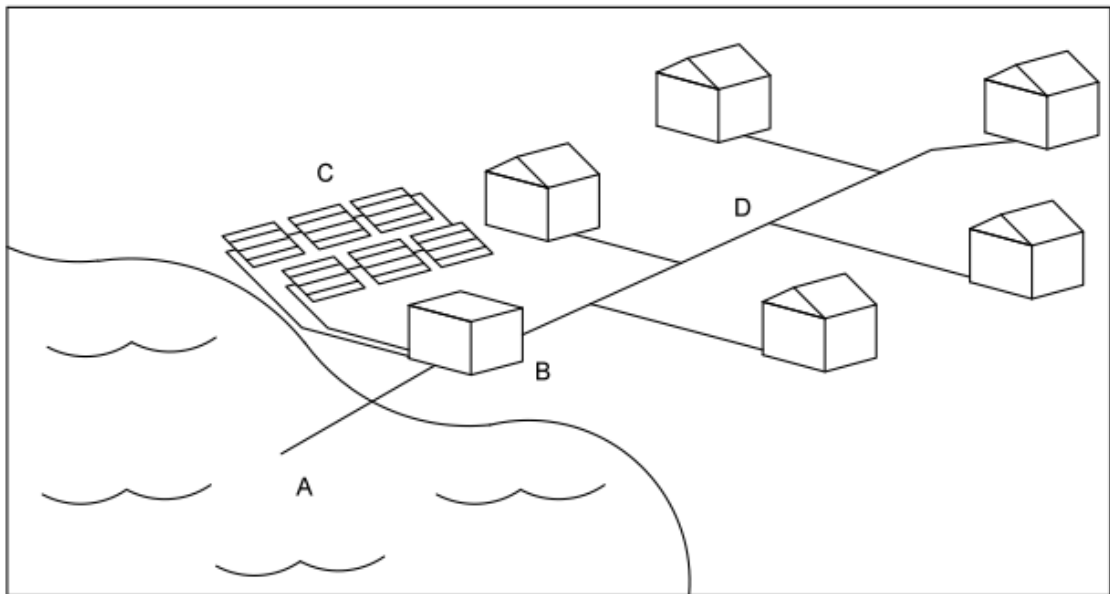
Pientalomalli voisi olla mahdollista toteuttaa modulimittaisena 600x600x2000 koteloituna pakettina, jonka voisi sijoittaa rakennuksen tekniseen tilaan. Aurinkokeräin tulisi sijoittaa mahdollisimman aurinkoiseen paikkaan, kuten katolle. Myös talon julkivisuun integroidun mallin käyttö on mahdollista. Tämä mahdollistaa tyylikkäämmän lopputuloksen.



Kuva 12. Omakotitalon puhdistetun veden tuotto. A) Raakavesilähde, B) Tekninen tila, C) Aurinkopaneeli integroituna kattorakenteeseen.

#### 4.1.2 Tehdasmalli

Järjestelmä voidaan toteuttaa myös niin kutsutulla tehdasmallina, jolla tarkoitetaan useamman käyttökohteen palvelemista yhdellä järjestelmällä. Suurella tislauskoneistolla huolehditaan esimerkiksi golfkentän kastelujärjestelmän tai asutusalueen kiinteistöjen veden tuottamisesta. Vettä tuotetaan läpi vuoden ja säilötään säiliöihin, joista vettä voidaan jakaa tarpeiden mukaan pumppaamoilla. Tässä mallissa on syytä huomioida aurinkokennojen suuri pinta-ala. Pitkät putkivedot ja suuret putkikoot nostavat herkästi lämpöhäviöt suuriksi ja vaativat erityistä huomiota eristystöissä.



Kuva 13. Pienen asuinalueen vedenpuhdistamo. A) Raakavesilähde, B) Puhdistamo, C) Aurinkokenntä, D) Jakeluputkisto.

#### 4.1.3 Patentti

Keksinnölle on haettu patenttia patentti- ja rekisterihallitukselta Aki Kurroselle.

#### 4.1.4 Aurinkoenergian hyödyntäminen sähkön tuottamisessa.

Prosessin pumppu, kompressori ja automaatio kuluttavat sähköä. Mikään ei estä, etteikö näiden sähkötarvetta voisi toteuttaa ainakin osittain aurinkoenergialla. Tämä kuitenkin vaatii erillisen aurinkopaneelin sähkön tuottoa varten ja akuston, johon saatu sähköenergia voidaan varastoida.

## **5 Ongelmat**

Käytännön sovelluksen kanssa ongelmaksi on muodostunut kompressorin toiminta korkeissa lämpötiloissa. Emme ole vielä löytäneet kompressorivalmistajaa, joka tuottaisi kompressoria, joka pystyisi toimimaan prosessimme vaatimissa olosuhteissa. Kattila on myös komponentti, jota ei löydy suoraan, vaan se pitää teettää.

## **6 Tulevaisuus**

Tuotteen kehittämisen seuraava askel on ehdottomasti prototyypin rakentaminen ja käytännön testaus. Prototyypin kehittäminen vaatisi rahoituksen hakemista ja tuotteen hiomista mahdollisimman kustannustehokkaaksi.

## 7 Yhteenveto

Puhdas juomavesi on elämän edellytys, ja sen puutteesta kärsivät monet maapallolla asuvat ihmiset. Aurinko tarjoaa suurelle osalle maapalloa paljon ilmaisenergiaa, jota voidaan hyödyntää taloteknisiin sovelluksiin. Tislaamalla saadaan valmistettua puhdasta juomavettä epäpuhtaasta vedestä, mutta se ei ole energiatehokas tapa tuottaa sitä. Työssä esiteltiin uudenlainen keksintö, joka mahdollistaa tislattun veden valmistuksen energiatehokkaasti.

Työn teoriaosuudessa käytiin läpi tislaukseen, aurinkoenergiaan ja keksinnössä esiintyvien komponenttien teoriaa. Teoriaosuuden jälkeen paneudutaan keksinnön toimintaan ja sen toimintakaavioon. Keksinnön idea on käyttää tislauksprosessissa hyväksi aurinkoenergiaa, lämmöntalteenottoa ja kompressoria. Kokonaisuus ottaa raakaveden prosessiin, ja lopputuotteena saadaan suolaa tai epäpuhtauksia ja tislattua vettä.

Työn loppuvaiheessa esitellään mahdolliset käytännön sovellukset, joissa keksintöä voidaan soveltaa. Keksintö ei aiheuta rajoituksia käytännön sovelluksen laajuudelle. Samalla idealla voidaan toteuttaa sekä pienen omakotitalon tislauks- että golfkentän kas- teluvedentuottojärjestelmä. Myös keksinnön tulevaisuus ja ongelmat käydään läpi työn loppuosassa.

Työn käyttötarkoitus on olla markkinointiainesto keksinnölle. Tällä materiaalilla voidaan koittaa etsiä mahdollisia sijoittajia ja rahoittajia käytännön sovelluksen prototyypin valmistusta varten. Keksinnölle on haettu patenttia Patentti- ja rekisterihallitukselta. Keksinnön seuraava vaihe olisi rakentaa prototyyppi laitteistosta ja kokeilla laitteiston toimintaa todellisessa elämässä.

## Lähteet

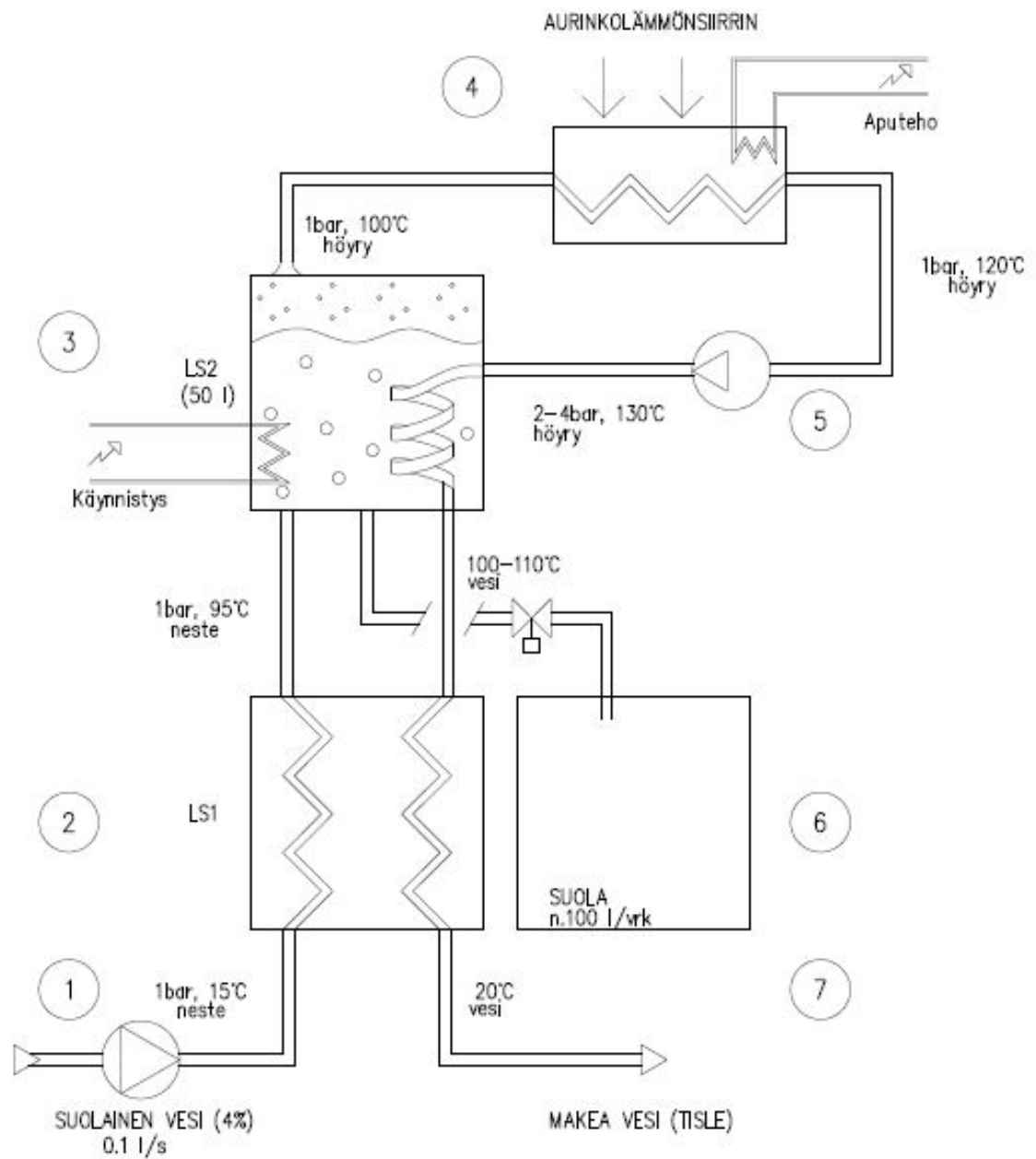
- 1 Riittääkö puhdasta makeaa vettä kaikille maailman ihmisille. 2013. Verkkoaineisto. Ulkoministeriön kehitysviestintä. <http://www.global.finland.fi/Public/default.aspx?contentid=163693>. Luettu 20.4.2013
- 2 Veden kulutus. 2013. Verkkoaineisto. Motiva Oy. [http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/vedenkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus). Luettu 20.4.2013
- 3 Elämän vesi. 2013. Verkkoaineisto. Yhteishyvä. <http://www.yhteishyva.fi/ruoka-ja-reseptit/elaman-vesi/0218010-206539>. Luettu 28.2.2014.
- 4 Käyttöpistekohtainen vedenkäsittely- juomavesi ja tekninen käyttövesi. 2010. Verkkoaineisto. Watman Oy. <http://www.watman.fi/pdf/kaanteisosmoosi.pdf>. Luettu 15.4.2013
- 5 Virtanen, Heidi. 2011. Järviveden puhdistus juomavedeksi. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 6 Tamrotor Kompressorit. 2013. Verkkoaineisto. Tamrotor Oy. <http://www.compressor.fi/www/>. Luettu 15.8.2013
- 7 Erat, Bruno, Erkkilä, Vesa, Löfgen, Timo, Nyman, Christer, Peltola, Seppo, Suokivi, Hannu. 2001. Aurinko-opas: aurinkoenergiaa rakennuksiin. Helsinki: Rakennusalan Kustantajat.
- 8 Pihkala, Juhani. 2005. Prosessitekniikan yksikköprosessit. Helsinki: Opetushallitus.
- 9 Simonen, Tapio. 1996. Orgaanisen kemian synteettiset työmenetelmät. Helsinki: Opetushallitus
- 10 Hautala, Mikko, Peltonen Hannu. 2011. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa 1. Lahti: Lahden Teho-opetus.
- 11 Seilonen, Juhana. 2012. Käänteisosmoosilaitteiston asennus ja käyttöönotto pienellä matkustaja-aluksella. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
- 12 Lampinen, Markku J. 2005. Lämmönsiirtimen mitoitus. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.
- 13 Linnanoja, Juhani. 1996. Lämmönsiirto ja virtaustekniikka 1,2. Espoo: EVTEK
- 14 Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan perusteet 2. Kouvola: Penan tieto-opus.
- 15 Harju, Pentti. 2006. Talotekniikan perusteet 1. Kouvola: Penan tieto-opus.
- 16 Vuorelainen, Olavi. 1983. LVI-teknikka, lämmityslaitosten mitoitus. Otaniemi: Ota-kustantamo.

- 17 Ruuvikompressorit. 2014. Verkkoaineisto. Tamrotor Oy.  
<http://www.compressor.fi/www/pages/tuotteet/ruuvikompressorit-3.0-13.5-bar.php>  
Luettu. 15.8.2013

Kuvat

- 18 <http://www.tpiab.com/res/Plattis/thermokeyplattisar.jpg>
- 19 [http://www.navitron.org.uk/UserFiles/pro\\_sc\(1\).jpg](http://www.navitron.org.uk/UserFiles/pro_sc(1).jpg)
- 20 Oras,  
<http://www.oras.com/fi/professional/products/Pages/ProductVariant.aspx?productcode=4000>
- 21 Oras,  
<http://www.oras.com/fi/professional/products/Pages/ProductVariant.aspx?productcode=4300>
- 23 <http://finlon.fi/tuotteet/lampo-ja-painemittarit-seka-tarvikkeet>
- 24 <http://www.biltema.fi/fi/Rakentaminen/LVI/Putket-ja-putkiosat/Tarvikkeet/Putkieriste-860018/>

## Prosessin toimintakaavio



LS1, mitoitustiedot



SSP G7  
(v 7.0.3.16)

**SINGLE PHASE - Design**  
**Heat Exchanger : IC120Tx180**

Fluid Side 1 : Water  
Fluid Side 2 : Water

Flow Type : Counter-Current

<b>DUTY REQUIREMENTS</b>		<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Heat load	kW	35,01	
Inlet temperature	°C	100,00	10,00
Outlet temperature	°C	15,00	95,00
Flow rate	l/s	0,1000	0,09981
Max. pressure drop	kPa	11,0	11,0
Thermal length		17,0	17,0
<b>PLATE HEAT EXCHANGER</b>		<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	23,5	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	1,49	
Mean temperature difference	K	5,00	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ,°C	294/298	
Pressure drop -total*	kPa	0,0130	0,0131
- in ports	kPa	3,34e-3	3,33e-3
Port diameter	mm	39,0	39,0
Number of channels		89	90
Number of plates		180	
Oversurfacing	%	0	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ,°C/kW	-0,050	
Reynolds number		19,2	17,5
Port velocity	m/s	0,0837	0,0835
<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>		<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Reference temperature	°C	57,50	52,50
Dynamic viscosity	cP	0,485	0,525
Dynamic viscosity - wall	cP	0,504	0,504
Density	kg/m <sup>3</sup>	984,5	986,9
Heat capacity	kJ/kg,°C	4,184	4,182
Thermal conductivity	W/m,°C	0,6519	0,6465
Min. fluid temperature at wall	°C	12,57	
Max. fluid temperature at wall	°C		97,52
Film coefficient	W/m <sup>2</sup> ,°C	605	582
Minimum wall temperature	°C	55,08	55,05
Channel velocity	m/s	2,36e-3	2,33e-3
Shear stress	Pa	0,0211	0,0215



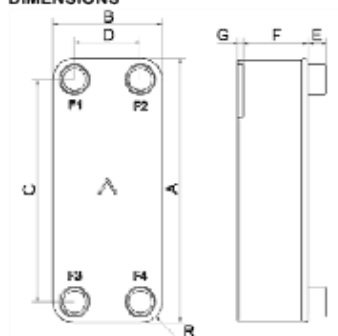
• DOVER COMPANY

**SSP G7**  
(v 7.0.3.16)

**TOTALS**

Total weight (no connections)	kg	83,0
Hold-up volume, inner circuit	dm <sup>3</sup>	21,4
Hold-up volume, outer circuit	dm <sup>3</sup>	21,7
PortSize F1/P1	mm	42,0
PortSize F2/P2	mm	42,0
PortSize F3/P3	mm	42,0
PortSize F4/P4	mm	42,0
NND F1/P1	mm	42,0
NND F2/P2	mm	42,0
NND F3/P3	mm	42,0
NND F4/P4	mm	42,0
Carbon Footprint	kg	583

**DIMENSIONS**



A	mm	525 +/-2
B	mm	243 +/-1
C	mm	456 +/-1
D	mm	174 +/-1
E	mm	27,1 (opt. 54,2) +/-1
F	mm	422 +0,5%/-1,5%
G	mm	4,00 +/-1
R	mm	35,0

Disclaimer: Data used in this calculation is subject to change without notice. Calculation is intended to show thermal and hydraulic performance, no consideration has been taken to mechanical strength of the product. Product restrictions - such as pressure, temperatures and corrosion resistance- can be found in SWEP product sheets and other technical documentation. SWEP may have patents, trademarks, copyrights or other intellectual property rights covering subject matter in this document. Except as expressly provided in any written license agreement from SWEP, the furnishing of this document does not give you any license to these patents, trademarks, copyrights, or other intellectual property.

\*Excluding pressure drop in connections.

## LS2, mitoitustiedot



**SSP G7**  
(v 7.0.3.16)

**SINGLE PHASE - Design**  
**Heat Exchanger : IC10Tx10**

Fluid Side 1 : Water

Fluid Side 2 : Water

Flow Type : Counter-Current

<b>DUTY REQUIREMENTS</b>		<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Heat load	kW	4,031	
Inlet temperature	°C	110,00	95,00
Outlet temperature	°C	100,00	100,00
Flow rate	l/s	0,1000	0,1992
Max. pressure drop	kPa	11,0	11,0
Thermal length		1,39	0,69
<b>PLATE HEAT EXCHANGER</b>		<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Total heat transfer area	m <sup>2</sup>	0,248	
Heat flux	kW/m <sup>2</sup>	16,3	
Mean temperature difference	K	7,21	
O.H.T.C. (available/required)	W/m <sup>2</sup> ,°C	4850/2250	
Pressure drop -total*	kPa	2,20	5,36
- in ports	kPa	0,0221	0,0881
Port diameter	mm	24,0	24,0
Number of channels		4	5
Number of plates		10	
Oversurfacing	%	115	
Fouling factor	m <sup>2</sup> ,°C/kW	0,214	
Reynolds number		1570	2340
Port velocity	m/s	0,221	0,440
<b>PHYSICAL PROPERTIES</b>		<b>Side 1</b>	<b>Side 2</b>
Reference temperature	°C	105,00	97,50
Dynamic viscosity	cP	0,268	0,290
Dynamic viscosity - wall	cP	0,279	0,281
Density	kg/m <sup>3</sup>	954,9	960,2
Heat capacity	kJ/kg,°C	4,221	4,215
Thermal conductivity	W/m,°C	0,6805	0,6782
Min. fluid temperature at wall	°C	97,62	
Max. fluid temperature at wall	°C		103,50
Film coefficient	W/m <sup>2</sup> ,°C	10200	13900
Minimum wall temperature	°C	101,04	100,41
Channel velocity	m/s	0,111	0,176
Shear stress	Pa	8,98	21,7

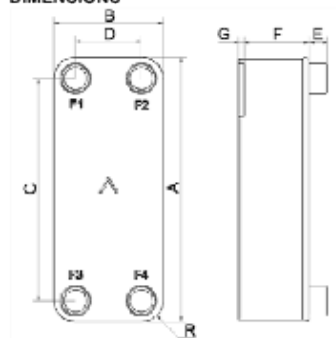


**SSP G7**  
(v 7.0.3.16)

**TOTALS**

Total weight (no connections)	kg	2,35
Hold-up volume, inner circuit	dm <sup>3</sup>	0,244
Hold-up volume, outer circuit	dm <sup>3</sup>	0,305
PortSize F1/P1	mm	24,0
PortSize F2/P2	mm	24,0
PortSize F3/P3	mm	24,0
PortSize F4/P4	mm	24,0
NND F1/P1	mm	18,0 and/or 27,0
NND F2/P2	mm	18,0 and/or 27,0
NND F3/P3	mm	18,0 and/or 27,0
NND F4/P4	mm	18,0 and/or 27,0
Carbon Footprint	kg	16,5

**DIMENSIONS**



A	mm	289 +/-2
B	mm	119 +/-1
C	mm	243 +/-1
D	mm	72,0 +/-1
E	mm	20,1 (opt. 45,1) +/-1
F	mm	26,4 +0,5%/-1,5%
G	mm	6,00 +/-1
R	mm	22,0

Disclaimer: Data used in this calculation is subject to change without notice. Calculation is intended to show thermal and hydraulic performance, no consideration has been taken to mechanical strength of the product. Product restrictions - such as pressure, temperatures and corrosion resistance- can be found in SWEP product sheets and other technical documentation. SWEP may have patents, trademarks, copyrights or other intellectual property rights covering subject matter in this document. Except as expressly provided in any written license agreement from SWEP, the furnishing of this document does not give you any license to these patents, trademarks, copyrights, or other intellectual property.

\*Excluding pressure drop in connections.