

Janne Huhtaniska

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KALVOPAISUNTA-ASTIAN ELINKAAREEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KALVOPAISUNTA-ASTIAN ELINKAAREEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Janne Huhtaniska
Opinnäytetyö
Syksy 2022
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Energiatekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä: Janne Huhtaniska

Opinnäytetyön nimi: Lämmitysjärjestelmän kalvopaisunta-astian elinkaareen vaikuttavien tekijöiden selvitystyö

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Analysis of Factors Affecting to Life Cycle of Heating System's Expansion Vessel

Työn ohjaaja: Veli-Matti Mäkelä

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 29 + 16 liitettä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kalvopaisunta-astioiden elinikään vaikuttavia tekijöitä ja löytää mahdollisia syitä paisunta-astioiden lyhentyneeseen elinkaareen. Nestekiertoisten lämmitysjärjestelmien paisunta-astioita rikkoutuu silloin tällöin ja tuntuma on ollut, että niitä rikkoutuu lyhyemmässä ajassa kuin ennen.

Paisunta-astioiden rikkoutumista selvitettiin kyselyllä, joka lähetettiin myyjä- ja asennusyrityksille ja käyttäjille. Urakoitsijakysely tehtiin kohdennettuna sähköpostikyselynä ja käyttäjäkysely tehtiin Facebook ryhmälle. Rikkoutumisiin vaikuttavia syitä on myös selvitetty avaamalla rikkiäisiä astioita ja tutkimalla niiden kuntoa ja vikoja.

Työn teoriaosuudessa annetaan ohjeet paisunta-astian mitoittamiseen ja valintaan. Työssä esitellään myös eri paisunta-astiatyyppejä.

Paisunta-astioiden materiaalivahvuuksia valmistuksessa on ohennettu nykypäivään tultaessa, mikä vaikuttaa paisunta-astioiden kestävyysasteeseen. Paisunta-astiaa valitessa otettava huomioon astian materiaalien sopivuus käytettävän lämmönsiirtonesteen kanssa. Lämmönsiirtonesteistä esimerkiksi glykoli ei sovi, ilman korroosioinhibiittia käytettäväksi galvanoitujen terästen kanssa sinkin syöpymisen takia. Kyselyiden perusteella selvisi, että maalämmityksen lämmönkeruupiireistä on rikkoutunut paisunta-astioita varsin paljon lyhyessä ajassa. Tarkkaa syytä tähän ei ole löytynyt. Käyttäjät ovat arvelleet ilmausongelmia järjestelmässä.

Asiasanat: kalvopaisunta-astia, korroosio, lämmitysjärjestelmä, lämmönsiirtoneste

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	PAISUNTAJÄRJESTELMÄ	7
2.1	Avoin paisuntajärjestelmä.....	7
2.2	Suljettu paisuntajärjestelmä.....	9
2.3	Suurten laitosten paisuntajärjestelmät.....	10
2.4	Paisuntajärjestelmän mitoitus.....	12
3	KYSELYT	16
3.1	Kokemukset astioiden kestävydestä.....	16
3.2	Astioiden asennustavan ja kunnossapidon vaikutus.....	17
3.3	Käyttäjäkokemukset	18
4	RIKKINÄISTEN ASTIOIDEN TUTKIMUKSET	21
5	LÄMMÖNSIIRTONESTE	24
5.1	Etanolipohjainen lämmönkeruuneste	24
5.2	Vesi-suolapohjainen lämmönkeruuneste	25
5.3	Glykolipohjainen lämmönkeruuneste.....	26
6	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	30

ALKUSANAT

Haluan kiittää Oulun ammattikorkeakoulun opettajia Veli-Matti Mäkelää ja Mikko Niskalaa työn ohjauksesta ja ideoinnista työn aikana.

Kiitokset kuuluvat myös kaikille kyselyihin osallistuville ja rikkiäisiä paisunta-astioita lahjoittaneille.

Opiskelutovereita kiitän avusta opiskelujen aikana ja siitä että tähän pisteeseen on päästy.

7.1.2023

Janne Huhtaniska

1 JOHDANTO

Muuttuvat energiakustannukset muistuttavat asunnonomistajia siitä, että yhden lämmönlähteen varaan ei asunnon lämmitysratkaisua kannata jättää. Tällöin kyseeseen luontevasti tulee hybridimalli, jolla tarkoitetaan kahden tai useamman lämmitysmuodon yhdistelmää. Lämmitysmuotoja voi olla useampikin vuorottelemassa tai myös samanaikaisesti toiminnassa. Vuorottelua voi esimerkiksi olla vuodenajan tai vuorokaudenajan mukaisesti, jolloin hyödynnetään jokaisen lämmitysmuodon parhaat puolet. Tällä tavoin voidaan myös optimoida lämmitystavoista aiheutuvia kustannuksia.

Nestekiertoisen lämmitysjärjestelmän hybridimallissa energiaa ladataan kyseiseen mallin soveltuvaan hybridivaraajaan. Näin ollen jokaiselle tuotantomuodolle täytyy olla oma kiertopiirinsä ja tarvittavat varolaitteensa. Nestekiertoiset lämmitysjärjestelmät on varustettu varolaitteilla, joilla suojellaan käyttäjiä sekä omaisuutta. Nesteiden fysikaalisiin ominaisuuksiin kuuluu kokoonpuristumattomuus ja tilavuuden muutokset lämpötilan funktiona. Nestekiertoisen lämmitysjärjestelmä vaatii oikein toimiakseen paisuntatilaa. Nykyaikaisissa järjestelmissä paisunta on otettu huomioon varta vasten rakennetuilla paisunta-astioilla. Yleisin paisuntalaite nykyään on kalvopaisunta-astia, joka on syrjäyttänyt avoimen paisunta-astian pienemmän korroosiovaaran vuoksi.

Tämän opinnäytetyön lähtökohdista ovat olleet lämmitysjärjestelmien parissa työskentelevien näkemykset siitä, että paisunta-astioiden elinikä on lyhentynyt viime aikoina. Tässä työssä käydään läpi paisunta-astioiden rikkoutumiseen vaikuttavia syitä. Paisunta-astioiden rikkoutumiseen johtavia syitä on selvitetty kyselyillä lämmitysjärjestelmien myyjä- ja asennusyrityksille ja käyttäjille. Rikkoutumisiin vaikuttavia syitä on selvitetty myös avaamalla rikkiäisiä astioita ja tutkimalla niiden kuntoa ja vikoja.

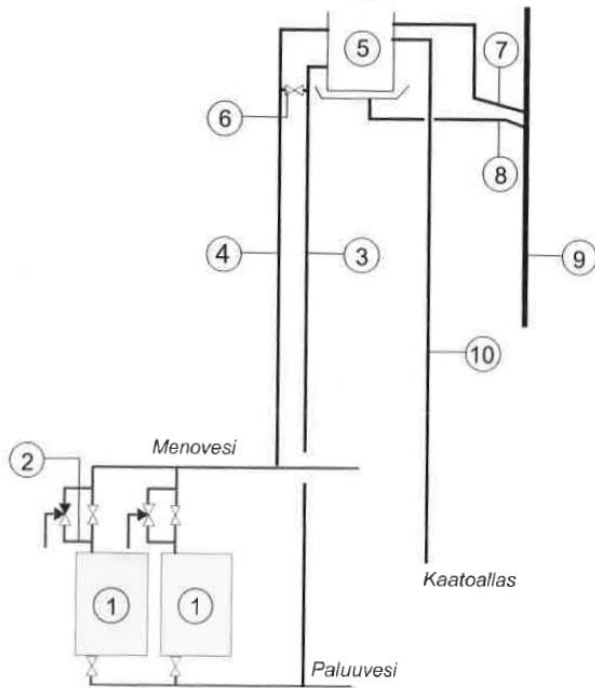
2 PAISUNTAJÄRJESTELMÄ

Paisunta-astian tehtävänä lämmitysverkostossa, jossa kiertää vesi tai veden ja muun aineen seos, on kompensoida nesteen tilavuudenmuutokset suunnitelman mukaisella lämpötila- ja painealueella. Paisunta-astia onkin verkoston tärkeimpiä laitteita. Virheellisen toiminnan seurauksena koko lämmönjakojärjestelmän luotettavuus heikkenee. Paisuntajärjestelmät voidaan jakaa avonaisiin paisuntajärjestelmiin, suljettuihin paisuntajärjestelmiin ja suuremman kokoluokan pumppu- tai kompressoritoimisiin paisuntajärjestelmiin. Viimeksi mainituissa järjestelmissä verkoston painetta seurataan sekä ylläpidetään koneellisesti. (1, s. 94; 2, s.28.)

2.1 Avoin paisuntajärjestelmä

Avoimessa paisuntajärjestelmässä vesi on paisunta-astian kautta yhteydessä ulkoilmaan, ja veteen pääsee näin happea. Happi aiheuttaa paisunta-astian syöpymistä veden ja ilman rajapinnassa. Veteen sekoittunut happi aiheuttaa myös syöpymistä verkoston metalliosille. Avoimen paisunta-astian täytyy sijaita verkoston korkeimmassa kohdassa, joten usein se on ullakolla. Tällöin vesi on vaarassa jäätymään. Saneeraustoimenpiteiden yhteydessä paisunta-astia korvataan kalvopaisunta-astialla

Kuvassa 1 on esimerkkinä avoimella paisunta-astialla varustetusta kattilalaitoksesta. Järjestelmän numeroidut osat ovat seuraavat: 1. kattilat, 2. sulkuventtiilin ohitus, jolla varmistetaan, että kattila on yhteydessä paisunta-astiaan tai ulkoilmaan, 3. paisuntajohto, 4. kiehumajohto, 5. paisunta-astia, 6. säätöventtiili, 7. ylivuotoputki, 8. alustan viemärointi, 9. viemäriputki, 10. merkkijohto.



KUVA 1. Kattilalaitoksen avoin paisuntajärjestelmä (1)

Astia on yhdistetty lämmitysverkostoon paisuntajohdon kautta. Paisuntajohto päättyy paisunta-astian kylkeen tai alaosaan vesipinnan alapuolelle. Jos vesi järjestelmässä laajenee lämpenemisen takia liikaa tai verkostoa täytetään liian nopeasti, ylimääräinen vesi valuu merkkijohtoa pitkin kattilahuoneessa olevaan lattiakaivoon tai kaatoaltaaseen.

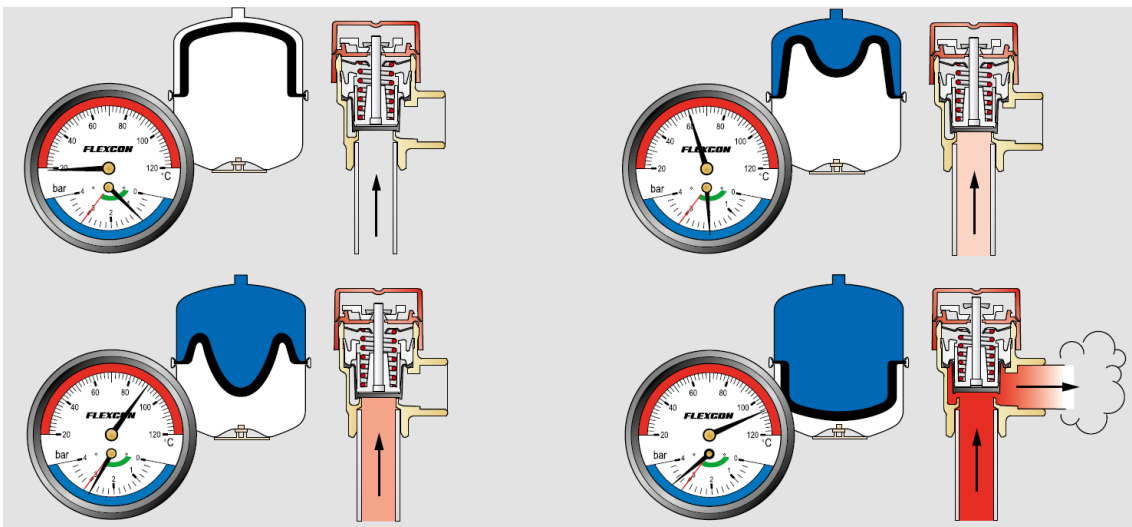
Kiinteän polttoaineen kattilalaitoksessa on olemassa kiehumisvaara. Veden kiehumisen takia lämmitysjärjestelmä saattaa rikkoutua ja siksi kiehumista vältetään. Laitos on varustettu erillisellä kiehumisjohdolla, jonka kautta kiehumisessa syntyvä vesihöyry pääsee purkautumaan paisunta-astian yläosan kautta ulkoilmaan. Jos paisunta-astia tyhjenee, verkoston vedenpinta laskee eikä ylimpiin pattereihin riitä vettä, patterit tuntuvat viileiltä ja huoneet jäätyvät. Isommat laitokset on usein varustettu hälytyspainemittarilla, joka hälyttää verkoston vedenpinnan laskettua liian alas. (1, s. 94; 2, s. 28.)

2.2 Suljettu paisuntajärjestelmä

Suljetussa paisuntajärjestelmässä kalvopaisunta-astia sijoitetaan luontevimmin lämmönjakohuoneeseen, jolloin välttyään jäätymiseltä. Oikein mitoitettu ja asennettu suljettu paisuntajärjestelmä on varsin huoleton mutta vaatii kuitenkin seuranta ja tarkastuksen muutaman vuoden välein.

Suljettuja paisunta-astioita on olemassa kahta perustyyppiä. Näistä ensimmäinen kuvan 2 mukainen kalvopaisunta-astia, jossa on joustava kumikalvo jonka toisella puolella on kaasua, yleisimmin tyyppiä, toisella puolella lämmitysverkoston nestettä.

Kylmänä astian esipaine painaa kalvon paisunta-astian seinämää vasten. Lämmitessään laajeneva neste puristaa kaasua kasaan työntäen kalvoa, jolloin vesitulavuus kasvaa paineen pysyessä muuttumattomana. Jos paine nousee liikaa, varoventtiili aukeaa ja ylimääräinen vesi/höyry purkautuu. Näin käy lämpötilan noustessa liian korkeaksi, järjestelmän ollessa väärin mitoitettu tai jos järjestelmässä on liikaa nestettä. (1, s.94–95. 2, s.29)



KUVA 2. Kalvopaisunta-astia (3, s. 21)

Toinen astiatyyppi on pussipaisunta-astia, jossa laajentunut neste virtaa kumista valmistettuun pussiin. Neste ei ole kosketuksissa säiliön rakenteen metalliosien kanssa. Näin minimoidaan korrosio paisunta-astiassa. Pussin ja säiliön välissä on täyttökaasu. Kyseinen paisunta-astiatyyppi on yleensä varustettu vaihdettavalla kalvolla. Pussipaisunta-astian rakenne selviää kuvassa 3. (2, s. 29.)



KUVA 3. Pussipaisunta-astian rakenne (4)

2.3 Suurten laitosten paisuntajärjestelmät

Suuren kokoluokan laitoksissa, korkeissa rakennuksissa tai kun halutaan kooltaan pienempi paisunta-astia, käytetään kompressori- ja pumppuohjattuja paisunta-astioita. Pienemmän astian tarve voi syntyä esimerkiksi tilanpuutteesta tai jos halutaan vesitilavuutta pienemmäksi. Pienemmällä astiakoolla voidaan välttyä paisunta-astian rekisteröintivelvollisuudelta. Rekisteröintiraja on 3000 barilitraa. Raja voidaan laskea kaavan 1 mukaisesti. (5.)

$$P_s \times V = 3000 \text{ barl} \quad (\text{KAAVA 1})$$

jossa

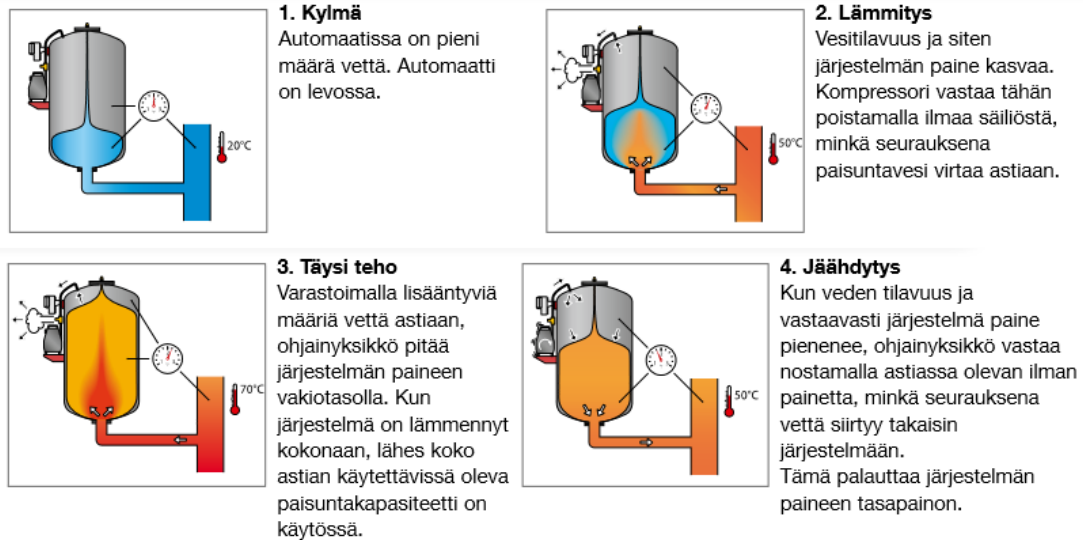
P_s = suurin sallittu käyttöpaine (bar)

V = kokonaistilavuus (l), kun sisältö on vaaratonta kaasua ja korkein sallittu lämpötila 120 °C

Paisunta-astia voidaan jakaa myös kahteen tai useampaan osaan, jolloin säädös koskee aina kutakin paisunta-astiaa kerrallaan (5; 6, s. 1–2.).

Kompressorikäyttöisessä paisuntayksikössä järjestelmän paisuntaneste varastoidaan. Kyseinen yksikkö myös pitää järjestelmäpaineen esiasetetulla tasolla määritettyjen rajojen puitteissa. Neste ja paineilma erotetaan toisistaan vaihdettavalla butyylikumisella kalvolla, jonka diffuusiotiheys on

suuri. Kuvasta 4 selviää kyseisen yksikön toimintaperiaate. Järjestelmän jäähtyessä paine laskee ja kompressor nostaa järjestelmän asetetulle tasolle. (1, s.97)



KUVA 4. Kompressorikäyttöinen paisunta-astia (7 s. 50)

Kuvion 5 mukaisessa pumppukäyttöisessä paisuntajärjestelmässä verkoston paineenpito hoidetaan pumpun avulla. Pumppuyksiköiden yhteydessä käytettävä paisunta-astia on varustettu butyylikumikalvolla. Jäähtyessään järjestelmässä oleva neste supistuu ja paine pienenee, jolloin paine-ohjauksen ohjaama pumppu käynnistyy ja pumppaa vettä verkostoon. Pumppukäyttöisellä paisunta-automaatilla varmistetaan vakiopaine lämmitys-, jäähdytys- ja ilmastointijärjestelmissä.

5. Täyttö

Jos astian vedenpinta laskee kriittiselle tasolle, vesijohtoverkosta pumpataan varovasti sopiva määrä vettä järjestelmään.

Vedestä poistetaan ilma (painehäviöllä ja PALL-renkailla) ennen astiaan menoa.

1. Kylmä

Automaatissa on pieni määrä vettä. Pumppu ei käy.

2. Lämmitys

Vesitilavuus ja järjestelmän paine kasvaa. Yksikkö reagoi tähän avaamalla magneettiventtiiliin. Vesi virtaa paineettomaan astiaan. Paineen alennuksen ja PALL-renkaiden läsnäolosta johtuen astiassa olevasta vedestä poistuu ilma.

4. Jäähdytys

Vesitilavuus ja järjestelmän paine pienenee. Vesi, josta on poistettu ilma, pumpataan paineettomasta astiasta takaisin järjestelmään. Tämä palauttaa järjestelmän paineen.

3. Täysi teho

Toiminta maksimi kuormalla. Varastoidessaan lisääntyvää vesimäärää, automaatti pyrkii säilyttämään vakioapaineen verkostossa. Kun järjestelmä on täysin lämmennyt, paisunta-astia on lähes täynnä.

KUVA 5. Pumpukäyttöinen paisuntajärjestelmä (5 s.61)

2.4 Paisuntajärjestelmän mitoitus

Paisunta-astian oikeanlainen mitoitus on tärkeää järjestelmän toimivuuden kannalta. Paisunta-astian LVI 11–10472 kortin mukaista mitoitusta varten tarvitaan taulukon 1 mukaiset tiedot. (6.)

TAULUKKO 1. Mitoituksessa vaadittavat tiedot

Verkoston kokonaisvesitilavuus [V_0]	dm ³
Verkoston enimmäislämpötila mitoitustilanteessa [t_m]	°C
Korkeusero laitoksen ylimmän laitteen ja paisunta-astian alareunan välillä eli staattinen paine [h]	kPa
Verkoston suurin sallittu käyttöpaine	kPa

Varoventtiilin avautumispaineeksi valitaan yhtä suuri tai pienempi kuin järjestelmän suurin sallittu käyttöpaine. Kalvopaisunta-astian tilavuus voidaan laskea kaavoilla 2–6. Laskennassa täytyy käyttää absoluuttisia painearvoja. Esimerkkikohteen tiedot ja laskujen tulokset selviävät taulukosta 2. (6.)

TAULUKKO 2. Esimerkkikohteen lähtötiedot ja laskelmat.

t_m	70 °C		
a	2,28 %		
V_0	950 dm ³		
h	6,5 m		
p_{sv}	300 kPa (YP)	400 kPa (ABS)	
p_{stat}	65 kPa		
p_{es}	70 kPa (YP)	170 kPa (ABS)	
p_{min}	120 kPa (YP)	220 kPa (ABS)	
p_{max}	250 kPa (YP)	350 kPa (ABS)	
H_{brutto}	0,51		
H_{vara}	0,23		
H_{netto}	0,29		
K_{mit}	3,48		
V	75,47 dm ³		

Kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuuden suhdeluku lasketaan kaavalla 2.

$$H_{brutto} = 1 - P_e / P_{max} \quad (\text{KAAVA 2})$$

jossa

H_{brutto} = kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuuden suhdeluku

P_e = paisunta-astian absoluuttinen esipaine kPa valitaan 1–10 kPa suuremmaksi kuin staattinen paine, pyöristäen seuraavaan tasakymmeneen

P_{max} = absoluuttinen enimmäiskäyttöpaine kPa (pienempi seuraavista: $P_{sv} - 50$ kPa tai $0,9 \times p_{sv}$)

Kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuuden suhdeluku on siis

$$H_{brutto} = 1 - 170 \text{ kPa} / 350 \text{ kPa} = 0,51$$

Kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuuden suhdeluku lasketaan kaavalla 3

$$H_{vara} = 1 - P_e / P_{min} \quad (\text{KAAVA 3})$$

jossa

H_{vara} = kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuuden suhdeluku

P_e = paisunta-astian absoluuttinen esipaine, kPa

P_{min} = absoluuttinen vähimmäiskäyttöpaine kPa ($P_e + 50$ kPa)

Kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuuden suhdeluku on siis

$$H_{vara} = 1 - 170 \text{ kPa} / 220 \text{ kPa} = 0,23$$

Kalvopaisunta-astian nettonestetilavuuden suhdeluku lasketaan kaavalla 4.

$$H_{netto} = H_{brutto} - H_{vara} \quad (\text{KAAVA 4})$$

jossa

H_{netto} = kalvopaisunta-astian nettonestetilavuuden suhdeluku

H_{brutto} = kalvopaisunta-astian bruttonestetilavuuden suhdeluku

H_{vara} = kalvopaisunta-astian häiriö/vuotovara nestetilavuuden suhdeluku

Kalvopaisunta-astian nettonestetilavuuden suhdeluku on siis

$$H_{netto} = 0,51 - 0,23 = 0,29$$

Kalvopaisunta-astian mitoituskerroin lasketaan kaavan 5 mukaisesti

$$K_{mit} = 1 / H_{netto} \quad (\text{KAAVA 5})$$

jossa

K_{mit} = paisunta-astian mitoituskerroin laskettuna

H_{netto} = kalvopaisunta-astian nettonestetilavuuden suhdeluku

Kalvopaisunta-astian mitoituskerroin on siis

$$K_{mit} = 1/0,29 = 3,48$$

Kalvopaisunta-astian tilavuus lasketaan kaavan 6 mukaisesti.

$$V = a \times K_{mit} \times V_0 \quad (\text{KAAVA 6})$$

jossa

V = kalvopaisunta-astian tilavuus dm^3

V_0 = laitoksen vesitilavuus dm^3

a = nesteen lämpölaajenemiskerroin %

K_{mit} = paisunta-astian mitoituskerroin laskettuna

Kalvopaisunta-astian tilavuudeksi saadaan siis

$$V = 2,28 \% \times 3,48 \times 950 \text{ dm}^3 = 75,5 \text{ dm}^3$$

Paisunta-astiaksi valitaan seuraava isompi astiavalmistajan vakiokoko. Tässä tapauksessa voitaisiin esimerkiksi valita 80 litran astia.

3 KYSELYT

Kalvopaisunta-astioiden kestävydestä tietoa hankittiin kyselyllä asennus- ja myyjäyrityksille sekä käyttäjille. Yrittäjille kysely suoritettiin suorilla sähköpostiviesteillä. Ensimmäinen viesti oli lyhyt tiedustelu siitä, onko heillä ollut ongelmia paisunta-astioiden kanssa. Vastaukset sai antaa omin sanoin. Jatkokysymyksiä yrityksille esitettiin, jos siihen oli aihetta. Kyselyviestejä lähetettiin 16 eri taholle. Vastauksia tuli 5 kappaletta.

Kyselyissä yrityksille kävi ilmi, että paisunta-astiat eivät ole kestäneet enää niin hyvin kuin kymmenkunta vuotta sitten. Paisunta-astioissa on ollut vikaa jo uutena tai ne ovat rikkoutuneet joissain tilanteissa pian asennuksen jälkeen.

Käyttäjille suunnattu kysely suoritettiin Facebookissa, jossa toimii Maalämpöfoorumi-niminen ryhmä. Ryhmän jäsenmäärä on noin 13000, ja ryhmään voi liittyä jokainen maalämmöstä kiinnostunut. Ryhmässä jäsenet voivat käydä keskustelua maalämmitykseen liittyen. Ryhmässä suoritettiin kysely, jossa tiedusteltiin, onko maalämmityksen käyttäjillä ollut ongelmia kalvopaisunta-astioiden kanssa. Kyselyn perusteella ongelmia on ollut. Seuraavissa luvuissa käsitellään sekä Facebook-, että sähköpostikyselyn tuloksia. Käyttäjiltä saatiin 230 vastausta.

3.1 Kokemukset astioiden kestävydestä

Kilpailu paisunta-astioiden markkinoilla varmasti hyvinkin tiukkaa, sillä halvemman hintaluokan, kaupan omilla merkeillä mainostetuissa paisunta-astioissa laatu on ollut heikompaa, kuin niin sanotuissa merkkiastioissa. Hieman kalliimmat valmistajien omat merkit ovat kestäneet paremmin. Valmistuksen ja toimitusketjun katetta halutaan varmasti jatkuvasti parantaa. Esimerkkinä Reflexin punainen astia on ollut ennen ihan kelpo astia. Sittemmin astian väri on muuttunut harmaaksi ja samassa tilanteessa astioiden laatu on huonontunut hinnan pysyessä kuitenkin samana. (8.)

Mielipiteet astioiden rikkoutumisen syistä ovat usealla kyselyihin vastaajalla saman suuntaisia. Maalämmityksen keruupiirin astiat ruostuvat pistekorroosiona puhki. Lämmityspuolella rikkoutumisen syynä on kalvon puhkeaminen. Kalvojen laadun heikentymisen syyksi on arveltu tiettyjen ke-

mikaalien poistumista, tiukentuneiden Euroopan unionin määräyksien takia. Yksi syy maalämpöastioiden korroosioon voi olla keruunesteen alhainen lämpötila, jolloin happi ei poistu järjestelmästä. Myös paineenvaihteluita on ollut järjestelmissä, mikä viittaisi ilmaan järjestelmässä. (8; 9.)

Yksi urakoitsija kertoo, että heille tulee vuodessa noin 10 tapausta, joissa 7–10 vuotta vanha paisunta-astia rikkoutuu ja rikkoutumisen syynä on ollut yleensä kalvon puhkeaminen. Rikkoutuneet paisuntasäiliöt ovat jakautuneet aika tasaisesti eri lämmitysmuotojen kesken. Oulussa kaukolämpö on käytetyin lämmitysmuoto, joten rikkoutumisia niissä järjestelmissä on ollut luonnollisesti eniten. Omakotitaloluokan paisuntasäiliöillä vaihdon tarve on usein ollut alle 10 vuoden käytön jälkeen. (8.)

Kyselyiden vastauksissa on tullut myös esiin esipaineen katoaminen, joka on johtanut ongelmiin järjestelmissä. Yhtenä syynä tähän on arveltu huonolaatuista venttiiliä. Myös paineiden lisäys pitäisi tehdä aina tyypellä, mutta jos siihen ei ole mahdollisuutta myös tavallisella paineilmalla esipaineen lisäys onnistuu. Ilmassa on tyypeä valtaosa, mutta siinä oleva happi voi aiheuttaa korroosiota. Eräessä urakointiyrityksessä on kiinnitetty huomiota esipaineongelmaan ja kaikki urakkakohteiden astiat tarkastetaan yrityksen tiloissa ja astioihin merkitään oleelliset painealueet. Mikäli painetta täytyy lisätä astiaan, se tehdään tyypellä. (8.)

3.2 Astioiden asennustavan ja kunnossapidon vaikutus

Sähköpostikyselyissä tiedusteltiin, onko asennustavalla tai paisunta-astian sijainnilla järjestelmässä ollut vaikutusta paisunta-astioiden kestävyYTEEN. Ilmeni, että tällä ei ole havaittu olevan merkitystä. Merkittävämpää on ollut, pääseekö paisunta-astiaan kulkeutumaan sakkaa putkistosta tai mikä on ollut paisunta-astiaan tulevan nesteEN lämpötila. (8.)

Sähköpostikyselyissä tiedusteltiin myös astioidEN huollosta ja kunnossapidosta. Suositus olisi tarkistaa paisunta-astian esipaine 3 vuoden välein sekä tarpeen vaatiessa (2). Kyselyiden perusteella ammattilaiset tekevät jonkun verran. Ne liittyvät yleensä isompiEN kohteiden sopimuksiin. Siitä, että tekevätkö pienempiEN kohteiden käyttäjät itse toimenpiteitä, ei ole juurikaan tietoa. Urakoitsijat eivät näe huoltoa niin kauan, kun astioidEN laatu pysyy heikkona. (8.)

3.3 Käyttäjäkokemukset

Facebookissa toimivassa Maalämpöfoorumi-nimisessä ryhmässä suoritettiin kysely rasti ruutuun menetelmällä, jossa tiedusteltiin, onko maalämmityksen käyttäjillä ollut ongelmia kalvopaisunta-astioiden kanssa. Kyselyyn saatiin 230 vastausta. Sosiaalisen median ryhmien luonteeseen kuuluu, että kanssakäyminen on usein aika suoraviivaista ja mielipiteitä voidaan esitellä ilman mitään todenperäisyyttä. Tämä täytyy ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa.

Kyselyssä paisunta-astiat jaettiin kolmeen ikäluokkaan: Alle 5-vuotiaisiin, 5-10 vuotiaisiin ja yli 10-vuotiaisiin. Jokaisessa ikäluokassa oli astian rikkoutumisen syinä vaihtoehdot ruostuminen tai kalvon rikkoutuminen. Kolmantena vaihtoehtona oli, että ongelmia ei ole ollut. Kyselyyn oli myös mahdollista lisätä omia vastausvaihtoehtoja. Lisättyjä vastausvaihtoehtoja tuli 3 ja ne olivat, että ongelmia ei ole ollut 20 vuotta vanhan astian kanssa, järjestelmässä ei ole kalvopaisunta-astiaa ja kysely oli ajanhukkaa.

Liitteessä 1 on kyselyn tuloksia alle 5-vuotiaista astioista. Kyseisen kategorian vastauksia tuli yhteensä 78 kappaletta. Vastauksista 38 kappaletta (~49 %) oli, että ongelmia ei ole ollut. Paisunta-astian ruostumisen vastauksia tuli 12 (~15 %), ja astian kalvon rikkoutumisen 28 (~36 %) kappaletta. Kun puhutaan näinkin nuoresta astiasta niin rikkoutuneiden astioiden vastausten suuri osuus vastauksista herättää ajatuksia, että onko astioiden kestävyydelle tapahtunut jotain. Vastaukset ovat linjassa urakoitsijoilta saatujen vastausten kanssa. Kuvassa 6 vastausten prosentuaalinen jakauma. (9.)

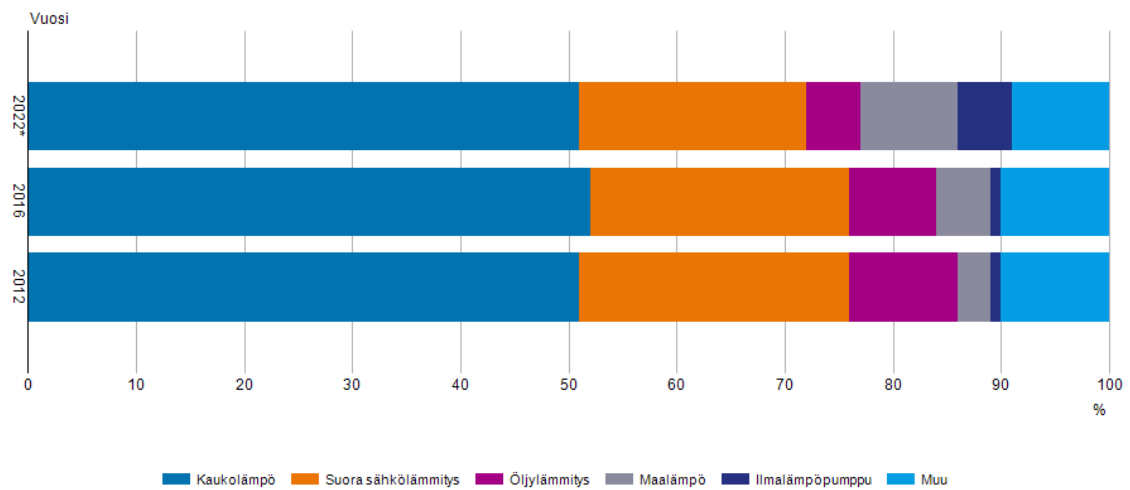


KUVA 6. Alle 5 vuotta vanhan paisunta-astian vastausten jakauma

Liitteessä 2 on 5-10 vuotta vanhojen astioiden vastaukset. Verrattuna edellisen kategorian vastauksiin kaikkien vastausten lukumäärä on sama. Vastaajien osuus, joilla ei ole ollut ongelmia paisunta-astioiden kanssa on kasvanut 45:een (~58 %). Astioiden rikkoutumisen syiden vastausten jakauma on: ruostumalla ~12 % ja kalvo rikkoutunut ~31 %. (9.)

Liitteen 3 vastauksissa, jotka koskevat yli 10 vuotta vanhoja astioita, on havaittavissa trendi, että rikkoutuneiden astioiden osuus pienenee verrattuna aikaisempiin vastauksiin. Tällainen trendi voisi selittyä sillä, että maalämpöjärjestelmät ovat varsin nuori lämmitysmuoto verrattuna esimerkiksi öljylämmitykseen. Kuvasta 7 ja liitteen 5 tiedoista selviää, että maalämmön osuus koko Suomen kotitalouksien lämmitysmuodoista on vuodesta 2012 vuoteen 2022 kasvanut 3 prosentista 9 prosenttiin. Tämä selittäisi sen, että myös laitteiden rikkoutumisia tapahtuu enemmän. (9.)

Kotitalouksien kulutus muuttujina Lämmitystapa ja Vuosi. Kaikki talotyypit, Prosentti.



KUVA 7. Kotitalouksien lämmitysenergian kulutus prosentteina

Litteen 5 ylimääräisissä vastauksissa 6 vastaajaa ilmoitti, että järjestelmässä ei ole kalvopaisunta-astiaa. Joissain järjestelmissä voidaan käyttää muovista läpinäkyvää avoastiaa. Tällainen astiatyyppi ei ole suotava, sillä sen kautta järjestelmään pääsee happea ja edellä mainittuja ongelmia voi tulla. (8; 9.)

4 RIKKINÄISTEN ASTIOIDEN TUTKIMUKSET

Paisunta-astioiden kuntotutkimuksia varten pyydettiin LVI-urakoitsijoilta ja tässä työssä mukana olleilta henkilöiltä viallisia paisunta-astioita. Astioita saatiin 10 kappaletta ja niitä oli kahta tyyppiä: astioita kumikalvolla ja kumipussilla. Suurempi osa astioista oli lämmityskierron paisunta-astioita, mutta joukossa oli myös maa- ja aurinkolämmityksen lämmönkeruupiirin astioita. Vanhin astioista oli vuonna 1976 Reflexin valmistama pallon muotoinen paisunta-astia, jota voitiin käyttää verrokkiastian pitkästä kestäneestä astiasta. Yksi astioista saatiin Oulun Juurestiellä sijaitsevasta omakotikohteesta, jossa oli mahdollista käydä tutustumassa itse kohteeseen ja sen lämmitysjärjestelmiin. Liitteissä 6–16 on tietoja ja kuvia astioista.

Ennen tarkempaa tutkimusta astioita arvioitiin silmämääräisesti ja astioiden tyyppikilven tiedot otettiin ylös. Viallisia astioita tutkittiin sahaamalla ne auki ja analysoimalla sisäpuolisia pintoja silmämääräisesti löytykö niistä mitään poikkeavaa. Paineistamalla astiat voitiin havainnoida, löytykö kumikalvosta vuotoja. Avatuista astioista mitattiin seinämävahvuudet ja kumikalvon paksuus.

Tyyppikilpien perusteella osa lämmitysverkoston astioista olisi kohtuullisen vanhoja. Kyselyiden perusteella kuitenkin astioiden elinikä olisi lyhentynyt. Astioiden tarkkaa asennusaikaa ei ole tiedossa, mutta nyrkkisääntönä voi käyttää puolta vuotta valmistuksen ja asennuksen välillä. Reflexin harmaasta ja jalustalla olevasta astiasta valmistusajankohta puuttui, mutta haastattelun perusteella ne olisivat varmuudella alle 10 vuotta vanhoja. (8.)

Haastattelujen perusteella saatuja tietoja astioiden laadun heikentymisestä tukee seinämien ja kumikalvojen mittaustulokset. Vanhassa Reflexin astiassa seinämän vahvuus oli 3 mm, kun taas uudemmissa astioissa samalta valmistajalta seinämävahvuus pienimillään oli 1 mm. Kuva 8 havainnollistaa eroa seinämävahvuudessa.



KUVA 8. Kaksi kalvopaisunta-astiaa. Ylhäällä harmaa Reflex seinämävahvuus 1 mm, alhaalla pyöreä Reflex seinämävahvuus 3 mm

Kuvassa 9 on Juurestien avattu paisunta-astia. Astia on sijainnut maalämmön vaakakeruupiirissä. Keruupiiriä on käytetty hyväksi ilmanvaihdon tuloilman esilämmityspatterissa. Keruunesteenä on 40 prosenttinen Naturet-etanoli-vesiseos. Astia on ruostunut puhki. Astiasta on havaittavissa kyljessä oleva reikä ja vuodosta johtuvaa ruostetta putkilähdön juurella. Astia on roikkunut vapaasti putken varassa. Putkilähdön juureen on voinut kohdistua mekaanista rasitusta asennuksessa tai käytön aikana ja metalli on murtunut. Reikä kyljessä on voinut myös tulla asennuksessa tulleen vaurion seurauksena. On myös havaittavissa, että astian kumi on ollut kiinni astian seinämässä. Jos kyseinen tilanne on kestänyt pitkään, on mahdollista, että on syntynyt korroosiota tavallista nopeammin. Liitteessä 12 on lisää astian tietoja ja kuvia.



KUVA 9. Juurestien avattu astia

5 LÄMMÖNSIIRTONESTE

Nestekiertoisissa lämmitysjärjestelmissä täytyy kiinnittää huomiota siihen, soveltuuko neste käytettäväksi järjestelmän muiden materiaalien kanssa. Putkistossa virtaavassa nesteessä on ilman lisäksi kiintoaineita. Näitä aineita pääsee järjestelmään pumpun kulumisen, liuoksen aiheuttaman korroosion ja järjestelmän työstön aikaisten jäänteiden kautta. Liuoksessa olevat epäpuhtaudet voivat aiheuttaa järjestelmissä monenlaisia ongelmia. Yleisiä ongelmia epäsopivien materiaalien kanssa on etenkin korrosio ja järjestelmän tukkeutuminen. (15.)

Vesikeskuslämmitysverkostoissa siirtonesteenä käytetään vettä. Kyseisessä verkostossa käytettävät lämpötilat ovat yleensä verrattain korkeat, että veden sisältämä happi poistuu järjestelmästä. Tämän takia paisunta-astioiden rikkoutumisia korroosion takia ei juurikaan tapahdu. (13.)

5.1 Etanolipohjainen lämmönkeruuneste

Maalämpöjärjestelmien lämmönkeruunesteenä käytetään etanoli-vesi- tai suola-vesiseosta. Etanolilla ja suolalla lasketaan nesteen jäätymispistettä. Tämä on erittäin tärkeää, sillä lämmönkeruuneste palaa usein kiertoon lämpötilan ollessa 0 °C:n alapuolella.

Etanolipohjaisista lämmönsiirtonesteistä esimerkkituotemerkkinä on Naturet-lämmönsiirtoneste, joka soveltuu käytettäväksi sekä maalämpöratkaisuissa että lämmöntalteenotto- ja jäähdytysjärjestelmissä. Naturet-lämmönsiirtoneste sisältää inhibiittejä, joilla estetään järjestelmän korrosio. Naturet tuoteperheestä löytyy pohjavesialueille soveltuvia GeoSafe-tuotteita, jotka eivät sisällä korrosioinhibiittiseosta. Vaikka lämmönsiirtoneste sisältäisikin korrosioinhibiittia niin on otettava huomioon se, että paisunta-astiassa oleva neste ei juurikaan pääse vaihtumaan. Tarkempaa tutkimustietoa siitä, kuluuko inhibiitti seisovasta nesteestä ei ole saatavilla. Metallien käytettävyys etyylialkoholin kanssa selviää taulukosta 3. Huomioitavaa on, että kaikkien listauksen metallien kanssa täytyy käyttää korrosioinhibiittia. (16; 17.)

TAULUKKO 3. Metallien käytettävyys etyylialkoholin yhteydessä (15.)

Etyylialkoholi - vesi, C ₂ H ₅ OH + H ₂ O	
Sopivat metallit	Sopimattomat metallit
kupari	
messinki	
ruostumattomat teräkset	
alumiini	
pronssi	
valurauta*	
hiiliteräs*	
* Vesipitoisuuden ollessa suuri tapahtuu korroosiota	
Kaikki materiaalit vaativat oikean inhibiitin käyttöä	

5.2 Vesi-suolapohjainen lämmönkeruuneste

Vesi-suolaseoksesta esimerkkinä on Freezium-lämmönsiirtoneste, jossa jäätymisenestoaineena käytetään kaliumformiaattia, joka on muurahaishapon kaliumsuola. Kaliumformiaatti on helposti biohajoavaa, mutta aineen joutumista ympäristöön täytyy kuitenkin välttää. Useimmat tavanomaiset materiaalit soveltuvat Freeziumin kanssa. Soveltumattomia materiaaleja ovat sinkki (Zn), alumiini (Al) ja kuumasinkitty teräs, jotka korrodoituvat nesteen vaikutuksesta. Näitä materiaaleja ei saa käyttää suorassa kosketuksessa nesteen kanssa. Valurautaosien käyttöä tulee välttää, ja niiden käyttö jatkuvasti yli +40 °C:n lämpötiloissa ei ole suositeltavaa. Valurauta on pyrittävä korvaamaan hiiliteräksellä, pronssilla tai ruostumattomalla teräksellä. Sinkkikadon kestävä messinkiä voidaan käyttää asettaen kuitenkin etusijalle mahdollisimman vähän sinkkiä sisältävät kuparimetallit. (18,19) Freeziumin käyttö on yleisempää isommissa teollisuuskokoluokan järjestelmissä verrattuna kotitalousluokan järjestelmiin (16).

Merkitsevä tekijä korroosiossa on nesteen pH-arvo. Sinkki on stabiili välillä 6–12,5 pH. Näiden arvojen ulkopuolella korroosionopeus kasvaa. Kovat vedet, jotka sisältävät kalkkia ja magnesiumia syövyttävät sinkkiä hitaammin. Pehmeät vedet ilman suoloja syövyttävät sinkkiä nopeammin. Vedden virtausnopeudella on myös merkitystä korroosion etenemiseen. Virtausnopeuden ollessa yli 0,5 m/s suojakerroksen muodostuminen sinkin pinnalle estyy ja korroosio etenee.

Veden lämpötilalla on suuri merkitys sinkin syöymiseen, jos veden lämpötila on 55–100 °C, tulevat sinkin pinnalle muodostuneet korroosiotuotteet karkearakeisiksi ja niiden kiinnittyvyys sinkin pintaan heikkenee ja korrosio jatkuu nopeasti. (20.)

Lämmönsiirtonesteeseen sitoutunut lika, saostumat ja muut epäpuhtaudet edesauttavat materiaalien syöymistä ja voivat tukkia lämmönsiirtimen, joten järjestelmät pitää aina varustaa lianerottimilla. Lianerottimissa on oltava mahdollisuus tyhjennykseen ja ne tulee asentaa jokaiseen verkostoon paikkaan, jossa ne on helppo puhdistaa ja huuhdella käsiventtiileillä suoraan viemäriin. Suurempiin verkostoihin on lisäksi syytä asentaa primäärilämmönsiirtimen yhteyteen erityinen ilman- ja lianerotin. (19.)

5.3 Glykolipohjainen lämmönkeruuneste

Aurinkokeräinjärjestelmän lämpötilat voivat kohota useisiin satoihin asteisiin kesäaikana. Tässä tapauksessa lämmönsiirtonesteen lämpötila asettaa rajoituksensa käytettäville lämmönsiirtoputkistojen ja laitteiden materiaaleille. Paisunta-astiaa valittaessa täytyy ottaa huomioon soveltuvuus aurinkolämpöjärjestelmiin. Suomen olosuhteissa lämmönsiirtonesteinä käytetään vesi-glykoliseosta, jolla estetään lämmönsiirtopiirin ja nesteen jäätyminen talvella. Sinkittyjä materiaaleja ei suositella käytettäväksi vesijärjestelmissä, sillä vesi-glykoliseoksessa sinkki reagoi inhibiittien kanssa muodostaen sakkaa ja voi mahdollisesti aiheuttaa myöhempiä ongelmia. Putkiston ja laitteiden materiaaleiksi suositellaan käytettäväksi terästä, ruostumatonta terästä tai kuparia. (21.)

Etyleeniglykolin kanssa soveltuvat metallit selviävät taulukosta 4.

TAULUKKO 4. Metallien käytettävyys etyleeniglykolin yhteydessä (19)

Etyleeniglykoli - vesi, $C_2H_4(OH)_2 + H_2O$	
Sopivat metallit	Sopimattomat metallit
ruostumattomat teräkset	galvanoitu teräs
pronssi	sinkki
valurauta	Cu-Al-galvaaninen pari
kupari	alumiini
messinki	hiiliteräs
pehmeäjuote	
Kaikki materiaalit vaativat oikean inhibiitin käyttöä	

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää paisunta-astioiden elinikään vaikuttavia tekijöitä ja löytää mahdollisia syitä paisunta-astioiden lyhentyneeseen elinkaareen. Työn tavoitteena oli myös olla tulevaisuudessa apuna maalämmityksen suunnittelijoille ja asentajille.

Kyselyissä tuli ilmi, että paisunta-astioiden kestävydessä olisi parantamisen varaa. Paisunta-astioiden valmistajien olisi hyvä kiinnittää huomiota materiaalivalintoihin. Myös lämmitysjärjestelmiä suunniteltaessa ja asennettaessa tulisi kiinnittää huomiota oikeisiin osavalintoihin.

Osana lämmitysjärjestelmää paisunta-astian tehtävänä on ottaa vastaan mekaanisia voimia, joten rikkoutumisen riski on luonnollisesti olemassa. Paisunta-astiaa valittaessa on otettava huomioon, aiheuttaako käytettävä lämmönsiirtoneste korroosiota. Etenkin sinkittyjen materiaalien kanssa täytyy olla varmuus, ettei korrosio aiheuta ongelmia myöhemmin. Sähkösinkitykseen verrattuna sinkityksen paksuus on suurempi kuumasinkityssä materiaaleissa. Näin ollen myös korroosionkestävyys on parempi.

Tätä työtä tehtiin ainoastaan syksyn ajan, joten käytön aikaista tietoa ei ehtinyt juurikaan kertyä. Paikallaan olisi ollut kerätä astioita eri vuodenajoilta. Tällöin olisi voinut tehdä päätelmiä, onko esimerkiksi lämmityskauden alkamisella vaikutusta paisunta-astioiden käyttäytymiseen.

Työn tekemisen seurauksena oma osaaminen karttui merkittävästi. Kohdalle sattui myös tilanne, jossa eräällä lämmitysjärjestelmän käyttäjällä oli ongelmia lämmityksen kanssa, joten osasin neuvoa häntä tarkistamaan paisunta-astian, joka paljastui rikkoutuneen.

LÄHTEET

1. Harju, Pentti 2010. Lämmitystekniikan oppikirja. 4. uudistettu painos. Kouvola: Penan tietopus.
2. Auranen, Asko 2010. Pientalolämmityksen huolto ja kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.
3. Flamco 2022. Flamco Tuoteluettelo 2014/2015. Suomi. Hakupäivä 11.11.2022. https://flamcogroup.com/media/files/documentation/doc_fin_h1_2014.pdf.
4. Baseflex 8–80. Paisunta-astiat suljettuihin lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmiin. Hakupäivä 14.11.2022. https://flamcogroup.com/media/products/baseflex_18_sec1_f73774.jpg.
5. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös painelaiteturvallisuudesta 953/1999, 3§. Hakupäivä 15.11.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990953>.
6. LVI 11-10472. 2011. Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. LVI Net. Hakupäivä 14.11.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/LVI%2011-10472>. Vaatii lisessin.
7. Flamco 2022. Flamco Tuoteluettelo 2014/2015. Suomi. Hakupäivä 14.11.2022. https://flamcogroup.com/media/files/documentation/doc_fin_h2_2014.pdf.
8. Sähköpostikysely LVI–urakoitsijoille 2022. 18.11.2022
9. Facebook Maalämpöfoorumi 2022. Käyttäjäkysely 25.11.2022. Hakupäivä 1.12.2022. https://www.facebook.com/groups/maalampo/posts/2268940489933607/?comment_id=2269041276590195&reply_comment_id=2273747076119615¬if_id=1669400545371627¬if_t=group_comment_mention
10. Suomen Kylmäliikkeiden Liitto ry 2019. Väililliset jäähdytysjärjestelmät. Hakupäivä 8.12.2022. https://www.kylmaextra.fi/files/127/Valilliset_Jaahdytysjarjestelmat_2019.pdf

11. Niskala, Mikko 2022. Lehtori. Oulun Ammattikorkeakoulu. Haastattelu 7.12.2022.
12. Anora Industrial 2022. Naturet-lämmönsiirtonesteet. Hakupäivä <https://anoraindustrial.com/fi/naturet>
13. Freezium 2020. Freezium opas. Hakupäivä 29.11.2022. https://vesitekno.fi/wp-content/uploads/2020/12/freezium_opas.pdf.
14. Freezium 2020. Freezium käyttöturvatiedote. Suomi. Hakupäivä 29.11.2022. https://vesitekno.fi/wp-content/uploads/2020/12/freezium_ktt.pdf.
15. Teräsrakenneyhdistys 2014. Kuumasinkittyjen teräsrakenteiden käyttöikä. Hakupäivä 8.12.2022. https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/221/1ba5d4e/Kuumasinkittyjen_terasrakenteiden_kayttoika_2014_09.pdf
16. Nabcep 2013. Solar Heating Installer Guide. Hakupäivä 29.11.2022. <http://www.nabcep.org/wp-content/uploads/2013/08/NABCEP-SH-Guide-8-5-13.pdf>
17. Onninen Oy 2022. Paisunta-astiat. Hakupäivä 19.12.2022. https://kesko-onninen-pim-resources-production.s3-eu-west-1.amazonaws.com/pimdocuments/IMG_1803317.pdf.
18. Tilastokeskus 2022. Asunnon pääasiallinen lämmitystapa talotyypeittäin. Hakupäivä 7.12.2022. <https://pxdata.stat.fi:443/PxWeb/sq/e9c3087b-00a7-4828-bc77-2b4f47ce149a>.

LIITTEET

Alle 5 vuotta vanha astia liite 1

15–10 vuotta vanha astia liite 2

Yli 10 vuotta vanha astia liite 3

Kotitalouksien lämmitysenergian kulutus prosentteina liite 4

Ylimääräiset vastaukset liite 5

Reflex harmaa ja Reflex pyöreä liite 6

Cimm neliskanttinen ja Reflex pyöreä liite 7

Reflex jalustalla ja Reflex pyöreä liite 8

Zilmet 18 L ja Reflex pyöreä liite 9

Zilmet 12 I ja Reflex pyöreä liite 10

Zilmet 24 I ja Reflex pyöreä liite 11

Altech ja Reflex pyöreä liite 12

Online Extravarem, reikä laipassa (22) liite 13

Varem Solarvarem ja Reflex pyöreä liite 14

Varem Solarvarem reikiä laipassa liite 15

Varem Solarvarem, pussi ja säiliö liite 16

Alle 5 vuotta vanha astia		
Kysymys	Vastaus lkm	Osuus %
Kalvopaisunta-astia on ruostunut puhki	12	15,4 %
Kalvopaisunta-astiasta on kalvo rikkoutunut	28	35,9 %
Ei ole ollut ongelmia kalvopaisunta-astian kanssa	38	48,7 %
Yhteensä	78	100,0 %
Kyselyn vastaukset yhteensä	230	33,9 %



5–10 vuotta vanha astia		
Kysymys	Vastaus lkm	Osuus %
Kalvopaisunta-astia on ruostunut puhki	9	11,5 %
Kalvopaisunta-astiasta on kalvo rikkoutunut	24	30,8 %
Ei ole ollut ongelmia kalvopaisunta-astian kanssa	45	57,7 %
Yhteensä	78	100,0 %
Kyselyn vastaukset yhteensä	230	33,9 %

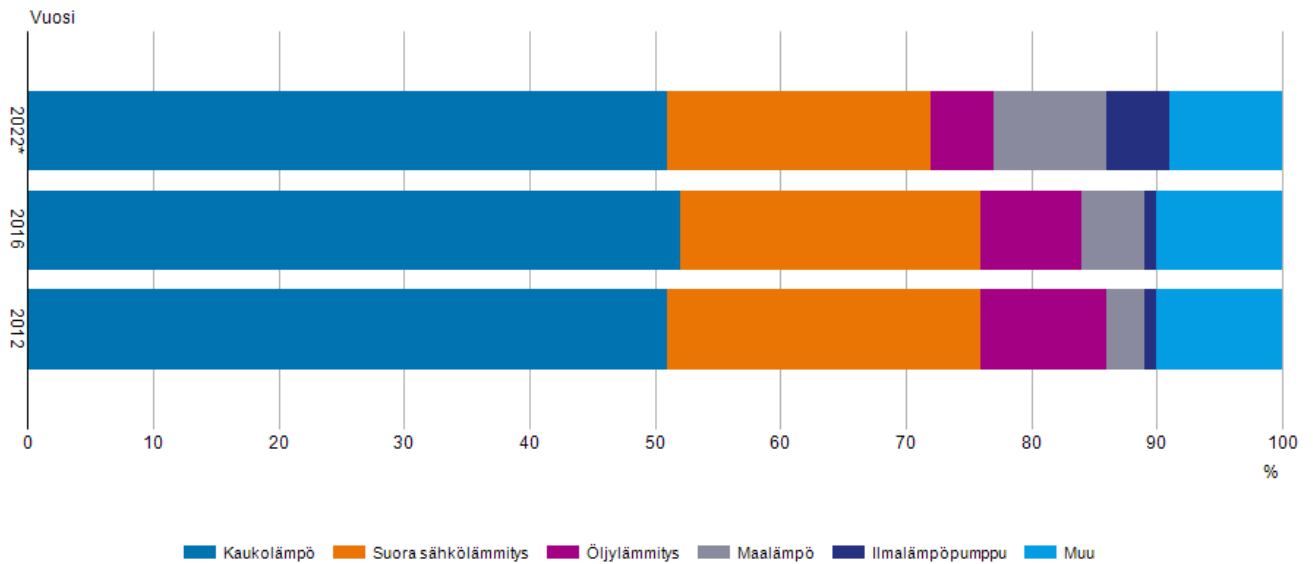


Yli 10 vuotta vanha astia		
Kysymys	Vastaus lkm	Osuus %
Kalvopaisunta-astia on ruostunut puhki	1	1,6 %
Kalvopaisunta-astiasta on kalvo rikkoutunut	21	32,8 %
Ei ole ollut ongelmia kalvopaisunta-astian kanssa	42	65,6 %
Yhteensä	64	100,0 %
Kyselyn vastaukset yhteensä	230	27,8 %



Kotitalouksien lämmitysenergian kulutus prosentteina				
Kaikki talotyytit		2012	2016	2022*
Kaukolämpö	%	51	52	51
Suora sähkölämmitys	%	25	24	21
Öljylämmitys	%	10	8	5
Maalämpö	%	3	5	9
Ilmalämpöpumppu	%	1	1	5
Muu	%	10	10	9

Kotitalouksien kulutus muuttujina Lämmitystapa ja Vuosi. Kaikki talotyytit, Prosentti.



Ylimääräiset vastaukset			
Kysymys	Vastaus lkm	Osuus %	Osuus kaikista
Ei ole ollut ongelmia 20 vuotta vanhan kalvopaisunta-astian kanssa	3	30,0 %	1,3 %
Järjestelmässä ei ole kalvopaisunta-astiaa keruupiirissä	6	60,0 %	2,6 %
Kysely oli ajanhukkaa	1	10,0 %	0,4 %
Yhteensä	10	100,0 %	4,3 %
Muut vastaukset	220		95,7 %
Kyselyn vastaukset yhteensä	230		



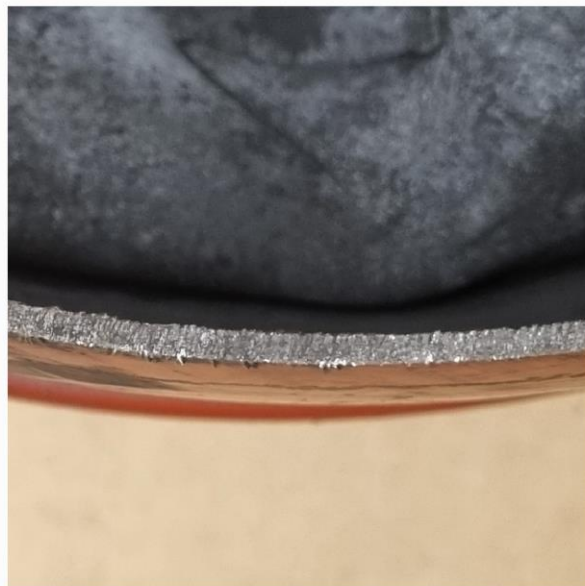
Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinäämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis sy
Reflex harmaa	Kalvo	2002-->	Syksy -22	25	1	1,7	6	-10/+120	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa



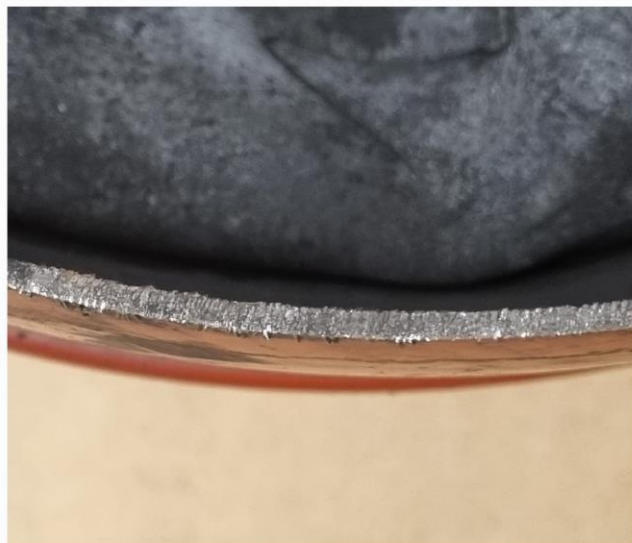
CIMM NELISKANTTINEN JA REFLEX PYÖREÄ

LIITE 7

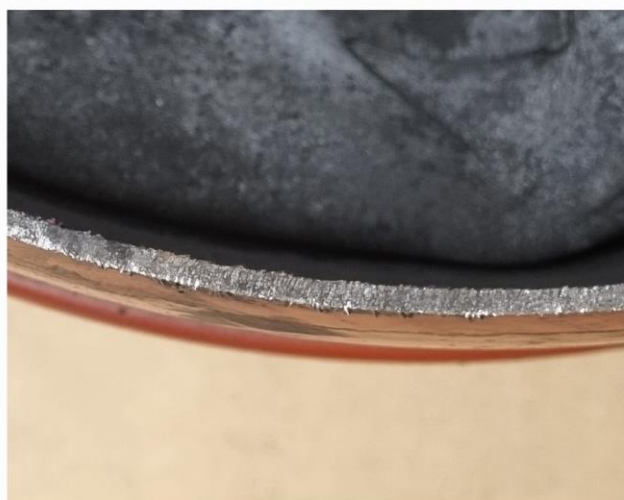
Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohde	Rikkoutumis syy
Cimm neliskanttinen	Kalvo	13/02/04	Syksy -22	12	1,9	2,2	3	-10/+90	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa



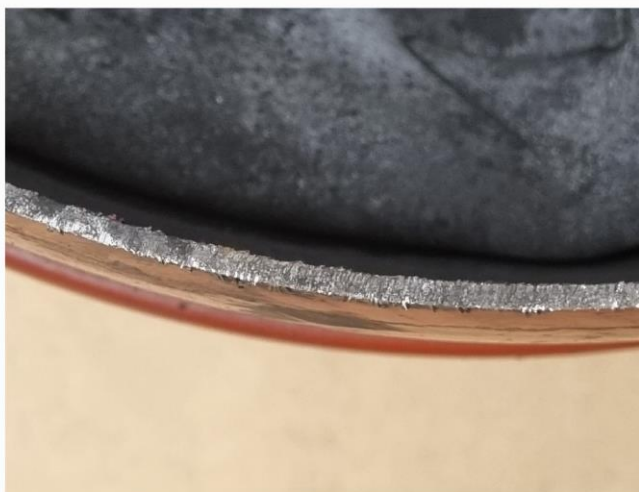
Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Reflex jalustalla	Kalvo	2002-->	Syksy -22	35	1	1,8	6	-10/+120	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa



Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Zilmet	Kalvo	2005	Syksy -22	18	1,5	1	4	-10/+99	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa



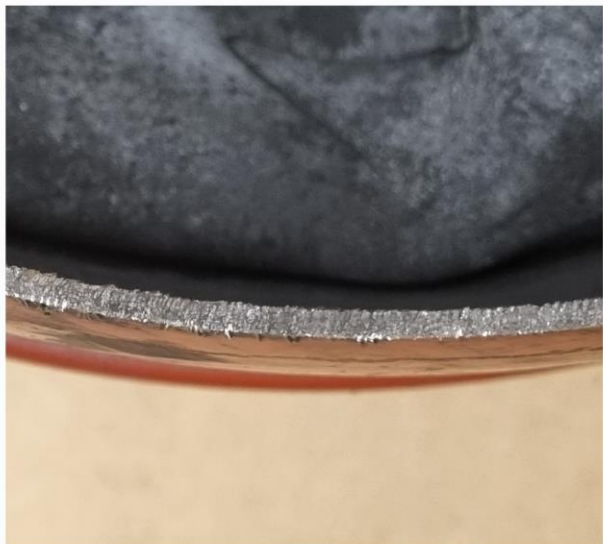
Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Zilmet	Kalvo	1992	Syksy -22	12	1,4	1,5	5	X/+99	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa



Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Zilmet	Kalvo	2000	Syksy -22	24	1,5	2	4	X/+99	Lämmitys	Kalvo reunasta revennyt
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa



Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Altech	Kalvo	8.5.2019	Syksy -22	25	1,1	1,1	3	-10/+120	Maalämpö IV-esilämpö keruupiiri	Ruostunut puhki



ONNLINE EXTRAVAREM, REIKÄ LAIPASSA (9, 22.)

LIITE 13

Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Online Extravarem	Pussi	2011	2019	12	X	X	5	-10/+99	Maalämpö keruupiiri	Laippa ruostunut



Merkki	Tyyppi	Valmistus pvm	Rikkoutumis pvm	Koko (l)	Seinämä (mm)	Kumi (mm)	Max paine (bar)	Lämpötila-alue (°C)	Käyttö-kohte	Rikkoutumis syy
Reflex pyöreä vanha	Kalvo	1976	Syksy -22	25	3	2	X	X/+110	Lämmitys	Kalvo vuotaa
Varem Solarvarem	Pussi	2012	X	25	1,6	3	6	-10/+130	Aurinko-lämpö keruupiiri	Laippa ruostunut

