

viljankuivaus kotimaisella polttoaineella - opas





© Metsäkeskukset

Päätöimittaja: Esa Koskiniemi, Kehittyvä Metsäenergia- hanke

Toimittajat: Hannu Ala-Talkkari, Veljekset Ala-Talkkari Oy
Jussi Esala, SeAmk
Petri Heikkilä, Biofire Oy
Matti Huvinen, Koja Oy
Markku Koivisto, Mepu Oy
Kari Kuronen, Brugg-Pema Oy
Petri Piipari, Säättötuli Oy
Jarmo Rintamaa, Etelä-Pohjanmaan pelastuslaitos
Juhani Törmä, SeAmk
Juha Viirimäki, Kehittyvä Metsäenergia- hanke

Taitto: Jorma Anttoora, Kehittyvä Metsäenergia- hanke

Kannen kuva: Esa Koskiniemi, kuvankäsittely Jorma Anttoora

Painatus: Vammaspaino, Sastamala 2009

ISBN: 978-951-98723-3-9 (nidottu)
978-951-98723-4-6 (pdf)

SISÄLLYS

Esipuhe, <i>Esa Koskiniemi</i>	4
Viljankuivauksen historia, <i>Juhani Törmä</i>	5
Viljankuivauksen teoria, <i>Jussi Esala</i>	7
Polttoainevaihtoehdot, <i>Juha Viirimäki</i>	10
Viljankuivauksen kotimaiset vaihtoehdot	12
1 Ilmaunit, <i>Petri Piipari ja Markku Koivisto</i>	12
2 Radiaattoriratkaisut, <i>Hannu Ala-Talkkari</i>	14
Automaatio ja LVI, <i>Petri Heikkilä</i>	16
Mitoitukset (putkisto ja radiaattorit), <i>Kari Kuronen, Matti Huvinen</i>	18
Paloturvallisuus, <i>Jarmo Rintamaa</i>	21
Kannattavuus, <i>Esa Koskiniemi</i>	24
Esimerkki CASET	26
1 Ilmaunit, <i>Säätötuli Oy, Mepu Oy</i>	26
2 Siirrettävä yksikkö(radiaattoriratkaisu), <i>Biofire Oy</i>	27
3 Kiinteä yksikkö(radiaattoriratkaisu), <i>Ala-Talkkari Oy</i>	28
4 Viljankuivausta kaukolämmöllä, <i>Kehittyvä metsäenergiahanke</i>	29
Muistiinpanoja	30

ESIPUHE

Viljan lämminilmakuivauksessa käytetään yleisesti polttoaineena kevyttä polttoöljyä. Öljyn raju hinnannousu ja suuret hintavaihtelut ovat saaneet viljelijät miettimään myös muita vaihtoehtoja viljankuivaukseen.

Muutaman viime vuoden aikana ennakkoluulottomat viljelijät ovat toimineet suunnannäyttäjinä osoittaen, että viljankuivaus onnistuu myös kotimaisella polttoaineella. Tällä hetkellä toimivia kohteita on arviolta n. 100 kappaletta.

Lähivuosina viljankuivauksessa käytetään käyttämään yhä enemmän kotimaisia polttoaineita. Tämän oppaan tarkoituksena antaa perustietoa viljelijöille, laitevalmistajille ja alan neuvojille. Oppaassa kuvataan alan toimijoiden kirjoittamana radiaattori- ja ilmauunitoimiset vaihtoehdot viljankuivauksen lämmönlähteenä.

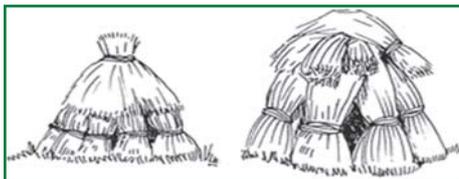


viljankuivauksen historia

Viljasadon säilyvyyden varmistaminen on aina vaatinut Suomessa huomattavan paljon työtä ja energiaa verrattuna suotuisampiin viljanviljelyalueisiin, olemmehan maailman pohjoisimpia viljelijäkansoja.

Nykyisin koneellinen viljankuivausmenetelmä kuuluu oleellisena osana koko sadonkorjuu- ja varastointiketjuun.

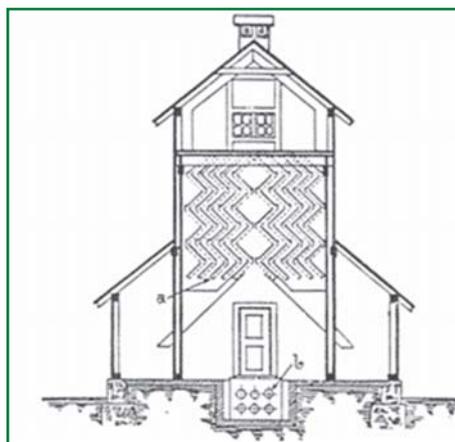
Viljanviljelyn alkuaikoina, sen ollessa käsityövaltaista, luonnossa tapahtuva alkukuivatus tuulessa ja auringossa riitti lyhteistä koottujen kuhilaiden alkukuivatukseksi. Lyhteiden loppukuivatus tapahtui parsilla riihessä, jossa vilja irrotettiin korsista eli puitiin ja jossa se usein myös säilytettiin. Alueellisia eroja eri riihityyppien välillä oli runsaasti varsinkin Itä- ja Länsi-Suomen välillä.



Kuva 2. Kuhilas koottiin lyhteistä. Päälimmäiseksi laitettiin pysty tai taitettu lyhde hatuksi. Piirt. Pirkko-Liisa Surojegin. – Kansanperinteen sanakirja 1979, 201.

Alkukuivatus tuulessa ja auringossa yhdessä riihikuivatuksen ja varstapuinnin kanssa tuotti valmista säilytyskelpoista viljaa. Siirryttäessä puimakonepuintiin ja riihikuivauksen jäädessä pois ei pelkkä ulkokuivaus riittänyt, jotta puidusta viljasta olisi saatu riittävän kuivaa ja se olisi säilynyt homehtumatta sekä säilyttänyt itävyytensä, vaan oli suoritettava jälkikuivausta. Jälkikuivausta tehtiin

vanhoissa riihissä ja saunoissa, mutta niiden teho jäi jälkeen puintitehosta. Saatiinhan puimakoneella moninkertainen irtipuintiteho olemassa olevaan kuivaustehoon nähden.



Kuva 3. Fredrik Heikkilän suunnittelema viljakuivausriihi. – Arola 1919, 328

Vasta viime vuosisadan alussa ruvettiin rakentamaan varsinaisia kuivureita, joissa oli kuivauskaappi tai –laatikko. Ensimmäisiä luonnollisella vedolla toimivia kapeamallisia kaappikuivureita alettiin rakentaa 1900-luvun alkukymmenillä ja niitä oli vielä 1950-luvulla käytössä n. 25 000 kpl.

Lava- ja säkkikuivureita valmistettiin paljon 1950- ja 1960-luvuilla, säkkikuivureiden jäädessä nopeasti takalalle säkityslaitteiden vaihtuessa leikkuupuimurissa viljasäiliöön. Lava-kuivureita sen sijaan valmistettiin aina 1980-luvun alkuun asti, jolloin viimeisetkin lavakuivurit poistuivat myyntilistoilta.

Riihikuivauksessa viljan kuivauksen energialähteenä oli puu, yleisimmin halko. Halko säilyi pitkään myös

kaappi-, säkki- ja lavakuivureiden pääasiallisena lämmönlähteenä. Vasta lavakuivureihin alettiin asentaa öljyä polttavia uuneja joiden tuottama lämpö puhallettiin altpäin verkkolavaan kuivattamaan viljakerrosta. Öljyuuni onkin ollut yleisin lämminilmakuivurin lämmönlähde 1970-luvulta tähän päivään asti. Se on helpohoitoinen ja automatisoitavissa helposti kuivauksen vaiheiden mukaan. Kiinteä polttoaine kuivurin lämmönlähteenä tai maakaasu tai kaukolämpö ovat lähinnä paikallisia, olosuhteiden suomia vaihtoehtoja tiloille.

Ruotsista maahamme saatujen esimerkkien innoittamana meilläkin alettiin rakentaa 1950-luvun lopulla

kylmäilmakuivureita, aluksi ruotsinkielisillä alueilla ja myöhemmin koko maassa. Kylmäilmakuivureita on käytössä sekä varsinaisina kuivureina että välivarastoina ja puskurikuivureina ennen lämminilmakuivausta.

Leikkuupuimureiden yleistyessä, säkityslaitteiden vaihtuessa viljasäiliöön ja kuljetuskaluston muuttuessa irtoviljan kuljetukseen perävaunulla olivat menneet viljankäsittelyssä muuttuneet niin, että lämminilmakuivaus siilotyyppisellä kuivauskoneistolla on nykyisin vakiintunut keskeiseksi osaksi viljankäsittelyketjua.

Kuva 4. Vaunukuivuri



viljankuivauksen teoria

Vilja voidaan varastoida vain joko alle 14 %:n kosteuteen kuivattuna tai käytämällä erilaisia säilöntä- tai viilennysmenetelmiä. Lämminilmakuivaus on Suomessa yleisin säilöntätapa ja samalla useimmille tiloille soveliaain ratkaisu, sillä oikein suoritettu kuivaus ei rajoita viljan myöhempää käytettävyyttä.

Veden irrotukseen ja höyryttämiseen tarvitaan energiaa

Viljan kuivaus on fysikaalinen tapahtuma, missä vettä irrotetaan ja siirretään lämpöenergiaa apuna käyttäen jyvän pinnalta ja jyvistä. Energia saadaan joko pelkästään ulkoilman lämmöstä (kylmäilmakuivurit) tai lisälämpönä kuivuriuunin avulla (lämminilmakuivurit). Vesikilon haihduttamiseen tarvitaan energiaa n. 2500 kJ (=höyrytysenergia). Kun öljykilossa on energiaa n. 43 MJ, riittää se n. 17 vesikilon haihdutukseen, ja toisaalta 58 g öljyä riittää yhden vesikilon haihdutukseen. Kuivurilaitteiston tehtävänä on saattaa kuivauskykyinen ilma ja kuivattava vilja sopivasti yhteen.

Puintihetkellä jyvässä oleva vesi voidaan jakaa sitoutumislujuuden ja -tavan perusteella karkeasti kolmeen luokkaan:

- Kemiallisesti sitoutunut vesi eli kidevesi, jota ei tarvitse eikä voidakaan poistaa jyvistä. Veden ja jyvämateriaalin väliset sidokset ovat niin vahvoja, että niiden rikkomiseen tarvitaan korkea lämpötila ja suuri energiamäärä

(jopa 2 – 3-kertainen energiamäärä haihdutusenergiaan nähden).

- Fysikaalis-kemiallisesti sitoutunut vesi eli kolloidinen paisuntavesi, missä vesi on sitoutunut osmoottisesti jyvämateriaaliin. Tällä tavalla sitoutunut vesi poistetaan suurimaksi osaksi kuivausprosessissa. Haihdutusenergian lisäksi energia tarvitaan n. 1800 kJ/kg veden irrottamiseen jyvämateriaalista. Kokonaisenergia on n. 4,3 MJ/kg vettä eli 100 g öljyä vesikiloa kohden.
- Fysikaalis-mekaanisesti sitoutunut vesi, mikä poistetaan aina kokonaisuudessaan kuivattaessa viljaa. Tässä vesimolekyylit ovat jyvän pinnalla tai suurissa kapillaareissa, jolloin kuivattaessa tarvitaan vain veden höyrytysenergia. Jos kapillaarit ovat pienempiä, tarvitaan haihdutusenergian lisäksi irrotusenergiaa 0 – 800 kJ vesikiloa kohti (0 – 20 g öljyä vesikiloa kohden).

Kuivurin energiankulutus

Todellisuudessa kuivurissa kuluu aina enemmän energiaa kuin mitä edellisestä voidaan päätellä. Polttoaine ei pala täydellisesti uunissa, ja hyötysuhde on öljyllä parhaimmillaan reilu 90 % ja hakkeella reilu 80 %. Kuivuriuunin vaippa, lämmönsiirtoputken pinta, kuivurin lämminilmakotelo ja kuivauskennojen ulkopinta ovat aina useita kymmeniä asteita ulkoilmaa lämpimämpiä, jolloin polttoaineesta saatua energiaa joutuu hukkaan ulkoilman lämmitykseen. Myöskään kaikkea kuivurin kuivauskennoon saatua energiaa ei voida käyttää hyödyksi, sillä etenkin kuivauksen loppuvaiheessa osa lämmitetystä ilmasta virtaa kui-

vurin läpi osallistumatta kuivumisprosessiin. Yhteenvetona viljan kuivaukseen kuluu viljan alkukosteudesta, kuivurityypistä ja kuivurin kunnosta riippuen 4,5 – 7 MJ energiaa vesikiloa kohti. Määrä vastaa 100 – 160 g öljyä (tai 1 – 2 l kuivaa haketta!) haihdutettua vesikiloa kohti.

Kuivurin rakenne ja toimintaperiaate

Kuvassa 5 on esitetty perinteisen eräkuivurin rakenne ja toiminta. Jalustassa oleva nopeudeltaan säädettävä syöttölaite karistaa viljaa pohjakartion kautta elevaattorille. Elevaattori nos-

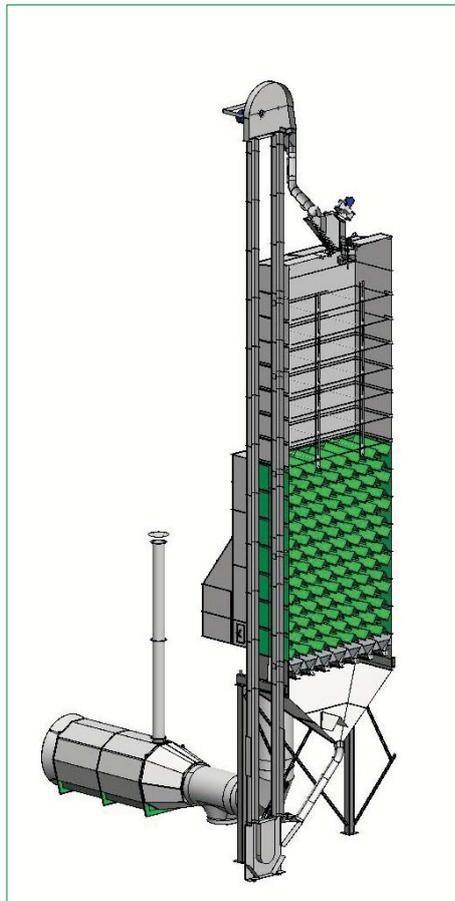
Poistettava vesimäärä voidaan laskea:

$$\frac{\text{ALKUKOSTEUS \%} - \text{LOPPUKOSTEUS \%}}{100 - \text{ALKUKOSTEUS \%}} \times \text{VILJAMÄÄRÄ KUIVANA KG}$$

Esimerkiksi kuivattaessa 10 000 kg viljaerä 23 %:n alkukosteudesta 14 %:n loppukosteuteen, joudutaan vettä poistamaan 1168 kg. Jos kuivuri käyttää 120 g öljyä vesikiloa kohden, kuluu erän kuivaukseen n. 170 l öljyä (n. 1,7 m³ hyvää haketta). Luotettavan lopputuloksen saamiseksi tarvitaan siis tarkka viljan määrä sekä mainitut kosteustiedot. Puintituoreen viljan kosteuden mittauksen oikeellisuus kannattaa varmistaa ennen lopullisia johtopäätöksiä. Jos käytävissä on öljynkulutusmittari, voidaan kuivurin energiankulutusta arvioida vertaamalla käytettyä öljymäärää poistettuun vesimäärään. Mitä lähempänä vastaus on 100 g öljyä vesikiloa kohti, sitä energiatehokkaampaa kuivaus on. Lähtökosteuden ollessa suuri mainitun rajan saavuttaminen on helpompaa. Jos polttoaineena on hake, vaikeutuu tämänkaltaisen energiatehokkuuden laskenta. Luotettavien tulosten saanti edellyttää hakkeen punnitsemista ja kosteuden tarkkaa määrittystä.

taa viljan ylös ja heittää esipuhdistimen kautta takaisin kuivuriin.

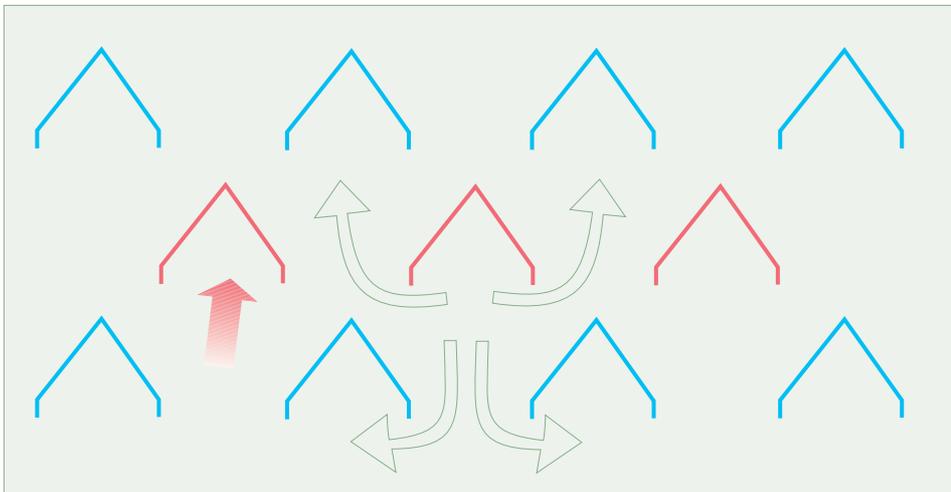
Energiatalouden ja tasaisen kuivumisen vuoksi tulisi viljan kiertonopeus olla noin kierros tunnissa.



Kuva 5. Nykyaikainen alipaineuunilla varustettu kuivuri kylmäilmakotelon suunnasta katsottuna. Kuivurissa on jalustan päällä kolme kuivauskennoa ja varastokennot.

Kuivurin uunissa poltetaan öljyä tai haketta. Vapautuva energiaa nostaa puhaltimen siirtämän ilman lämpötilaa halutun määrän, yleensä n. 60 °C. Ilma kulkeutuu kanavaa pitkin kuivurin lämminilmakoteloon jakautuen siellä sinne avautuviin kuivauskennojen lämminilmaharjojen alle kuvan 6. mukaisesti. Lämminilmaharjojen alta lämmin, kuivauskykyinen ilma tunkeutuu kenossa alaspäin virtaavan viljamassan läpi ylä- ja alapuolella oleviin kylmäilmaharjoihin ja niistä edelleen kuivurin vastakkaisella puolella olevaan kylmäilmakoteloon ja

edelleen poistoputkeen. Lämpimän ilman ja kostean viljan kohdatessa energiaa kuluu veden irrottamiseen ja höyrystämiseen viljasta. Poistuvan ilman lämpötila on 25 – 35 °C ja suhteellinen kosteus sadan prosentin tuntumassa kunnes viljan kosteus on selvästi alle 20 %. Viljan tästä vielä kuivuessa alkaa poistoilman lämpötila kohota ja suhteellinen kosteus aleneta. Kuivurin automatiikka seuraa jompaakumpaa muutosta ja säädettyä hetkellä pysäyttää kuivuriuunin lämmön tuotannon, jonka jälkeen alkaa viljan jäähdytysvaihe.



Kuva 6. Ilman kulku lämminilmakuivurin kuivauskennossa. Lämmin ilma tulee punaisen nuolen mukaisesti lämminilmakotelosta lämminilmaharjojen alle, kulkee siellä kennon vastakkaisista päistä kohti samalla tunkeutuen viljakerroksen lävitse sekä al- että yläpuolella olevien kylmäilmaharjojen alle.

POLTTOAINEVAIHTOEHDOT

Stokerilaitteisto toimii polttoaineen syöttäjänä ja polttajana sekä ilmauuniratkaisuissa että vesikiertojärjestelmissä. Polttoaine siirretään polttimolle lähes poikkeuksetta ruuvikuljettimilla. Ruuvien halkaisijat malleista riippuen vaihtelevat 100 mm – 200 mm saakka. Tämä tekijä vaatii polttoaineelta tiettyä palakokoa ja tasalaatuisuutta.

Useita polttoainevaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä

Stokeri mahdollistaa laajan polttoainevalikoiman käytön. Puuperäisistä polttoaineista valittavina ovat hake, puubriketit ja puupelletti. Turvetta voidaan polttaa palaturpeena ja turvepellettinä. Peltoenergioista hyödynnettävissä ovat viljat ja rypsi sekä viljankuivauksen yhteydessä tuleva esipuhdistajajäte. Kuivusaikana kertyvän esipuhdistajajätteen osuus viljakuivauksen polttoainetarpeesta voi olla lähes puolet. Kehittyneellä laitetekniikalla voidaan käyttää eri polttoaine-

Info

Huipputeholla ajettaessa 100 kW:n kattila kuluttaa haketta noin 3,5 – 5 m³ vuorokaudessa.

yhdistelmiä vaivatta. Eri polttoaineiden energiasisällöt löytyvät oheisesta taulukosta.

Paljon kuutioita – koneellinen käsittely

Kotimaiset polttoainevaihtoehdot ovat energiatiheyksiltään vaatimattomampia öljyyn nähden. Kuivusaikana joudutaan käsittelemään suuria polttoainemääriä, mikä edellyttää isoa polttoainearastoa, riittävän isoa syöttösiiloa sekä polttoaineiden koneellista käsittelyä.

Ominaisuus	Rankahake	Puubriketti	Puupelletti	Turvepelletti	Palaturve	Kaura	Esipuhdistajajäte	Kevyt polttoöljy
Kosteus, %	25-35	8-10	8-10	8-15	25-40	14	20	
Irtotiheys, kg/i-m ³	250-320	600-650	600-650	750	350-400	520-590	300-350	
Energiatiheys, kWh/i-m ³	700 - 900	2 900 - 3 400	2 900 - 3 900	3300	1 400	2 200 - 2 500	1500	10 000 kWh/m ³
Tuhkapitoisuus kuiva-aineessa, %	0,5-2	0,5	0,5	1,1-4,0	4-6	5-7	5-7	
Polttoaineen hinta, snt/kWh, alv 0 %	1,5-2,0	2,0	3,5	2,8	1,2	2,9	0	6,5

Keskihinnat 2008 - 2009

Hyvä kuiva polttoaine mahdollistaa häiriöttömän palamisen ja kattilasta saatavan luvatus nimellistehon. Kiu-
vassa polttoaineessa on myös suurempi lämpöarvo, joten sitä kuluu vähemmän.

Fakta

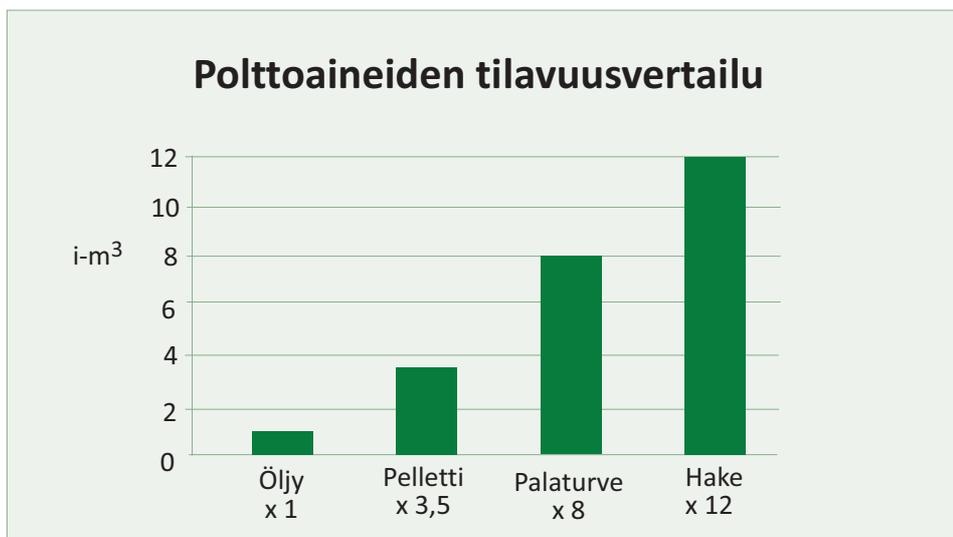
Muuntotaulukko energiatiheyksille:

1 kWh = 3,6 MJ

1000 kWh = 1 MWh

Esim. kevytöljyn lämpöarvo on

10 MWh/m³ eli 10 000 kWh/m³



Kuva 7. Polttoaineiden tilavuusvertailuista. 12 m³ haketta vastaa energiasisällöltään 1000 litraa polttoöljyä.



Kuva 8. Pelletti, palaturve ja hake.

viljankuivauksen kotimaiset vaihtoehdot

1. Ilmaunit

Biopoltinkäyttöinen uuni on kehitetty 1990-luvun puolivälissä, erityisesti kuivaamo-, kasvihuone- ja teollisuuskäyttöön. Uuni tuottaa suoraan lämmintä ilmaa 300-500 kW mallista riippuen, ilmamäärän ollessa 24500 – 29800 m³/h. Ilmamäärää pystytään pienentämään tarvittaessa lisävarusteena olevalla taajuusmuuntajalla, esim. teollisuus- ja kasvihuonekäytössä.



Kuva 9. Säättöuli Mepu - kuivuriuuniyhdistelmä.

Tekniset ratkaisut löytyvät kiinteänä laitteena tai konttiratkaisuna, jolloin on paremmat mahdollisuudet myös muuhun lämmitykseen kuivausajan jälkeen, kuten kasvihuoneen tai rakennustyömaan lämmitykseen.

Viljankuivurin toiminta biouunilla on kuten öljykäyttöisessä kuivurissa.

Jäähdytysaika hakeuunilla on n. ½ h pidempi kuin öljyuunilla biopolttimen hehkulämmön johdosta. Vastaavasti jäähdytys voidaan samasta syystä aloittaa hieman aikaisemmin.

Kuivaajalla vaihto voidaan tehdä biopolttimen ollessa ylläpitotilassa, eli poltinta ei tarvitse sammuttaa. Uutuutena on tulossa ns. kaksoiskuivurijärjestelmä, jossa toisen kaapin kuivaessa, toinen kaappi jäähtyy erillisen puhaltimen avulla. Tässä järjestelmässä biopolttimen paloaika on pitkä.

Rakennusteknisesti on huomioitava, että kiinteän polttoaineen pannuhuoneen on oltava isompi kuin öljykäyttöisenä, koska biouuni on isompi. Lisäksi tarvitaan polttoaineen syöttöjärjestelmä. Biouunin konvektori on 1,5-kertainen verrattuna vastaavaan öljyuuniin nähden. Lisäksi tulipesä on isompi kuin öljyuunissa, koska bioliekki tarvitsee laajemman tilavuuden.

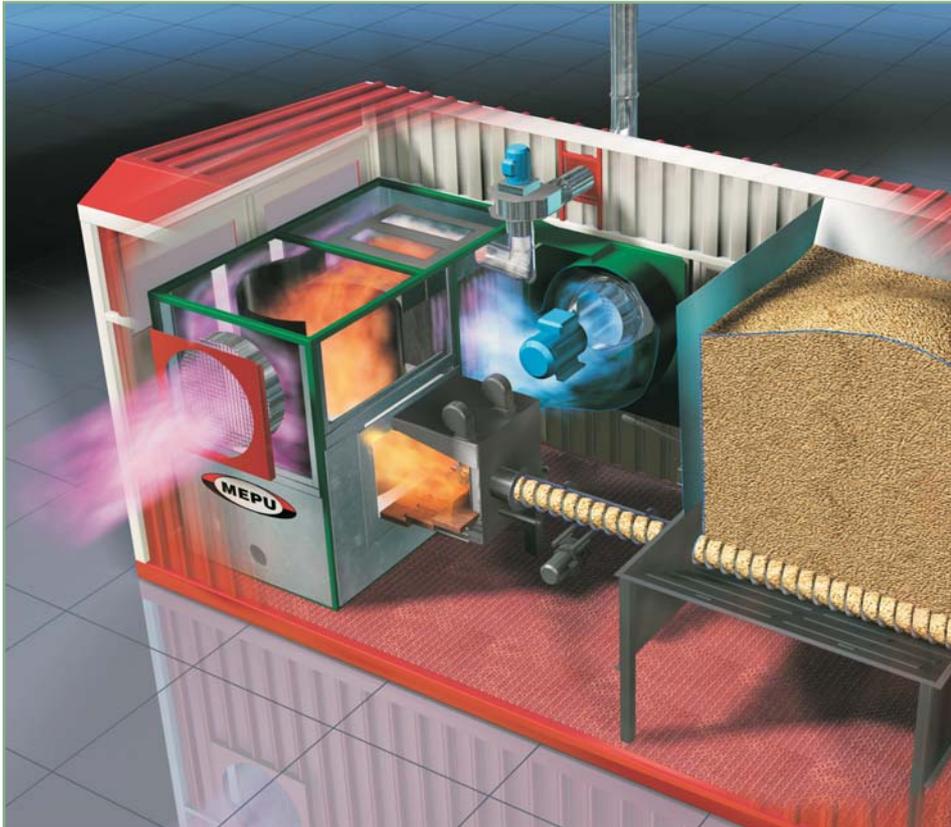
Biouunissa on aina savukaasuimuri, jota ohjataan alipainetunnistimen ja taajuusmuuntajan avulla. Tulipesän alipaine parantaa palamista, toimien samalla paloturvallisuustekijänä. Tulipesän alipaineen ansiosta tuli ei pääse polttoainetilaan.

Biouunissa tarvitaan myös tuhkatila, ja koneellinen tuhkanpoisto on suositeltava varuste. Suurilla tehoilla poltettaessa syntyy tuhkaa, varsinkin jos käytetään myös esipuhdistajan jätettä polttoaineena.

Huomioitavia asioita:

Biopolttimen automatiikka on erilainen kuin perinteisessä biopolttimen keskuslämmityksessä. Kuivuriauto-

matiikka sisältää tarvittavien kuivurin lämpötilojen mittaustiedot. Automatiikasta saadaan tarvittaessa tiedot kuivauksen edistymisestä GSM:ään.



Kuva 10. Läpileikkaus siirrettävästä ilmaunikontista.

Ilmaunireferenssit viljankuivauksessa 2009:

- Suomessa 15 kpl
- Virossa 1 kpl
- Latviassa 14 kpl
- Ruotsissa 1 kpl
- Venäjällä 1 kpl

2. Radiaattoriratkaisut

Yleistä

Kuivausilman lämmittäminen radiaattorin ns. patterin avulla on tullut merkittäväksi kuivausmenetelmäksi nykyisin. Kanavalämpötilojen nostaminen aina vain korkeammaksi on tämän päivän trendi. Nestekiertoisella radiaattori järjestelmällä kanavalämpötilat voivat olla luokkaa 65 - 85 °C. Tähän vaikuttaa useimmiten lämminvesi kattiloiden maksimi käyttölämpötilan raja 110 °C. Tällöin kattilan käyttölämpönä pidetään 90 - 100 °C välillä. Käytettävään lämpötilaan vaikuttaa myös kattilatermostaatin rajaarvot. Kuivausilman lämmittäminen radiaattorin avulla voidaan jakaa kahteen pääluokkaan.

1. Lämmöntuottaminen täydellisesti radiaattorin avulla
2. Lämmöntuottaminen osittain radiaattorin avulla

Erittäin tärkeä seikka on myös huomioida käytettävät kiinteät polttoaineet. Kuivauslämpötilan maksimaaliseksi saavuttaminen edellyttää, että käytetään myös laadultaan parhaita polttoaineita.

Radiaattorit

Lämmöntuottaminen kokonaan radiaattorin avulla

Lämmöntuottaminen nestekiertoisen radiaattorin avulla tarkoittaa sitä, että kattilastokeripoltinjärjestelmä on mitoitettava riittävän tehokkaaksi. Kuivurin uunin ja koneiston valmistaja ilmoittaa, kuinka suurta tehoa kuivurissa käytetään.

Radiaattorin myyjät/valmistajat osaa-
vat mitoittaa oikeankokoisen radiaattorin ko. kohteeseen. Mikäli asiakas

itse mitoittaa radiaattorin, hänen täytyy huomioida esim., että meno/paluuveden lämpötilaero voi olla n. 20 - 30 °C.

Muutamia tärkeitä huomioita:

1. Radiaattorin ja imuaukon välissä täytyy olla imukartio, jotta imuilmaan ei tule turhia ilmapyörteitä. Pyörteet vähentävät ilmamäärää.
2. Radiaattori tulee olla helposti irrotettavissa imukartiosta huollon takia.
3. Patterin eteen on suositeltavaa asentaa verkko, joka on helposti puhdistettavissa, näin vältetään kennoston likaantuminen.
4. Imukartioon voidaan tehdä sivuluukku, joka voidaan avata jäähdytyksen aikana.

Lämmöntuottaminen osittain radiaattorilla

Haluttaessa tuottaa lämpö kuivuriin osittain kiinteällä polttoaineella radiaattorin kautta ja osittain öljyllä, tulee radiaattori mitoittaa käytettävän kattilatehon mukaan. Tärkeä seikka radiaattorin valinnassa on huomioida, että radiaattorin aiheuttama ilmanvastus ei ole liian suuri, jotta riittävän paljon kuivausilmaan voi kulkea sen läpi.

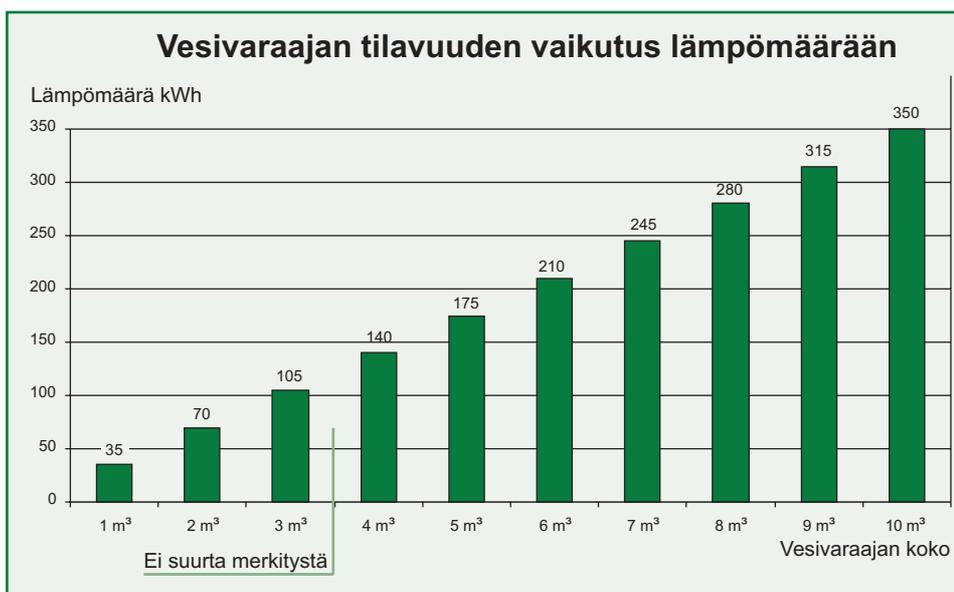
Erällä radiaattoritoimittajilla on rakenteeltaan erilaisia ratkaisuja valintaan riippuen siitä, halutaanko kuivausilman lämpö tuottaa kokonaan tai osittain sen avulla.

Kattilan ja stokerin valinta

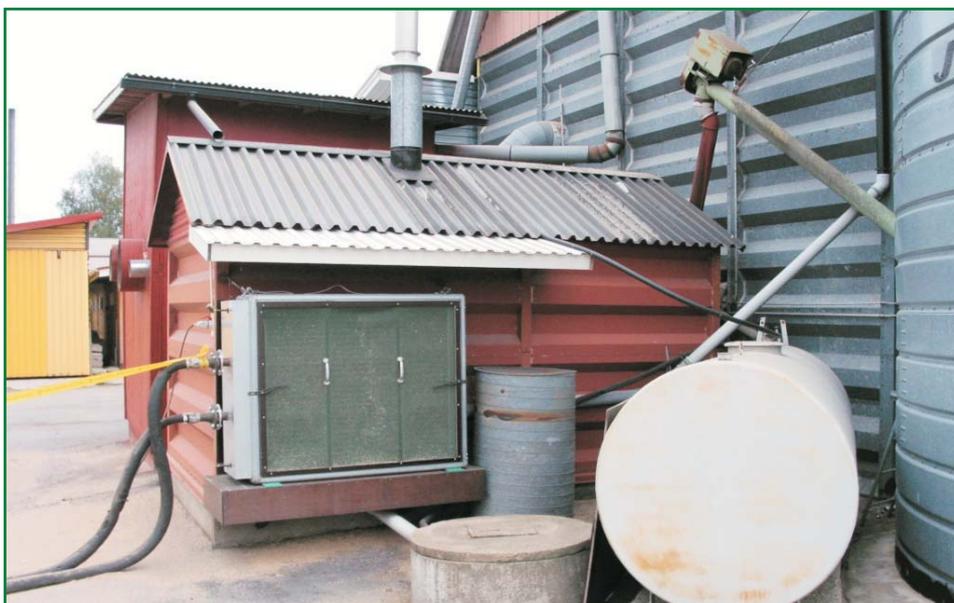
Kokonaisvaltaisen lämmitysjärjestelmän tehoa valittaessa huomioidaan luonnollisesti kaikki lämmitettävät kohteet. Jos halutaan tuottaa lämpöä myös kuivuriin, on valinta molemmissa edellä mainituissa tapauksissa samansuuntainen.

1. Mikäli lämmitettävä pinta-ala on suuri, on luonnollista, että kattilan koko valitaan suureksi ja näin kuivuriin saadaan suuri teho kiinteällä polttoaineella. Näihin valintoihin palataan esimerkkien muodossa myöhemmin.
2. Mikäli ympärivuotinen lämmön-
tarve on huomattavan paljon pie-

nempi, mitä kuivurin uunin teho on, silloin ratkaisu on seuraava: Valitaan kattilan kokoluokaksi hieman, esim. 10 - 30 % ,suurempi kattila kuin, mitä ympärivuotinen tarve vaatisi ja liitetään järjestelmään lämminvesivaraaja.



Kuva11. Varaajan lämpömäärän kapasiteetista. (lämpötilaero on 30°C)



Kuva12. Radiattori sioitetaan puhaltimen imuaukon etupuolelle.

Automaatio ja LVI

Radiaattori varustetaan mudanerottimella (1), johon epäpuhtaudet kerääntyvät ja radiaattorin käyttöikä pitennee.

Kuivurin siirryttyä jäähdytykseen, kuivurin automatiikka sammuttaa kiertovesipumpun sekä sulkee magneetti-venttiilin (2).

Stokerin palopäässä oleva hiillos ja sen jälkilämpö siirretään kattilaveteen.

Stokerissa voidaan käyttää myös jälkipuhallusaikaa, jolloin hiillos poltetaan puhtaasti palopäältä pois ja lämpökeskus siirtyy ylläpitotilaan.

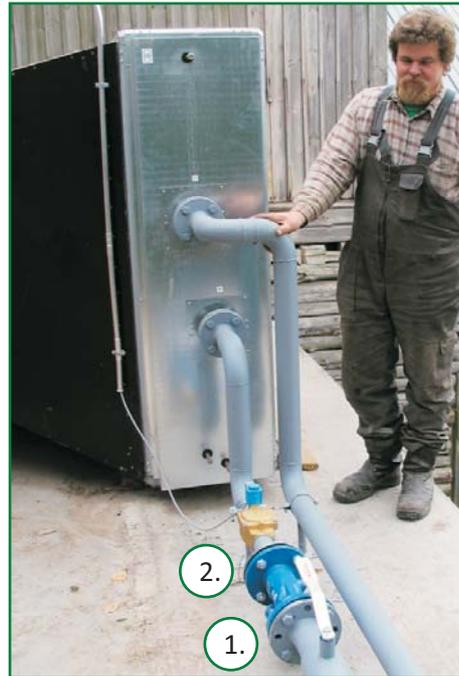
Kuivurin radiaattori ja putkisto voidaan tehdä vesikiertoisena, jolloin käyttäjän tulee itse huomioida jäätymisestä aiheutuvat vauriot.

Radiaattoria eikä putkistoa tarvitse tyhjentää (suositus), jolloin sinne ei tarvitse lisätä hapellista vettä, joka aiheuttaa koroosiota.

Talveksi pitää järjestää pieni kierto jäätymisen ehkäisemiseksi.

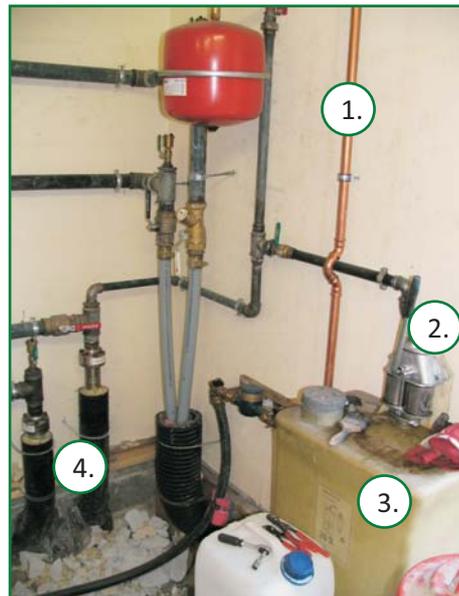
Huomioitava pitkät sähkökatkokset, jolloin pumput eivät pyöri.

1. Varoventtiilin ylivuotoputki glykolistiaan
2. Käsipumppu glykolin lisäämiseen
3. Glykolisäiliö
4. Kuivurille lähtevä rautakanaaliputki



Kuva 15. Mudanerottimella varustettu radiaattori.

Kuva 16. Glykolikiertoinen järjestelmä.



Kattila tulee varustaa yllämpösuojalla, joka katkaisee sähköt koko laitoksesta, kun lämpötila ylittää 110 °C tai kattilan tyyppikilvessä olevan maksimikäyttölämpötilan.

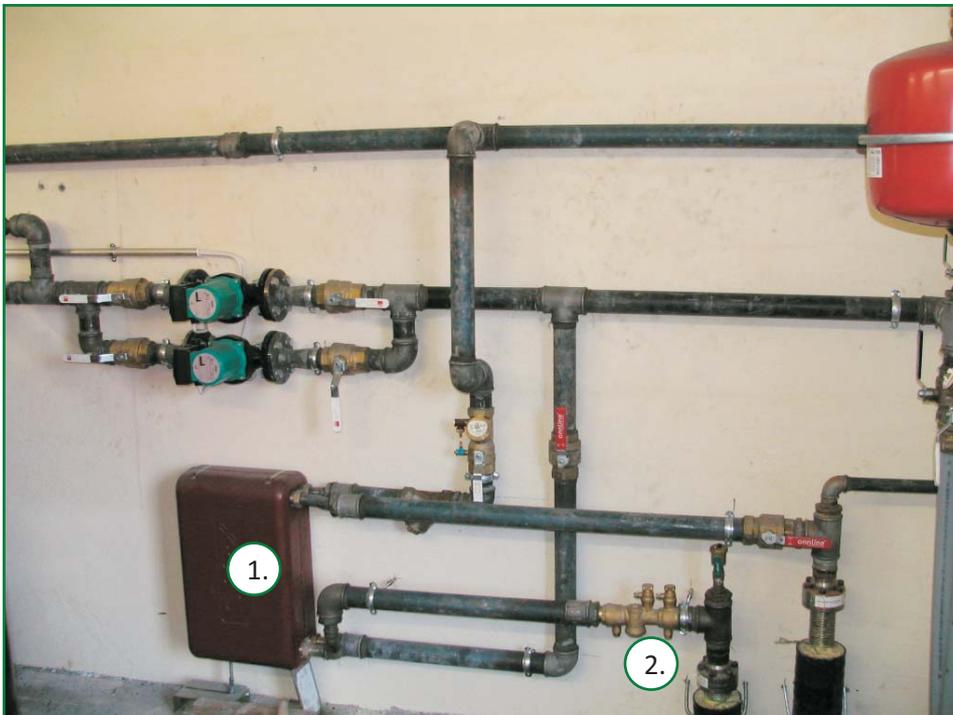
Radiaattorin kiertoon suositellaan aina käytettäväksi glykolinestettä. Glykoli pumpataan koko järjestelmään tai kuivurin ja lämmönsiirtimen väliseen kiertoon, jolloin tulee huomioida paisuntajärjestelmä ja varoventtiili. Lämmönsiirrin tulee aina varustaa mudanerottimella.

Pumput ovat huollettavia, joten suositellaan kahden pumpun käyttöä, jolloin pumpun huollon aikana ei tule käyttökatkosta.

Jos lämpökeskuksesta lähtee muovikaaneleita eri kohteisiin, niin on kattilaveden lämpötilan oltava alle 90 °C tai asennetaan sunttaukset, joilla lämpötila säädetään matalammaksi.

Kuva 17. Esimerkkikytkennät viljankuivauskohteessa.

1. Lämmönsiirrin glykooli - vesi
2. Mudanerotin



Mitoitukset

Lämmönsiirtoputkisto

Lämmönsiirtoputkistoiksi soveltuvien esieristettyjen putkien virtausputket valmistetaan teräksestä tai Pex-muovista. Pex-muovisia lämpöputkistoja voidaan käyttää, jos max. jatkuva lämpötila ei ylitä 80°C (hetkellinen kesto +95°C). Yli 80 asteen lämpötiloissa käytetään virtausputkina terästä (taipuisan ruostumattoman teräsputken max. käyttölämpötila 160°C).



Suosittelavaa on, että taipuisten, kiepeillä olevien putkistojen eriste on kiinnivaahdotettua polyuretaania, jolla on erinomaiset lämmöneristysominaisuudet. Polyuretaanieristeisissä, taipuisissa putkissa, ei myöskään esiinny lämpölaajenemisiongelmiä, vaan virtausputkien lämpöliike kuoleentuu kiinnivaahdotettuun rakenteeseen. Lämpöhäviöt putkistoissa vaihtelevat 15 - 30 W/m (tarkistettava valmistajilta), riippuen mm. putkimateriaalista



- ▲ Kuva 18 . Uretaanieristeinen pex-putki (Calpex).
- ▲ Kuva 19 . Taipuisa teräsputki, Casaflex.
- ▲ Kuva 20 . Lehtimäen aluelämmön runkolinjana taipuisa kaukolämpöputki (Casaflex DN 80)

ja -tyypistä (yksi- tai kaksiputkinen), putkikoosta ja verkoston lämpötilasta.

Putkikoon mitoituksessa on otettava huomioon putkilinjan meno- ja paluuvien lämpötilaero, siirrettävä kilowattimäärä ja linjan pituudesta riippuen painehäviö. Muovisissa putkistoissa meno-paluuvien lämpötilaerona käytetään yleisesti kahtakymmentä astetta. Teräksisissä putkistoissa lämpötilaeron on oltava mielellään neljäkymmentä astetta, jotta päästään samaan hyötysuhteeseen.

Muista

Putkikoon mitoituksessa on hyvä kääntyä valmistajien tai lvi-suunnittelijoiden puoleen.



Radiaattorit (patterit)

Patterit on pääasiassa tarkoitettu ilman tai muun kaasun lämmittämiseen, jäädyttämiseen tai lämmön talteenottoon.

Patterit on valmistettu samaan suuntaan ryhmitellyistä putkikiirroista, jotka on sijoitettu yhteen tai useampaan riviin peräkkäin. Vaaditun tehon aikaansaamiseksi putkikiertojen pituus optimoidaan. Lämmittävä tai jäädyttävä väliaine virtaa putkien sisällä luovuttaen lämmitys- tai jäädytystehon virtaavaan ilmaan. Riittävän suuren lämmönluovutuspinna-alaan aikaansaamiseksi putket kulkevat profiloitujen levyjen läpi, joita kutsutaan lamelleiksi. Lamellien etäisyyttä toisiinsa kutsutaan lamellijaoksi. Mitä pienempi (tiheämpi) lamellijako on, sen tehokkaampi on lämmönsiirto. Suurella (harvalla) lamellijaolla saavutetaan pienempi ilmavirtauksen painehäviö, joka vaikuttaa puhaltimen sähkökulutukseen, pienentäen sitä. Suurella (harvalla) lamellijaolla saadaan myös patteri helpommin puhdistettavaksi. Yleisesti käytössä olevat lamellijaot on 2.0-3.5mm. Putkikierrat on juotettu kokoojaputkiin, joita kutsutaan myös jakotukeiksi. Jakotukeissa on kierre- tai laippaliitoksin varustetut putkiliitännät. Jakotukeissa on ilmaus- ja tyhjennysyhteet. Lämmityspattereissa on myös jäätymissuojan yhde.

Yleensä putket ovat kuparia tai terästä, ja lamellit alumiinia tai terästä.

Yleisin käytetty yhdistelmä on kupari-putket ja alumiinilamellit. Patterit liitetään ilmakeinaviin, joko puhaltimen imu- tai painepuolelle. Suositeltavaa on liittää ne imupuolelle. Näin taataan ilmavirran tasainen jakautuminen patterin otsapinnalle. Nestepuoli liitetään aina siten, että neste kulkee vastavirtaan kohti tulevaa ilmavirtaa.

Koja Oy:n valmistamat patterit ovat kupari/kupari- tai kupari/alumiinipattereita. Patterien korkein käyttölämpötila on 150 astetta ja korkein käyttöpainne on 1,0 MPa. Patterit koeponnistetaan valmistuksen jälkeen 1,6 MPa:n ilmanpaineella veden alla. Veden käyttäminen lämmitysaineena aiheuttaa jäätymisvaaran ja patterin vaurioitumisen jos se jätetään patteriin alle 0:n asteen lämpötilaan. Patterien mukana toimitetaan kuljetus ja varastointi-, sekä käyttö- ja huolto-ohje.

Lämmityspatterien mitoitus:

Patterien mitoitus tehtiin ennen mitoitusdiagrammeja käyttäen, nykyään mitoitusohjelmilla.

Mitoitusta varten tarvitaan lähtötiedoiksi;

- 1 käytettävissä oleva kpa-teho kuivurille (esim. 500 kW) tai
 - 1 ilman lämpötila ennen ja jälkeen patterin (esim. -1 --> +60)
 - 2 puhaltimen tuottama ilman tilavuusvirta (esim. 25000 m³/h tai 7,2 m³/s, löytyy kuivuriuunin teknisistä tiedoista)
- käytettävä neste ja nesteen lämpötila (esim. vesi +80 astetta). Lämmön alenema patterissa on 20 - 30 astetta.

Mitoitustulosteesta näkyy kaikki tarvittava patteria ja putkiston mitoitusta koskeva tieto.

Nesteinä voidaan käyttää; vettä, glykolia, thermeraa ja freziumia. Nesteen nopeus patterissa ei saa ylittää yli 1,5 m/s: Nopeuden ylittäminen aiheuttaa putkien ennenaikaisen kulumisen.

	Lämmityspatteri	FRTG-1815-R-6-1-3.5-32-1-0-T	
	No	1	
	Positio	Viljankuivuri	
	Koje	Future patteri 1815	
	Kätisyys	Oikea	
Ilmapuoli	Teho	Lämmitys	
	IlmavirtakW	
	Lämpötila / suhteellinen kosteus ennen patteria m ³ /s	
	Lämpötila / suhteellinen kosteus patterin jälkeen / 90 °C / %	
	Entalpia ennen patteria / 4 °C / %	
	Entalpia patterin jälkeen	17.4 kJ/kg	
	Otsapintanopeus	71.9 kJ/kg	
	Ilmapuolen painehäviö	2.59 m/s	
	Nestepuoli	Nestetyyppi	71 Pa
		Jäätymispiste
Nestevirta 5.64 kg/s		0.0 °C	
Nesteen painehäviö		31.0 kPa	
Meno- / paluunesteen lämpötila	 °C / °C	
Nesteen nopeus		1.49 m/s	
Rakenne		Putkiyhde	L80/88.9 mm
		Otsapintaleveys	1830 mm
		Otsapintakorkeus	1520 mm
		Rivien lukumäärä	6 kpl
	Reittien lukumäärä	32 kpl	
	Lamellijako	3.5 mm	
	Lamellin paksuus	0.20 mm	
	Lamellimateriaali	Alumiini	
	Putkien materiaali	Kupari	
	Nestetilavuus	52.1 l	
Paino	283 kg		
Korkein käyttölämpötila	150 °C		
Korkein käyttöpaine	1.0 MPa		
Koestuspaine	1.6 MPa		

Kuva 21. Koja Oy:n patterimitoituksen tulostemalli. (Selvitä tummennetut arvot tarjouspyyntöä varten.)

paloturvallisuus

Lämminilmakuivauksessa tarvittava lämmityksen tehontarve on suuri. Tähän perustuen tämä oppaan paloturvallisuusosio käsittelee kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuutta lähtökohtana, missä lämmitysjärjestelmän teho on yli 30 kW sekä stokerin käyttämä siilo- tai polttoainesäiliökoko on yli 2 m³. Tulkinta rajoitetaan lisäksi paloluokan P3 rakennuskantaan. Oletettu lämpökeskuksen sijainti on maan pinnan yläpuolella eli kerroksessa. Termillä lämmityslaitte tarkoitetään tässä yhteydessä tulisijaa varusteineen, jossa polttoaineen palamisessa syntyvä lämpöenergia siirretään väliaineeseen tai lämminilmakehitintä varusteineen, jossa lämpö siirtyy laitteen läpi virtaavaan ilmaan siten, että siihen ei sekoitu palamiskaasuja.

Lämpökeskuksen sijoittaminen ja rakenteelliset vaatimukset

Paloturvallisuutta ajatellen suositeltavin ratkaisumalli kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen rakentamiselle on erillinen lämpökeskus. Käsitteenä erillinen lämpökeskus on silloin, kun se täyttää seuraavat etäisyys ehdot:

- etäisyys viljankuivaamoon on vähintään kuivaamon korkeuden verran - kuitenkin vähintään 8 metriä sekä
- etäisyys muihin rakennuksiin on vähintään 8 metriä.

Kun edellä esitetyt ehdot täyttyvät, lämpökeskuksen rakenteelliset vaatimukset ovat lievemmät. Tuolloin lämpökeskuksen ulkoseinä- ja yläpohjarakenteilta ei vaadita palo-osastointiin

liittyviä vaatimuksia. Ainoastaan lämpökattilatila eli tila, jossa lämmityslaitte sijaitsee, ja polttoainevarasto erotetaan toisistaan EI 30 – luokan rakentein (Finanssialan Keskusliitto). Mikäli edellä esitetyt etäisyys ehdot alittuvat, lämpökeskuksen ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin sekä ulkoseinää täydentäviin rakennusosiin kohdistuu palo-osastointivaatimuksia. Yli 30 kW:n teholuokkaisissa lämmityslaitteissa se tarkoittaa muun muassa ulkoseinä- ja yläpohjarakenteissa osastointivaatimuksiltaan palamattomia EI 60 – luokan rakenteita. Lattiarakenne lämpökattilatilassa on kaikissa tilanteissa palamaton.

Kiinteän polttoaineen syöttölaitteet ja niiden turvajärjestelmät

(Finanssialan Keskusliitto)

Kiinteän polttoaineen syöttölaitteissa tulee olla vähintään kaksi erillistä, toisistaan riippumatonta turvajärjestelmää, joiden tarkoituksena on estää takapalon ja kytevän palamisen aikaansaaman kaasupalon eteneminen syöttölaitteistossa. Turvajärjestelmistä toisen on oltava syöttölaitteeseen liitetty sammutusjärjestelmä. Turvajärjestelmien on toimittava kaikissa käyttöolosuhteissa – siis myös sähkökatkosten aikana sekä paineellisessa vesisammutusjärjestelmässä myös silloin, kun vesijohtoverkostossa ei ole painetta.

Turvajärjestelmiä ovat:

1. laitevalmistajan ohjeen mukainen sammutusjärjestelmä sekä
2. syöttölaitteistosta riippuen joko sulkusyötin, pudotuskuilu tai kannellinen ilmatiivis polttoainesäiliö.

Lämpökeskuksen muu paloturvallisuus

Savupiippu:

Takapaloriski kasvaa, jos kattilassa ei ole riittävää alipainetta. Riittämätön alipaine voi johtua esimerkiksi savupiipun huonosta vedosta. Luotettava ja optimaalinen veto on siis tärkeä asia kiinteitä polttoaineita käyttäville tulisijoille.

Määräysten mukaan savupiippu on ulotettava vesikaton yläpuolelle tai muutoin rakennukseen nähden niin korkealle, että saavutetaan riittävä paloturvallisuus ja veto. Savupiipun korkeuden ja sopivuuden on oltava lisäksi laitevalmistajan ohjeiden mukainen. Mikäli savupiipun luonnollinen veto ei ole riittävä, se on yleensä mahdollista turvata savukaasuimurilla tai -puhaltimella.

Korvausilman saanti:

Kiinteää polttoainetta käytettäessä lämpökattilatilaa korvausilmakanavan tulee olla vähintään 1,5-kertainen savuhormin poikkipinta-alaan nähden, ellei laitevalmistaja toisin ilmoita. Korvausilman saantia ajatellen viljan-kuivaamon pöly ei saa vaarantaa tai heikentää lämmityslaitteiston toimintaa.

Tuhkan poisto ja käsittely:

Tuhkan poisto on tehtävä laitevalmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Tuhkan käsittelyyn ja säilytykseen käytettävien laitteiden ja säiliöiden tulee olla tiiviitä ja palamattomasta materiaalista valmistettuja sekä sijoitettuna siten, että ne eivät aiheuta vaaraa tai vahinkoa.

Suojaetäisyydet ja läpiviennit:

Savupiipun sekä siihen liitettävien tulisijan liitin- ja yhdyshormien sijoituksessa ja läpivienneissä tulee huomioida suojaetäisyysvaatimukset palava-

tarvikkeisiin rakennusosiin. Erityistä huomiota on kiinnitettävä myös tuhansiirtolaitteiden ja kiinteän polttoaineen syöttölaitteiden läpivienteihin. Osastoivissa rakennusosissa läpiviennit eivät saa heikentää vaadittua palo-osastointivaatimusta. Läpivientien eristämiseen ja tiivistämiseen tulee käyttää kulloinkin aina tähän tarkoitukseen soveltuvaa tuotetta.

Alkusammutuskalusto:

Lämpökattilatilaa välittömässä läheisyydessä on oltava vähintään yksi 6 kg:n jauhesammutin ja mahdollisuuksien mukaan pikapaloposti tai helposti käyttöön otettava vesiletku, joka on kuivauksen ajan jatkuvasti kytketty vesijohtoverkkoon. Vesiletkun on oltava niin pitkä, että se ulottuu polttoainevarastoon.

Muista

Ota jo suunnitteluvaiheessa yhteyttä oman alueen palotarkastajaan!

Info

EI 30...60 tarkoittaa rakenteen tiiveysvaatimuksia (E), ja eristävyysvaatimuksia (I), sekä palonkestävyysaikaa minuutteina.

Perinteiset maatalousrakennukset kuuluvat yleensä **paloluokkaan P3**. Erillinen lämpökeskusrakennus voi olla tuolloin vain yksikerroksinen ja enintään 9 metriä korkea. Tuotanto- tai varastorakennukset voivat olla vain yksikerroksisia ja enintään 14 metriä korkeita.

Takapalo on polttoaineessa tapahtuvan palamisen leviäminen tulipesästä polttoaineen syöttölaitteistoa pitkin kohti polttoainevarastoa.

Palonkestävyyssominaisuudet ja maksimijännevälit*

Elementtityyppi W2, Maksimijänneväli (m)

Elementtityyppi	asennussuunta**	EI30	EI60	EI90	EI120	EI180
SPA100W2	H	9	9	9		
SPA100W2	V	9	9	9	8	
SPA125W2	H	10	10	9	8	8
SPA125W2	V	10	10	9	8	8
SPA150W2	H	10	10	10	10	9
SPA150W2	V	10	10	10	10	9
SPA175W2	H	10	10	10	10	9
SPA175W2	V	10	10	10	10	9
SPA200W2	H	12	12	10	10	10
SPA200W2	V	12	12	10	10	10

*) Suomen tyyppihyväksynnän mukaan

***) H=vaaka-asennus, V=pystyasennus

1. Elementtityypin W2 paloluokka on A2-s1,d0 (pinnoitteet PVDF ja polyesteri).
2. Osastoivissa rakenteissa elementti kiinnityksineen pitää mitoitaa vähintään muuttuvalle 0,3 kN / m² kuormalle.
3. Elementit eivät saa pituus- tai leveysuunnassa ulottua palo-osastosta toiseen.
4. Palotilanteessa elementit toimivat köysirakenteena. Kiinnitykset ja mitoitus tulee suorittaa ohjeiden mukaisesti. Mikäli käyttökohteissa on palonkestävyyssuoritusvaatimuksia, ovat sallitut jännevälit enintään yllä olevan taulukon mukaiset.

Esim. SPA100W2: SPA = Sandwich panel, 100 = elementin paksuus, W2 = villatyyppi.

Taulukko 1. Esimerkki osastoivista seinämateriaaleista.

Kooste / Ruukki, Sandwich panel SPA tuoteseloste. <http://www.ruukki.com>



Kuva 22. Vesisammutusjärjestelmä

Lähteet:

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ohjeet 2005. E9 Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus.

Finanssialan Keskusliitto. Ohje 2006. Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Määräykset ja ohjeet 2007. E3. Pienten savupiippujen rakenteet ja paloturvallisuus.

Kannattavuus

Viljankuivauksen kannattavuutta kotimaisilla polttoaineilla pitää tarkastella aina tilakohtaisesti. Öljyn hinnan lisäksi kannattavuuteen vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät.

Radiaattorikohteissa:

- kuivaajan tehontarve (kW) suhteessa käytössä olevaan kiinteän polttoaineen kattilatehoon
- lämpökeskuksen ja kuivaajan välinen etäisyys (kanaalimatka)
- kuivaajan käyttöaika / energian kulutus
- investointikustannukset
- lämpökeskuksen mahdollinen siirrettävyys

Ilmauunikohteissa:

- uunin teho (kW) mitoitetaan aina kuivaajan tehontarpeen mukaan
- kuivaajan käyttöaika / energian kulutus
- investointikustannukset
- lämpökeskuksen mahdollinen siirrettävyys

Pääsääntöisesti radiaattorilla lisälämmön tuottaminen on erittäin kannattavaa niillä tiloilla, joilla kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen teho on lähes yhtä suuri kuin viljankuivurin tehontarve. Näin on yleensä suurilla kotieläintiloilla, joiden tuotantorakennukset vaativat talvella lähes yhtä suurta lämmitystehoa kuin viljankuivuri syksyllä. Tehontarpeet osuvat eri vuodenaikaan, ja monesti lähes kaikki kuivurin tarvitsema lämpö saadaan tilan kiinteän polttoaineen kattilasta.

Esimerkki 1. broileritila (60 000 lintua)

Lähtötilanne:

- broilerihallit öljyllä (2 kpl 120 kW öljykattiloita, 40 000 litraa öljyä vuodessa)

- viljankuivuri (240 hl, uuni 300 kW, öljynkulutus 15 000 litraa vuodessa)

Tilalla siirrytään broilerihallien lämmityksessä kotimaisen energia käyttöön ja päätetään rakentaa 300 kilowatin tehoinen lämpökeskus, myös viljankuivauksen vaihtaminen kotimaiselle polttoaineelle näyttää kannattavalta.

Lähtötiedot

Kuivauskoneiston koko hl	240
Lämmitystehontarve kW	300
KPA teho kW	300
Kuivaustunnit vuodessa	400
Lämmitysenergian tarve MWh / a	120
Vastaa kevyttä öljyä l / a	15000

Investointikustannukset

Uusi öljyjärjestelmä	0
KPA lämmitysjärjestelmä	0
Kanaalikustannus	5000
Radiaattori	4000
Putkityöt ja automatiikka	12000
Yhteensä	21000

Kannattavuus

KPA:lla tuotettu energia MWh / a	120
Öljyllä tuotettu energia MWh / a	0
Kiinteän hinta € / MWh	15
Öljyn hinta snt / l	65
Hakekustannus	2250
Öljykustannus	0

Vertailu

	Öljy 100 %	Hake 100 %
Polttoainekustannukset € / a	9750	2250
Pääomakustannus € / a	0	2720
Kustannukset yhteensä	9750	4970
Tuntihinta omakustannus	24	12

Vertailussa on huolto-, sähkö-, ja valvontakulut arvioitu yhtä suuriksi. Poistoaika 10 vuotta, korko 5%

Esimerkki 2.

Lähtötilanne

- omakotitalo + maatilakorjaamo (40 kW öljykattila, 4 500 litraa vuodessa)
- viljankuivuri (120 hl, uuni 150 kW, öljynkulutus 3000 litraa vuodessa)

Tilan vanha öljykattila on uusimiskunnossa. Tuvan ja maatilakorjaamon tehontarve on yhteensä n 40 kW, viljankuivaaja mukaan otettaessa voidaan kokoluokkaa kasvattaa maksimissaan 60 - 80 kilowattiin. Tästä huolimatta kannattavuus öljyyn verrattuna on samaa luokkaa.

Lähtötiedot	
Kuivauskoneiston koko hl	120
Lämmitystehontarve kW	150
KPA teho kW	60
Kuivaustunnit vuodessa	200
Lämmitysenergian tarve MWh / a	30
Vastaa kevyttä öljyä l / a	3750
Investointikustannukset	
Uusi öljyjärjestelmä	0
KPA lämmitysjärjestelmä	0
Kanaalikustannus	3000
Radiaattori	1500
Putkityöt ja automatiikka	5000
Yhteensä	9500
Kannattavuus	
KPA:lla tuotettu energia MWh / a	12
Öljyllä tuotettu energia MWh / a	18
Kiinteän hinta € / MWh	15
Öljyn hinta snt / l	65
Hakekustannus	225
Öljykustannus	1463

Kummassakaan laskelmassa ei ole huomioitu lainkaan kiinteän polttoaineen kattilan investointikuluja. Pelkäästään viljankuivaukseen siirtymisen lisäkulut on otettu laskennassa huomioon. Hinnan ovat keskimääräisiä ja vaihtelevat kohteiden mukaan suuresti.

Muista

Kannattavuus paranee yksikkökoossa kasvaessa edellyttäen, että vähintään noin puolet lämpöenergiasta saadaan tuotettua kotimaisella energialla.

Vertailu	Öljy 100 %	Hake 40 % Öljy 60 %
	Polttoainekustannukset € / a	2438
Pääomakustannus € / a	0	1230
Kustannukset yhteensä	2438	2918
Tuntihinta omakustannus	12	15

Info

Läminvesivaraajalla voidaan parantaa hankkeen kannattavuutta. Vesivaraajista lisää sivuilla 15 ja 28.

ESIMERKKI CASET

Ilmauunnit

Risto Piipari, Kauhajoki

Hakealan ammattilaisena ja Säättötuli Oy:n osakkaana Risto pyysi viljakuivurivalmistajia kehittämään biopolttimelle soveltuvan uunin 90-luvun alkupuolella. Vain Mepu kiinnostui uunin kehittamisestä ja muutama vuosi myöhemmin ensimmäinen hakkeella toimiva kuumailmakehitin viljankuivurikäytössä oli syntynyt.

Mepu-uuni ja Säättötuli-biopoltin ovat teholtaan 300 kW. Kuivurina on vanha 170 hl:n Jaakko. Kuivausyksikkö on itsetehdyssä, siirreltävässä kontissa, jossa polttoainesiilon tilavuus on yli 10 m³.

Yli kymmenen vuoden aikana on kehitetty lisää uunia, poltinta ja automaatiikkaa. Tänä aikana tilalla ei ole kulutettu viljankuivaukseen öljyä laisinkaan, vaan kaikki omat ja rahtikuivaukset on hoidettu hakkeella. Risto on myös testannut savupiipun vaippalämmön käyttöä imuilmaan, sekä esipuhdistaja jätteen polttoa. Kohteessa esipuhdistajan jäte menee suoraan syklonin kautta hakesiilon.

Muutamia käytännön tuloksia:

- yhden hehtaarin viljojen kuivaus tarvitsee noin 1 m³ haketta
- biouunin puhdistus 1 krt/kausi, kuten öljykäyttöinenkin
- kauran esipuhdistusjäte = n. 30 % kuivaukseen tarvittavasta energiasta



Kuva 21. Risto Piiparin 300 kW kuivauskontti.

Siirrettävät yksiköt



Kuva 22.

1. Pellettisiilo, 2. Pelletin siirtoruuvi, 3. Siirrettävä lämpökontti, 4. Tuhkanpoisto



Kuva 23. Katkaisupaikka, josta keskus irroitetaan tai johon voidaan asentaa lämmönsiirrin. Ulos tuleva vesi-massa jää minimaalisen pieneksi tuplasulkujen avulla.

Taipuisat letkut helpottavat uudelleen kytkentää lämpökontin siirron yhteydessä.

Info

Siirrettävällä lämpökeskuksella voidaan parantaa hankkeen kannattavuutta, siirtämällä lämpökeskus talveksi toiseen lämmityskohteeseen.

Kiinteä yksikkö

Esimerkki 1.

Maatilalla broilerituotantoa ja lisäksi konehalli ja asunto, yhteistehontarve 200 kW, kuivurissa 300 kW:n öljyuuni. Tällöin laitevalinta tehdään suoraan kuivurin vaatimuksien mukaisesti. Mikäli lämmityslaitteiden tehoksi on valittu 250 kW, mutta haluttaisiin korvata myös kuivurin tarpeet mahdollisimman täydellisesti, voidaan järjestelmään liittää varaaja. Valitun varaajan ollessa esim. 10 m³ kokoinen, varaajan energiamäärä on n. 350 kWh. Tällöin voidaan kuormittaa varaajaa 50 kWh:n teholla 7 h ajan ja lämmityslaitteista saadaan 250 kW, jolloin kuivurin 300 kW:n tehontarve täyttyy. Jäähdytyksen aikana saadaan varaaja ladattua täyteen.

Esimerkki 2.

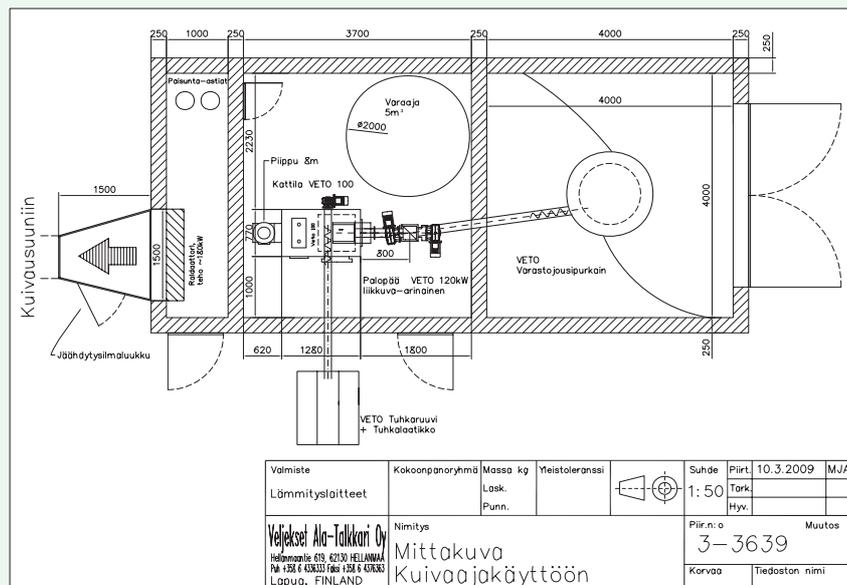
Maatilan yleinen tehontarve n. 50 kW. Valitaan lämmönlähteeksi Veto 100 kW stokerikattila ja palopääksi liikkuvavarainen 120 kW palopää ja täydennetään järjestelmää vielä 5 m³ varaajalla. Tällöin voidaan kuivurin läm-

mitykseen käyttää esim. 120 kW tehoa n.10 h ajan. Mikäli kuivuri uunin teho on 180 kW, tässä esimerkissä voidaan korvata 2/3 kiinteällä polttoaineella.

Muutamia tärkeitä huomioita.

1. Kattilan tehon nostoa ns. yliteholle esim. asettamalla ylisuuri palopää kattilaan. Savukaasujen lämpötilan noustessa 250 C:sta 350 C:een, laskee polton hyötysuhde noin 5 %, happitason pysyessä molemmissa savukaasuissa samana.
2. Osassa markkinoilla olevista kattiloissa on tehonsäätöön ns. kesäpelli, esim. Veto-kattiloissa. Tällöin osa tulipinnoista voidaan ohittaa muuna aikana.
3. Kuivurikäytössä, kun halutaan maksimaaliset tehot, täytyy polttoaineen laadun olla paras mahdollinen.
4. Lisäksi lämpökeskuksen sijoittaminen lähelle kuivuria nostaa järjestelmän hyötysuhdetta.

Kuva 24. Periaatekuva hyvin suunnitellusta lämpökeskuksesta kuivaajan yhteydessä.



Viljankuivausta kaukolämmöllä

Yleistä

Viljankuivaus kaukolämmöllä on varteen otettava vaihtoehto silloin, kun kuivaaja on lähellä kaukolämpöverkkoa tai muuta tarpeeksi suurta kiinteän polttoaineen lämpölaitosta. Syysaikaan kaukolämpölaitoksien KPA-kattilat käyvät pienellä teholla, ja niissä on reservissä kapasiteettia esimerkiksi viljankuivaukseen. Uuden viljankuivaamon paikkaa mietittäessä kannattaakin selvittää, onko lähialueella jo toimivia lämpölaitoksia ja miettiä voisiko kuivaajan rakentaa lämpölaitoksen läheisyyteen. Seuraavassa esimerkki Karijoelta.

Käyttökokemuksia

Kaukolämmön tuloveden lämpötila on ollut keskimäärin 105 astetta ja kuivauslämpötila on vaihdellut 75:n ja 95:n asteen välillä. Yrittäjän mukaan kuivausteho on ollut hyvä ja ensimmäi-

senä toiminta vuotena öljyä on säästynyt n. 90 000 litraa. Öljyn hinnasta riippuen investointi maksaa itsensä takaisin 3 – 5 vuodessa. Yrittäjä on ollut tehtyyn investointiin tyytyväinen – tekniikka on toiminut ja mitoitukset ovat osuneet kohdalleen.

Kohteen tiedot:

Esimerkki Karijoelta

- Koneisto 200 hl, radiaattori 400 kW, vm 1991
- Koneisto 200 hl, radiaattori 400 kW, vm 1997
- Koneisto 550 hl, radiaattori 1000 kW, vm 2008
- Kuivattava viljamäärä n. 2,5 miljoona kiloa / vuosi

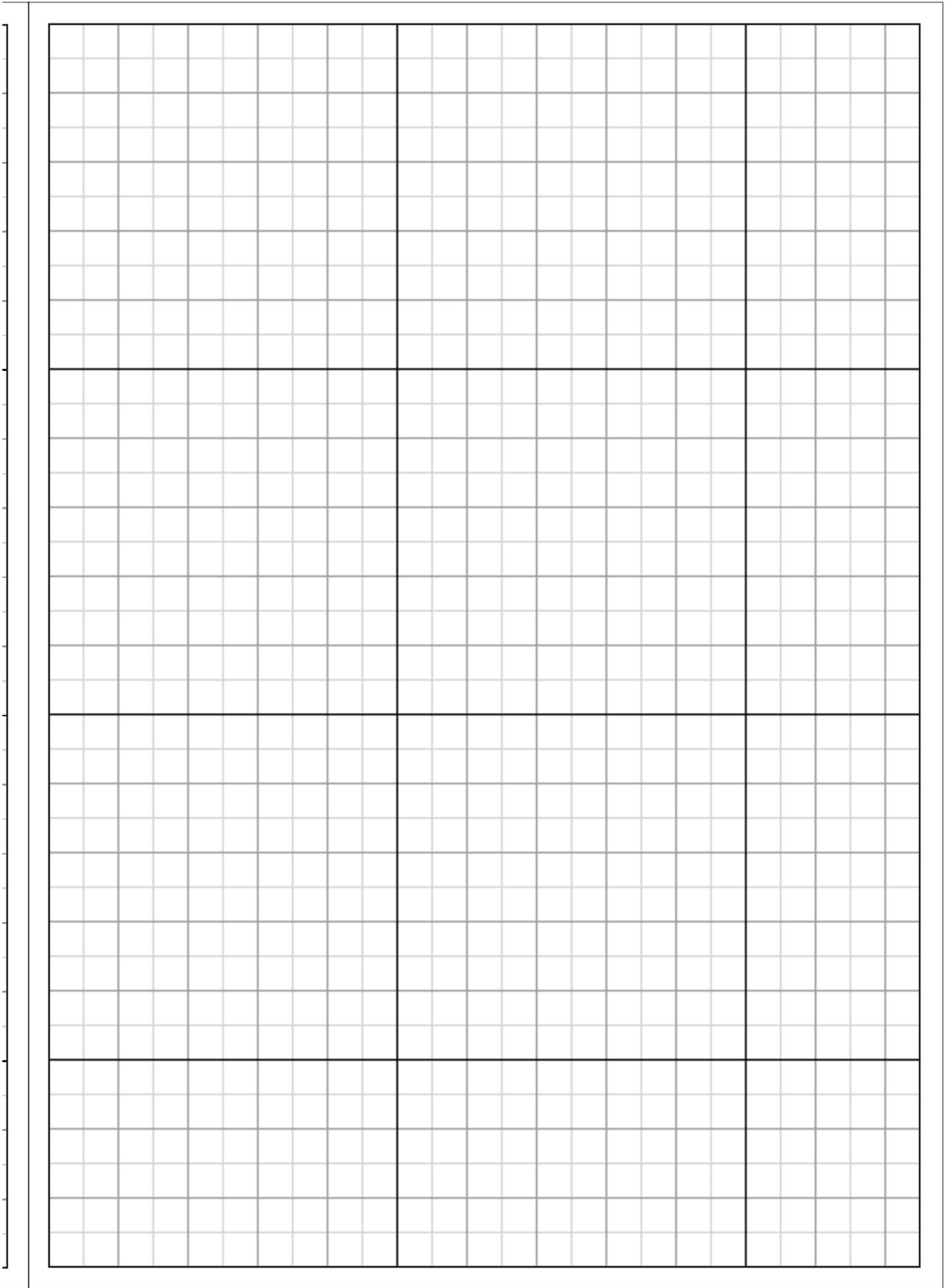
Investointi kaukolämpöön 2008

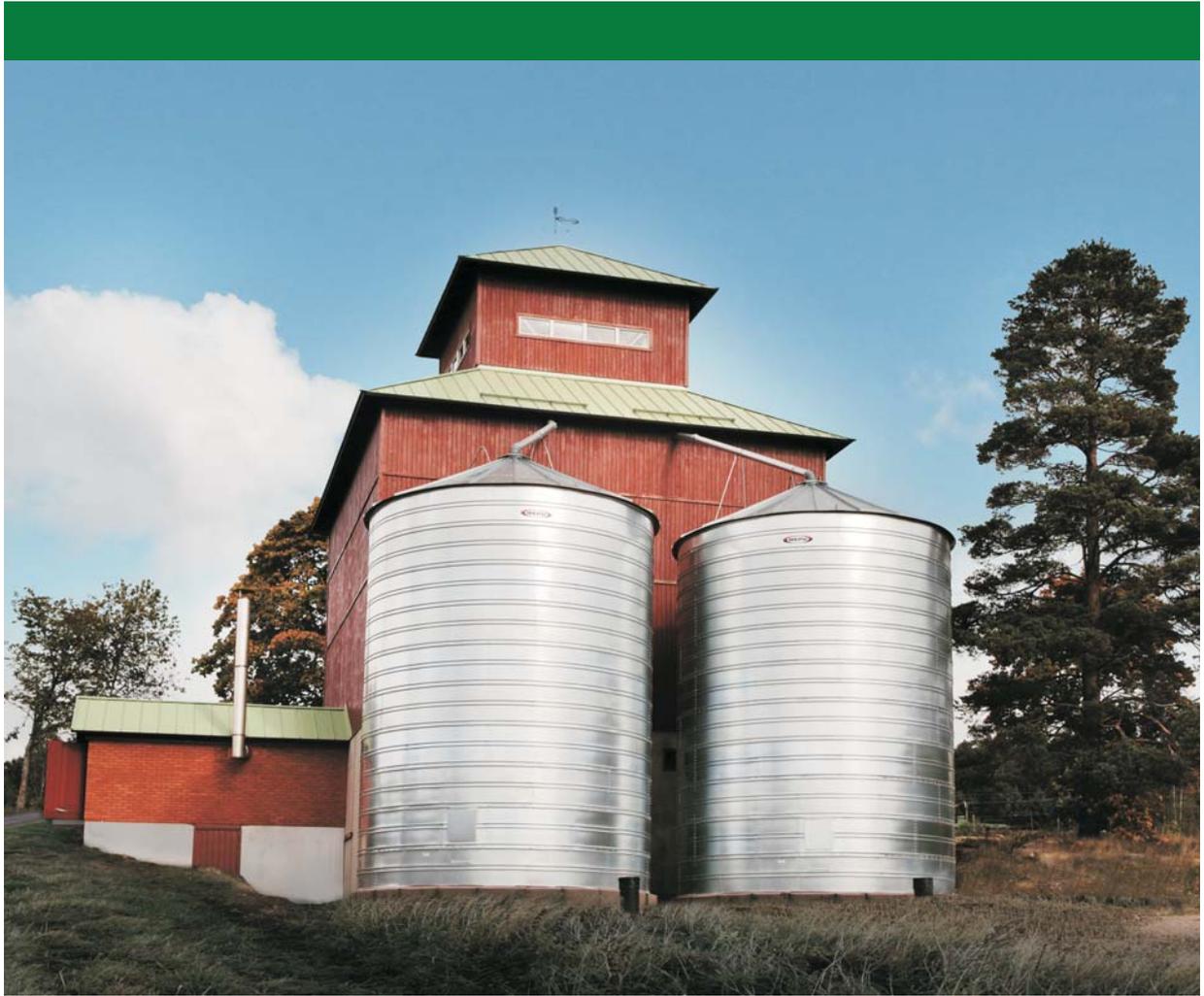
- Kaukolämpökanaalia 550 m
- 3 radiaattoria sähkö- ja LVI-töineen
- Kokonaiskustannus n. 170 000 € (sis. alv)

Kuva 25. Radiaattorit on sijoitettu ylipaineuneissa puhaltimen imupuolelle. Huomaa myös asianmukainen poistoilman ja esipuhdistimen putki- tus radiaattoreista pois päin.



Muistiinpanoja





Kehittyvä Metsäenergia- hanke



metsäkeskus
etelä-pohjanmaa

Seinäjoen ammattikorkeakoulu
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin.

