



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# VILJANKUIVAAMON SÄHKÖSANEERAUK- SEN ESISUUNNITTELU

Juha Kivinen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2019  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Sähkövoimatekniikka

KIVINEN, JUHA:

Viljankuivaamon sähkö saneerauksen esisuunnittelu

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 4 sivua  
Huhtikuu 2019

---

Opinnäytetyössä tutkittiin mahdollisuutta maatalan vanhan viljankuivaamon automaation lisäämiseksi, tarkoituksena kuivattavan materiaalin läpimenoaikojen lyhentäminen ja tämän avulla mahdollisesti saavutettava kuivauskustannusten aleneminen. Kehityskohteenä tutkittiin Jaakko Tehtaat Oy:n valmistamaa lämminilmakuivuria, joka on valmistunut 1970-luvulla ja on edelleen käytössä.

Kun lisätään automaatiota vanhaan järjestelmään, on mietittävä kokonaisuutta, joka käsittäisi kuivaamon koko sähköjärjestelmän. Työssä perehdytään laitteistoon ja sen toimintaperiaatteeseen. Laitteistosta on säilynyt alkuperäinen dokumentaatio, jossa on tekniset tiedot ja suoritusarvot.

Työn lopputuloksena on selvitys standardeista ja määräyksistä, jotka ohjaavat nykyaikaisen viljankuivaamon sähkö- ja automaatio suunnittelua. Kustannuslaskelmasta huomataan saneerauksen kallis hinta sekä maataloustukijärjestelmän ohjaus hankkimaan uusi laitteisto.

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Electrical Engineering  
Electrical Power Engineering

KIVINEN, JUHA:

Preliminary design of electrical renovation of a grain dryer

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 4 pages

April 2019

---

The purpose of this thesis was to determine the possibility to automate an old grain dryer in a farm. The aim was to reduce the throughput of the material to be dried and thereby reducing the costs of drying. A hot air dryer manufactured by Jaakko Tehtaat Oy, built in the 70s and still in use, was studied as a development project.

When automation is added to an existing system, the whole system must be considered with the entire electrical system of the grain dryer. Hardware and operating system were studied in this thesis. The original documentation of the hardware with the technical data and performance was available to be reviewed.

The result of this study is a report of standards and regulations that guide the electrical and automation design of a modern grain dryer plant. Calculations of costs show the involved with the renovation so agriculture investment support guides to acquire new equipment was necessary.

---

Key words: grain dryer, biomaterial, safety of machinery, explosion protection document

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VILJANKUIVAUS .....	8
	2.1 Kuivaamisen tarve .....	8
	2.2 Jyvän kuivuminen .....	8
3	KUIVURI .....	10
	3.1 Kuivaustekniikat .....	10
	3.2 Kuivurin komponentit.....	12
	3.2.1 Kaatosuppilo .....	12
	3.2.2 Elevaattori .....	12
	3.2.3 Esipuhdistin.....	15
	3.2.4 Varastokennot .....	16
	3.2.5 Kuivauskenno.....	16
	3.2.6 Syöttölaite .....	17
	3.2.7 Putkisto.....	18
	3.2.8 Kuivuriuuni .....	18
4	SÄHKÖLAITTEISTO .....	20
	4.1 Säädökset ja standardit.....	20
	4.1.1 Valmistusvuonna 1978 vaikuttaneet sähkömääräykset.....	20
	4.1.2 Vuonna 2018 viljankuivaamoon sovellettava standardi SFS 6000:2017 .....	21
	4.2 Sähkölaitteiston suunnittelun vaatimukset.....	22
	4.2.1 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (12.6.2008/400) .....	23
	4.2.2 Räjähdyssuojausasiakirja .....	24
	4.2.3 SFS-EN 60204-1:2018 koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto .....	25
	4.2.4 390/2005 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta.....	25
5	Modernisointi .....	26
	5.1 Kuivaamorakennuksen saneeraus .....	26
	5.1.1 Sähkönsyöttö rakennukseen .....	26
	5.1.2 Rakennuksen talotekninen sähköjärjestelmä.....	28
	5.2 Kuivurikoneiston SA-järjestelmä.....	30
	5.2.1 Automaatiojärjestelmä .....	30
	5.2.2 Sähköjärjestelmä .....	32
6	KUSTANNUKSET .....	34
7	POHDINTA.....	35

LÄHTEET .....	36
LIITTEET .....	37
Liite 1. Moottorien tekniset arvot    1 (2) .....	37
2 (2)	38
Liite 2. Vanhan standardin taulukko teollisuuspölyistä ja niiden ominaisuuksista	
39	
Liite 3. Sähkötarvikkeiden budjettihinnat .....	40

**LYHENTEET JA TERMIT**

Vna	Valtioneuvoston asetus
Vnp	Valtioneuvoston päätös
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
Vakola	Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee vanhan viljankuivaamon sähkösaneerausta. Kyseessä on 1970-luvun lopulla valmistunut maatilan viljankuivaamo. Kuivurikoneisto on kennotyypinen lämminilmakuivuri. Koneisto on sijoitettu varastosiilojen keskelle, omaan rakennukseen. Koneiston ja siilojen muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan kuivaamoksi.

Kuivaamon sähköjärjestelmässä ei havaittavissa vikoja, mikä pakottaisi tekemään sähköjärjestelmän saneerauksen. Kuivurikoneisto on mekaanisesti hyväkuntoinen, muutamia kulumisesta johtuvia ainevahvuuksien ohenemisia on havaittavissa, jotka omistajan toimesta on korjattu. Kuivaamoa on siivottu ja huollettu järjestelmällisesti. Kuivuriuuni on uudistettu 1990-luvulla. Kaapeleiden ja eristeiden sähköisiä ominaisuuksia ei tutkittu, visuaalisesti tarkasteltuna ovat kunnossa.

Työssä tutkittiin mahdollisuutta järjestelmän automaation lisäämiseksi ja muutoksista aiheutuvien kustannusten muodostumista. Mahdollisella saneerauksella saavutettaisiin lisäarvoa vanhalle laitteistolle.

Työssä käydään lävitse viljankuivauksen pääperiaatteet ja kuivauksen aikana jyvässä tapahtuva fysikaalinen ilmiö, sekä kuivurikoneiston komponentit, tehtävät ja mahdolliset kehityskohteet. Sähköjärjestelmästä selvitetään määräykset ja ohjeistukset, joiden mukaan kuivaamon sähköt ja lämmityslaitteisto on valmistumisvuonnaan valmistettu. Järjestelmää muutettaessa ja modernisoitaessa, täytyy järjestelmä suunnitella ja rakentaa nykyisten voimassa olevien standardien ja ohjeiden mukaisesti. Työssä selvitetään voimassa olevien määräysten vaatimuksia laitteiston suunnittelulle ja saneerauksen toteutukselle. Selvitetään tilaajan ja toimittajan vastuita ja velvollisuuksia, koneiden ja laitteiden modernisointien ja muutosten yhteydessä.

## 2 VILJANKUIVAUS

### 2.1 Kuivaamisen tarve

Viljankuivaus on fysikaalinen prosessi, jossa materiaalista haihdutetaan kosteutta. Jyvän ja muiden biomateriaalien säilymisen kannalta materiaalin kosteus on saatettava tasolle, jossa mikrobien kasvu pysähtyy. Mikrobien kasvuun vaikuttavat kosteuden lisäksi: lämpötila, happipitoisuus, happamuus ja materiaalin fysikaalinen kunto. Biomateriaalien pilaantuminen voi johtua myös biomateriaalin omasta entsyymitoiminnasta ja biomateriaalin hengityksestä itävyyden ylläpitämiseksi. (Hautala, Jokiniemi & Ahokas 2013, 22 ).

Vilja korjataan pelloilta tuoreena ja joudutaan kuivaamaan säilyvyyden takaamiseksi. Korjuukosteus on tavanomaisesti 20 - 40 %. Suomen olosuhteissa vilja säilyy pitkäaikaisesti kosteuden ollessa  $\leq 14$  %. Rehuvilja joka syötetään korjuuta seuravana talvena eläimille, voidaan jättää kosteammaksi välille 16 - 18 %, koska vilja säilötään viileässä  $< 5^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa. Muitakin säilömismenetelmiä on olemassa, esimerkiksi jäädyttäminen säilö viljan. Erilaisilla kemikaaleilla voidaan myös säilöä biomateriaaleja. Hapettomassa tilassa mikrobien kasvu pysähtyy, kuten myös happamassa tilassa. Näitä säilömistapoja on käytössä karjatiloiilla, rehuviljaa säilöittäessä. (Hautala ym. 2013, 29).

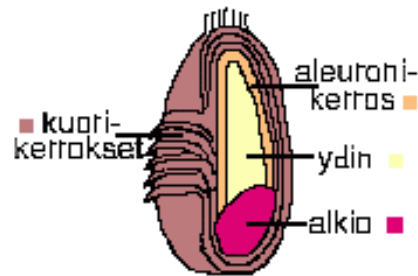
Viljan kuivaaminen on kustannus, jonka tarve vaihtelee vuosittain. Kosteana puintijaksona viljan kuivaamiseen käytettävä energia ja aika voi olla moninkertainen, verrattuna hyvissä sääolosuhteissa suoritettuun viljan korjuuseen. Kuivausaika viljaerää kohden on suoraan verrannollinen kuivauksen aloituskosteuteen. Kuivumisprosessi noudattaa melko täsmällisesti samaa aikavakiota. Koska kyseessä on biomateriaali, kuivausprosessista ei voida luoda tarkkaa matemaattista mallia. Kuivauksen aikavakio on mallinnettu kokeellisesti. (Hautala ym. 2013, 36,42).

### 2.2 Jyvän kuivuminen

Jyvän lämpeneminen ja kosteuden poistuminen noudattaa termodynamiikan lainalaisuuksia. Viljanjyvän lämpenemistä voi kuvata perinteisellä lämpöverkkomallilla. Kuvassa 1



on viljanjyvän poikkileikkaus, josta havaitaan erilaiset rakenteet, joista lämmön ja kosteuden on siirryttävä.



KUVA 1. Viljanjyvän rakenne. (Ruokatieto.fi)

Lämmön on siirryttävä jyvän pinnalta ytimeen, kuorikerroksen lävitse ja edettävä ytimessä. Vastaavasti jyvässä olevan kosteuden on siirryttävä ytimestä jyvän pintaan, jolloin kosteustasapainon mukaan kosteus siirtyy ympäröivään kuivempaan ilmaan. Näillä fyysikaalisilla tapahtumilla on aikavakio, joka määräytyy jyvän rakenteesta. Jyvän laadusta ja lajikkeesta johtuen aikavakioissa voi olla eroja. (Hautala ym. 2013, 32).

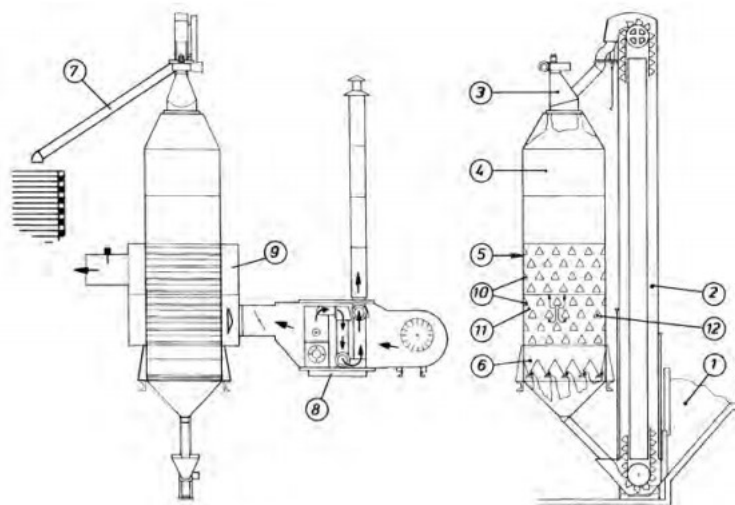
Monista syistä johtuen on jyvän kuivumisprosessille hankala luoda matemaattista mallia. Tästä syystä kuivausmalli täytyy luoda kokemukseräisesti ja sopivasti mittaamalla fyysikaalisia arvoja kuivurikohtaisesti. Näistä arvoista voidaan luoda riittävä prosessimalli ohjaukselle. (Hautala ym. 2013, 36, 42).

### 3 KUIVURI

#### 3.1 Kuivaustekniikat

Viljan kuivurit voidaan jakaa toimintatavan ja rakenteen mukaan. Toimintatavan perusteella puhutaan lämminilma- ja kylmäilmakuivureista ja rakenteen mukaan voidaan mainita lava- ja siilokuivurit. Muita biomateriaaleja kuivattaessa puhutaan myös tyhjiö-, mikroaalto- ja alipainekuivureista. Muita kuivattavia biomateriaaleja on mm. olki ja puuhake.

Suomen leveysasteella viljan kuivaukseen käytetyin kuivurityyppi on lämminilmaeräkuivuri, jossa ilmavirtaus on sekavirtaus-tyyppinen. Viljan kuivauksessa on myös sovelluksia alipaineen käytölle kuivauksessa, jossa lämmitettyä ilmaa imetään kuivattavan materiaalin lävitse. Kuvassa 2 on esitettyä kennotyyppinen eräkuivuri, jossa käytetään sekavirtausta ja lämmitetty ilma puhalletaan kuivuriin.



KUVA 2. Kennotyyppinen lämminilmaeräkuivuri (Hautala ym. 2013, 82).

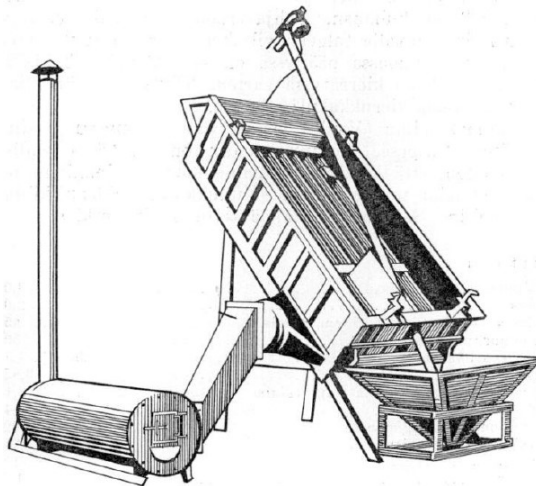
Kuvan 2 kuivuri on tyypik kuva kuivurista, jonka sähkösaneerausta tässä työssä tullaan käsittelemään.

Eräkuivureilla tarkoitetaan laitteistoja, joissa materiaalivirta syötetään kerralla laitteeseen, tämän jälkeen kuivausprosessi aloitetaan. Materiaalin saavuttaessa halutun kosteusprosentin, erä jäädytetään haluttuun lämpötilaan ja poistetaan kuivurista. Näin koko prosessin sykli tuli suoritettua ja voidaan aloittaa uusi sykli. Eräkuivureita voi olla kylmä- ja

lämmenilmakuivureina. Suomen ilmastossa lämmenilmakuivaus on kannattava tekniikka tuottamaan kauppalaatuista viljaa markkinoille.

Jatkuvatoimisessa kuivurissa prosessimekaniikka on suunniteltu suoritusjärjestyksessä, kun ensimmäinen vaihe on suoritettu, niin materiaalivirta jatkaa seuraavaan vaiheeseen ilman pysäytyksiä. Jatkuvatoimisessa kuivauksessa materiaalivirtojen oikea-aikainen hallinta tapahtuu syöttönopeuden ja lämpötilojen tarkalla ohjauksella. Kuivattavien erien pitää olla suuria ja tasalaatuisia, että tämä tekniikka on kannattavaa.

Lavakuivurit olivat aikoinaan erittäin yleisiä maaseudulla. Tilakoot olivat pieniä, joten kuivattavat erät olivat pieniä. Lavakuivurilla pystyy kuivaamaan melkein mitä vaan, pienen siemenistä heinään, ja kaikkea siltä väliltä. Lavakuivureiden lämmönlähteinä käytettiin monasti itsevalmistettuja kuivuriuuneja, joiden polttoaineena käytettiin yleensä puuta. Nykyään samaa tekniikkaa käytetään muiden biomateriaalien kuivaamiseen, kuten esimerkiksi haketta kuivataan halleissa, joiden lattia on tehty reikälevystä ja jonka alapuolelle johdetaan kuivausilmaa puhaltimilla. Näissä sovelluksissa puhallusilmaa ei lämmitetä, tai lämmitys on erittäin maltillista. Isoissa mallastamoissa käytetään samaa tekniikka, jolla kuivataan idätetty mallas. Kuvassa 3 on lavakuivuri VAKOLAN koetuselostuksesta vuodelta 1964.



KUVA3. Lavakuivuri vuodelta 1964. (Valtion Maatalouskoneiden Tutkimuslaitoksen koetuselostuksesta).

Siilokuivuri on myös yksi kuivurirakenne. Siinä ilmavirta johdetaan pystysiilon keskellä olevasta putkesta siilossa olevan viljan sekaan. Tällä kuivaustekniikalla ei välttämättä

saada kauppatasoista viljaa kustannustehokkaasti, mutta tämä tekniikka olisi kehityskelpoinen tuoreen viljan vastaanottoon jos käytettäisiin lämminilmakuivurin jäähdytyksestä saatavaa lämmintä ilmaa siilon syöttöilmänä.

## **3.2 Kuivurin komponentit**

Viljan kuivurit koostuvat pääsääntöisesti samoista komponenteista, kuivaustekniikoista riippumatta. Kuvassa 2 on esitetty lämminilmakuivurin koneisto, jonka laitteita esitellään. Esittely tapahtuu materiaalivirran suuntaisesti.

### **3.2.1 Kaatosuppilo**

Kaatosuppilo on merkitty kuvaan 2 numerolla 1. Kaatosuppilosta kuivurikoneisto täytetään. Suppiloa voidaan käyttää viljan varastointiin, mutta tuoreella viljalla joka tuodaan suoraan pellolta, varastointi ei saa olla pitkä, ettei viljan laatu ala heikkenemään.

Kaatosuppilossa ei ole mitään sähkökomponentteja tai mekaanisia laitteita. Suppilo on yleensä valmistettu betonista valamalla tai metallilevyistä kasaamalla.

### **3.2.2 Elevaattori**

Elevaattori ja elevaattoriputkisto on merkitty kuvaan 2 numerolla 2. Elevaattorilla jyvät siirretään vertikaalisesti ylös. Elevaattorin siirtonopeudella on merkitystä kuivurin täytössä ja tyhjentämisessä. Kuivaustapahtumassa massavirtaus on pieni osa elevaattorin kapasiteetista. Täytössä ja tyhjentämisessä maksimaalisen kapasiteetin hyödyntäminen on suotavaa, koska erän vaihtamiseen kuluva aika voi olla jopa kolmannes kuivauksen kokonaisajasta. Kosteilla erillä kuivaukset kestävät tunteja, näissä kuivauserissä ei panostukseen käytetyllä ajalla ole paljon merkitystä.

Tutkimuskohteessa on käytössä kuppielevaattori. Kyseessä on Jaakko Tehtaat Oy:n valmistama 40 tonnin elevaattori. Vakola on testannut kyseisen elevaattorimallin ja saanut

siirtotehoksi 46,5 t/h. Suoritusarvojen perusteella 146 hl kuivauserän tyhjentämiseen teoreettisesti kuluva aika on 12,5 minuuttia. Tällä hetkellä erän täyttäminen kestää 45 minuuttia ja tyhjentämiseen käytetään 60 minuuttia aikaa. Elevaattorin kapasiteettia ei käytetä hyödyksi.

Täyttöprosessin pitkään suoritusajaan vaikuttaa tuoreen viljan ja betonisen kaatosuppilon välinen kitka ja suppilon muoto, viljan virtaama omalla painollaan ei ole riittävä syöttämään elevaattoria tasaisesti. Kitkaa voisi pienentää pinnoittamalla kaatosuppilon seinämät esimerkiksi epoksinnoitteella. Pinnoite kestää erittäin hyvin kulutusta ja siitä ei irtoa haitallisia aineosia viljaan. Kaatosuppilon muotoa jyrkentämällä voidaan saavuttaa virtausnopeutta, mutta tässä tapauksessa olemassa oleva rakennuksen rakenne ja korkeusasema eivät anna mahdollisuutta tähän toimenpiteeseen. Lisäämällä kaatosuppilon pohjalle vaakakuljetin, voidaan syöttötapahtumaa tehostaa ja samalla annostella elevaattorille oikea materiaalivirta koko täyttöprosessin ajan.

Tyhjennyksessä kuivurista avataan luukku, jonka kautta materiaali valuu vapaasti elevaattoriin. Tyhjennysluukku avataan mekaanisesti käsin, ja avautuma on kokemusperäisesti todennettu. Epätarkan avautumisen ja epätasaisen materiaalivirran vuoksi luukku joudutaan pitämään virtauksenrajoituksella varmuuden vuoksi, estämään elevaattorin tukkeutumisen. Myös syöttölaitteen avulla on mahdollista tyhjentää kuivuri, tässä tapauksessa tyhjennysaika on noin 1,5 tuntia. Syöttölaitteen mekaanisella modernisoinnilla ja muuttamalla nopeussäädetyksi käytöksi, järjestelmään saataisiin automaation vaatimaa säädettävyyttä.

Kuvassa 4 on elevaattorin yläpää. Muuttamalla elevaattorin käyttömoottori nopeussäädetyksi käytöksi, järjestelmään saataisiin automaation vaatimaa säädettävyyttä materiaalin hallintaan.



KUVA 4. Elevaattorin yläpää molemmilta puolilta kuvattuna.

Taulukossa 1 on esitetty elevaattorin käyttömootorin tekniset tiedot. Moottori on alkuperäinen, tästä syystä arvot on annettu aikaisemmin käytössä olleessa jännitetasossa.

TAULUKKO 1. Elevaattorin sähkötekniset suoritusarvot

Elevaattorin oikosulkumoottori		
Teho	3	kW
Jännite	380	V
Virta	7,0	A
Pyörimisnopeus	1420	1/min
Tehokerroin	0,82	cosφ

### 3.2.3 Esipuhdistin

Esipuhdistin on merkitty kuvaan 2 numerolla 3. Esipuhdistimen tarkoitus on poistaa jyvien mukana kulkeutuvat kevyet epäpuhtaudet. Esipuhdistimen virtauksen säätö tapahtuu mekaanisella säätöpellillä. Ilmavirtauksen voimakkuus asetetaan korvakuulolla, kun metallisesta poistoputkesta alkaa kuulumaan jyvien aiheuttamaa ropinaa, niin raja-arvo on ylitetty ja virtausta on pienennettävä. Tämän jälkeen tarkempi säätäminen tapahtuu tarkkailemalla poistuvien roskien määrää ja laatua. Säädön ollessa mekaaninen, järjestelmä vaatisi tarkkailua ja ilmamäärän asettelua mekaanisesti kuivaussyklin ajaksi. Kyseinen esipuhdistin on kuvassa 5.



KUVA 5. Esipuhdistin kuvattuna sivulta ja ylhäältä.

Valmistaja ilmoittaa kyseiselle esipuhdistimelle materiaalin käsittelykyvyksi 15 -20 tonnia viljaa tunnissa. Laite ei rajoita materiaalin virtausta, koska puhdistaminen tapahtuu sivuvirtauksena. Materiaalivirran ollessa suurempi kuin laitevalmistajan on ilmoittama, puhdistumista ei tapahdu tehokkaasti. Kuivausprosessissa materiaalivirtaus on laitteelle sopiva, ainoastaan täyttötilanteessa materiaalivirta on suurempi kuin laitteen kapasiteetti. Kuivuria tyhjennettäessä esipuhdistimen lävitse ei ole materiaalivirtaa. Liitteessä 1 olevassa taulukossa 2 on esitetty esipuhdistimen sähköiset suoritearvot.

Kehityskohteena esipuhdistimen tilavuusvirtausta kannattaisi säätää kuivausprosessin aikana, kannattava säätötapa olisi puhaltimen nopeuden muuttaminen. Eri viljalaaduilla ja kuivauksen edetessä voidaan käyttää eri puhallinnopeuksia, parhaimman hyötysuhteen saavuttamiseksi.

### 3.2.4 Varastokennot

Varastokennot on merkitty kuvaan 2 numerolla 4. Varastokennot ovat kuivauskennojen päällä sijaitsevat kennot, joihin elevaattorilla nostettu materiaali johdetaan esipuhdistimen lävitse. Kennojen tarkoitus on toimia kuivausprosessissa viljan välivarastona, paikana jossa jyvän sisäiset lämpötilaerot pääsevät tasaantumaan. Samalla jyvän ytimessä oleva kosteus pääsee tulemaan pintaan, josta se kuivataan. Varastokennoissa oleva vilja toimii myös ilmalukkuna kuivauskennoihin puhallettavalle ilmalle. Kuivauskennoissa ei ole mekaanisia, eikä sähköisiä komponentteja. Joissakin kuivurimalleissa varastokennoista, viljatason yläpuolelta imetään ilmaa tuulettuvuuden parantamiseksi ja samalla estetään ilmankosteuden tiivistyminen metallipinnoille. Tässä kuivurimallisissa esipuhdistimen poistama ilma imetään osittain kyseisestä tilasta, jolla kosteuden tiivistymisilmiö estetään

### 3.2.5 Kuivauskenno

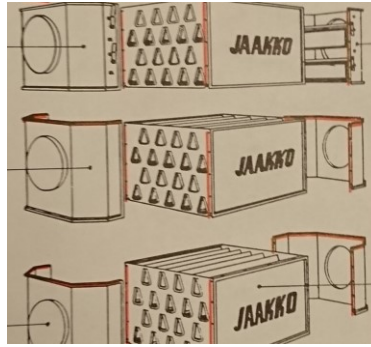
Kuivauskennot on merkitty kuvaan 2 numerolla 5. Kuivauskennoissa tapahtuu kuivatettavan materiaalin lämmittäminen ja kosteuden poistaminen. Kuvassa 6 on periaatemalli kuivauskennoista, joiden ilmaharjoista kuivausilma kierrätetään.



KUVA 6. Kuivauskennon rakenne.( Hautala ym. 2013, 79)

Tuloilmakanavisto on merkitty kuvaan 2 numerolla 9. Tuloilmaharjat on kuvattu kuvassa numerolla 7 ja poistoilmaharjat numerolla 11. Kuivauskennot koostuvat tuloilmaharjoista ja poistoilmaharjoista. Kuvassa 7 on kyseisen kuivurin kuivauskennoista räjäytyskuva.





KUVA 7. Jaakko-kuivurin kuivauskennojen räjäytyskuva. (Jaakko-kuivurien käyttö- ja huolto-ohjeet)

Puhallusilma johdetaan kuivauskennojen tuloilmakanavistoon jotka näkyvät kuvan 7 oikealla puolella ja poistokanavat ovat kuvan vasemmalla puolella. Kanavistot liitetään pyöreisiin putkiliitoksiin, yhdet molemmille puolille. Kuivauksen tapahtuessa vajaatäyttöisellä kuivurilla, ylimmäisen kuivauskennon sulkemiseen käytetään kuvissa näkyviä käsikäyttöisiä sulkupellejä. Kennoissa ei ole sähköisiä komponentteja.

### 3.2.6 Syöttölaite

Syöttölaite on merkitty kuvaan 2 numerolla 6. Tässä kuivurissa on sulkusyötin-tyyppinen syöttölaitteisto. Syöttöteloja on viisi kappaletta, joiden voimavälitys on hoidettu ketjulla. Liitteen 1, taulukossa 3 on syöttölaitteen tekniset suoritearvot.

Syöttönopeuden säätö on toteutettu mekaanisesti. Säätö tapahtuu kiertokangen iskunpituutta muuttamalla. Sulkusyötin kierrosnopeus on 7,64 rpm, jolla saavutetaan kuivuserän kierrosnopeudeksi noin 1,5 tuntia. Tämän käytön muuttaminen säädetyksi moottorikäyttöksi vähentäisi mekaniikkaa ja mahdollistaisi syöttönopeuden portaattoman asettelun laitoksen käydessä.

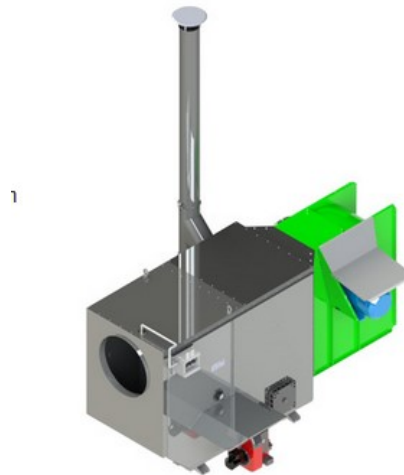
Syöttölaitekennossa on myös poistoimuri, jolla kuivurin alapuolisten osien ilmanvaihtoa ylläpidetään. Ilmanvaihdolla ehkäistään kosteuden tiivistyminen metallipintoihin. Ilmanvaihtomoottorin arvot ovat liitteen 1 taulukon 4 mukaiset. Teknisissä erittelyissä laitetta kutsutaan jalustaimuriksi.

### 3.2.7 Putkisto

Putkisto on merkitty kuvaan 2 numerolla 7. Putkistot ovat tarkoitettu viljan siirtämiseen. Näiden putkistojen materiaalin siirto perustuu vapaaseen pudotukseen.

### 3.2.8 Kuivuriuuni

Kuivuriuuni on merkitty kuvaan 2 numerolla 8. Lämmityskattilalla tuotetaan viljan-kuivaamon tarvitsema lämpö. Yleensä viljankuivaamoissa käytetään kevyttä polttoainetta polttoaineena, myös biomateriaaleja kuten haketta käytetään polttoaineena. Järjestelmän hankintakustannuksista ja ylläpitokustannuksista johtuen, kevyen polttoöljyn käyttö on yleisintä. Muita polttoaineita käytetään yleensä siinä tapauksessa, jos lämmitysjärjestelmää voidaan kuivauskauden ulkopuolella käyttää muuhun lämmittämiseen. Kuvassa 8 on ylipaineekuivureissa käytetty lämmönlähde.



KUVA 8. Viljankuivurin lämmönlähde.(Mepu lämmönlähteet verkkosivusto)

Koska lämmityskattilalta ei vaadita erityisiä ominaisuuksia, vain kuumentaa kuivuriin puhallettava kuivausilma, tästä syystä kattilan valmistuskustannukset on voitu puristaa minimiin. Kattilassa ei ole kuin tulipesä ja levylämmönvaihdin jonka lävitse kuivausilma puhalletaan. Lämmönlähteenä on öljypoltin. Tässä tutkimuskohteessa lämmityskattila on vaihdettu uuteen vuonna 2003. Öljypolttimena on Oilonin valmistama kaksoissuuttimella varustettu öljypoltin. Puhaltimena on keskipakoispuhallin, minkä tekninen erittely on liitteessä 1.

Lämpötilan säätö tapahtuu käsin asetettavilla termostaateilla, joiden kapillaarianturit on työnnetty kattilan sisälle, lämminilmakanavan lähtöpäähän. Puhaltimen tuottamaa tilavuusvirtausta säädetään käsin aseteltavalla säätöpellillä, joka sijaitsee imuilmakanavassa, ennen puhallinta. Puhaltimen käynnistyksessä on tähti-kolmio käynnistys. Tästä järjestelmästä pienellä automatisoinnilla saadaan laitoksen hyötysuhdetta parannettua.

## 4 SÄHKÖLAITTEISTO

### 4.1 Säädökset ja standardit

Kuivurien sähkölaitteita koskevat monet standardit ja säädökset, muutoksia määräykseen on vuosien varrella tullut. Kokonaisuuteen kuuluu kuivurikoneisto, viljan varastointisiilot ja itse kuivaamorakennus, kokonaisuutta voidaan käsitellä kuivaamona.

#### 4.1.1 Valmistusvuonna 1978 vaikuttaneet sähkömääräykset

Tutkimuskohteen valmistusvuonna 1978, voimassa olleet sähköturvallisuusmääräykset ovat vuodelta 1974. Kyseiset määräykset olivat Sähkötarkastuslaitoksen asiantuntijoista koostuneen ryhmien mietintöjen perusteella tuotettu määräyskokoelma A1. Ennen vuotta 1974 sähköturvallisuutta ja sähkömääräyksiä tulkittiin Sähkölaitosten varmuusmääräys säädöskokoelman pohjalta.

Sähkötarkastuslaitoksen julkaisu A1–74 oli ensimmäinen sähköstandardi, joka noudatti kauppaja- ja teollisuusministeriön päätösten mukaisia pykälänumerointeja. Myös ministeriön määräykset ovat standardissa näkyvillä. Jokaisen velvoittavan ministeriön määräyksen jälkeen on Sähkötarkastuslaitoksen antamat tarkemmat määräykset ja ohjeet nähtävillä ja tämän kyseessä olevan määräyksen soveltamista koskeva ohjeistus.

Kyseisen A1–74-standardin ohjeistuksien mukaan on tutkimuskohteen viljankuivaamon sähkölaitteisto rakennettu. Muitakin standardeja on täytynyt ottaa huomioon sähköjärjestelmää rakentaessa, esimerkiksi määräys öljylämmitysasennuksista. Koska Suomi oli vielä 1970-luvulla maatalouspainotteinen ja maatalousrakentaminen oli voimakasta, ottaa kyseinen A1–74-standardi seikkaperäisesti kantaa maa- ja puutarhatalouden sähköasennuksiin.

Kuivaamon sähköjärjestelmä on rakennettu sähkösuunnitelmien mukaan, jotka on hyväksytetty Sähkötarkastuslaitoksella 13.10.1976. Kyseisestä hyväksynnästä sähkösuunnitelmissa on leimat. Muutoksia suunnitelmiin on kirjattu vuonna 1977.

Vuoden 1974 sähkömääräyksissä on kohta räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksista, nykyisin pölyräjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksista on oma standardi (SFS-EN 60079-10-2:2015). Alkuperäisessä sähkömääräyksessä on taulukko, jossa on annettu palavien teollisuuspölyjen ominaisuuksia. Taulukko on liitteenä 2.

Liite 2, taulukko 6 mukaan viljanpölyistä ei ole annettu raja-arvoa pölyilmaseoksista, mikä muuttaisi viljankuivaamon räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Taulukko on vuodelta 1974. Kauranjyvöpölyn syttymislämpötilaksi on merkitty 440 °C, hiiltymislämpötilaksi 270 °C.

Palovaaralliseksi tilaksi viljankuivaamo luokitellaan ja on luokiteltu jo standardissa A1-74:ssä. Palovaarallisten tilojen kotelointiluokkien vaatimuksissa on kyseisessä standardissa ollut vaihtelua. Esimerkiksi valaisinten kotelointiluokka on voinut olla sateenpitävä, joka tarkoittaa IP23-luokitusta ja kytkimet, pistorasiat ja ym. sähkötarvikkeet ovat pitäneet olla roiskevedenpitäviä, eli IP34-luokiteltuja.

#### **4.1.2 Vuonna 2018 viljankuivaamoon sovellettava standardi SFS 6000:2017**

Tällä hetkellä voimassa oleva pienjännitesähköstandardi (SFS 6000:2017) ei ota kantaa viljankuivaamojen sähköasennuksiin, ainoastaan standardin kohdassa SFS 6000-7-705 mainitaan viljankuivaamojen kuuluvan maa- ja puutarhatalouden tiloihin. D1-käsikirjassa jossa on lisäohjeistuksia ja tarkennuksia SFS 6000 standardiin, sivulla 128, kohdassa suojausmenetelmät, palovaaralliset tilat, ohjeistetaan palovaarallisten ja räjähdysvaarallisten tilojen sähköasennuksia. Samassa luvussa ohjeistetaan viljankuivaamoiden lämmityslaitteistojen asennuksista katsoa Lämmitysenergiayhdistyksen julkaisusta TS2-2016.

Nykypäivän maatalous on teollista tuotantoa, minkä tuotteiden kannattavuutta yritetään parantaa, yksikkökojoja suurentamalla. Tästä syystä maataloutta ja maatalouden tuotantolaitteita voidaan rinnastaa teollisuuteen ja teollisuudessa käytettyihin standardeihin ja ohjeistuksiin. Yleiset vaatimukset maatalouden tuotantolaitosten häiriöttömälle käytölle ovat kasvaneet äärimmilleen. Monilla maatiloilla eläinten elinehtona on häiriötön sähkönjakelu.

## 4.2 Sähkölaitteiston suunnittelun vaatimukset

Koska tarkoitus on muuttaa suorakäytöt säädetyiksi käytöiksi ja samalla lisätä automaatiota, sähkö saneerauksessa on noudatettava voimassa olevia standardeja. Joissakin yksittäisissä muutoksissa jotka kohdistuvat sähkölaitteistoihin voitaisiin puhua muutostyöstä. Standardin SFS 6000 mukainen määritelmä muutos- ja laajennustyölle on, että jos muutostöissä vain siirretään yksittäisen sähkölaitteen asennuspaikkaa, vaihdetaan koje huonokuntoisten tai rikkoutuneen tilalle, näissä tapauksissa muutostyö rinnastetaan korjaustyöhön ja asennukseen sovellettava standardi on alkuperäisenä asennusajankohtana voimassa oleva. Pienjännitestandardi ottaa kantaa lähinnä kuivaamorakennuksen sähköasennuksiin ja liittymisestä sähköverkkoon.(D1-2017 802.405)

Kuivurikoneiston osalta on tarkasteltava Valtioneuvoston asetusta koneiden turvallisuudesta (12.6.2008/400), joka ottaa kantaa koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön otosta. Tämä Valtioneuvoston asetusta kumoaa vuonna 1994 annetun Valtioneuvoston päätöksen 1314/1994 jolla yhdenmukaistettiin Euroopan talousalueella koneiden ja laitteiden standardoinnista. Päätös koneiden turvallisuudesta vuodelta 1994, muutti koneenrakentamisen ja siihen liittyvän turvallisuusajattelun EU:n mukaiseksi.

Tämän konepäätöksen jälkeen koneissa ja laitteissa on pitänyt olla CE merkintä ja vaatimuksenmukaisuusvakuustodistus. Tätä Valtioneuvoston asetusta on noudatettava kuivurikoneiston automaatiota muutettaessa ja tehtävä riskien arviointi jonka perusteella voidaan tehdä vaatimuksenmukaisuusvakuus. Tässä työssä ei tutkita kyseistä asetusta.

Koneturvallisuuteen ja koneiden sähköasennuksiin liittyy myös standardi SFS-EN 60204, joka käsittelee koneiden sähkölaitteistoja. Kyseinen standardi on päivitetty uudeksi lokakuussa 2018, standardilla SFS-EN 60204-1:2018:en. Standardista julkaistiin suomennettu versio lokakuun 2018 lopulla.

Öljypolttimen ja lämmityslaitteiden asennuksia koskevia ohjeistuksia selvitetään Lämmitysyhdistys ry:n julkaisun TS2-2016 avulla. Samalla selvitetään lainsäädäntöä ja asetuk-

sia, joiden perusteella kyseinen julkaisu on tehty. Tässä työssä ei tutkita rakennusmääräyskokoelmaa jotka liittyvät kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuuteen, vaikka nämäkin tilat kuuluvat olennaisesti viljankuivaamoihin. Sumutuspolttimella varustetusta kattilasta Valtioneuvoston asetus vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta (21.5.2015/685 39§) määrätään toiminnanharjoittajan ilmoittamaan pelastusviranomaiselle kyseisen sumutuslaitteiston käyttöönotosta, jonka pelastusviranomaisen on tarkastettava kolmen kuukauden kuluessa käyttöönotosta. Standardissa SFS 5623 käsitellään puhaltimilla varustettuja öljykäyttöisen ilmalämmittimen teknisistä vaatimuksista.

Viljankuivaamoista löytyy myös suojeleohje S920, OP-vakuutusyhtiön julkaisu vuodelta 2018. Ohjeessa käsitellään lähinnä viljankuivaamoiden paloturvallisuutta ja lämmityslaitteiden vaatimuksia vakuutusyhtiön näkökannalta. Ohjeen velvoittavuus on määritelty osaksi vakuutussopimusta. Mikäli suojeleohjetta ei noudateta, voidaan vakuutuksesta saatavaa korvausta vahingon sattuessa vähentää tai evätä kokonaan. (Viljankuivaamoiden paloturvallisuus S920)

Maatalouden rakentamista säädellään Maa- ja metsätalousministeriön asetuksilla. Kyseiset säädökset ja asetukset vaikuttavat maatalouden investointitukien myöntämisperusteisiin. Viljankuivaamon rakentamiseen on mahdollista saada investointitukea. Esimerkiksi poistoilman lämmöntalteenottolaitteistoinvestointia varten voi saada 550 € jokaista kuivurin kuivauskapasiteetti  $m^3$  kohden. Jos lämmöntalteenotossa käytetään lämpöpumpputekniikkaa, korvaus nousee 1100 € kuivauskuutiota kohden. Kuten Valtioneuvoston asetuksessa maatalon investointien kohdentamisesta 241/2015 kohdassa 11§ kuivaamo todetaan investointitukien myöntämisestä rakentamisinvestointiin, ei kunnostamiseen tai modernisointiin.

#### **4.2.1 Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (12.6.2008/400)**

Valtioneuvoston asetus 12.6.2008/400 on koneasetus, jolla säädellään EU:n alueella koneturvallisuuden säädösten yhdenmukaisuutta. Samalla edistetään koneiden ja laitteiden yhdenmukaisuutta Euroopan alueella koneturvallisuuden näkökannalta. Asetuksessa on määritelty mihin teknisiin laitteisiin ja komponentteihin sovelletaan ja mitkä rajataan tämän asetuksen ulkopuolelle.

Koneturvallisuuden yleisinä periaatteina on, että jokaiselle tämän asetuksen alaisille koneille ja laitteille on tehtävä turvallisuusarviointi. Arvioinnin perusteella voidaan määrittää koneeseen ja laitteeseen sovellettavat terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Koneen valmistaja ja/tai hänen edustaja ovat velvollisia suorittamaan kyseisen arvioinnin. Arvio pitää dokumentoida, mistä selviää perustelu, miksi tällaiseen arvioon on päädytty.

Vaikka kyseessä on vanha käytössä oleva laite, jonka automaatioastetta tullaan korottamaan, rinnastetaan modernisointi uuden laitteen rakentamiseksi. Tästä lähtökohdasta miettien, kyseessä olevalle kuivaamolle täytyy suorittaa koneturvallisuuden mukainen riskien arviointi ja sähkö/automaatio-suunnittelussa täytyy noudattaa arvioinnissa todettuja turvallisuusvaatimuksia. Kyseisen arvioinnin tekisi tässä tapauksessa kuivaamon omistaja ja/tai hänen valtuuttamansa asiantuntija.

Koneille ja laitteille muutoksia ja parannuksia tehtäessä, harvemmin mietitään muuttuneita käyttö- ja turvallisuusvaatimuksia, mitkä aiheuttaisivat riskejä käyttäjälle tai ympäristölle. Alkuperäiseltä laitevalmistajalta ei voi vaatia hänen tekemäänsä turvallisuudenarvioinnin velvoittavuudesta koneen koko elinkaaren ajalle, jos koneeseen tehdään muutoksia.

#### **4.2.2 Räjähdyssuojasiasiakirja**

Tiloissa joissa käsitellään ja varastoidaan palovaarallisia materiaaleja, ja joissa voi esiintyä palavaa pölyä jatkuvasti tai satunnaisesti, on suoritettava riskientarkastelu. Tarkastelu pölyräjähdysten mahdollisuudesta on suoritettava, tarkastelusta tuotetaan räjähdysuojasiasiakirja. Mahdollisuus pölyräjähdykseen on olemassa paikoissa joissa käsitellään pölyäviä materiaaleja.

Palovaarallisissa tiloissa joissa sähkölaitteiden pinnalle voi muodostua kerros palavaa pölyä, joudutaan sähkölaitteiden pintalämpötiloja rajoittamaan. Näin toimittaessa rajataan pölyn syttymisen mahdollisuus pois. Oikeilla komponenttien valinnoilla ja sopivilla rajoitustoiminnoilla saavutetaan turvallinen toimintaympäristö. BIA-raportti 13/97 on tutkimusraportti eri materiaalien ja erilaisten koostumusten testauksista. Testaukset ovat ta-



pahtuneet standardin mukaisia testausmenetelmiä käyttäen. Esimerkiksi viljoista on testattu monia eri lajikkeita ja monissa eri prosessivaiheissa olevia, tuoreesta jyvistä jauhemaiseen asti. (Beck, H., Glinénke, N., Möhlmann, C. 1997)

#### **4.2.3 SFS-EN 60204-1:2018 koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto**

Kyseinen standardi on yleiseurooppalainen koneiden sähkölaitteisiin ja niiden asennuksiin kohdistuva säädöskokoelma. Standardi käsittelee koneiden ja laitteiden sähköturvallisuutta, ohjaus- ja päävirtapiirien vaatimuksia. Standardista löytyy mm. ohjeistus käyttäjäräjapinnan määrittelyihin, ohjauslaitteiden tekniset vaatimukset ja niiden suunnittelu on myös ohjeistettu.

#### **4.2.4 390/2005 Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta**

390/2005 on laki joka määrittelee viljankuivurin lämmityslaitteiston rakentamisessa ja käytössä noudatettavat määräykset. Tämän lain perusteella on säädetty Valtioneuvoston asetus 21.5.2015/685, joka määrittelee sumutuspolttimella varustetun lämmityslaitteen käytöstä ja käyttöönotosta.

Standardi SFS 5623 koskee lämmityslaitetta, joka on puhaltimella varustettu ilmalämmittin ja jonka lämmönlähteenä on öljysumupoltin. SFS 5623 on vahvistettu 25.6.1990. Kyseinen standardi määrittelee raja-arvot kuivurissa käytettäville kuivauslämpötiloille ja vaadittaville turvakomponenteille joilla saavutetaan vaadittava turvallisuus.

Lämmitysenergiayhdistyksen julkaisussa TS-2 myös ohjeistetaan viljankuivaamoiden lämmitysjärjestelmien suunnittelua ja käyttöä. Kyseinen ohjeistus perustuu samoihin lakeihin ja asetuksiin joissa tässä työssäkin on viitattu. Mutta koska kyseinen ohjeistus on vuodelta 2016 ja nykyinen sähköturvallisuuslaki on vuodelta 2017 johon viitataan, on ohjeistus vanhentunut joiltain osin.

## 5 Modernisointi

Tässä luvussa käsitellään kuivurikoneiston ja kuivaamorakennuksen modernisointia ja automaation lisäämistä.

### 5.1 Kuivaamorakennuksen saneeraus

Kuivaamorakennukselle ei rakennusteknisesti ole tarkoitus tehdä mitään muutoksia tai parannuksia. Tällä olettamuksella voidaan todeta, ettei kuivaamorakennuksen tilaluokituksia ole tarvetta muuttaa. Rakennuksen sähköt uusitaan nykyaikaiseksi ja nykyisten määräysten mukaiseksi.

#### 5.1.1 Sähkönsyöttö rakennukseen

Sähkönsyöttö kuivaamorakennukseen on toteutettu maakaapeloinnilla, maatilan pää-/mittauskeskuksesta kuivaamon pääkytkimelle. Kuvassa 9 on kiinteistön pääkeskus.



KUVA 9. Kiinteistön pääkeskus.

Kiinteistössä on 35 ampeerin pääsulakkeet. Liittymästä mitattu oikosulkuvirta on 0,41 kA ja silmukkaimpedanssi on 0,51  $\Omega$ . Syöttöjohto kuivaamolle on 4x25 alumiinikaapelia, tyypiltään AXMK, mikä muutetaan vaihtoliittimillä kuvassa 10 näkyvissä olevassa Arsan valmistamassa painevaletussa alumiinikotelossa kuparikaapeliksi. Kuvassa alumiinikotelon yläpuolella on nähtävissä kuivaamon pääkytkin.



KUVA 10. Vaihtoliittimet sisältävä kotelo ja kuivaamon pääkytkin.

Kuivaamon syöttökaapeli on TN-C järjestelmän mukainen. Nollajohtimesta ja suojamaadoitusjohtimesta on tehty yhteinen PEN-johdin. Syöttökaapeli on uusittu 90-luvulla, aiemmin kuivaamo on syötetty ilmajohtimilla. Maakaapeloinnin yhteydessä kaapeliojaan on lisätty Cu-16 maadoitusköysi. Maadoituskupari on kytketty vaihtoliitinkotelon maadoitukseen, muttei syöttökaapelin PEN-liittimeen. Vaihtokotelon ja kuivaamon pääkytkimen välillä on MMJ 4x10 joka jatkuu pääkytkimeltä kuivaamon ryhmäkeskukselle.

Kuivaamon sähkönsyötölle ei tarvitse saneerausissa tehdä mitään. Maadoitus jatketaan kuivaamon ryhmäkeskukselle. Ryhmäkeskuksen läheisyyteen on lisättävä maadoituskisko, johon kyseinen perustusmaadoitus kytketään. Samaan maadoituskiskoon kytkettäisiin kuivuriin lisättävät potentiaalintasausjohtimet. Kaikki kuivaamon metallirakenteet

on kytkettävä potentiaalintasausjohtimilla maadoituskiskoon. Uusittavan ryhmäkeskuk-  
sen PE-kisko myös liitetään maadoituskiskoon maadoitusjohtimella.

Kuivaamon syötössä on 32 A, c-käyrän johdonsuojakatkaisijat, joka suojaa syöttökaape-  
lia oikosulkutilanteessa. Syöttökaapelin ylikuormitussuojana toimii kuivaamon ryhmä-  
keskuksessa olevat 20 A gG-sulakkeet. Mitattu oikosulkuvirta syöttöjohdon loppupäässä  
on 320 A.

### 5.1.2 Rakennuksen talotekninen sähköjärjestelmä

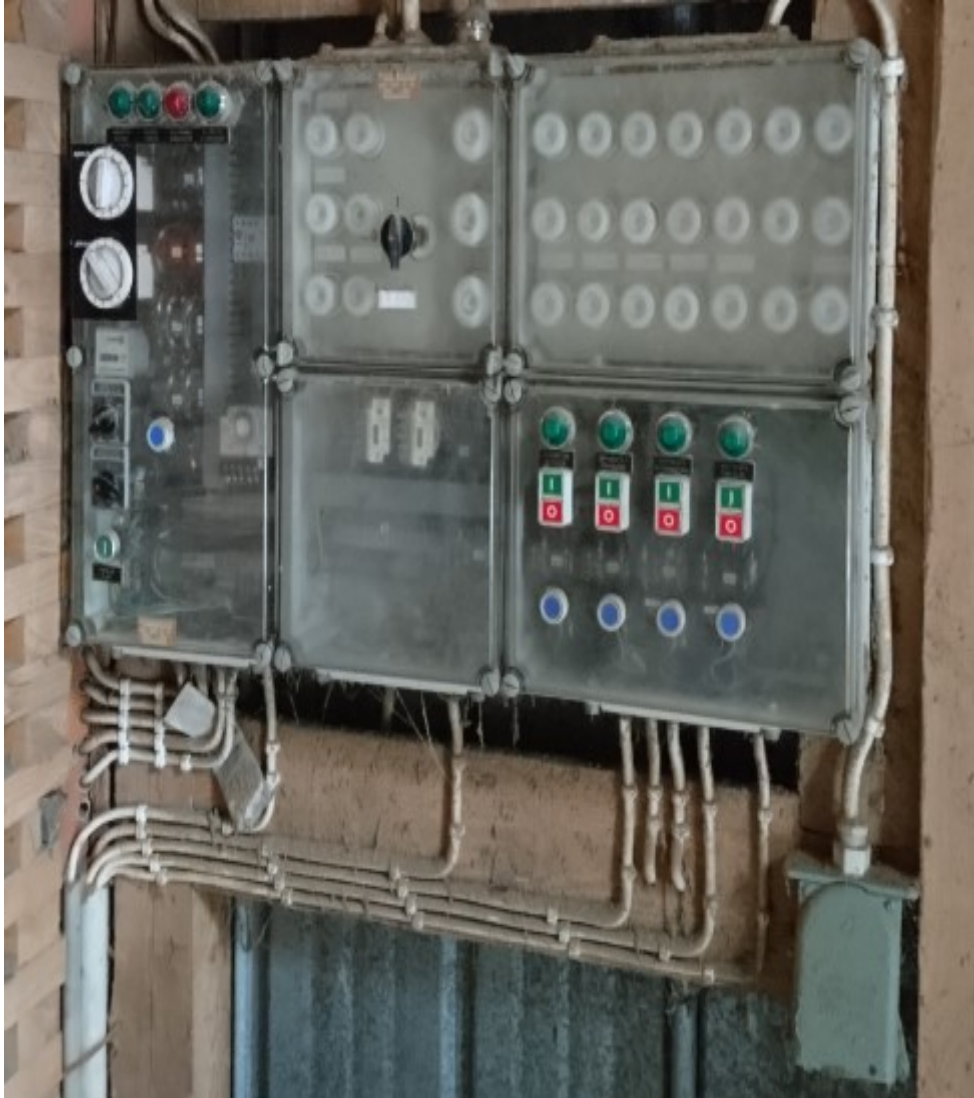
Talotekniikkaa rakennuksessa ei ole muuta kuin muutama pistorasia ja valaisin. Valais-  
tusta voidaan pitää nykyisen vaatimustason mukaisesti riittämättömänä. Rakennuksessa  
on monia eri tasoja, portaita ja vaikeakulkuisia paikkoja, tästä huolimatta rakennukseen  
ei ole vaadittu turvavalaistusta tai poistumistievalaistusta rakentamisvuonna.

Saneerauksessa valaistus tullaan uusimaan. Markkinoilla olevat led-valaisimet ovat niin  
tehokkaita ja laadukkaita, että valaistus tullaan toteuttamaan niillä. Kuten esimerkiksi I-  
Valolla on tehokkaita teollisuuteen tarkoitettuja led-valaisimia, joiden suojausluokka on  
IP-65 ja valaisimet soveltuvat palovaarallisiin tiloihin, jonka tunnistaa kärkikolmion si-  
sällä olevasta D kirjaimesta, mikä tarkoittaa valaisimen ulkolämpötilan olevan korkein-  
taan 90 °C, mikä on merkittävästi matalampi kuin valaisimen päälle kertyvän pölyker-  
roksen hiiltymislämpötila. Aluevalaistukseksi valitaan led-valonheittimet. Kaikki valais-  
tukseen liittyvät kaapeloinnit uusitaan TN-S tyyppisenä.

Koska kuivaamorakennus on sokkeloinen ja monitasoinen, lisätään alueelle muutama ak-  
kuvarmennettu valaisin, joilla taataan turvallinen poistuminen ja liikkuminen mahdolis-  
ten sähkökatkosten ajaksi. Koneturvallisuuden mukaisessa riskienarvioinnissa pitää ottaa  
kantaan valaistukseen ja sieltä pitäisi tulla määräys valaistukseen verkkosähkön puuttu-  
essa.

Palovaarallisessa tilassa olevien ryhmäjohtojen lisäsuojauksena vaaditaan 300 mA:n toi-  
mintavirralla oleva vikavirtasuojakytkin. Kaikille valaistusryhmille riittää yksi yhteinen  
vikavirtasuoja.

Pistorasia-asennukset ovat vanhoja TN-C järjestelmän mukaisia. Näillä asennuksilla on ominaista Strömbergin valmistamien 3~pistorasioiden käyttäminen. Kyseinen pistorasia on näkyvässä kuvassa 11, oikealla alareunassa. Kuvassa on kuivaamon pääkeskus, joka toimii automaatio- ja ryhmäkeskuksena.



KUVA 11. Viljankuivaamon sähkökeskus. Kuvassa oikeassa alanurkassa on kyseinen Strömberg pistorasia.

Pistorasiaryhmät korvataan työpaikkakeskuksilla, kaksi kappaletta on riittävä määrä kattamaan koko kuivaamon alueella tarvittavien pistorasioiden määrä. Alueella ei ole tarvetta liikuteltaviin sähkölaitteisiin, ainoastaan muutamaa viljakierukkaa käytetään. Työpaikkakeskusten käyttöä puoltaisi niiden vaivaton asentaminen. Työpaikkakeskusten pistorasiat on valmiiksi suojattu 30 mA:n vikavirtasuojakytkimillä. Tarkoitus oli hyödyntää nykyistä ryhmäkeskuksen koteloa, missä tila on rajallinen ja sulakkeita on rajoitettu määrä.

Työpaikkakeskukset voidaan ketjuttaa saman syötön perään. Tämä on mahdollista, koska käytettävien kuormituslaitteiden tehotarpeet ovat pieniä. Työpaikkakeskusten syöttöön on lisättävä 300 mA:n vikavirtasuojakytkin, syöttökaapelin palosuojaukseksi.

## 5.2 Kuivurikoneiston SA-järjestelmä

Koneiston osalta sähkö- ja automaatiojärjestelmää täytyy tarkastella yhtenä kokonaisuutena. Kaikki kuivaamokoneistoon liittyvät sähkö- ja automaatiolaitteet on uusittava. Lämmitykseen liittyvä laitteisto on uusittu 2000-luvulla, joten laitteiston uusiminen ei ole välttämätöntä.

### 5.2.1 Automaatiojärjestelmä

Vanha automaatiojärjestelmä on totutettu reletekniikalla ja uusi järjestelmä tehtäisiin logiikkaohjaimella. Ohjaimena käytettäisiin logiikkaa johon olisi mahdollista liittyä seilaimella tietoliikenneverkon kautta. Näin valvonta voitaisiin suorittaa etävalvontana. Ohjausmahdollisuutta etäkäytössä ei voi antaa, koska tämä mahdollisuus muuttaisi riskienarviointia merkittävästi vaativammaksi.

Moottorikäytöt liitettäisiin prosessiohjaukseen väylätekniikalla, näin minimoidaan tarvittavien i/o-pisteiden määrä. Lämpötilamittaukset liitettäisiin suoraan järjestelmän, lämpötilanmittaus sisäänmenoon. Anturointina käytettäisiin PT-100 antureita. Järjestelmään lisättäisiin 5 kappaletta lämpötilamittauksia. Joilla mitattaisiin kuivuriin puhallettavan ilman lämpötilaa, viljan lämpötilaa ennen ja jälkeen kuivauskennojen, ulospuhallettavan ilman lämpötilaa ja ulkoilman lämpötilaa. Näiden lämpötilamittausten lisäksi on kuivurissa oltava turvajärjestelmänä lämpötilatermostaatit, jotka katkaisevat lämmityksen jos sisään menevän ilman tai ulospoistuvan ilman lämpötila nousee asetetun lämpötilan yli. Samalla estetään öljypolttimen uudelleenikäynnistys jos kattilan lämpötila on yli 30 °C. Turvaominaisuudet liittyvät poltinohjaukseen, joka on hoidettu poltinvalmistajan toimesta luokitellulla ohjelmareleellä Järjestelmään liittyvät termostaatit toimivat palosuojauksena, ja ovat käsin kuitattavia.

Järjestelmään on lisättävä hätä-seis toiminta. Riskienarvioinnin perusteella järjestelmälle määritellään luokitus, minkä perusteella voidaan suunnitella hätä-seis ja muut turvallisuuden liittyvät toiminnot. Turvallisuusluokituksen määrittämiseksi ohjauksjärjestelmissä on olemassa ohjelmistoja kuten esimerkiksi Sistema, jolla voidaan laskea turvallisuustaso konesovelluksissa. Myös PASCAL on laskentaohjelmisto jolla voidaan laskea turvallisuustaso. PASCAL on komponentti- ja laitevalmistaja Pilz:in ilmaisohjelma.

Elevaattorissa on olemassa pyörintävahti, jonka tarpeellisuuden määrittelee kuljetinstandardi. Vahdilla estetään jumitilanteissa mahdollisuutta hihnoissa kitkan aiheuttamaa lämpötilan nousua vaarallisen korkeaksi. Pyörintävahti on asennettu elevaattorin vapaaseen taittopyörään. Järjestelmää muutettaessa nopeussäädetyksi on otettava pyörintävahdin toiminta huomioon. Yksinkertaisimmin pääsee kytkemällä pulssianturi pyörintävahdin tilalle ja tämä kytkettäisiin taajuusmuuttajaan. Taajuusmuuttajan takaisinkytkennän nopeusvalvonta hoitaisi valvonnan ja välittäisi väylän kautta logiikkaan hälytyksen tai logiikka vertaisi nopeuden oloarvoa asetusarvoon, molemmat arvot voidaan lukea väylästä.

Järjestelmään lisättäisiin painemittaus tulokanavistoon, jolla ohjattaisiin ja valvottaisiin puhaltimen pyörimisnopeutta. Mittaustieto muunnettaisiin 4-20 mA standardiviestiksi, mikä on yleisin käytössä olevista viesteistä. Samalla lisättäisiin kuivurin rakenteisiin vaaka-anturit joilla seurattaisiin eräpainoja. Samoista massatiedoista voidaan seurata myös kuivausprosessin etenemistä. Viljasta poistuu lähinnä kosteutta, tämän pitäisi näkyä massan muutoksena. Samalla seurattaisiin ja verrattaisiin sisään puhalluksen ja ulos puhalluksen eroa. Ja yhtenä kiinnostuksen kohteena on viljan lämpötila kuivauskennoissa eli kuinka paljon tarvitaan lämpöenergiaa kussakin kuivausprosessin vaiheessa. Näistä laskelmista pitäisi pystyä mallintamaan kuivausprosessi.

Käyttöliittymänä käytettäisiin paneeliohjausta jossa prosessikaavio on mallinnettuja. Kaaviosta näkyisi lämpötilojen oloarvot ja ohjearvot. Moottoreiden pyörimisnopeudet olisi nähtävissä ja elevaattorin kuormitus. Öljypolttimen ohjauksessa on käytettävä osaksi lukituspiirejä, mutta 2-suuttimen ohjausta hoitaa logiikka. Tällä toiminnolla saadaan puhallusilman lämpötilaan säädettävyyttä. Öljypolttimen pääsuutin hoitaa peruslämmön, apusuuttimella säädetään.

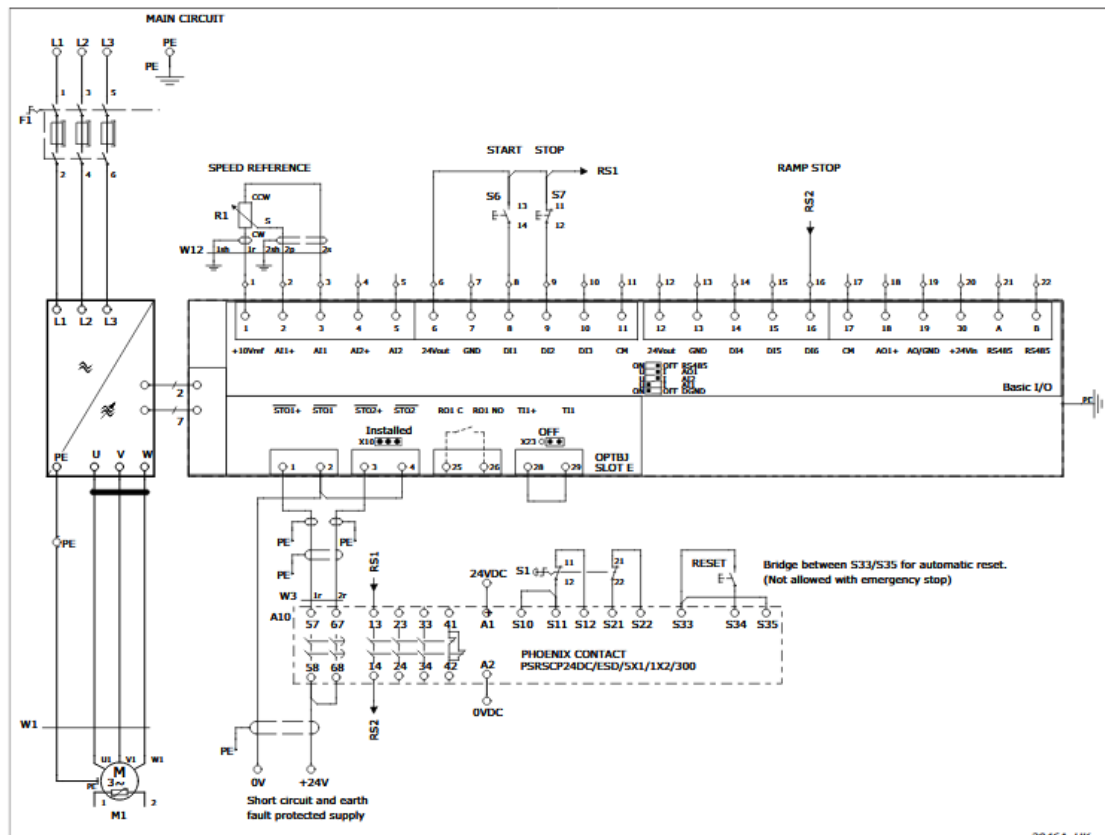
### 5.2.2 Sähköjärjestelmä

Sähkömoottorit ovat iäkkäitä, 40 vuotta vanhoja. Moottoreiden käyttötunnit ovat maltillisia, mutta niiden eristeet eivät tulisi kestäämään korkeataajuisia kytkentätaajuuksia joita taajuusmuuttajakäytöissä esiintyy. Näitä kytkentätaajuuksia voitaisiin tasoittaa lisäämällä moottoripiireihin sinisuotimet. Suotimien lisäyksestä koituisi kohtuuttomasti kustannuksia saavutettuun hyötyyn nähden, suunnilleen sama hinta kuin uudella moottorilla. Parempi vaihtoehto on vaihtaa moottorit ja kaapeloinnit uusiin ja samalla varustaa moottorit termistorisuojuksella. Termistorisuojuksella on mahdollista toteuttaa palovaarallisessa tilassa riittävä turvallisuustaso. Vanhoissa moottoripiireissä ei käytetty moottorisuoja-kytkimiä, jotka ovat nykyisiin järjestelmiin vaadittavia komponentteja. Turvakytkimet varustetaan apukoskettimella, joiden tilatiedosta saadaan taajuusmuuttajalle lukitustieto, joka toimii yhtenä moottorin käynnistysehtona.

Kaapeloinnit moottoreille EMC-määräykset huomioon ottaen on tehtävä MCCMK-tyyppisenä kaapelointina. Näillä kaapeleilla saavutetaan riittävä sähkömagneettinen suojaus. Turvakytkimien on oltava myös EMC-tyyppisiä. Instrumentoinnissa kaapelointina käytetään kaksi parista kaapelointia esimerkiksi JAMAK 2x(2+1)x0,5. Turvakytkimien tilatiedot kaapeloidaan myös samalla instrumentointikaapelilla, johon toiseen pariin liitetään moottorilta tuleva termistoritieto.

Moottorikäyttöinä käytetään taajuusmuuttajia joissa on mahdollisuus turvatoimintoon. Kuvassa 12 on Vacon 100 Industrial taajuusmuuttajan kytkentäkaavio hätä-seis toiminnolla





KUVA 12. Vacon 100 industrial kytkentäkaavio turvatoiminnolle( Vacon verkkosivusto. s25. <http://files.danfoss.com/download/Drives/Vacon-100-OPTBJ-STO-Board-User-Manual-DPD00470C1-UK.pdf> ).

Kyseiseen taajuusmuuttajamalliin lisätään optiokortti jossa on turvatoiminto. Sama lisäkortti sisältää myös ATEX-hyväksynnällä olevan termistori ominaisuuden. Tilaan tulevilta moottoreilta ei vaadita ATEX ominaisuuksia, mutta palovaaralliseksi tila on luokiteltu.. Kuvan 14 kytkentä on hyväksytty hätä-seis toiminto. Tässä tapauksessa järjestelmään ei asennettaisi kuin yksi hätä-seis turvarele, taajuusmuuttajakohtaiset turvapiirit korvattaisiin turvaluokitelluilla releillä, jotka liitettäisiin yhteiseen turvapiiriin.

## 6 KUSTANNUKSET

Modifioinnin kustannukset koostuvat työstä ja tarvikkeista. Liitteessä 3 on esitettyä asennustarvikkeiden budjettihinnat. Alustavassa laskennassa tarvikkeiden kustannusvaikutus on yli 10000 €. Mahdollisuuksien mukaan käytettäisiin olemassa olevia järjestelmiä mahdollisimman paljon.

Työkustannukset koostuvat asennuskustannuksista, ohjelmoijan tuntiveloituksesta ja suunnittelijan veloituksesta. Sähköasennuksissa kuluvien työtuntien määrä on noin 100, tuntiveloitushinnaltaan 42 €, tämän kustannusvaikutus on 4200 €. Tähän lisätään ohjelmoitsijan ja suunnittelijan veloitukset, jotka ovat yhteensä noin 4500 €. Työn ja tarvikkeiden yhteiskustannusvaikutus on noin 20 000 €. Hinta-arviot ovat arvonlisäverottomia hintoja.

## 7 POHDINTA

Viljankuivausprosessi on samanlainen, kuin muidenkin biomateriaalien kuivausprosessi. Samat fysikaaliset ilmiöt pätevät viljanjyvässä, kuin esimerkiksi puuhakkeessa, vain aikavakio on erilainen. Eri biomateriaaleille voidaan soveltaa samanlaista kuivaustekniikkaa.

Markkinoiden pienen volyymin takia, Suomi on muutamien kuivurivalmistajien markkina-alue. Nykyään uusia kuivureita rakennettaessa päädytään hankkimaan vaunukuivuri, joiden hankintahinta on edullisempi ja erillistä kuivaamorakennusta ei tarvitse hankkia. Näin säästetään kustannuksissa ja vaatimukset lakien ja asetusten puolelta ovat suppeammat. Vaunukuivureiden sähköt on rakennettu tavalla, joka mahdollistaa liittämisen sähköverkkoon pistotulpalla.

Saneerauksen toteuttaminen vanhaan viljankuivaamoon on haastava tehtävä, erityisesti kustannusten kurissa pitämisessä on hankaluutensa. Asiaa ei tee helpommaksi uusiin laitteistoihin myönnettävät investointiavustukset. Lämminilmakuivaamon hankintaan on mahdollista saada investointiavustusta 1700 €/kuivaustilavuus  $m^3$ , sama tuki on mahdollista myös vaunukuivurin hankintaan (Asetus 77/2018). Vanhan laitteiston saneeraukseen ei ole mahdollisuutta saada tukea.

Tässä tutkitussa tapauksessa, saneerauksella ei saavuteta sellaista hyötyä vaikka automaatiota lisättäisiinkin, että toimenpiteisiin kannattaisi ryhtyä. Kannattavampaa on käyttää vanha laitos loppuun ja miettiä tämän jälkeen maatalouden kannattavuutta uudelleen.

Monille koneille ja laitteille tehdään muutoksia ja parannuksia miettimättä muuttuneiden ominaisuuksien vaikutusta koneturvallisuuteen. Monissa teollisuuden prosesseissa ja laitteissa on tehty muutoksia ja parannuksia miettimättä turvallisuuden muuttumista. Kun on tarpeeksi muutettu ja samalla laiminlyöty koneturvallisuutta riittävästi, voidaan tulla tilanteeseen jolloin viranomaistaho voi joutua laittamaan koneen jopa käyttökieltoon. Yleensä ennen näin radikaaleja toimenpiteitä on viranomainen kehottanut laittamaan asiat kuntoon.

## LÄHTEET

Beck, H., Glinénke, N., Möhlmann, C. 1997. BIA-REPORT 13/97. Combustion and explosion characteristics of dusts. Luettu 13.5.2018. <https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bia-report-13-97.pdf>

D1-2017 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista.

Hautala, M., Jokiniemi, T., Ahokas, J. 2013. Maatilakuivurit. Julkaisu 28. Helsingin yliopisto, maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta. <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/59/Maatilakuivurit.pdf>

Kongskilde–industries. <http://grain.kongskilde-industries.com/Grain/Grain/Dryers/Dryers/Continuous-Flow-Drier---KCD> Luettu 3.2.2019

Maa- ja metsätalousministeriö asetus maatalouden investointien hyväksyttävistä yksikkökustannuksista 77/2018.luettu 11.11.2018. <https://mmm.fi/lainsaadanto/maaseutu-jarakentaminen/ohjelmakausi-2014-2020>

Mepu lämmönlähteet. <http://www.mepu.fi/tuotteet/lammonlahteet/yliaineuunit/> Luettu 3.2.2019

Lämmitysenergia Yhdistys ry. TS-2 Lämmityslaitteistojen sähköasennukset. Luettu 8.2.2019. <http://epaper.fi/read/2669/3L0Xywn3>

Viljanjyvän rakenne. <https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matkapellolta-poytaan/elintarviketeollisuus/elintarvikkeiden-valmistus/viljatuotteet>. Luettu 2.4.2019

SFS 6000:2017. Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 13.11.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi.elib.tamk.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60079-10-:2015. Pölyräjähdysvaaralliset tilat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 23.07.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi.elib.tamk.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 60204-1:2018. Koneturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 4.12.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi.elib.tamk.fi/fi/index.html.stx>

Sähkötarkastuslaitoksen julkaisu A 1-74. 1974. Jyväskylä: K.J.Gummerus Oy.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta Vna12.6.2008/400.

Valtioneuvoston asetus maatalon investointituen kohdentamisesta Vna241/2015

Viljankuivaamoiden paloturvallisuus Suojeluohje S920. 2018. OP Vakuutusyhtiö. Luettu 8.2.2019. Vaatii kirjautumisen verkkopankkitunnuksilla.

**LIITTEET**

Liite 1. Moottorien tekniset arvot

1 (2)

TAULUKKO 1. Elevaattorin sähkötekniset suoritusarvot

Elevaattorin oikosulkumoottori		
Teho	3	kW
Jännite	380	V
Virta	7,0	A
Pyörimisnopeus	1420	1/min
Tehokerroin	0,82	cosφ

TAULUKKO 2. Esipuhdistimen sähkötekniset suoritusarvot

Esipuhdistimen oikosulkumoottori		
Teho	2,2	kW
Jännite	380	V
Virta	4,7	A
Pyörimisnopeus	2840	1/min
Tehokerroin	0,88	cosφ

TAULUKKO 3. Syöttölaitteen sähkötekniset suoritusarvot

Syöttölaitteen oikosulkumoottori		
Teho	0,55	kW
Jännite	380	V
Virta	1,7	A
Pyörimisnopeus	550	1/min
Tehokerroin	0,55	cosφ

TAULUKKO 4. Jalustaimurin sähkötekniset suoritusarvot

Jalustaimurin oikosulkumoottori		
Teho	0,75	kW
Jännite	380	V
Virta	1,8	A
Pyörimisnopeus	2820	1/min
Tehokerroin	0,85	cosφ

TAULUKKO 5. Kuivuripuhaltimen sähkötekniset suoritusarvot

Puhaltimen oikosulkumoottori		
Teho	5,5	kW
Jännite	400	V
Virta	1,8	A
Pyörimisnopeus	2820	1/min
Tehokerroin	0,85	cosφ

Liite 2. Vanhan standardin taulukko teollisuuspölyistä ja niiden ominaisuuksista

TAULUKKO 6. Palavien teollisuuspölyjen ominaisuuksia. (A1 -74 liite V s.286)

Aineen nimi	VDE 0165 mukaan			BGC n:o 4 <sup>1)</sup> mukaan	
	Pölyhiukkasten halkaisija räjähdyskokeissa μm		Pöly-ilma-seoksen syttymislämpötila °C	5 mm paksuisen pölykerroksen hehkumislämpötila °C	Pöly-ilma-seoksen alempi syttymisraja g/m <sup>3</sup>
	maks.	pääasiassa			
Rikki	100	30...50	235	sulaa	35
Fosfori (punainen)	150	30...50	360	305	-
Magnesium	50	5...10	470	340	20
Alumiini, puhtaana	50	10...15	590	320	25
Alumiini, rasvaisena	50	10...20	400	230	15
Rautajauho	500	100...150	430	240	-
Sinkki	90	10...15	530	430	-
Saippua	500	80...100	575	sulaa	45
Kovakumi	90	20...30	360	pehmenee	25
Ruisjauho	200	30...50	415	325	-
Vehnäjauho	200	20...40	410	hiiltyy	-
Kauranjyvöpöly	500	50...150	440	270	-
Riisipöly	500	50...100	420	270	-
Kaakao (öljy osaksi poistettu)	100	30...40	460	245	-
Pölysokeri	100	20...40	360	sulaa	-
Kalajauho	1000	80...100	485	hiiltyy	-
Tupakka	400	50...100	485	290	-
Havupuu	200	70...150	440	325	-
Turve	400	60...90	450	260	-
Ruskohiili	15	2...3	320	260	-
Koksihiili	50	5...10	610	280	-
Puuhiili	20	1...2	595	340	-
Noki (kimröökki)	70	10...20	yli 690	535	-
Polyvinyyli-alkoholi	15	5...10	450	sulaa	-
Polyvinyylikloridi	10	4...5	595	hiiltyy	-
Polyeteeni	-	-	-	-	25

## Liite 3. Sähkötarvikkeiden budjettihinnat

Tuote	tyyppi	määrä	a hinta	hinta	
Taajuusmuuttaja	0,75	2	180	360	€
Taajuusmuuttaja	2,2	1	250	250	€
Taajuusmuuttaja	3	1	350	350	€
Taajuusmuuttaja	5,5	1	420	420	€
Taajuusmuuttajan lisäkortti	OPTBJ	5	125	625	€
Oikosulkumoottori	0,75	2	200	400	€
Oikosulkumoottori	2,2	1	300	300	€
Oikosulkumoottori	3	1	380	380	€
Turvakytkin		5	35	175	€
MCCMK 3x2,5+2,5		100	4,2	420	€
MMJ 3x1,5S		100	1,35	135	€
Teollisuusvalaisin		9	240	2160	€
Maadoituskupari Cu16		50	1,8	90	€
Työpaikkakeskus		2	275	550	€
JAMAK 2x(2+1)x0,5+0,5		100	1,22	122	€
PT-100		6	85	510	€
Liitäntä tarvikkeet		10	35	350	€
Kaapelireitit		25	6,5	162,5	€
Logiikka + kosketuspaneeli		1	1500	1500	€
Vaaka järjestelmä		1	1100	1100	€
Hinnat yhteensä			Alv 0%	10359,5	€