

Turvallinen puupellettivarasto

Säädökset ja ohjeet Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja
Itävallassa

Jani Pellonpää

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Pellonpää, Jani	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 04.05.2015
	Sivumäärä 62	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Turvallinen puupellettivarasto Säädökset ja ohjeet Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Itävallassa		
Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Jussi Korpinen, Markku Paananen		
Toimeksiantaja(t) Bioenergia Ry.		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tilaaja oli Bioenergia Ry. Opinnäytetyössä on selvitetty pieniin pellettilämmitysjärjestelmiin liittyviä turvallisuuskysymyksiä yleisesti ja tarkemmin on tutkittu kattilahuoneita ja polttoainevarastoja koskevia palomääräyksiä Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Itävallassa. Tavoitteena oli selvittää miten näiden maiden palomääräykset poikkeavat toisistaan ja miten suomalaisia määräyksiä voitaisiin kehittää.</p> <p>Työ toteutettiin kirjallisuustutkimuksena keväällä 2015. Lähteinä on käytetty maakohtaisia rakennus- ja palomääräyksiä, joista selvitettiin kattila- ja varastohuoneita koskevat määräykset. Täydentävinä lähteinä on käytetty erilaisten järjestöjen ohjeita puupelletin turvalliseen käsittelyyn liittyen. Pellettivarastojen riskejä selvitettiin alan tutkimuksen ja onnettomuusraporttien avulla.</p> <p>Työn tuloksena selvisi, että hiilimonoksidi on todellinen riski myös pienissä pellettivarastoissa. Itsesyttymiseen ja pölyräjähdykseen liittyvät riskit koskevat etupäässä suuria varastoja. Lisäksi eri maiden rakennus- ja palomääräyksiä vertailemalla selvisi, etteivät suomalaiset rakennus- ja palomääräykset eroa muista tutkituista maista suuresti. Tärkein ero on Keski-Euroopassa tehty erottelu suurten ja pienten pellettivarastojen välillä. Suomessa varastoidun pelletin määrällä ei käytännössä ole merkitystä.</p> <p>Työn johtopäätös oli, että suomalaisia puupellettijärjestelmiä koskevia palomääräyksiä voitaisiin kehittää ottamalla paremmin huomioon varastoitavan pelletin määrä palosuojausta määritettäessä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) puupelletti, lämmitys, varastointi, turvallisuus, palomääräykset		
Muut tiedot		



Author(s) Pellonpää, Jani	Type of publication Bachelor's thesis	Date 04.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 62	Permission for web publication: x
Title of publication Safe Storage of Woodpellets Regulations and guides in Finland, Sweden, Germany ja Austria		
Degree programme Civil Engineering		
Tutor(s) Korpinen, Jussi and Paananen, Markku		
Assigned by The Bioenergy Association of Finland		
Abstract <p>The bachelor's thesis was assigned by The Bioenergy Association of Finland. The thesis maps out the risks associated with small-scale wood pellet burning in general and examines building and fire regulations related to boiler rooms and fuel storages in Finland, Sweden, Germany and Austria in particular. The goal of the research was to find out the key differences between the countries and find out ways to develop the Finnish regulations.</p> <p>The research was carried out as a literature research in spring 2015. The main sources were national building and fire regulations supplemented by various guides given on safe handling of wood pellets. Additionally, previous studies and accident reports were used to map out the risks related to wood pellet storage.</p> <p>A result of the research is that carbon monoxide poisoning is a risk related to small-scale pellet storages, while self-heating and dust explosion are mainly the concern of large bulk storages. Additionally, comparing the different national building and fire regulations, it could be determined that the Finnish regulations do not stand out as radically different from the rest. The main difference is that Germany and Austria make a clear distinction between small and large wood pellet storages, whereas in Finland, the volume of stored pellets does not basically matter.</p> <p>The conclusion is that in order to develop Finnish regulations relating to wood pellet systems, it could be beneficial to better take into account the volume of stored wood pellets when determining the necessary level of fire protection.</p>		
Keywords/tags (subjects) wood pellet, heating, storage, safety, fire regulations		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

KESKEISET TERMIT.....	6
1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	8
1.1 Tutkimustehtävän tausta.....	8
1.2 Tutkimustehtävän kuvaus.....	9
1.3 Tutkimustyön toteutus.....	9
2 PUUPELLETILLÄ LÄMMITTÄMINEN.....	10
2.1 Puupelletti.....	10
2.2 Pellettilämmitysjärjestelmä ja sen osat.....	10
3 PUUPELLETIN KÄSITTELYN JA VARASTOINNIN TURVALLISUUS.....	16
3.1 Häkä, heksanaalit ja puupöly.....	16
3.2 Paloturvallisuus.....	21
3.3 Puupelletin turvallisen varastoinnin standardit Euroopassa.....	23
4 SUOMI.....	25
4.1 Tausta.....	25
4.2 Aineiston käsittely.....	26
4.3 Tulokset.....	31
5 RUOTSI.....	33
5.1 Tausta.....	33
5.2 Aineiston käsittely.....	35
5.3 Tulokset.....	39
6 ITÄVALTA.....	42
6.1 Tausta.....	42
6.2 Aineiston käsittely.....	43
6.3 Tulokset.....	45
7 SAKSA.....	46
7.1 Tausta.....	46
7.2 Aineiston käsittely.....	47
7.3 Tulokset.....	51
8 POHDINTA.....	53

8.1 Miten puupellettijärjestelmien turvallisuus on otettu huomioon?.....	53
8.2 Miten palomääräykset poikkeavat toisistaan?.....	54
8.3 Työn ongelmat ja jatkotutkimustarpeet.....	56
LÄHTEET.....	57
LIITTEET.....	60

KUVIOT

Kuvio 1. Puupellettijärjestelmä.....	11
Kuvio 2. Pellettikattila.....	12
Kuvio 3. Pellettipolttimen ja syöttölaitteiston rakenne.....	14
Kuvio 4. Kattilahuone rakennuksessa.....	41
Kuvio 5. Erillinen kattilahuone ja polttoainevarasto.....	42

TAULUKOT

Taulukko 1. Pellettivarastoihin liittyviä kuolemantapauksia.....	17
Taulukko 2. Saksissa mitattuja hiilimonoksidipitoisuuksia.....	21
Taulukko 3. Puupelletin turvallisen käsittelyn ja varastoinnin standardit.....	25
Taulukko 4. Suomessa polttoainevaraston ja kattilahuoneen rakennusosille asetetut palonkestovaatimukset.....	33
Taulukko 5. Rakennusten välisen etäisyyden ja palonkestovaatimusten yhdistäminen Ruotsissa.....	38
Taulukko 6. Kiinteän polttoaineen varastoinnin vaatimusten raja-arvo Itävallassa.....	45
Taulukko 7. Kattilahuoneen ja polttoainevaraston rakenteiden palonkestovaatimukset Itävallassa.....	46
Taulukko 8. Kiinteän polttoaineen varastoinnin vaatimukset Saksassa.....	51
Taulukko 9. Puupelletti-varaston ilmanvaihdon vaatimukset.....	52
Taulukko 10. Kiinteän polttoaineen kattilahuoneen ja polttoainevaraston raja-arvot.....	55

KESKEISET TERMIT

Kattilahuone

Erityisesti lämmityskattilalle tarkoitettu huone (E9 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2005).

Keskukslämmityslaitos

Rakennuksen lämmittämiseen tarkoitettu laitteisto, jossa polttoaine lämmityskattilan avulla muutetaan lämpöenergiaksi, joka edelleen laitteistoon kuuluvassa putkistossa siirretään lämmitettävään kohteeseen (E9 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2005).

Lämmityskattila

Tulisija, jossa polttoaineen palamisessa syntyvä lämpöenergia siirretään väliaineeseen (E9 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2005).

Osastoiva rakennusosa

Asetetun paloluokan vaatimukset täyttävä, palo-osastoja erottava rakennusosa (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2011).

Palonkestävyysaika

Minuutteina ilmaistu aika, jonka rakennusosan on todettu täyttävän sille asetetut vaatimukset (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2011).

Palo-osasto

Rakennuksen osa, josta palon leviäminen on määrätyn ajan estetty osastoivin rakennusosin tai muulla tehokkaalla tavalla (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2011).

Polttoainevarasto

Polttoaineen säilyttämiseen tarkoitettu tila (E9 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2005).

Suojaverhous

Pinnan muodostava verhous, joka määrätyn ajan suojaa sen takana olevan rakenteen syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2011).

Syöttöhuone

Kiinteän polttoaineen täydentämiseen tarkoitettu kattilahuoneesta erotettu tila (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2011).

Takapalo

Polttoaineessa tapahtuvan palamisen leviäminen tulipesästä polttoaineen syöttölaitteistoa pitkin kohti polttoainevarastoa (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus, 2006).

Tulisija

Rakennukseen kuuluva rakennusosa tai laite, jossa poltetaan kiinteitä, nestemäisiä tai kaasumaisia aineita (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2011).

Varastopesä

Kiinteän polttoaineen lämpökattilan osa, johon polttoaine asetetaan polttamista varten (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus, 2006).

1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Tutkimustehtävän tausta

Puupelletin käsittelyn ja varastoinnin yhteydessä on sattunut häkään liittyviä kuolemantapauksia ja pölyyn tai itselämpimiseen liittyviä vaaratilanteita. Tulipalot ja pölyräjähdykset ovat keskittyneet etupäässä puupelletin tuotantolaitoksiin ja suurin väli-varastoihin, mutta häkä on aiheuttanut kuolemaan johtaneita onnettomuuksia myös pienemmissä pellettivarastoissa. Onnettomuudet ovat johtaneet erityisesti puupellettien teollisen käsittelyn ja kuljetuksen turvallisuuden parantamiseen. Pienen mittakaavan puupellettijärjestelmiin liittyvät asiakasvarastot ovat toteutukseltaan kuitenkin edelleen varsin kirjavia niin Suomessa kuin Euroopassakin. Myös asiakasvarastoinnin palo- ja käyttöturvallisuuden tutkimus on vielä osin puutteellista – on vaikea hahmottaa, mitkä kaikki suuren mittakaavan puupelletin käsittelyyn liittyvistä riskeistä liittyvät myös käsittelyyn loppukäyttäjän tiloissa.

Kotitalouksien ja maatalouden sovelluksien monimuotoisuus ja verrattain vähäinen tutkimustieto on varmasti haaste myös rakennusvalvonnalle. Puupellettilaitosten rakentaminen onkin koettu Suomessa ajoittain hankalaksi, kun rakentajan ja rakennusviranomaisen näkemykset rakennuksen palo- ja käyttöturvallisuuteen liittyvien määräysten soveltamisesta eivät ole aina kohdanneet. Viranomaistulkintojen on koettu myös vaihtelevan eri puolella Suomea.

Opinnäytetyön tilaaja oli Bioenergia Ry, joka edustaa suomalaisen bioenergia-alan yrityksiä ja yhteisöjä. Yhdistyksessä on kaivattu lisää tietoa pellettijärjestelmien rakentamiseen liittyvistä viranomaismääräyksistä muualla Euroopassa, jotta kotimaisia käytäntöjä voitaisiin kehittää. Lähtöoletuksena on, että Ruotsissa, Saksassa ja Itävallassa rakennusmääräykset ottavat puupelletin käytön polttoaineena huomioon paremmin kuin Suomessa.

1.2 Tutkimustehtävän kuvaus

Opinnäytetyön tutkimustehtävänä oli selvittää, miten pieniin puupellettijärjestelmiin liittyvät riskit otetaan huomioon Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Itävallassa. Vertaamalla maita keskenään, pyrittiin muodostamaan kuva mahdollisista kehitystarpeista liittyen suomalaisiin määräyksiin.

1.3 Tutkimustyön toteutus

Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena keväällä 2015. Pellettijärjestelmiin liittyviä riskejä kartoitettiin tutkimalla tehtyjä tutkimuksia ja onnettomuusraportteja. Paloturvallisuuden osalta vertailtiin kansallisia rakennus- ja palomääräyksiä ja niissä annettuja määräyksiä koskien kattilahuoneita ja polttoainevarastoja. Täydentävinä lähteinä on käytetty erilaisten järjestöjen ohjeita liittyen puupelletin turvalliseen varastointiin.

Kaikissa tutkituissa maissa lähdeaineisto oli saatavilla internetissä – osin myös englanniksi. Saksan ja Itävallan osalta jouduttiin turvautumaan pääosin omiin käännöksiin saksan kielestä. Määräyksiä täydentävä materiaali valikoitiin maakohtaisesti alan järjestöjen tai viranomaisten julkaisemien ohjeiden ja tutkimusten joukosta.

Valikoidusta lähdemateriaalista poimittiin esitetyt riskit ja mahdolliset ohjeet niiden välttämiseksi. Palomääräyksistä poimittiin raja-arvot ja rakenteelliset vaatimukset kattilahuoneille ja polttoainevarastoille. Lopuksi maakohtaisia löydöksiä verrattiin keskenään, jotta voitiin selvittää miten suomalaiset palomääräykset suhteutuvat muihin tutkittuihin maihin.

2 PUUPELLETILLÄ LÄMMITTÄMINEN

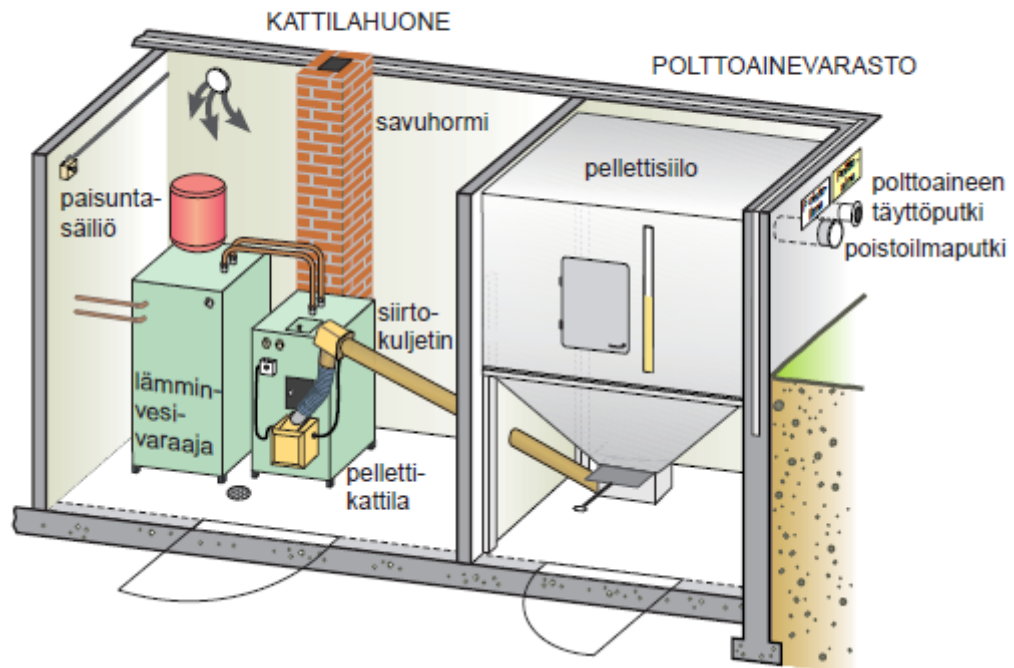
2.1 Puupelletti

Puupelletti on tiivistetty biopolttoaine, joka on valmistettu puubiomassasta lisäaineiden avulla tai niitä ilman yleensä lieriönmuotoisiksi kappaleiksi. Pellettien pituus on 5–40 mm ja halkaisija korkeintaan 25 mm (SFS-EN ISO 17225-2: 2014,12). Puupelletin raaka-aine on standardin SFS-EN ISO 17225-1:2014 mukainen puubiomassa. Suomessa puupellettien raaka-aine on yleensä käsittelemättömän havupuun sahanpuru ja kutterinlastu (Raaka-aine n.d.). Puupelletin tuoteluokitukset asettavat vaatimuksia niin raaka-aineelle kuin käytetylle lisäaineelle ja sen määrälle. Koon lisäksi SFS-EN ISO 17225-2: 2014 -standardi määrittelee vaatimuksia muun muassa puupelletin kosteus- ja energiapitoisuudelle, jotka laatuluokitellun puupelletin on täytettävä.

2.2 Pellettilämmitysjärjestelmä ja sen osat

2.2.1 Yleistä

Puupellettejä hyödynnetään lämmönlähteenä useissa eri kokoluokan sovelluksissa. Puupelletin pienkäytön raja vedetään lähteestä riippuen hieman eri kohtaan, mutta useimmiten kyseessä on järjestelmä, jonka lämmityskattilan nimellinen teho on korkeintaan 100 kW. Joissakin tilastoissa pienen mittakaavan käytöllä tarkoitetaan alle 50kW:n pellettijärjestelmiä, mikä onkin varsin riittävä teho isolle osalle omakotitaloja. Suomessa pientalojen pellettikattilamallit ovat teholtaan esimerkiksi 20 kW ja 40 kW. Näitä suuremmat sovellukset tulevat useimmiten kysymykseen isommissa kiinteistöissä ja maataloudessa. Alle 100 kW:n pellettilämmitysjärjestelmien markkinat ovat kasvussa esimerkiksi Itävallassa, Saksassa ja Ruotsissa (Obernberger & Thek 2010). Tavallisen pientalon pellettilämmitysjärjestelmä on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Puupellettijärjestelmä (RT 52-10876 2006, 2)

Pientalo lämmitetään puupelletillä liittämällä vesikiertoiseen keskuslämmitysjärjestelmään puupellettiä polttava lämmityskattila. Puupellettiä polttamalla lämmitetään vettä, joka kiertää rakennuksessa luovuttaen patterissa lämpönsä huoneilmaan. Järjestelmän käyttämä polttoaine kuljetetaan kattilalle yleensä erillisestä varastosta, joka on riittävän suuri lämmitystarpeeseen nähden.

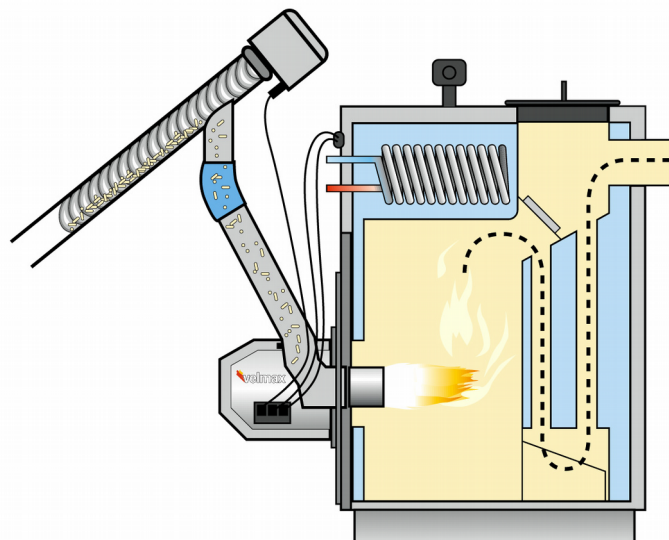
Muita lämmitysmuotoja täydentämään voidaan käyttää itsenäistä pellettitakkaa, jossa poltetaan halkojen sijaan pellettiä. Pellettitakassa on sisäänrakennettu varastopöytä, josta puupelletti siirtyy automaattisesti polttimelle. Pellettiä riittää parin tunnin lämmittämisestä muutamaan päivään riippuen varaston koosta. Takka on mahdollista liittää myös erilliseen varastoon. Pellettitakkakin voidaan saada toimimaan keskuslämmitysjärjestelmän tavoin.

Varavaan takkaan voidaan myös hankkia erityinen takkapoltin, jonka avulla tavallisessa takassa voidaan polttaa pellettiä.

Tavallinen kotitalouksien pellettilämmitysjärjestelmä koostuu polttimesta, kattilasta, polttoaineen polttimeen siirtävästä siirtolaitteesta ja polttoainevarastoon sijoitettavasta pellettisiilosta. Tämän työn kannalta oleellinen erottelu on kattilahuoneen ja polttoainevaraston välillä, sillä palomääräysten tavoitteena on yleensä erottaa polttoaine ja lämmityskattila muista rakennuksen tiloista ja usein myös toisistaan. Pellettikattilaa ja -siiloa ympäröivät rakenteet pitää muodostaa paloteknisessä mielessä muusta rakennuksesta erillisiksi tiloiksi, joiden rakenteille asetetaan erityisiä palonkestovaatimuksia. Palomääräyksissä näille tiloille käytetään nimityksiä kattilahuone ja polttoainevarasto.

2.2.2 Pellettikattila

Pellettilämmityksessä voidaan käyttää erityyppisiä kattiloita (katso kuvio 2). Vanha öljykattila on mahdollista muuttaa pellettikattilaksi liittämällä siihen pellettipoltin. Aito pellettikattila on kuitenkin yleensä paras vaihtoehto, koska sen käyttö on helpompaa ja hyötysuhde on parempi. Vanhoissa kattiloissa on yleensä pieni tuhkatila, jolloin tyhjennysväli on aitoa pellettikattilaa lyhyempi. (Kattila n.d.)

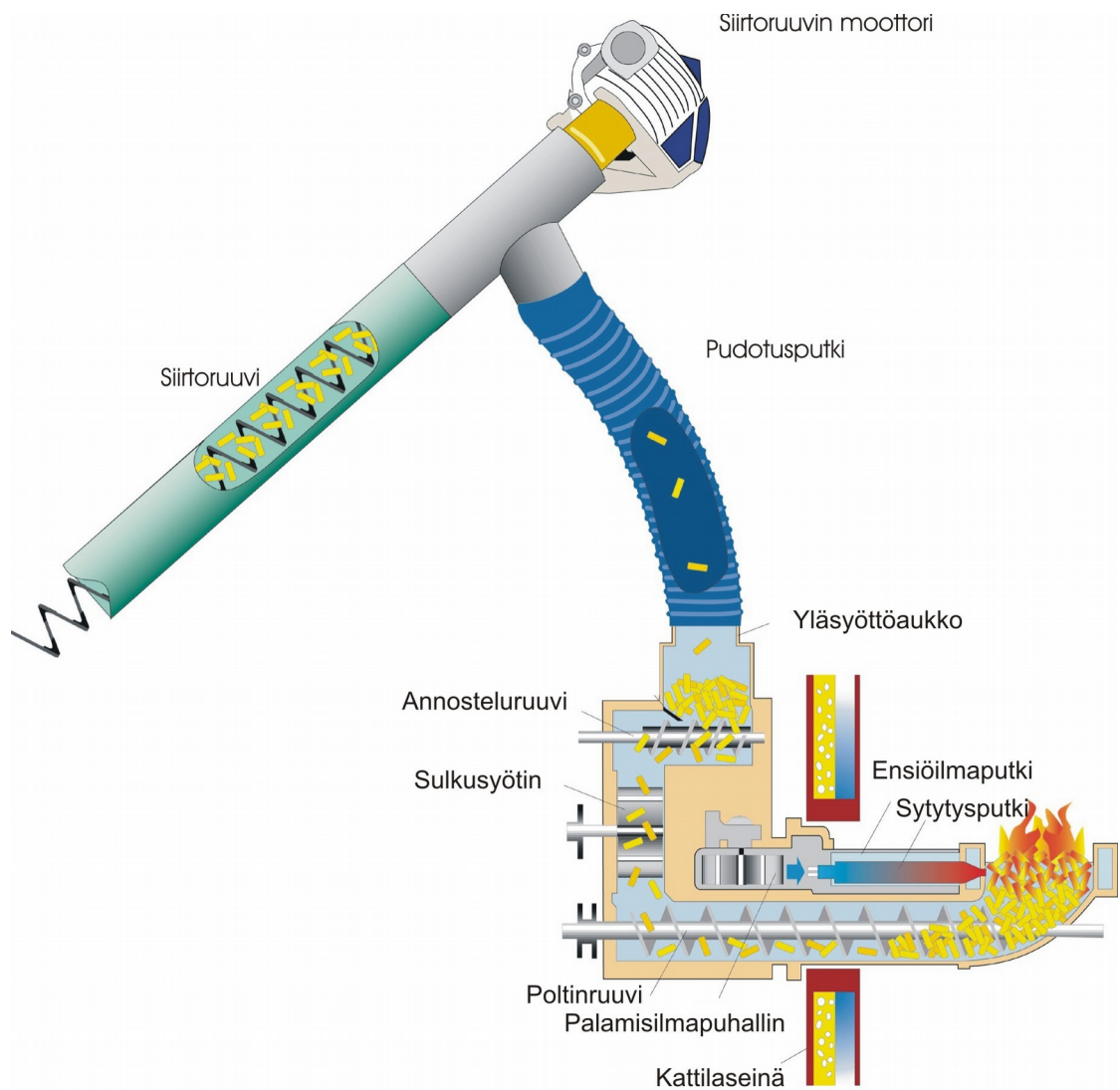


Kuvio 2. Pellettikattila (Kattila n.d)

2.2.3 Pellettipoltin

Pellettien polttamiseen käytetään erityisesti pelleille suunniteltuja polttimia. Yleensä polttimen ohjausyksikkö valvoo koko järjestelmän toimintaa. Se säätää automaattisesti järjestelmän eri osien toimintaa kattilaveden lämpötilamuutosten mukaan (Pellettipoltin n.d). Poltin voi olla ulkoinen tai sisäänrakennettu. Valtaosa keskierooppalaisista keskuslämmityskattiloista on yhdistelmäkatiloita, joissa poltin on samassa paketissa kattilan kanssa (Obernberger & Thek 2010, 183).

Pellettipolttimet jaetaan yleensä kolmeen ryhmään polttoaineen syöttötavan perusteella: ylä-, ala- ja vaakasyöttöiset polttimet (Pellettipoltin n.d). Kuviossa 3 on esitetty polttimen pellettipolttimen rakenne.



Kuvio 3. Pellettipolttimen ja syöttölaitteiston rakenne (Pellettipolttimet n.d)

2.2.4 Pellettisiilo

Pellettisiilo on irtopelletin säilyttämiseen tarkoitettu tila, joka voi olla tehdasvalmisteinen tai paikalla rakennettu. Pellettivaraston tulisi olla niin iso, että siihen mahtuu ainakin vuosikulutuksen verran pellettiä (Obernberger & Thek 2010, 118). Tavallisen omakotitalon pellettivaraston tilavuuden tulisi olla 6-8 m³ eli 8-10 tonnia pellettiä (RT 52-10876 2006, 4). Keskuslämmitysjärjestelmän vaatiman pellettimäärä voidaan va-

rastoida varastuhuoneessa, maanalaisessa säiliössä tai polttoainevarastoon sijoitettavassa siilossa. Tehdasvalmisteisista siiloratkaisuista kankainen säkkisiilo on suosittu vaihtoehto. Pystymalliset rehusiilot ovat yleensä suurempien järjestelmien ratkaisu. Suoraan kattilahuoneeseen voidaan sijoittaa niin sanottu viikkosiilo, joka nimensä mukaisesti vetää noin viikon lämmitystarpeen verran pellettiä.

2.2.5 Polttoainevarasto

Polttoainevarasto on tila, johon pellettisiilo sijoitetaan. Joissakin maissa pientalon lämmityksen vaatima pellettisiilo voidaan sijoittaa suoraan kattilahuoneeseen. Suomessa käytännössä kaikki viikkosiiloa isommat ratkaisut täytyy sijoittaa paloteknisessä mielessä erilliseen polttoainevarastoon, jonka jakavilla rakenteilla on palo-osastointivaatimuksia. Pellettivarasto voidaan rakentaa myös suoraan esimerkiksi kellarihuoneeseen, mikä on ollut suosittu vaihtoehto varsinkin Saksassa.

2.2.6 Siirtokuljetin

Pelletti kuljetetaan varastosta polttimelle tai välivarastoon ruuvi- tai spiraalikuljettimella tai pneumaattisesti. Siirtoetäisyys pyritään pitämään niin lyhyenä kuin se teknisesti ja paloturvallisuus huomioon ottaen on mahdollista. Pisimmät siirtoetäisyydet ovat tavallisesti 6-8 metriä. Jos siirtoetäisyydet kasvavat liian pitkiä tai siirto ei muuten onnistu yhdellä siirtoruuvilla, käytetään välivarastoa. Siirtoruuvi on tavallisesti metallisen tai antistaattisen suojaputken sisällä. Jos muoviputki ei ole antistaattista materiaalia, on siirtoruuvi maadoitettava staattisen sähköön muodostumisen ja pölyräjähdysvaaran vuoksi (Siirtolaitteet n.d).

Pelletti-imurilla voidaan pellettiä siirtää luotettavasti jopa 30 metrin matka. Pneumaattisissa siirtojärjestelmissä pelletti siirretään päävarastosta välivarastoon, josta pelletti siirretään polttimelle syöttöruuvien avulla. Välivarasto vetää tavallisesti pellettiä yhden päivän tarpeen verran (Oberberger & Thek 2010, 190).

3 PUUPELLETIN KÄSITTELYN JA VARASTOINNIN TURVALLISUUS

3.1 Häkä, heksanaalit ja puupöly

3.1.1 Häkään heksanaaliin ja puupölyyn liittyvät riskit

Sattuneiden häkämyrkytystapausten ja tehtyjen tutkimusten perusteella on hiilimonoksidi puupelletin varastoinnin vaaratekijä riippumatta varaston koosta. Itsesyttymisestä johtuva tulipalo tai pölyräjähdys on vaara, joka liittyy etupäässä suuriin, teollisen mittakaavan pellettijärjestelmiin.

Vuoden 2002 jälkeen, pellettien kuljetuksen ja varastoinnin yhteydessä on sattunut ainakin yhdeksän kuolemantapausta, joista viisi on sattunut henkilön mentyä sisään pellettivarastohuoneeseen tai pellettisiiloon. Taulukossa 1 on esitetty tietoon tulleita pellettivarastoihin liittyviä kuolemantapauksia. Pellettivarastoihin liittyvistä tapauksista kaksi sattui Suomessa vuonna 2008, kolme muuta Irlannissa, Saksassa ja Sveitsissä. Saksan tapauksessa kyse oli varastobunkkerista, jonka kapasiteetti oli 155 tonnia. Varasto oli osa järjestelmää, joka tuotti lämpöä noin 700 asuntoon. Sveitsissä sattuneeseen tapaukseen liittyi 83 m³ varasto, joka palveli noin 60 asuntoa. Kaikissa kuolemantapauksissa oli kyse hiilimonoksidimyrkytyksestä. (Gauthier 2012.)

Taulukko 1. Pellettivarastoihin liittyviä kuolemantapauksia

2002	Rotterdam (NL)	Ahtajaa kuoli pellettejä kuljettaneella laivalla ruuman viereiseen porraskäytävään.
2006	Helsingborg (S)	Merimies kuoli ja ahtaaja vammautui pahoin pellettejä kuljettaneella laivalla lastiruuman viereisessä porraskäytävässä. Useampi pelastushenkilöstöstä loukkaantui lievästi.
2007	Suomi	Yksi kuoli mentyään pieneen (n. 10t) pellettivarastoon.
2008	Suomi	Yksi kuoli mentyään pieneen (n. 10t) pellettivarastoon.
2009	Bornholm (DK)	Kaksi kuoli laivalla pelleteillä lastatun lastiruuman viereiseen porraskäytävään. Pelletit lastattu edellisenä päivänä.
2010	Saksa	Yksi kuoli mentyään varastoon, jossa 150t pellettiä
2010	Irlanti	Yksi kuoli mentyään vapaa-ajanasunnon pellettivarastoon, jossa 7t pellettiä.
2011	Sveitsi	Raskaanaoleva nainen kuoli mentyään kapasiteetiltaan 100t pellettivarastoon.

Työterveyslaitoksen mittaustulosten perusteella pellettivarastoiden keskeiset altisteet ovat puupöly, heksanaalit (VOC-yhdiste) ja hiilimonoksidi (Ahonen & Liukkonen 2008). Samassa tutkimuksessa todetaan, että pellettivarastojen ilmaan vapautuviin kaasuihin ja mahdolliseen hapenpuutteeseen liittyvä tapaturmariski koskee sekä isoja teollisia varastoja että kotitalousvarastoja. Ruotsin Työympäristöviraston tutkimus (Svedberg & Knutsson 2011) korostaa sekin hiilimonoksidin aiheuttamaa vaaraa puupellettien kuljetuksen ja varastoinnin aikana.

Pellettivaraston kaasupäästöt ovat seurausta pellettien hajoamisesta. Hajoamisen syytä ei täysin tunneta, mutta siihen liittyy puuaineksen rasvojen ja rasvahappojen autooksidatiivinen reaktio etenkin lämpiminä vuodenaikoina. Hiilimonoksidin ja heksanaalin pitoisuuksiin vaikuttavat varastossa olevan pelletin määrä ja varastointiratkaisu (Ahonen & Liukkonen 2008). Myös lämpötilan, hapen saatavuuden ja ilmankosteuden on kokeellisesti havaittu vaikuttavan hiilimonoksidin ja heksanaalin muodostumiseen

(Svedberg & Knutsson 2011, 15). Säiliötyyppisissä varastoissa hiilimonoksidipitoisuudet saattavat kohota hengenvaarallisiksi suurimpien pitoisuuksien esiintyessä varaston yläosassa. Heksanaalia muodostuu etenkin tuoreessa pelletissä, ja se muodostaa terveysriskin suurissa lattiavarastoissa (Svedberg & Knutsson 2011).

Työterveyslaitoksen tutkimuksessa (Ahonen & Liukkonen 2008) pyrittiin tutkimaan nimienomaan varastoja, joissa hajoamisilmiötä esiintyy. Tärkeä huomio on, että hiilimonoksidi- ja heksanaalipitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä, kun hajoamista ei tapahdu. Puupelletin varastoinnissa avainasemassa ovatkin oikeat varastointiolosuhteet, joiden määrittäminen on tosin hankalaa, koska hajoamisilmiötä ei vielä tunneta kunnolla. Verrattuna muihin puutuotteisiin pelleteillä on suuri pinta-ala, ja puun solurakenne on hajonnut puristamisen seurauksena. Niinpä haihtuvien yhdisteiden muodostuminen on nopeaa etenkin, kun tuoretta pellettiä varastoidaan korkeassa lämpötilassa (Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2014, 11).

Puupölyn osalta työterveyslaitoksen tutkimuksessa (Ahonen & Liukkonen 2008) päädyttiin johtopäätökseen, että tehtaiden työntekijöiden altistuminen puupölylle johtuu etupäässä siitä, että tilassa työskentely nostaa pinnoille kertyneen pölyn hengitysilmaan. Varastoissa ja tuotantotiloissa olleissa kiinteissä mittauspisteissä mitatut puupölypitoisuudet olivat selvästi pienempiä. Tutkimuksen perusteella voisi päätellä, että kotitalouksien pellettivarastoissa puupöly on ongelma lähinnä varastoa täytettäessä ja sitä puhdistettaessa. Pellettijärjestelmissä, joissa pelletti siirretään varastosta polttimelle paineilman avulla, voi pölyn kuvitella aiheuttavan ongelmia myös normaalin käytön aikana.

Suurelta osalta puupölyn terveyshaittoja voi kuitenkin suojautua kohtalaisen yksinkertaisesti hengityssuojaimen ja suojaavan vaatetuksen avulla. Hiilimonoksidiin ja happikatoon liittyviltä riskeiltä suojautuminen vaatii häkä- ja happimittareiden käyttöä. Pienemmissä varastoissa riittää, kun mittaukset suoritetaan ennen varastoon menemistä, mutta suuremmissa lattiavarastoissa tulisi jatkuvasti käyttää henkilökohtaista hiilidioksidimittaria. Suuriin lattiavarastoihin voi olla myös perusteltua asentaa hälyttävä häkämittari. (Svedberg & Knutsson 2011.)

Korkeista hiilidioksidi ja -monoksidipitoisuuksista seuraava hypoksia (kehon vähentynyt hapensaanti) ei varoita itsestään etukäteen eikä siltä voi suojautua tavallisilla hengityssuojaimilla. Ainoa vaihtoehto on raitisilmamaski. Arbetsmilöverket suosittelee, että kaikkiin pellettisäiliöihin (suursiiloja lukuun ottamatta) ja -lattiavarastoihin tulee järjestää vähintäänkin painovoimainen ilmanvaihto, jota tarvittaessa tehostetaan koneellisesti. Varastoissa, joissa voi esiintyä korkeita pitoisuuksia vaarallisia kaasuja, tulee olla selkeät varoituskyltit ja asiattomien pääsy niihin tulee estää. (Svedberg & Knutsson 2011.)

3.1.2 Puupölyn, heksanaalin ja hiilimonoksidin terveysvaikutukset

Ruotsissa tehdyssä tutkimuksessa heksanaalin todettiin aiheuttavan epämiellyttäviä tuntemuksia nenässä ja silmissä sekä päänsärkyä. Hiilimonoksidi syrjäyttää hapen ihmisen verenkierrossa. Altistuminen hiilimonoksidille aiheuttaa pitoisuuksista ja altistumisen kestosta riippuen voimakasta päänsärkyä, huimausta ja pahoinvointia. Altistuminen riittävän korkeille häkäpitoisuuksille voi johtaa kuolemaan jopa kymmenessä minuutissa. (Ahonen & Liukkonen 2008.)

Puupölyn on todettu aiheuttavan etenkin hengitysteiden ärsytys- ja allergiaoireita, minkä lisäksi kansainvälinen syöväntutkimuslaitos on luokitellut kaikki puupölyt ihmiselle syöpävaaralliseksi. Havupuupölyjen aiheuttama syöpäriski on pienempi kuin lehtipuiden pölyn aiheuttama riski. Euroopan unioni luokittelee erityisen syöpävaaralliseksi kovapuupölyn (=lehtipuupölyn), erityisesti tammen ja pyökin pölyn. (Ahonen & Liukkonen 2008.) Suomessa pellettien valmistamiseen käytetään pääosin havupuun sahanpurua ja kutterilastua, kun taas Keski-Euroopassa pellettiä valmistetaan lehtipuusta.

3.1.3 Pienten ja keskisuurten varastojen kenttätutkimuksia

Ruotsin Työympäristöviraston vuonna 2011 julkaiseman raportin (Arbetsmiljöverket 2011) aikaan, pienien ja keskisuurien varastojen kaasupäästöjä koskevia laajempia tutkimuksia ei ollut julkisesti saatavilla. Raportissa kuitenkin esitellään Itävallassa tehty tutkimus, jossa tutkittiin yhteensä 15 erikokoista varastoa. Varastojen kapasiteetti vaihteli kolmen ja kahdenkymmenen tonnin välillä (keskiarvon ollessa seitsemän tonnia). Kokeissa haluttiin selvittää tuulettumisen mahdollistavan täyttöyhteen korkin toimivuutta. Tutkituista varastoista kymmenessä oli tuulettumisen mahdollistava venttiili sekä täyttöyhteessä että ilmastointikanavassa ja viidessä tavallinen venttiili. Korkeimmat hiilimonoksidipitoisuudet mitattiin 1-3 päivää siilon täyttämisen jälkeen. Mitattujen pitoisuuksien keskiarvo oli 150 ppm korkeimman mitatun arvon ollessa 507 ppm. Kun täytöstä oli kulunut 7-10 päivää, tiiviissä varastoissa pitoisuudet olivat keskimäärin 160 ppm kun korkin kautta tuulettuvissa varastoissa pitoisuuksien keskiarvo oli hädin tuskin 30 ppm. Vuonna 2010 Arbetsmiljöverket suoritti myös oman, varsin rajallisen tutkimuksen, jossa mitattiin hiilidioksidipitoisuuksia neljässä keskikoisessa pellettivarastossa. Pääosin hiilidioksidipitoisuudet pysyivät raja-arvoissa (Ruotsissa lyhytaikaisen altistuksen raja-arvo, KTV, on 100 ppm), mutta neljällä mitauskerralla raja-arvot ylittyivät. Johtopäätöksenä todetaan, että aineistoa tarvitaan huomattavasti enemmän, jotta korkeiden hiilidioksidipitoisuuksien esiintymisen todennäköisyyttä voisi arvioida.

Saksin vapaavaltion työsuojeluhallinto on tutkinut erilaisten pellettivarastojen hiilimonoksidipitoisuuksia (Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2013). Tutkimuksen johtopäätöksenä todetaan, ettei hiilimonoksidin aiheuttamaa riskiä ole mahdollista luotettavasti arvioida ilman mittausvälineitä, koska pitoisuuksiin vaikuttavia muuttujia on paljon. Tutkimuksen perusteella voitiin päätellä, että paras suoja hiilimonoksidin aiheuttamaa riskiä vastaan on varaston kunnollinen ilmanvaihto. Taulukossa 2 on esitetty erilaisissa varastotyypeissä mitattuja hiilimonoksidipitoisuuksia.

Taulukko 2. Saksissa mitattuja hiilimonoksidipitoisuuksia (Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr 2013, 9)

Varastotyyppi	CO-mittauksia yhteensä	CO [ppm] Keskiarvo	CO [ppm] Maksimiarvo
Kuutiovarasto (kellaritila)	4	27	60
Kankainen varasto	5	0,4	2
Siilo	4	414	640
Kaltevapohjainen siilo	13	231	717

3.2 Paloturvallisuus

3.2.1 Takatulipalo

Pellettipolttimen syöttöjärjestelmä täytyy rakentaa siten, että palo ei voi edetä järjestelmässä taaksepäin pellettivarastoon tai kattilan varastopesään. Poltinvalmistajat ovat kehittäneet useita turvaratkaisuja takapalon estämiseksi. Paloturvallisuus on varmistettu sekä sähköisillä että mekaanisilla turvaratkaisuilla. Polttimen lämpötilaa tarkkailevan anturin lisäksi takapalo pyritään estämään rakenteilla, jotka estävät palon etenemisen taaksepäin syöttöjärjestelmässä. Pellettiruuvien ja polttimen yhdistää palotilanteessa sulava muovinen pudotusputki jos palo syystä tai toisesta pääsee leviämään sulkusyöttimen ohi. (Pellettipolttimet n.d.)

Finanssialan keskusliitto (FKL) on julkaissut vuonna 2006 ohjeen nimeltä ”Kiinteän

polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus”. Ohje esittää takatulipalolle useita erilaisia tunnistettuja syitä. Sähkökatko voi synnyttää takapalon, kun tulipesässä palaminen jatkuu, mutta polttoaineen syöttölaitteet pysähtyvät ja polttoainetta jää lämpökattilaan johtavaan syöttöputkeen, minkä lisäksi kattilan veto voi häiriintyä. Lämpökattilan vetovaihtelu tai huono veto muodostaa tulipesään ylipaineen, jonka seurauksena kuumat savukaasut ja palaminen voivat siirtyä syöttölaitteeseen. Piipun soveltumattomuus valitulle lämpökattilalle voi myös olla huonon vedon syy. Syöttölaitteen toimintahäiriöt voivat myös saada aikaan sen, että lämpökattila täyttyy polttoaineella, mikä lopulta rikkoo sekä syöttöjärjestelmän että lämpökattilan.

Polttoaineen laadulla ja oikealla varastoinnilla on myös merkittävä vaikutus koko pellettijärjestelmän turvallisuuteen. Suuri hienoainespitoisuus voi kasvattaa takatulipalon riskiä. Pölymäisen polttoaineen humahduksen omainen syttyminen voi työntää kuumat kaasut ja palavan materiaalin polttoaineen syöttöjärjestelmään. Jäätynyt, kostea polttoaine voi tukkia syöttöjärjestelmän tai polttoainevarastossa tapahtuva holvaantuminen voi aiheuttaa syöttöjärjestelmän tyhjentyksen, jolloin palokaasujen on mahdollista virrata polttoainevarastoon. Huonon palamisen seurauksena syntyvä häkäkaasu voi levitä polttoaineen syöttöjärjestelmään ja leimahtaa tai räjähtää siellä. (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus, 2006).

3.2.2 Hormi

Paloriskin aiheuttaa myös savuhormi, jonka halkeama tai huono lämpöeristys voivat saada aikaan tulipalon. Huonosta nuohouksesta voi syttyä hormipalo tai hormi voi tukkeutua. Lämpökattilan käyttäminen ylikuormalla voi singota kipinöitä savupiipusta tai hormi voi vaurioitua liian voimakkaasta savukaasujen lämpörasituksesta.

3.2.3 Itsesyttyminen ja pölyräjähdys

Kiinteän polttoaineen itsesytyminen on tunnistettu yhdeksi pellettijärjestelmään liittyvistä paloriskeistä (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus 2006, 4).

Pellettien itselämpämisestä tai pölyräjähdyksestä johtuvat tulipalot eivät ole tavattomia, mutta ne keskittyvät etupäässä sinne missä käsitellään suuria määriä pellettiä eli pelletin tuotantovaiheeseen ja esimerkiksi kaukolämpö- ja voimalaitoksiin. Tulipalojen tai räjähdysten ei tiedetä olevan ongelma pellettien säkkikaupassa (Obernberger & Thek 2010). Myös Ruotsin Työympäristöviraston julkaisemassa tutkimuksessa todetaan, että pienissä ja keskisuurissa varastoissa itsesyttymisen vaara on pieni. Todellinen riski se on kuitenkin suurissa lattiavarastoissa ja silloissa, joissa tulipaloon voi liittyä myös suuri sekundäärinen pölyräjähdysvaara. Itsesyttymisen riski näyttää liittyvän lattiavarastoissa kohonneisiin hiilimonoksidipitoisuuksiin (Arbetsmiljöverket 2011). Yksinkertaista raja-arvoa itselämpämisestä kannalta riskialttiille pellettivarastolle on vaikea antaa, mutta suuret pystysiilot ovat kooltaan 50-10000 kuutiota, kun tyypillisessä lattiavarastoissa varastoidaan yli 10 000 kuutiota pellettiä (Obernberger & Thek 2010). Pellettien itselämpämisestä vaikuttavat lämpötila, raaka-aine (suuri savu- ja tuoreus) ja tuoreus (Lönnermark, Persson, Blomqvist, Larsson, Rahm & Sjöström 2012).

3.3 Puupelletin turvallisen varastoinnin standardit Euroopassa

3.3.1 Yleistä

Viime vuosien keskeisin puupelletteihin liittyvä standardointityö on koskenut polttoaineen laadun kansainvälistä harmonisointia. Kotitalouskäyttöön myytäviltä pelleteiltä vaaditaan erityisen korkeaa laatua, koska ensisijainen käyttökohde on pienkäyttökattilat. Polttoaineen laadunvaihtelut heikentävät pellettilämmitysjärjestelmän toimintavarmuutta ja ovat myös paloriski (Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus 2006, 4). Yhdenmukaiset laadunvarmistus- ja testausmenetelmät sekä laatu-kriteerit mahdollistavat pelletin ja sen raaka-aineen vertailtavuuden yli maara-jojen. ISO tai EN-standardit eivät kuitenkaan vielä kata puupelletin turvallista säilyttämistä asiakasvarastossa.

3.3.2 Itävalta ja ÖNorm - standardoinnin edelläkävijä

Tutkimuksen toteutushetkellä (kevät 2015) vain itävaltalainen ÖNORM kattaa koko pelletin tuotantoketjun raaka-aineesta pienkäyttäjän varastointiin. M 7137 kuvaa vaatimukset pellettien oikeaoppiselle varastoinnille kuluttajan omassa varastossa. Normin tiivistelmässä todetaan, että kun pellettien laatu on varmistettu M 7135 (kumottu, korvattu EN ISO 17225-2), ÖNORM EN 14961-2 ja EN 15234-2 mukaan ja kuljetusketju ÖNORM M 7136 mukaan, varastoinnissa ei synny räjähdysvaaraa.

3.3.3 Saksa ja VDI

Vuonna 2014 julkaistiin saksalainen VDI 3464 -standardi, joka määrittelee vaatimukset pellettivarastojen rakentamiselle. Standardi kattaa pellettivarastot aina 100 tonniin asti. Samalla standardissa annetaan vaatimuksia pelletin toimitukselle. Standardin tavoitteena pellettivarastoihin liittyvien päästöjen ja muiden vaarojen torjuminen ja vähentäminen. Standardi perustuu DIN EN 14961-2 (korvattu EN ISO 17225-2) mukaan luokitellun pelletin käytölle. (VDI-standards n.d.).

3.3.4 Meneillään oleva standardointityö

Pellettien turvalliseen varastointiin liittyvä standardointityö on alkanut myös kansainvälisesti. Standardeilla on tarkoitus kattaa puupelletin turvallinen varastointi sekä kotitalouksien että teollisuuden sovelluksien osalta. Lisäksi standardit ovat tekeillä pellettien kaasunmuodostuksen ja itselämpimisen määrittelemiseksi. Taulukossa 3 on esitetty puupelletin turvallisen käsittelyn ja varastoinnin standardit.

Taulukko 3. Puupelletin turvallisen käsittelyn ja varastoinnin standardit (CEN)

ISO/TC238	prEN ISO 20023 Solid biofuels - Safety of solid biofuel pellets - Safe handling and storage of wood pellets in residential and other small-scale applications	Under Drafting
ISO/TC238	prEN ISO 20024-1 Solid biofuels - Safety of solid biofuel pellets - Safe handling and storage in commercial and industrial applications - Part 1: General	Under Drafting
ISO/TC238	prEN ISO 20024-2 Solid biofuels - Safety of solid biofuel pellets – Safe handling and storage in commercial and industrial applications - Part 2: Detection, suppression and management of fire and explosion	Under Drafting
ISO/TC238	prEN ISO 20048 Solid biofuels - Determination of off-gassing and oxygen depletion	Under Drafting
ISO/TC238	prEN ISO 20049 Solid biofuels - Determination of self-heating	Under Drafting

Taulukossa 3 olevien standardien valmistelussa noudatetaan Wienin sopimusta eli standardit käsitellään samanaikaisesti CEN/TC 335 komiteassa ja julkaistaan EN ISO-standardeina.

4 SUOMI

4.1 Tausta

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee rakennusten olennaiset tekniset vaatimukset. Tarkemmat säännökset ja ohjeet on koottu rakentamismääräyskokoelmaan, jonka E-sarja käsittelee rakenteellista paloturvallisuutta. Tässä tutkimuksessa on keskitytty etupäässä osien E1 (Rakennusten paloturvallisuus) ja E9 (Kattilahuoneiden ja polttoai-

nevarastojen paloturvallisuus) antamiin ohjeisiin. Viranomaismääräyksiä ja -ohjeita täydentämään on Finanssialan keskusliitto julkaissut vuonna 2006 ohjeen nimeltään ”Kiinteän polttoaineen lämpökeskusten paloturvallisuus”. Kun kyseessä on tuettava rakentaminen, koskee maatalouden lämpökeskusten paloteknisiä vaatimuksia vielä Maa- ja metsätalousministeriön asetukset 474/2014 ja 25/04.

Paloturvallisuuden osalta olennainen vaatimus on, että palon sattuessa

- kantavat rakenteet pysyvät riittävän pitkään ylhäällä
- palon ja savun kehittyminen ja leviäminen rakennuksessa on rajoitettua
- palon leviämistä rakennusten välillä tulee rajoittaa
- rakennuksessa olevat henkilöt pääsevät poistumaan tai heidät voidaan pelastaa

Edellisten lisäksi myös pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon.

4.2 Aineiston käsittely

Vuonna 2011 voimaan tullut Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 sisältää yleiset määräykset ja ohjeet koskien rakennuksen paloturvallisuutta. Pientä lämpölaitosta rakennettaessa suurin mielenkiinto keskittyy osastointi- ja pintamateriaalivaatimuksiin.

4.2.1 Rakennuksen paloluokat P1, P2 ja P3

P1-luokan rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu. Rakennuksen oletetaan kestävän palossa pääosin sortumatta. P1-luokan rakennuksen palotekniset vaatimukset ovat siis kaikkein vaativimmat, jolloin paloturvallisuuden varmistamiseksi ei tarvitse rajoittaa rakennuksen kokoa tai henkilömäärää. Paloluokan P2 rakennuksen kantavien rakenteiden palotekniset vaatimukset voivat olla P1-luokkaa matalammat,

jolloin paloturvallisuus varmistetaan asettamalla vaatimuksia pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoitetaan käyttötavan perusteella. Paloluokan P3-rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia vaan turvallisuus taataan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää sen käyttötavan perusteella. Rakennuksen eri osat voivat kuulua eri paloluokkiin kun palon leviäminen on estetty palomuurilla.

4.2.2 Rakennusosien palonkesto

Kantavat ja osastoivat rakennusosat jaetaan luokkiin palonkeston perusteella. Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan kirjaimilla:

R	= kantavuus
E	= tiiveys
EI	= tiiveys ja eristävyys

Merkintöjen R, REI, RE, EI tai E jälkeen ilmoitetaan rakennusosan palonkestävyysaika minuutteina: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 tai 240 min. Näistä kirjaimista ja numeroista muodostuva merkintä on rakennusosan paloluokka. Esimerkiksi rakennusmääräyskoelman osa E9 määrää paloluokan P3 rakennuksen polttoainevaraston osastoivilta rakennusosilta paloluokkaa EI30. Rakennusosan tulee siis estää savun ja lämmön leviäminen puolen tunnin ajan. Rakennusosia suojaamaan voidaan käyttää myös erityistä suojaverhousa, joille on omat luokkansa. Suomessa käytetään suojaverhousluokkia K2 30 ja K2 10.

4.2.3 Rakennustarvikkeiden palonkesto

Rakennuksessa on käytettävä rakennustarvikkeita, jotka eivät myötävaikuta palon kehittymiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 20). Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen ja sen leviämiseen sekä pisarointiin ja savun tuottoon. Rakennus-

nustarvikkeiden merkintöjen selitykset on koottu alle (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 5).

Tarvikkeiden osallistuminen paloon:

- A1 = eivät osallistu lainkaan paloon
- A2 = osallistuminen paloon erittäin rajoitettu
- B = osallistuminen paloon hyvin rajoitettu
- C = osallistuvat paloon rajoitetusti
- D = osallistuminen paloon on hyväksyttävissä
- E = käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä
- F = käyttäytymistä ei ole määritetty

Savuntuotto:

- s1 = erittäin vähäistä
- s2 = vähäistä
- s3 = ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia

Palavat pisarat tai osat:

- d0 = ei esiinny
- d1 = sammuvat nopeasti
- d2 = ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia

Lattianpäällysteiden luokat kuvataan merkinnöillä: A1FL, A2FL, BFL, CFL, DFL, EFL, FFL. Luokkien merkitys on sama kuin edellä alaindeksin "FL" kertoessa, että kyseessä on lattiamateriaali. Savuntuotto ilmaistaan lisämääreellä s1 tai s2, joista s2 tarkoittaa edellisestä poiketen materiaalia, jonka savuntuotto ei täytä s1 vaatimuksia. Lisäksi kattomateriaalien osalta käytetään ohjeessa luokkaa BROOF(t2), jota vaaditaan katemateriaaleilta yleensä aina. Erilliseen tulisijattomaan, tai erityistapauksessa muuhunkin rakennukseen, voidaan käyttää kyseiseen luokkaan kuulumatonta katemateriaalia (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 25).

Esimerkiksi kun rakennuksen paloluokka on P3 ja sen kellariin sijoitetaan polttoaine-

varasto, pitää siinä käyttää vähintään luokan A2-s1, d0 rakennustarvikkeita. Seinä- ja kattomateriaalien osallistuminen paloon on siis erittäin rajoitettua, savuntuotto erittäin vähäistä ja palavia pisaroita tai osia ei synny. Rakennusosien ja -tarvikkeiden luokituksessa käytetään EN-standardeja, mikä tarkoittaa, että samat luokitusperusteet ovat käytössä myös Ruotsissa, Itävallassa ja Saksassa.

4.2.4 Rakennus ja sen palo-osasto

Rakennus ja sen palo-osastot ryhmitellään niiden pääasiallisen käyttötavan perusteella: asunnot, majoitustilat, hoitolaitokset, kokoontumis- ja liiketilat, työpaikatilat ja tuotanto- ja varastotilat. Ryhmittelyn perusteena on käyttöaika (päivä-, ilta- vai yökäyttö) ja se miten hyvin käyttäjät tuntevat tilat. Tuotanto- ja varastotiloissa toiminnot jaetaan vielä luokkiin 1 (vaarattomampi) ja 2 (vaarallisempi).

Kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimukset perustuvat palokuormaryhmitykseen, joka puolestaan perustuu palokuorman tiheyteen. Jaottelu tapahtuu seuraavasti (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 10):

- > 1200 MJ/m²** - Varastot, jotka ovat erillisiä palo-osastoja.
Tuotanto- ja varastotilojen palokuorma määritellään tai arvioidaan kohdekohtaisesti.
- 600-1200 MJ/m²** - Osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot;
- asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja;
- moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.
- < 600 MJ/m²** - Asunnot, majoitustilat ja hoitolaitokset;
- osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten ravintolat, enintään 300 h-m²:n myymälät, toimistot, koulut, urheiluhallit, teatterit, kirjat ja päivähoitolaitokset;
- autosuojat.

Yleensä tähän ryhmään saa sijoittaa myös muihin palokuormaryhmiin kuuluvia tiloja, mikäli nämä tilat varustetaan tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. Tämä ei koske 3–8-kerroksisia P2-luokan rakennuksia.

4.2.5 Palon rajoittaminen palo-osastoon

Rakennus jaetaan palo-osastoihin joko kerrosten (kellari, asuinkerrokset, ullakko), käyttötavan (esim. oleellisesti poikkeava palokuorma) tai pinta-alan perusteella. Palo-osaston tehtävänä on rajoittaa palon ja savun leviämistä, turvata rakennuksesta poistuminen ja helpottaa pelastus- ja sammutustoimintaa sekä rajoittaa omaisuusvahinkoja. Rakennukseen, johon sijoitetaan palo- tai räjähdysvaarallinen tila, ei yleensä saa sijoittaa asuntoja, majoitustiloja, hoitotiloja eikä kokoontumistiloja. Jos sijoittaminen sallitaan, niin tilat eivät saa välittömästi rajoittua toisiinsa ellei ”tehokkain järjestelyin varmistuta, ettei tästä aiheudu henkilöille vaaraa”. Räjähdysvaaraa vaatii aina erikoissuunnittelua. Sisältyykö pellettilaitokseen räjähdysvaara? Osastoivan rakennusosan

läpi viedyt putket ja muut tarpeelliset läpiviennit eivät saa oleellisesti heikentää rakennusosan palonkestoa. Tämä koskee myös pellettilaitoksen kuljetinlaitteistoja.

4.2.6 Palon leviäminen rakennuksesta toiseen

Palon leviäminen rakennuksesta toiseen ei saa vaarantaa henkilöturvallisuutta eikä aiheuttaa kohtuuttomana pidettäviä taloudellisia eikä yhteiskunnallisia menetyksiä (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011, 26). Suomessa riittävä suoja paloa vastaan saavutetaan kun rakennusten etäisyys on vähintään 8m. Muussa tapauksessa on turvauduttava rakenteellisiin tai muihin keinoihin palon leviämisen rajoittamiseksi. Kahdeksan metrin alittuessa, tulee eri tonteilla olevat rakennukset erottaa toisistaan palomuurilla. Samalla tontilla tai rakennuspaikalla olevia rakennuksia, joiden etäisyys on alle 8m, pidetään yleensä samana rakennuksena. Tällöin tavanomainen osastointi on riittävä kunhan rakennukset kuuluvat samaan paloluokkaan ja useammasta rakennuksesta muodostuva kokonaisuus alittaa tämän paloluokan yhdelle rakennukselle asettamat kerrosala- ja henkilömäärärajoitukset. Lähimmästä rakennuksesta alle kahdeksan metrin etäisyydellä oleva kattilalaitosrakennus käsitellään rakennuksen osana ja noudatetaan E9:n osastointivaatimuksia.

4.3 Tulokset

Suomessa lämmityskattila sijoitetaan yleensä erilliseen osastoituun kattilahuoneeseen, tosin asuintiloihin voidaan ilman osastointia sijoittaa tarkoitukseen soveltuva lämmityskattila. Polttoainetta voi varastoida kattilahuoneessa eri määriä riippuen kattilahuoneen palo-osastointiluokasta (kts. taulukko 4). Enimmillään kattilahuoneesta voi varastoida 0,5 m³ kiinteää polttoainetta. Kattilahuoneesta pölyn leviämistä estävällä seinällä erotetussa syöttöhuoneessa voi varastoida 2 m³ kiinteää polttoainetta. Alle 8 m etäisyydellä lähimmästä rakennuksesta sijaitseva kattilalaitos käsitellään palotekniseltä kannalta niin kuin se olisi osa rakennusta. Paloteknisesti kyseessä on erillinen rakennus kun kattilalaitoksen etäisyys lähimpään rakennukseen on vähintään

8m. Kattilalaitosrakennuksessa saa olla vain laitoksen toimintaan liittyviä tiloja. Osastoituna siihen voidaan kuitenkin sijoittaa pienehköjä varastotiloja tai vastaavia.

Yli kaksikerroksinen kattilalaitosrakennus tehdään paloluokkaan P1. P2-luokan kattilalaitos voi olla kaksikerroksisena korkeinaan 9m korkea, mutta yksikerroksisena korkeutta voi olla enemmän. P3-luokan kattilalaitos voi olla vain yksikerroksinen eikä 9m korkeampi. Jos käytettävän polttoaineen käsittelystä syntyy hienojakoista pölyä räjähdysvaaraksi asti, niin täytyy tehdä erillinen kattilalaitosrakennus siten, että kaksikerroksinen on paloluokaltaan P1 ja yksikerroksinen vähintään P2.

Maa- ja metsätalousministeriön asetukset antavat tuettavaa rakentamista koskevia määräyksiä. Lähempänä kuin 15 metriä olevat rakennukset, joista toinen on kotieläinrakennus, on palo-osastoitava toisistaan vähintään EI 30- luokan rakennusosin (MMMAs 474/2014 6 §). Rakennuksen yhteyteen rakennettujen lämpökeskusten palo-osastointi toteutetaan vähintään EI60 luokan rakennusosin (MMMAs 474/2014 7 §). Yli 1000 neliömetrin suuruisen kotieläinrakennuksen osaksi ei saa rakentaa lämpökeskusta (MMMAs 474/2014 8 §).

Suomessa lähtökohtana on, että pellettilämmityskattila ja pellettisiilo sijoitetaan aina omiin palo-osastoituihin tiloihinsa erilleen toisistaan ja rakennuksen muista tiloista. Sekä Suomen rakennusmääräyskokoelma ja FKL:n ohjeet korostavat erillistä kattilalaitosta aina paloturvallisimpana vaihtoehtona.

Taulukko 4. Suomessa polttoainevaraston ja kattilahuoneen rakennusosille asetetut palonkestovaatimukset

Kattilahuonetta ympäröivien rakennusosien (myös ulkoseinät) luokka (E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2011)

	P1	P2	P3
Yli 30kW kattila	EI60	EI60	EI60
Enintään 30kW kattila			
Kerroksessa	EI60	EI30	EI30
Kellarissa	EI60	EI60	EI30

Polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokka

	P1	P2	P3
Kerroksessa	EI120	EI30	EI30
Kellarissa	EI120	EI60	EI30

Erillisen kattilalaitoksen osastoivien rakennusosien luokka

	P1	P2	P3
Pääasiallisesti maanpinnan yläpuolella	EI120	EI30	– ¹⁾
Pääasiallisesti maanpinnan alapuolella	EI120	EI60	– ¹⁾

Taustaväri = käytetään vähintään A2-s1, d0 -luokan rakennustarvikkeita

– Ei luokkavaatimusta

1) Pölyn leviämistä estävä rakennusosa

5 RUOTSI

5.1 Tausta

Ruotsissa rakentamista säätelevä säädöshierarkia on samanlainen kuin Suomessakin: ylimpänä on maankäyttö- ja rakennuslaki (plan- och bygglagen, PBL), jota täydentävät ja täsmentävät maankäyttö- ja rakennusasetukset (plan- och byggförordningen, PBF)

ja Boverketin antamat rakennusmääräykset (Boverkets byggregler, BBR). Boverketin julkaisemat rakennusmääräykset on saatavilla myös englanniksi osoitteessa <http://www.boverket.se/>. Viimeisimmät muutokset ovat pääsääntöisesti saatavilla vain ruotsiksi. Boverketin rakennusmääräysten viides osa koostuu rakennusten paloturvallisuuden liittyvistä määräyksistä. Boverketin lisäksi pellettijärjestelmien turvallisuuden liittyviä viranomaisia Ruotsissa ovat ainakin Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ja Arbetsmiljöverket, joista jälkimmäinen on tutkinut etenkin puupelletin varastointiin liittyvää häikäriskiä. MSB puolestaan huolehtii palo- ja räjähdysvaarallisten aineiden, kuten polttoaineiden, turvallisesta käsittelystä ja kuljettamisesta.

Ruotsin maatalouden paloturvallisuustyöryhmä (Lantbrukets Brandskyddskommitté, LBK) on maatalouden, viranomaisten, järjestöjen ja vakuutusyhtiöiden yhteistyöorganisaatio, jonka tehtävänä on parantaa maatalouden paloturvallisuutta (. LBK pyrkii yhdenmukaistamaan ja kehittämään palomääräyksiä ja se julkaisee omia paloturvallisuussuosituksiaan. LBK:n suositukset on jaettu paloturvallisuuden eri osa-alueisiin keskittyviin lehtisiin (Flik) ja ne on saatavilla internetissä <http://www.lantbruketsbrandskydd.nu/>. LBK on osa Ruotsin paloturvallisuusyhdistystä (Brandskyddsföreningen).

Tässä tutkimuksessa on perehdytty tarkemmin LBK:n ohjeisiin numero 4 ja 11. LBK Flik 4 (*”Uppvärmning och torkning”*) antaa suosituksia liittyen maatalouden lämmitys- ja kuivauslaitteiden paloturvallisuuteen. Etenkin maatilojen lämmitysratkaisut on nähty usein alttiina riskeille, minkä vuoksi ohjeella pyritään muuttamaan käytäntöjä turvallisimmiksi. Tässä ohjeessa käsitellään muun muassa kattilahuoneiden paloturvallisuutta. LBK Flik 11 (*”Förvaring av bränslen: eldingsolja, diesel, gas och med mera”*) käsittelee polttoaineiden paloturvallista varastointia maatalousympäristössä. Suosituksia annetaan myös kiinteisiin polttoaineisiin, etenkin hakkeeseen ja sahanpuuruun, liittyen.

5.2 Aineiston käsittely

Ruotsissa rakennukset jaetaan paloluokkiin samaan tapaan kuin Suomessakin. Rakennusten tilat jaetaan käyttötavan perusteella käyttötaluokkiin (verksamhetsklass, Vk), joita on kuusi pääluokkaa ja joitakin alaluokkia. Jakoperusteena on se, kuinka hyvin ihmiset ovat tietoisia ympäristöstään ja kykeneviä itse pelastautumaan tiloista (BBR 5:21).

Luokka 1	Tuotantotilat, varastot, toimistot	
Luokka 2	Kokoontumistilat	2A < 150 hlö 2B > 150 hlö 2C > 150 hlö ja alkoholitarjoilu
Luokka 3	Asuintilat	3A Omakotitalot, kerrostaloasunnot yms. 3B Esim. lastenkodit, opiskelija-asunnot
Luokka 4	Hotellit yms.	
Luokka 5	Terveystilojen tilat yms.	5A Päivätoiminta, esim esikoulu 5B Esim. mielenterveyslaitokset 5C Sairaalat 5D Tilat, joissa ihmiset lukkojen takana kuten vankilat
Luokka 6	Kohonneen paloriskin tilat kuten tilat, joissa valmistetaan tai käsitellään palavaa materiaalia tai tilat, joissa on pölyräjähdysten vaara kuten maatalouden tuotantolaitokset ja puuteollisuus.	

Rakennukset jaetaan ryhmiin (byggnadsklasser, Br) palosuojaustarpeen perusteella. Luokat ovat Br0, Br1, Br2 ja Br3. Rakennukset, joissa on erityisen korkea suojaustarve, suunnitellaan luokassa Br0 ja vaatimukset loivenevat numeron kasvaessa. Luokka Br3 koskee siten rakennuksia, joissa suojaustarve on matala. Suojauksen tarve arvioidaan palon todennäköisen etenemisen, seurausten ja rakennuksen monimutkaisuuden perusteella. Suunnittelussa pyritään siis arvioimaan rakennuksen sortumisen seurauksia

ja pelastautumisen vaikeutta. (BBR 5:22)

- Br0
 - Yli 16 kerrosta
 - Isot rakennukset 5C
 - Luokka 5D ja tietyt kokoontumistilat
- Br1
 - Kerroksia kolme tai enemmän
 - Kaksikerroksiset rakennukset, jotka kuuluvat luokkiin 4, 5A, 5B, 5C
 - Luokan 2B ja 2C rakennukset, joiden toisessa kerroksessa on kokoontumistiloja
- Br2
 - Korkeintaan kolmikerroksiset omakotitalot
 - Rakennukset, joissa yli kaksi asuntoa ja joissa asuin- tai työtiloja on myös ullakolla
 - Rakennukset luokissa 2B ja 2C, joiden pohjakerroksessa on kokoontumistila
 - Yli 200m² rakennukset, joita ei ole jaettu pienempiin palo-osastoihin
 - Yksikerroksiset rakennukset, joissa on kokoontumistiloja maan alla tai käyttötapaluokassa 2B tai 2C
 - Yksikerroksiset luokan 5B ja 5C tilat
- Br3
 - Muut rakennukset

Kohta 5:249 toteaa, että erillisellä kattilahuoneella (avskilt pannrum) tarkoitetaan kattilahuoneita, jotka on suojattu palon ja savun leviämistä ja kehittymistä vastaan. Erillinen kattilahuone ja siihen liittyvä polttoainevarasto tulee erottaa erillisiksi palo-osastoiksi (5:249). Erillinen kattilahuone tarvitaan kun yhden lämpökattilan tai samaan tilaan sijoitettavien lämpökattiloiden yhteenlaskettu teho ylittää 60kW (BFS 2013:14, 5:427). Kattilahuone on paloteknisessä mielessä ”erityistila”, jonka ei suoraan ilmaista kuuluvan mihinkään tiettyyn käyttötapaluokkaan. Kattilahuone kuitenkin rinnastuu herkästi käyttötapaluokkaan 6, johon kuuluvat tilat, joissa on kohonnut tulipaloriski. Käyttötapaluokkaan 6 kuuluvien tilojen osastoivien rakenteiden on täytettävä vähintään vaatimus EI 60 (5:548) kun omakotitaloissa osastoivat rakenteet on toteutettava

vähintään luokassa EI 30 (5:532). Rakenteiden palonkestovaatimukset tiukkenevat palokuorman perusteella, jos kyse on esimerkiksi yli kolmikerroksisesta rakennuksesta, hotellista tai sairaalasta (paloluokka Br1). Eri tilojen palokuorman määrittämiseksi Boverket on julkaissut oppaan nimeltä ”Handbok om brandbelastning”, jonka taulukkoarvojen (kts. Liite 2 ja 3) perusteella pellettivaraston palokuorma olisi niin korkea, että osastoivien rakenteiden pitäisi paloluokassa Br1 täyttää EI 240 vaatimus.

	Palokuormaa (MJ/m ²) vastaava rakennusosien luokka		
	f ≤ 800	f ≤ 1600	f > 1600
Br1	EI60	EI120 (EI60*)	EI240 (EI120*)

*Jos automaattinen sammutusjärjestelmä

Rakennusluokissa **Br2** ja **Br3** osastoivat rakennusosat toteutetaan vähintään EI30-rakenteina (BFS 2011:26 5:532).

5.2.1 Palon leviämisen rajoittaminen rakennusten välillä

Aivan kuten Suomessakin, myös Ruotsissa riittävä palosuojaus rakennusten välillä saavutetaan kun niiden etäisyys toisistaan on vähintään 8m (BFS 2011:26, 5:61). Suojaetäisyyksistä annetut määräykset eivät kuitenkaan koske alle 15m² apurakennuksia. Omakotitalojen tai omakotitalon ja apurakennusten välinen etäisyys voi olla alle kahdeksan metriä kunhan rakennukset täyttävät tiettyjä palosuojausheitoja (kts. taulukko 5).

Taulukko 5. Rakennusten välisen etäisyyden ja palonkestovaatimusten yhdistäminen Ruotsissa

Ulkoseinän ja suojaetäisyyksien yhdistäminen (omakotitalot ja niiden apurakennukset)

Yhden rakennuksen ulkoseinä	Vähimmäisetäisyys
EI60 (mukaan lukien ovet), ei ikkunoita	–

Palon estäminen omakotitalojen, lisärakennusten tai omakotitalon ja lisärakennuksen välillä

Molempien rakennuksen vastakkaiset seinät	Vähimmäisetäisyys
EI30 (mukaan lukien ovet) ilman ikkunoita	–
EI30 (mukaan lukien ovet), enintään 1m ² luokittelematonta ikkunapinta-alaa	2m
EI30 enintään 4m ² luokittelematonta ikkunapinta-alaa	5m
Ei30 (mukaan lukien ovet) ei rajoituksia luokittelemattomalle ikkunapinta-alalle	7m

- Lisärakennuksille riittää kun yksi seinistä on suunniteltu kuten yllä

5.2.2 Maatilan kattilalaitos

LBK ohjeistaa, että rakennuksen osana oleva kattilahuone tulee toteuttaa vähintään luokassa EI 60. Palavat katot ja seinät tulee lisäksi suojata K210/B-s1, d0 materiaalein (esimerkiksi kipsilevy). Lattiat tehdään luokan A1fl materiaalein (Flik 4 Uppvärmning och torkning 2013, 8).

Erillisellä kattilalaitoksella tarkoitetaan LBK:n ohjeessa erillistä rakennusta, jonka ainoa käyttötarkoitus on lämmittäminen lämpökattilan avulla ja jossa varastoidaan kor-

keintaan 10m³ kiinteää polttoainetta. Kun varastoidaan tätä suurempia määriä, noudatetaan LBK Flik 11:a ohjeita polttoaineen varastoinnista. Kun kattilarakennus sijaitsee yli 15m päässä muista rakennuksista, suojataan palavien kattojen ja seinien sisäpuoliset pinnat K210/B-s1, d0 materiaalein (esim. kipsilevy). Lattiat tehdään A1fl materiaalein. (Flik 4 Uppvärmning och torkning 2013, 9.)

Jos lämpölaitos on lähempänä kuin 15m, täytyy sen katon ja seinien kestää paloa vähintään 60 minuuttia ja sisäpuolisten pintojen tulee olla suojattu K210/B-s1, d0 materiaalein. Lattiat tehdään A1fl materiaalein (Flik 4 Uppvärmning och torkning 2013, 9). Edellinen tarkoittaa käytännössä sitä, että maatalouden kattilalaitosta käsitellään osana toista rakennusta, jos niiden välinen etäisyys on alle 15m. Suomessa raja on 8m.

Suurempien polttoainemäärien varastoinnista annetaan kiinteiden polttoaineiden osalta ohjeita Flik 11:a kappaleessa 4. Ohjeen esimerkit puhuvat kuitenkin etupäässä hakkeesta ja sahanpurusta, mutta oletettavasti puupellettiä koskevat pitkälti samat seikat. Lähtökohtaisesti kiinteää polttoainetta voi varastoida kattilarakennuksessa, erillisessä varastorakennuksessa tai muun rakennuksen yhteydessä (Flik 11 Förvaring av bränslen 2015, 12). Itsesyttymisvaaran takia sahanpurun ja hakkeen varasto erotetaan muusta rakennuksesta ja erillisestä kattilarakennuksesta vähintään EI 60 rakennusosin. Kun erillinen polttoaineen varastoimiseen tarkoitettu rakennus sijoitetaan vähintään 15m päähän muista rakennuksista, ei sen rakenteille aseteta paloteknisiä vaatimuksia (Flik 11 Förvaring av bränslen 2015, 12).

5.3 Tulokset

Ruotsin rakentamismääräyskokoelmassa annetaan yksiselitteiset raja-arvot ainoastaan kattilahuoneesta: erillinen kattilahuone tarvitaan kun lämpökattilan (tai useamman samassa huoneessa olevan lämpökattilan yhteenlaskettu) teho ylittää 60kW. Kat-

tilahuoneen rakenteiden palonkestovaatimukset puolestaan riippuvat rakennusluokasta ja palokuormasta, mutta suomalaista E9:ä vastaavaa esitystä lämpölaitoksen ympäröivistä rakenteista ei anneta.

Polttoainevarasto on erotettava kattilahuoneesta omaksi palo-osastokseen, mutta muutoin kiinteän polttoaineen varastointia tai käsittelyä ei määräyksissä ohjeisteta. Vaarallisten aineiden, kuten polttoaineen, käsittelystä antaa omat määräyksensä Myndigheten för samhällsskydd och beredskap eli MSB. Kiinteille polttoaineille ei kuitenkaan ole löydettävissä omia ohjeitaan. Erillinen kattilahuone tarvitaan kun kattilan tai samaan huoneeseen sijoitettavien kattiloiden yhteenlaskettu teho on yli 60kW.

BBR:n VÄHIMMÄISVAATIMUKSET KATTILAHUONEELLE RAKENNUKSEN OSANA

Rakennuksen paloluokka	Br1	Br2	Br3
Kattilahuone	EI 60	EI 30	Ei 30
Polttoainevarasto*	EI 60	EI 30	EI 30

*Polttoainevarastosta todetaan vain, että se osastoidaan erilleen kattilahuoneesta ja muista tiloista. Esitetyt arvot ovat paloluokan mukaisia vähimmäisvaatimuksia rakennusosien palonkestolle.

LBK:N VÄHIMMÄISVAATIMUKSET MAATALOUDEN KATTILALAITOKSILLE

Suojaetäisyys	Kattilahuone	Polttoainevarasto
< 15m	EI 60	EI 60
> 15m	–	–
rakennuksessa	EI 60	< 10m ³ kattilahuoneessa*

*Kun polttoainetta varastoidaan yli 10m³ osastoidaan se vähintään EI 60 rakennusosin.

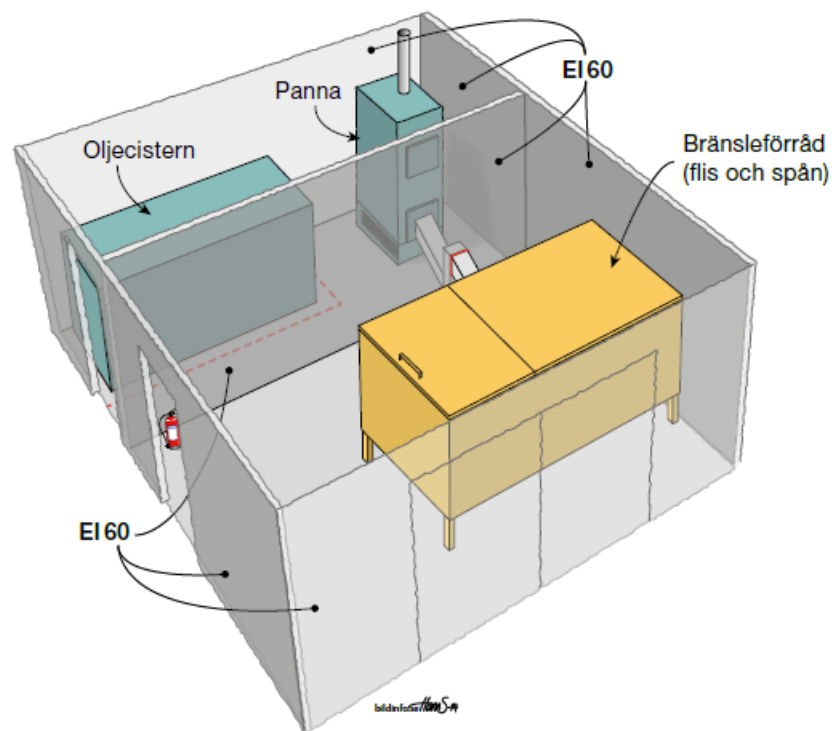


Fig 4.1 b Pannrum i annan byggnad

Kuvio 4. Kattilahuone rakennuksessa (Flik 11 Förvaring av bränslen 2015)

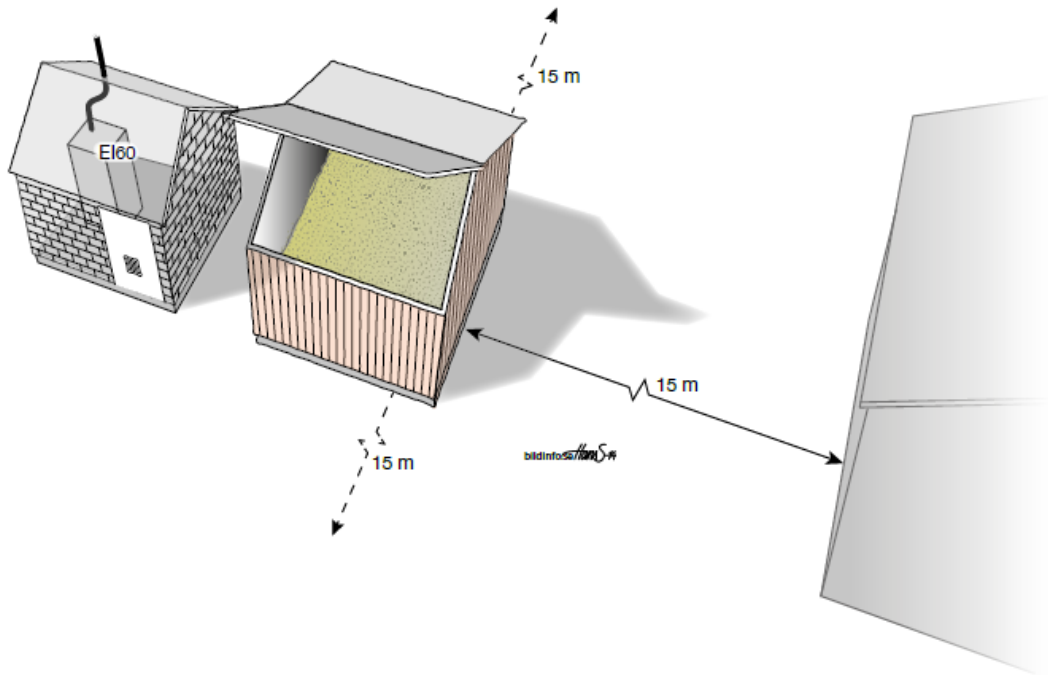


Fig 4.1 c Fristående panncentral med vidbyggt flisförråd minst 15 meter från annan byggnad.

Kuvio 5. Erillinen kattilahuone ja polttoainevarasto (Flik 11 Förvaring av bränslen 2015)

6 ITÄVALTA

6.1 Tausta

Itävalta on liittotasavalta, jonka jokaisella yhdeksällä osavalttiolla on alkujaan ollut oma rakennuslaki ja siihen liittyvät määräykset. Vuonna 2000 maassa aloitettiin viimeisin rakennussäädösten harmonisointiprojekti, joka keskittyi uudistamaan rakennusten teknisistä vaatimuksista annettavia määräyksiä. Samalla Itävallassa päätettiin tarttua mahdollisuuteen ottaa täysin uusi lähestymistapa rakentamisen säätelyyn. Laissa säädettäisiin vain olennaisista vaatimuksista ja yksityiskohtaisten teknisten vaatimusten osalta viitattaisiin ei-oikeudellisiin asiakirjoihin kuten standardeihin. Valittu

lähestymistapa johti kaksiportaiseen järjestelmään, jossa laki määrää vain toiminnallisista vaatimuksista kun taas suoritusperustaiset ja ohjaavat vaatimukset annetaan Österreichisches institut für bautechnik:n julkaisemissa ohjeissa nimeltä OIB-Richtlinien.

Osavaltiot voivat kuitenkin poiketa OIB:n ohjeista kunhan osavaltiotason määräykset täyttävät OIB:n ohjeissa asetetut vaatimukset. Joustavuudella pyritään takaamaan ”innovatiiviset tekniset ja arkkitehtoniset ratkaisut” (OIB-Richtlinien. n.d.). Vuoden 2015 alusta kaikki OIB:n ohjeet ovat lainvoimaisia jokaisessa Itävallan osavaltiossa Salzburgia lukuun ottamatta. Salzburgissa on otettu käyttöön vain energian säästöstä ja eristämisestä ohjeistava OIB-Richtlinie 6 (Inkrafttreten. n.d.).

6.2 Aineiston käsittely

OIB-Richtlinie 2 Brandschutz ohjeistaa rakennusten palosuojauksesta ja se kattaa myös tulisijat ja polttoainevarastot. Itävaltalaisissa kiinteän polttoaineen lämmitysjärjestelmiä koskevissa palomääräyksissä huomiota on kiinnitetty siihen, syötetäänkö polttoaine kattilalle automaattisesti vai ei.

Kaikki lämmityskattilat, joiden nimellinen lämmöntuotto on yli 50 kW, sijoitetaan erilliseen kattilahuoneeseen. Lähtökohtaisesti myös kaikki automaattiset järjestelmät tulee sijoittaa erilliseen kattilahuoneeseen riippumatta järjestelmän tehosta. Syynä on se, ettei polttoaineen syötön katkaiseminen sammuta järjestelmää välittömästi, vaan kattilan varastopesään ehtinyt pelletti aiheuttaa takatulipalon vaaran (Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 2 "Brandschutz"). Kuitenkin alle 50 kW:n automaattikattilat, joissa on korkeintaan 1,5 m³ varastopesä, voidaan asentaa myös kattilahuoneen ulkopuolelle. Kattila- ja polttoainevarastohuoneet luokitellaan tiloiksi, joissa on kohonnut tulipaloriski (OIB-Richtlinien 2 "Brandschutz". 2011, 5), mikä tarkoittaa REI 90 ja EI 90 rakenteita A2-luokan pintamateriaalein.

Asuinrakennuksen tilat, joissa varastoidaan kiinteää polttoainetta, ovat polttoainevarastoja kun varastohuone on nettopinta-alaltaan yli 15 m² tai huonekorkeus on yli 3 m

tai kun tilassa varastoidaan kiinteää polttoainetta yli $1,5 \text{ m}^3$ siihen liittyvän kattilan automaattisyöttöä varten (OIB-Richtlinien 2 "Brandschutz". 2011, 6). Automaattisella syöttöjärjestelmällä varustetun kattilan kanssa samassa kattilahuoneessa saa varastoida 15 m^3 pellettiä, kunhan varastosäiliöiden lämpiäminen estetään riittävästi (OIB-Richtlinien 2 "Brandschutz". 2011, 6).

Tulipalon leviämisen estämiseksi rakennusten välillä, täytyy rakennuksen ulkoseinästä muodostaa osastoiva seinä, kun seinän etäisyys tontin rajasta on alle kaksi metriä. Alle 2 m mutta yli 1 m etäisyys voidaan toteuttaa ilman palomuuria jos palonestomenetelmät ovat muuten riittävät. Samalla tontilla olevien rakennusten välinen etäisyys on 4m tai pitää huomioida palosuojaus. Tarkemmat palonkestovaatimukset on esitetty liitteessä 1.

RAKENNUSTEN JAKAMINEN LUOKKIIN

- Rakennusluokka 1 Omakotitalot, joissa korkeintaan kolme maanpäällistä kerrosta ja joiden korkeus on alle 7m, ja joka koostuu asuin- tai toimitilasta, jonka kokonaispinta-ala maan päällä on korkeintaan 400m^2 .
- Rakennusluokka 2 Korkeintaan kolmikerroksiset rakennukset, joiden korkeus on korkeintaan 7m ja joka koostuu korkeintaan viidestä asunnosta tai toimitilasta, joiden kokonaispinta-ala maan päällä on korkeintaan 400m^2 . Korkeintaan kolmikerroksiset rivitalot, joiden korkeus on korkeintaan 7m ja joka koostuu useammasta asunnosta tai toimitilasta, joiden kokonaispinta-ala maan päällä on korkeintaan 400m^2 .
- Rakennusluokka 3 Muut kuin kohdan 1 ja 2 rakennukset, jotka ovat korkeintaan kolmikerroksisia ja alle 7m korkeita.
- Rakennusluokka 4 Korkeintaan neljä maanpäällistä kerrosta ja korkeus alle 11m. Asuin- tai toimitila ilman pinta-alarajoitusta tai useita asuin- ja toimitiloja, joiden pinta-ala maanpäällisissä kerroksissa ei ylitä 400m^2 .
- Rakennusluokka 5 Korkeintaan 22m korkeat rakennukset, jotka eivät kuulu luokkiin 1-4 ja kokonaan maanalaiset rakennukset.

6.3 Tulokset

Itävallassa kattilahuone ja polttoainevarasto on luokiteltu tiloiksi, joissa on kasvanut tulipalon riski, minkä jälkeen tällaisten tilojen rakennusosille ja -materiaaleille on määritetty palonkestovaatimukset. Suomessa kattilahuoneen ja polttoainevaraston palonkestovaatimukset ovat riippuvaisia rakennusluokasta. Rakennusluokasta riippumattomat kattilahuoneen vaatimukset lienevät syynä Suomea korkeampiin osastointivaatimukseen (REI 90 ja EI 90), mutta samalla kattilahuoneeseen on suoraan mahdollista varastoida pientalon lämmitysjärjestelmän vaatima määrä puupellettiä. Suomessa erillisen kiinteän polttoaineen varaston raja-arvo on niin matala, että polttoaine pitää käytännössä aina erottaa lämmityskattilasta vähintään EI30 rakennusosin. OIB-Richtlinie 2 "Brandschutz" ei erottele erillisen kattilalaitoksen rakentamista. Taulukossa 6 on esitetty kiinteän polttoaineen varastoinnin vaatimusten raja-arvot OIB-Richtlinie 2 mukaan. Taulukossa 7 on esitetty kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen rakenteille asetetut palonkestovaatimukset.

Taulukko 6. Kiinteän polttoaineen varastoinnin vaatimusten raja-arvo Itävallassa

Ei kattilahuonetta	<50 kW ja automaattikattilan varastosäiliö korkeintaan 1,5 m ³
Erillinen kattilahuone	>50 kW tai automaattikattila
Varastointi ilman vaatimuksia	< 1,5 m ³
Varastointi kattilahuoneessa	< 15 m ³ (n. 10,000 kg), kun varastosäiliön lämpiäminen estetään riittävästi
Varastointi polttoainevarastossa	> 15 m ³ (n. 10,000 kg)

Taulukko 7. Kattilahuoneen ja polttoainevaraston rakenteiden palonkestovaatimukset Itävallassa

	Kaikki rakennusluokat
Seinät ja katot	REI 90 ja EI 90; sisäpinnat A2
Ovet ja luukut	EI2 30-C
Lattiat	A2fl

7 SAKSA

7.1 Tausta

Tyypillinen kotitalouksien pellettilämmitysjärjestelmä tarkoittaa Saksassa teholtaan korkeintaan 50 kW:n kattilalla varustettua järjestelmää (Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2014). Aikaisemmin pellettivarastot rakennettiin Saksassa pääosin talojen kellareissa oleviin huoneisiin, mutta sittemmin esivalmistettujen varastoratkaisuiden suosio on kasvanut. Saksalaisten valmisvarastojen rakenne muodostuu yleensä kehikosta ja polyesterikankaasta, muovista tai metallista tehdystä vaipasta. Esivalmistetut pellettivarastot sijoitetaan Saksassa yleensä kellariin tai ulos (Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2014, 16).

Saksassa rakentamisen tekniset vaatimukset annetaan kunkin osavaltion rakennusmääräyskokoelmassa eli *Landesbauordnungen*:issa (Kurzinfor Städtebaurecht 2014). Liittovaltiotasolla on olemassa rakennusmääräysmalli *Musterbauordnungen*, jonka tarkoituksena on yhdenmukaistaa rakennusmääräykset Saksassa. Määräyskokoelmamalli toimii yhteisenä pohjana osavaltiokohtaisille rakennusmääräyksille. Liittovaltion rakennusmääräysmallin on laatinut ja sitä ylläpitää erityinen työryhmä nimeltä *Bauministerkonferenz*, jossa on jäseniä jokaisesta osavaltiosta (Bauministerkonferenz Wir über uns n.d). Viimeisin määräysmalli on tullut voimaan 2002 ja sitä on päivitetty viimeksi vuonna 2012 (Mustervorschriften und Mustererlasse. n.d).

Rakennusmääräykset ovat Saksassa pääosin varsin yleisiä vaatimuksia (kuten ”riittävä äänieristys”), mutta esimerkiksi palomääräysten osalta annetaan myös tarkempia ohjeita. Puupellettilämmitysjärjestelmien kannalta olennainen määräyskokoelma on *Muster-Feuerungsverordnung* ja sen liittovaltiotason sovellukset. Kyseinen määräyskokoelma koskee tulisijoja, lämpöpumppuja ja lämpövoimalaitoksia ja siihen viitataan myös Saksan energiapuu- ja pellettiyhdistyksen, saksankieliseltä nimeltään *Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.* eli DEPV, julkaisemassa pellettien varastointioppaassa. Kyseinen opas on kansantajuinen keino tarkastella saksalaisten rakennusmääräysten vaikutusta puupellettien pienkäyttöön.

7.2 Aineiston käsittely

Tulisijoja ja polttoainevarastoja koskevat vaatimukset on esitetty *Musterfeuerungsverordnung*:ssa (1995, uudistettu 2005), josta käytetään yleisesti lyhennettä M-FeuVo. Osavaltiotasolla nämä mallissa esitetyt vaatimukset saavat lainvoiman *Landesfeuerungsverordnung*:issa. Käytäntö ei kuitenkaan ole yhtenäinen kaikkialla Saksassa. Baden-Württemberg, Bremen, Rhineland-Palatinate ja Saarland noudattavat tulisijojen osalta omia määräyksiään. Näissä osavaltioissa on mahdollista varastoida jopa 15 tonnia pellettiä ennen kuin polttoainevarastoja koskevia palomääräyksiä tarvitsee soveltaa. Kaikissa muissa osavaltioissa käytetään rajana M-FeuVo:ssa annettua 10,000 litraa eli noin kuutta tonnia pellettiä. (Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2014, 37.)

M-FeuVo:n kohdat 5, 6 ja 11 sisältävät olennaiset vaatimukset lämmitysjärjestelmiä ympäröiville rakenteille. Kappale 5 koskee sellaisten lämpökattiloiden ja laitteiden asennustiloja, joille ei vaadita erillistä kattilahuonetta. Kappale 6 koskee kattilahuoneita, jollainen tarvitaan kun kiinteän polttoaineen kattilan teho ylittää 50 kW. Kappale 11 esittää vaatimukset kiinteän polttoaineen varastoinnille. Erillinen varasto tarvitaan kun puupellettiä varastoidaan yli 10,000 litraa. Tutkimushetkellä ainakaan Ba-

den-würtemberg, Bremen, Hampuri, Nordrhein-Westfalen ja Rheinland-Pfalz eivät käytä erillistä raja-arvoa puupelletille, vaan yleensä kiinteille polttoaineille, joita saa varastoida 15,000 kg ennen kuin tarvitaan erillinen polttoainevarasto. Syy siihen, että mallisäädöksissä on puupelletille otettu käyttöön oma polttoainekategoria, on se, että puupelletin varastoinnin turvallisuus ei liity pelkästään palokuorman määrään, vaan siihen liittyy myös räjähdysturvallisuuskysymykset (Begründung zu Muster-Feuerungsverordnung 2007, 11).

Toinen erityisesti puupelletin varastointia koskeva määräys on kappaleen 11 kohta 6, jossa todetaan, että puupelletivaraston sähköasennusten tulee täyttää laite- ja tuoteturvallisuusasetuksen vaatimukset vaarallisten tilojen laiteille. Tätä perustellaan pölyn muodostumisella pellettisiilossa kun sitä täytetään (Begründung zu Muster-Feuerungsverordnung 2007, 12).

7.2.1 DEPV:in suositukset puupellettien varastoimiseksi

Saksan energiapuu- ja pellettiyhdistys (*Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.*) on tuottanut tiiviin ohjekirjasen puupellettien varastoinnista. Opas on tarkoitettu etupäässä kotitalousasiakkaille. Oppaan uusin, neljäs painos on julkaistu vuonna 2014 ja se on saatavilla verkossa saksaksi nimellä "*Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets*". Ohje on käännetty myös englanniksi vuonna 2011 nimellä "*Recommendations for storage of wood pellets*". Oppaat on ladattavissa DEPV:n sivuilta <http://www.depv.de/>.

7.2.2 Hienoaines ja pöly – puhdista varasto säännöllisesti

Pelletin seassa oleva hienoaines on riski järjestelmän jouhevalle toiminnalle, sillä se tukki kuljetuslaitteet ja heikentää pelletin palo-ominaisuuksia. Puupölyn katsotaan olevan terveydelle vaarallista eikä se sen vuoksi saisi levitä asuintiloihin. Näitä riskejä

DEPV:n ohje pyrkii ehkäisemään varaston säännöllisellä puhdistuksella, varastogeometrian hyvällä suunnittelulla ja varaston pölytiivyydellä.

Hienoainesta muodostuu pelletin mekaanisessa rasituksessa. Rasitusta aiheuttaa pelletin puhaltaminen varastoon ja sen siirtäminen varastosta polttimelle. Varastoinnin aikana hienoaines ja pelletit erottuvat ajan myötä toisistaan kun hienoaines painuu varaston pohjalle. Ohjeessa suositellaan tyhjentämään varasto kokonaan kahden vuoden tai kahdesta kolmeen täyttökerran jälkeen. Näin varastoon kerääntynyt hienoaines saadaan siivottua pois ja järjestelmän toiminta on häiriötöntä.

Pelletin mekaanista rasitusta vähennetään pitämällä puhallusmatka riittävän lyhyenä (alle 30m) ja välttämällä mutkia ja suuria korkeuseroja täyttökerran ja varaston välillä.

Täyttötilanteessa pöly voi levitä varastohuoneesta ympäröiviin tiloihin jos varasto ei ole pölytiivis. Koska täytön on tapahduttava mieluiten ulkotiloissa, on kätevintä jos varasto sijaitsee rakennuksen ulkoseinällä. Varaston puhdistamiseen tulisi varustautua P2 hengityssuojaimella ja HEPA -suodattimella varustetulla imurilla. Imuria ei tulisi käyttää täydellä teholla ylikuumenemisvaaran vuoksi. Varaston ovet, ikkunat ja luukut tulee olla pölytiivisiä.

7.2.3 Häkä – ilmanvaihdosta huolehtiminen

Puupelletin mahdollisesti muodostamien haihtuvien yhdisteiden vuoksi DEPV:n opas painottaa varastotilan hyvää ilmanvaihtoa ja ilmapuotojen estämistä varastosta asuintiloihin. Varastotilalta vaaditaan ilmatiiveyttä vain niiltä osin kuin se liittyy asuintiloihin. Esivalmistetun varaston tuuletus tulisi järjestää suoraan ulos. Jos se ei ole mahdollista, niin tilassa, jossa säiliö sijaitsee, tulee olla kunnollinen ilmanvaihto. Maanalaisiin ja kooltaan yli 40 tonnin varastoihin saa mennä vain häkämittarin kanssa.

Suurien varastojen tuulettamiseen ei normin VDI 3464 perusteella enää riitä tuulettu-

misen mahdollistava täyttöyhteen suojus, vaan varastossa on oltava yksi tai useampi erillinen ilmastointiventtiili. Ulkona olevat varastot, joiden ilmastointikanava on alle 2 m, voidaan tuulettaa painovoimaisesti. Pidempi kanavointi vaatii koneellisen ilmanvaihdon.

Suurien varastojen osalta VDI 3464 sanoo, että ennen varastoon menemistä tulee mittarilla varmistaa, että häkäpitoisuus on alle 100 ppm ja häkämittaria täytyy pitää mukana varastossa. Häkäpitoisuuden ja altistumisajan aiheuttamat oireet on kuvattu taulukossa.

7.2.4 Pölyräjähdysriski – suurten varastojen riski

”ATEX-nimitystä käytetään Euroopan yhteisön direktiiveistä 94/9/EY (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (työolosuhdedirektiivi), jotka räjähdysvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä ja niissä käytettäviä laitteita.” (ATEX-opas 2012, 4.)

Puupellettivarastoja ATEX-laitedirektiivi koskee siksi, että puupöly yhdessä ilman kanssa voi aiheuttaa räjähdysvaarallisen seoksen. Direktiivien soveltamiseen liittyy Ex-tilaluokitus, joka asettaa tiettyjä vaatimuksia tiloissa käytettäville laitteille. Ex-tilassa saa käyttää ja siihen saa asentaa vain kyseisen tilaluokkavaatimukset täyttäviä laitteita (ATEX-opas 2011, 11).

Tilaluokka 22 Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

Tilassa käytetään laiteluokan 1, 2 tai 3 laitteita vaaditun turvallisuustason mukaan. (ATEX-opas 2012, 11).

DEPV tunnistaa räjähdysvaaran etupäässä suurten pellettivarastojen ongelmaksi. Suu-

rella varastolla tarkoitetaan yli 40 tonnin varastoja. VDI:n yleisohje 3464 kattaa pellettivarastot 100 tonniin asti. Normissa todetaan, että pellettivarastoon ei tarvita rakenteellista räjähdyssuojausta, jos räjähdysherkkien pölyolosuhteiden muodostuminen ja kipinöinti estetään riittävässä määrin. Tämä tarkoittaa käytännössä pellettivarastolle ATEX-direktiivin mukaista Ex-tilaluokitusta 22. Sähkölaitteilta vaaditaan vähintään IP54 -luokitusta (laite on pölysuojattu ja suojattu roiskevedeltä), mutta suositeltava on IP65 (pölytiivis ja suojattu vesisuihkulta joka suunnasta). Varastotilan valaistus Ex-tilaluokan 22 mukaan. Vaarallisten pölyolosuhteiden muodostuminen ehkäistään tyhjentämällä ja siivoamalla varasto kerran vuodessa. Puhdistuksessa käytettävät teollisuusimurit tulee olla räjähdyssuojattuja Ex-tilaluokan 22 mukaan.

7.3 Tulokset

Saksassa voitiin rakennusmääräysten lisäksi tukeutua myös kattavaan pellettivaraston toteutusohjeeseen. DEPV:n julkaisema ohje puupelletin turvallisesta varastoinnista on myös siksi kiinnostava, että siinä esitetään saksalaisen VDI-normin näkemys puupellettivaraston riittävästä tuulettamisesta. Itävaltalainen ÖNORM on VDI:n lisäksi ilmeisesti ainoa voimassaoleva pelletin turvallista varastointia koskeva standardi Euroopassa. Taulukossa 8 on esitetty polttoaineen varastoinnin vaatimukset M-FeuVo 2007 mukaan.

Taulukko 8. Kiinteän polttoaineen varastoinnin vaatimukset Saksassa (Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2014)

Varastointi ilman vaatimuksia	< 10 m ³ (n. 6500 kg)
Varastointi kattilan kanssa samassa tilassa	< 10 m ³ (n. 6500 kg) Etäisyys 1m kattilasta tai säteilylevy
Polttoainevarastossa	> 10 m ³ (n. 6500 kg)

Saksan energiapuu- ja pellettiyhdistyksen (DEPV) ohje antaa ohjeita pellettisiilon riittävän ilmanvaihdon toteuttamiseksi. Saksalainen VDI-normi käsittelee puupelletin turvallista varastointia ja normin yleisohjeet pellettisiilon tuulettamiseksi on esitetty

taulukossa 9.

Taulukko 9. Puupellettivaraston ilmanvaihdon vaatimukset (Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets 2014)

Täyttölinjan pituus	Ilmanvaihto	Varastokoko	
		Alle 10 tonnia	10-40 tonnia
≤ 2 m	Täyttöyh- teen korkin kautta	- tuulettumisen salliva täyttöyhteen venttiili - tuuletus ulos tai hyvin tuu- letettuun tilaan	- tuulettuva venttiili väh. 2 täyttöyhteessä - ala 4cm ² /tonni pellettiä - tuuletus ulos tai hyvin tuuletettuun tilaan
≤ 5 m	Erillinen venttiili	- pinta-ala väh. 100 cm ² - vapaa-aukko väh. 80 cm ² - tuuletus ulkoilmaan	- pinta-ala väh. 10cm ² /pel- lettitonni - vapaa-aukko väh. 8cm ² /pellettitonni - tuuletus ulkoilmaan
> 5 m	Koneellinen ilmanvaihto	- Ilmanvaihto tuulettimella varustetun kanaviston avulla - varaston kokonaistilavuus tulee vaihtua kolmesti tun- nissa - tuuleitn käynnistyy kun varaston ovi avataan. Jatkuvasti pyörivän tuulettimen yhteydessä on varmistettava kor- vausilman saanti	

Taulukossa 9 mainitulla tuulettavalla korkilla tarkoitetaan erityisesti tähän tarkoitukseen valmistettua venttiiliä, jolla pellettivarastojen ilman vaihtuminen varmistetaan silloin kun varasto on kanavoitu ulkoilmaan (ÖNORM M7137 vaatii pellettivarastojen tuulettamista ja suositaa tähän venttiiliä, joka sallii ilman vaihtumisen täyttöyhteen läpi ulkoilmaan).

8 POHDINTA

8.1 Miten puupellettijärjestelmien turvallisuus on otettu huomioon?

8.1.1 Puupellettivaraston tulipalovaara

Tutkituista maista Saksassa ja Itävallassa palomääräykset erottelevat puupelletin muista polttoaineista. Suomessa ja Ruotsissa kiinteitä polttoaineita koskevat määräykset kattavat myös puupelletin. Itävallassa kattilahuone ja polttoainevarasto on luokiteltu tiloiksi, joissa on kasvanut tulipalon riski. Suomessa kattilahuoneen ja polttoainevaraston palonkestovaatimukset ovat riippuvaisia rakennusluokasta. Rakennusluokasta riippumattomat kattilahuoneen vaatimukset lienevät syynä Suomea korkeampiin osastointivaatimuksiin (REI 90 ja EI 90), mutta samalla kattilahuoneeseen on suoraan mahdollista varastoida pientalon lämmitysjärjestelmän vaatima määrä puupellettiä. OIB-Richtlinie 2 "Brandschutz" ei erottele erillisen kattilalaitoksen rakentamista. Itävalta oli ainoa tutkituista maista, joissa kattilan automaattinen toiminta oli kiinteiden polttoaineiden yhteydessä suurempi riski paloturvallisuudelle kuin kattilan teho.

Ruotsissa, kuten Suomessakin, kattilahuoneen rakenteiden palonkestovaatimukset puolestaan riippuvat rakennusluokasta ja palokuormasta. Polttoainevarasto on Ruotsissa erotettava kattilahuoneesta omaksi palo-osastokseen, mutta muutoin kiinteän polttoaineen varastointia tai käsittelyä ei määräyksissä ohjeisteta.

Puupellettijärjestelmiin liittyvät tulipaloriskit ovat periaatteessa hyvin tiedostettuja. Pientalojen yhteydessä suurin riski lienee takatulipalo, jota estämään ovat laitevalmistajat kehittäneet useita erilaisia ratkaisuja. Pellettivarastojen paloturvallisuuden kannalta keskeisimmät jatkotutkimustarpeet ovat varmasti suurien ja keskisuurten va-

rastojen suunnalla. Häkä on kuitenkin vakava riski myös pienien varastojen kohdalla. Jossain määrin riskin voi ajatella olevan jopa suurempi pienissä varastoissa, koska niiden käyttäjät eivät ole useinkaan ammattilaisia.

8.1.2 Puupellettivaraston räjähdysvaara

Missään tutkituista maista ei tutkitun materiaalin perusteella vaadittu pienen kokoluokan pellettijärjestelmille rakenteellista räjähdysuojausta. Räjähdysriski pyritään DEPV:n ohjeiden ja saksalaisten palomääräysten perusteella minimoimaan rajoittamalla polttoainehuoneen ulkopuolella varastoitavan pelletin määrää ja estämällä pölyräjähdykseen tarvittavat olosuhteet: sopiva pöly-ilmaseos ja kipinä. Puupelletin pölyämiseen asiakasvarastossa vaikuttaa suuresti pelletin laatu ja oikeaoppinen käsittely siiloa täytettäessä. Tällä hetkellä puupelletin koko toimitusketjun kattava normisto on kuitenkin olemassa vain Itävallassa. Itävaltalaisen Önormin eräs tarkoitus onkin ollut varmistaa, ettei missään puupelletin tuotanto-, kuljetus- ja varastointivaiheessa synny pölyräjähdykselle otollisia olosuhteita.

8.2 Miten palomääräykset poikkeavat toisistaan?

Eräs tutkimuksen lähtöoletuksista oli, että suomalaiset pellettilämmitystä koskevat palomääräykset ovat tavalla tai toisella ”jäljessä” verrattuna Ruotsiin, Saksaan ja Itävaltaan. Vertailussa Ruotsiin, Saksaan ja Itävaltaan, suomalaiset lämpölaitoksia koskevat palomääräykset eivät korostu mitenkään erityisten tiukkoina itse palonkestovaatimusten osalta, mutta suoraan kattilahuoneeseen varastoitavan polttoaineen määrä on Suomessa erittäin pieni muihin tutkittuihin maihin verrattuna. Tiukasta rajasta seuraa se, että kaikki viikkosiiloa suuremmat ratkaisut vaativat erillisen palo-osaston rakentamista polttoaineen varastointia varten. Keski-Euroopassa pienkäytön vaatiman esivalmistetun varastosiiilon voi sijoittaa suoraan lämmityskattilan kanssa samaan tilaan. Tutkimuksen perusteella suomalaisia palomääräyksiä voisi varsinkin näiltä osin pyrkiä kehittämään siten, että Suomessakin järkevän kokoinen puupellettiva-

rasto olisi mahdollista sijoittaa kattilahuoneeseen.

Suomalaiset palomääräykset erottuvat toisaalta edukseen sikäli, että Suomi oli tutkituista maista ainoa, jossa lämpökeskuksen paloteknistä suunnittelua käsiteltiin omalla kokonaisuutenaan. Kaikkien tutkittujen maiden kohdalla on selvää, että myös pientalon pellettilämmitysjärjestelmän palotekninen toteutus vaatii hyvää suunnittelua. Saksan ja Itävallan pidempi kokemus puupelletin käytöstä näkyy palomääräyksissä myös siinä, että määräykset huomioivat puupelletin muista kiinteistä polttoaineista erillisenä kokonaisuutena. Taulukossa 10 on esitetty kiinteän polttoaineen kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen raja-arvot Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Itävallassa.

Taulukko 10. Kiinteän polttoaineen kattilahuoneen ja polttoainevaraston raja-arvot

	Suomi	Ruotsi	Saksa	Itävalta
Kattilahuone	Yleensä aina	yli 60kW kattila	yli 50kW kattila	yli 50kW kattila tai automaattikattila, jossa yli 1,5m ³ varastopesä
Polttoainevarasto	> 2m ³ *	Ei virallisia rajoja kiinteille polttoaineille	> 10m ³ **	> 15m ³ ***

* < 0,5 m³ kattilahuoneessa, 0,5 m³ – 2,0 m³ erillisessä syöttöhuoneessa

** Joissakin osavaltioissa polttoainevarasto tarvitaan vasta kun pelletin määrä ylittää 15 t (n. 23 m³)

*** < 1,5 m³ varastoinnille ei vaatimuksia, 1,5 m³ – 15 m³ voidaan varastoida kattilahuoneessa

Saksan ja Itävallan kattilahuoneita ja polttoainevarastoja koskevat määräykset mahdollistavat pienen mittakaavan pellettilämmitysjärjestelmän vaatiman polttoaineen varastoimisen suoraan kattilahuoneeseen. Tämä tukee sitä, että molemmissa maissa pellettivarastot ovat usein tehdasvalmisteisia varastosiiloja, jotka on kätevä asentaa

suoraan samaan tilaan kattilan kanssa. Suomessa, Ruotsissa, Saksassa ja Itävallassa käytössä olevien kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen raja-arvojen perusteella voidaan todeta, että suomalaisia määräyksiä voitaisiin kehittää ottamalla varastoitavan puupelletin määrä niissä paremmin huomioon.

8.3 Työn ongelmat ja jatkotutkimustarpeet

Tässä opinnäytetyössä on kyetty lähestymään pienten pellettivarastojen turvallisuutta varsin rajallisesta näkökulmasta. Usean maan kesken tehtävä vertailu pakottaa lähtökohtaisesti etsimään enemmän suuria linjoja kuin pureutumaan tarkasti yksityiskohtiin. Lähdeaineiston potentiaalisesti loputonta määrää on rajattu ottamalla tarkastelun kohteeksi lähinnä kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen rakenteille asetetut palonkestovaatimukset. Tästä seuraa, että esitetty kuva kolmen maan pellettijärjestelmien rakentamisen käytänteistä on hyvin yleisluonteinen.

Työssä keskityttiin pienpolttoon, jolloin suuret ja keskisuuret varastoratkaisut rajattiin työn ulkopuolelle. Suurien puupellettivarastojen paloturvallisuuskysymykset ovat osin toisenlaisia kuin pienten varastojen. Tässä opinnäytetyössä tutkittuja maita voisi siten tarkastella myös suurten varastoratkaisujen näkökulmasta.

LÄHTEET

ATEX-opas. 2012. PDF-tiedosto. ATEX Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. Tukes. Viitattu 20.4.2015. <http://www.tukes.fi>.

Arbetsmiljöverket. Viitattu 20.04.2015. <http://www.av.se/>, Aktuellt, Kunskapssammanställningar, Träpellets och hälsorisker.

Abschlussbericht zur Sonderaktion "Lagerung von Holzpellets". 2013. PDF-tiedosto. Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. Viitattu 20.4.2015. <http://www.arbeitsschutz.sachsen.de>.

Ahonen, I. & Liukkonen, T. 2008. Pellettivarastojen ilman epäpuhtaudet ja niiden aiheuttamien vaarojen ehkäiseminen. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 32. Työterveyslaitos.

Bauministerkonferenz Wir über uns. N.d. Bauministerkonferenz sivusto. Viitattu 29.03.2015. <http://www.bauministerkonferenz.de/>, Öffentlicher bereich, Bauministerkonferenz Wir über uns.

BFS 2011:6-BBR18 Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd). 2011. PDF-tiedosto. Boverket. Viitattu 20.4.2015. <http://www.boverket.se/>.

E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Viitattu 23.3.2015. <http://www.ym.fi/>, Maankäyttö ja rakentaminen, Lainsäädäntö ja ohjeet, Rakentamismääräyskokoelma.

E9 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2005. Ympäristöministeriön asetus kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuudesta. Viitattu 23.3.2015. <http://www.ym.fi/>, Maankäyttö ja rakentaminen, Lainsäädäntö ja ohjeet, Rakentamismääräyskokoelma.

Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets. 2014. PDF-tiedosto. Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e. V. (DEPV). Viitattu 20.4.2015. <http://www.depv.de>.

Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 2 "Brandschutz". 2011. PDF-tiedosto. Österreichisches institut für bautechnik. Viitattu 20.4.2015. <http://www.oib.or.at>.

Flik 4 Uppvärmning och torkning. 2013. LBKs rekommendationer. Viitattu 15.4.2015. <http://www.lantbruketsbrandskydd.nu/>, LBK-pärmen.

Flik 11 Förvaring av bränslen. 2015. LBKs rekommendationer. Viitattu 15.4.2015. <http://www.lantbruketsbrandskydd.nu/>, LBK-pärmen.

Gauthier, S., Grass, H., Lory, M., Krämer, T., Thali, M. & Bartsch, C. 2012. Lethal Carbon Monoxide Poisoning in Wood Pellet Storerooms—Two Cases and a Review of the

Literature. Artikkel. Annals of Occupational Hygiene., Vol. 56, No. 7, pp. 755–763.

Hanbok om brandbelastning. 2008. PDF-tiedosto. Boverket. Viitattu 20.4.2015.
<http://www.boverket.se/>.

Inkrafttreten. N.d. Österreichisches Institut für Bautechnik:n sivusto. Viitattu 30.03.2015. <http://www.oib.or.at/de>, OIB-richtlinien, Inkrafttreten.

Kattila N.d. Pellettienergia-sivusto. Viitattu 20.04.2015.
<http://www.pellettienergia.fi/>.

Kiinteän polttoaineen lämpökeskuksen paloturvallisuus. 2006. PDF-tiedosto. Finanssi-
alan keskusliitto. Viitattu 20.4.2015. <http://www.fkl.fi/>

Kurzinfo Städtebaurecht. 2014. Alasivu Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit:n sivustolla. Viitattu 29.03.2015.
<http://www.bmub.bund.de/>, Stadt-Wohnen, Städtebaurecht, Kurzinfo.

Lönnermark, A. Persson, H. Blomqvist, P. Larsson, I. Rahm, M. & Sjöström, J. 2012.
Small-scale methods for assessment of risk for self-heating of biomass pellets. SP Re-
port 2012:49.

MMMas 474/2014. 2014. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakenta-
mista koskevista paloteknisistä vaatimuksista. Helsinki: oikeusministeriö. Viitattu
27.4.2014. <http://www.mmm.fi/>

Musterbauordnung. 2008. PDF-tiedosto. Bauministerkonferenz. Viitattu 20.04.2015.
<http://www.is-argebau.de/>, Öffentlicher Bereich, Mustervorschriften/Mustererlasse,
Bauaufsicht/Bautechnik.

Muster-Feurungsverordnung. 2007. PDF-tiedosto. Bauministerkonferenz. Viitattu
20.04.2015. <http://www.is-argebau.de/>, Öffentlicher Bereich,
Mustervorschriften/Mustererlasse, Bauaufsicht/Bautechnik.

Mustervorschriften und Mustererlasse. N.d. Bauministerkonferenz sivusto. Viitattu
29.03.2015. <http://www.bauministerkonferenz.de/>, Öffentlicher bereich, Muster-
vorschriften/Mustererlasse.

OIB-Richtlinien. N.d. Österreichisches Institut für Bautechnik sivusto. Viitattu
30.03.2015. <http://www.oib.or.at/>, OIB-richtlinien.

OIB-Richtlinien 2 "Brandschutz". 2011. PDF-tiedosto. Österreichisches Institut für
Bautechnik. Viitattu 20.04.2015. <http://www.oib.or.at/>, OIB-richtlinien.

Obernberger, I. & Thek, G. 2010. The pellet handbook : the production and thermal
utilisation of pellets. London.

Pelletin tuotanto. N.d. Pellettienergia-sivusto. Viitattu 20.04.2015.
<http://www.pellettienergia.fi/>.

Pellettipolttimet. N.d. Pellettienergia-sivusto. Viitattu 20.04.2015.
<http://www.pellettienergia.fi/>.

Raaka-aine. N.d. Pellettienergia-sivusto. Viitattu 20.04.2015.
<http://www.pellettienergia.fi/>.

RT 52-10876 2006. Puupellettilämmitys. Rakennustietosäätiö.

SFS-EN ISO 17225-2:2014. 2014. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 2: luokitellut puupelletit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Viitattu 24.4.2015. [Http://www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, SFS Online.

Siirtolaitteet N.d. Pellettienergia-sivusto. Viitattu 20.04.2015.
<http://www.pellettienergia.fi/>.

Svedberg, U. & Knutsson, A. 2011. PDF-tiedosto. Faror och hälsorisker vid förvaring och transport av träpellets, träflis och timmer i slutna utrymmen. Rapport 2011:2.

VDI-standards. N.d. The Association of German Engineers -sivusto. Viitattu 20.04.2015. <http://www.vdi.eu/>.

LIITTEET

Liite 1. Rakennusosien palonkestovaatimukset OIB-Richtlinie 2 "Brandschutz" mukaan

Rakennusosien yleiset palonkestovaatimukset OIB-Richtlinie 2 "Brandschutz" mukaan

Rakennusluokka (Gebäudeklassen, GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
1 Kantavat rakenteet (poislukien verhoukset ja palo-osaston seinät)					
1.2 Ylin kerros	–	R 30	R 30	R 30	R 60(1)
1.3 Muut maanpäälliset kerrokset	R 30(2)	R 30	R 60	R 60	R 90
1.4 Kerrokset maan alla	R 60	R 60	R 90	R 90	R 90
2 Jakavat seinät (poislukien porraskuilujen seinät)					
					REI 60(1)
2.1 Ylin kerros	Ei mahd.	REI 30 EI 30	REI 30 EI 30	REI 60 EI 60	EI 60(1)
2.2 Maanpäälliset kerrokset	Ei mahd.	REI 30 EI 30	REI 60 EI 60	REI 60 EI 60	REI 90 EI 90
2.3 Kerrokset maan alla	Ei mahd.	REI 60 EI 60	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90
2.4 Asuntojen ja kaupunkipientalojen väliseinät	Ei mahd.	REI 60 EI 60	Ei mahd.	REI 60 EI 60	Ei mahd.
3 Palo-osaston muodostavat seinät ja katto					
3.1 Palo-osaston muodostavat seinät tontin tai rakennuspaikan rajalla	REI 60 EI 60	REI 90(3) EI 90(3)	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90
3.2 Muut palo-osaston muodostavat seinät ja katot	Ei mahd.	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90	REI 90 EI 90
4 Katot ja vinokatot, joiden kaltevuus ≤ 60°					
4.1 Ylimmän kerroksen katot	–	R 30	R 30	R 30	R 60(1)
4.2 Ylimmän kerroksen jakavat katot	–	REI 30	REI 30	REI 60	REI 60(1)
4.3 Muiden maanpäällisten kerroksien jakavat katot	–	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90
4.4 Maanpäällisten kerrosten asuin- tai liiketilojen katot	R 30(2)	R 30	R 30	R 30	R 90(1)
4.5 Maanalaisten kerrosten katot	R 60	REI 60(4)	REI 90	REI 90	REI 90
5 Parvekelaatat	–	–	–	R 30 tai A2	R 30
Pinnat A2 materiaalein					

- (1) Rakennuksissa, joissa on korkeintaan kuusi maanpäällistä kerrosta, on 60 min palonkestoaika riittävä ilman A2-materiaaleja.
- (2) Ei koske rakennuksia, joita käytetään vain asumiseen tai jotka ovat toimistokäytössä tai toimistoa vastaavassa käytössä.
- (3) Rivitaloissa asuinrakennusten ja toimitilojen väliset osastoivat seinät voivat olla tontin tai rakennuspaikan rajalla REI 60 ja EI60.
- (4) Rivitaloissa, joissa on korkeintaan kaksi asuntoa tai toimistokäyttöön tarkoitettua toimitilaa, on R 60 riittävä.

Liite 2. Tilan käyttötavan perusteella taulukoituja palokuormia (Hanbok om brandbelastning 2008).

Tabell 2. Variabel brandbelastning, q_k [MJ/m² golvareal] för olika verksamheter.

Verksamhet, allmänt	MJ/m² 80 % fraktil
Bostad	800
Kontor	520
Arkiv	1900
Skola	370
Sjukhus (rum)	360
Hotell (rum)	400
Shoppingcentrum	730
Bibliotek	1800
Teater	370
Biograf	370
Verksamhet, industri	MJ/m² 80 % fraktil
Lager för brandfarlig vara <150 kg/m ²	2600
Lager för brandfarlig vara >150 kg/m ²	23 000
Tillverkning/lagring av brännbart material <150 kg/m ²	1800
Lagring av icke brännbart material	200
Biltillverkning	220
Metallförädling	210
Trä- och plastförädling	420
Metallindustri	420
Tillverkning av elektroniska komponenter	330
Motorpark	270
Keramik- och glasindustri	470

Liite 3. Materiaalien taulukoituja lämpöarvoja (Hanbok om brandbelastning 2008).

Tabell 3. Effektivt förbränningsvärme H_u [MJ/kg] för brännbara material.

Fasta material	MJ/kg
Trä	18
Andra cellulosamaterial (kläder, bomull, papper, kartong, silke, halm, ull)	20
Kol (antracit, träkol)	30
Kemikalier	MJ/kg
Paraffiner (metan, etan, propan, butan)	50
Alkener (etylen, propylen, buten)	45
Aromater (benzen, toluen)	40
Alkoholer (metanol, etanol, etylalkohol)	30
Bränslen (bensin, diesel)	45
Ren kolväteplast (polyetylen, polystyren, polypropylen)	40
Annat	MJ/kg
ABS (plast)	35
Polyester (plast)	30
Polyisocyanat, polyisocyanerat och polyuretan (plast)	25
Polyvinylklorid, PVC (plast)	20
Bitumen, asfalt	40
Läder	20
Linoleum	20