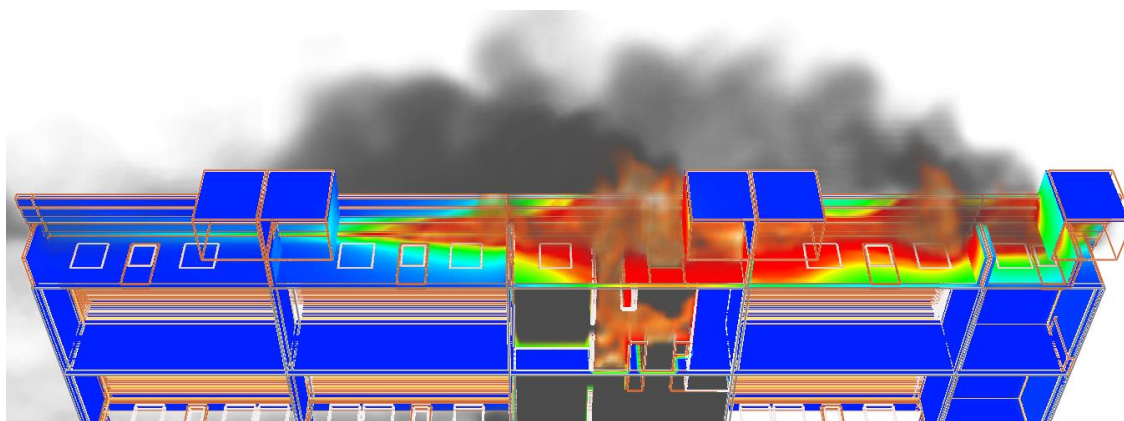




Raahessa 13.9.2016 syttyneen rivitalopalon simulointi

Kirjoittajat: Timo Korhonen

Luottamuksellisuus: luottamuksellinen

Raportin nimi		
Raahessa 13.9.2016 syttyneen rivitalopalon simulointi		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot		Asiakkaan viite
Onnettomuustutkintakeskus Kai Valonen Ratapihantie 9 00520 Helsinki		
Projektin nimi		Projektin numero/lyhytnimi
Pattijoen rivitalopalon simulointi		113622/RaahePalaa
Tiivistelmä		
Toimeksiannossa tutkittiin tietokonesimulointien avulla Raahen Pattijoella 13.9.2016 syttynyttä rivitalopaloa. Simuloinnit suoritettiin tietokoneohjelmalla Fire Dynamics Simulator (versio 6.5.2). Palo alkoi yksikerroksisen nelihuoneistaisen rivitalon toisesta keskimmäisestä huoneistosta. Palo levisi koko rakennukseen. Paloasunnosta löytyi palon jälkeen kaksi menehtynyttä uhria, joista toisella oli veressään korkea syaanivedyn pitoisuus. Simuloinneilla pyrittiin selvittämään välikatossa olleiden PIR-eristelevyjen vaikutusta palohuoneiston myrkykaasupitoisuuksiin sekä talossa olleen varsin pitkän räystäsratkaisun vaikutusta palon leviämiseen julkisivun kautta koko rakennukseen. Tulokset on pyritty selittämään sanallisesti niin, että syyt saatuihin tuloksiin tulisivat selkeästi esiin. Tarkemmat laskentatulokset eri simulaatioille ja käytetyt syötesuureet on esitetty tämän raportin liitteissä. Simulointien perusteella talossa ollut pitkä räystäs edesauttoi palon leviämistä julkisivun kautta viereisiin huoneistoihin ja koko yläpohjaan. Simulointien perusteella palon leviäminen olisi ollut huomattavasti hitaampaa julkisivulla, mikäli talossa olisi ollut: a) lyhyt, tavanomainen räystäs, b) pitkä räystäs, jonka alapinta olisi palamatonta materiaalia, c) räystään alapintaan ulottuvat pihojen väliaidat. Pelkästään talon puisen julkisivun korvaaminen palamattomalla levyllä ei simulointien perusteella estäisi palon leviämistä pitkän räystään alla. Simuloinneissa välipohjassa olleet PIR-eristelevyt vaikuttivat palohuoneistossa olevien henkilöiden selviytymiseen. Palon kulku paloasunnossa pystyttiin toistamaan simuloinneilla kvalitatiivisesti, kun sitä verrattiin palontutkinnassa saatuun kuvaan palotapahtumasta. Paloasunnon sisäpuolisille olosuhteille simulointien perusteella tehdyt arviot ovat luonteeltaan kvalitatiivisia, sillä simulaatioiden suorittamiseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, osa ohjelman rajoitteisiin liittyviä, osa käytettyihin lähtötietoihin ja mallinnustapoihin liittyviä. Simulaatioissa saatavat HCN-pitoisuudet ovat herkkiä simulaatio-oletuksille.		
Espoo 10.2.2017		
Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
		
Timo Korhonen Erikoistutkija	Terhi Kling Tutkija	Eila Lehmus Tiimipäällikkö
VTT:n yhteystiedot		
Timo Korhonen, timo.korhonen@vtt.fi		
Jakelu (asiakkaat ja VTT)		
Tilaja: Kai Valonen 1 kpl + pdf, Taneli Rasmus (pdf) VTT: Arkisto 1 kpl		
VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.		

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Toimeksiannon tehtävänä oli tutkia tietokonesimuloinneilla Raahen Pattijoella 13.9.2016 tapahtunutta rivitalopaloa. Toimeksiannon toteutuksessa käytettiin virtauslaskentaan perustuvaa tietokoneohjelmaa Fire Dynamics Simulator (FDS, version 6.5.2). VTT antaa Onnettomuustutkintakeskukselle (toimeksiantajalle) VTT:n yleisten sopimusehtojen kohdassa 10.1. tarkoitetun kirjallisen luvan tämän raportin osittaiseen julkaisemiseen.

Palo alkoi yksikerroksisen nelihuoneistaisen rivitalon toisesta keskimmäisestä huoneistosta. Palo levisi koko rakennukseen. Paloasunnosta löytyi palon jälkeen kaksi menehtynyttä uhria, joista toisella oli veressään korkea syaanivedyn pitoisuus. Simuloinneilla pyrittiin selvittämään välikatossa olleiden PIR-eristelevyjen vaikutusta palohuoneiston myrkkyykaasupitoisuuksiin sekä talon varsin pitkän räystääsratkaisun vaikutusta palon leviämiseen julkisivun kautta koko rakennukseen. Asiaa tarkasteltiin tekemällä useita palosimulointeja, jotta nähtäisiin eri asioiden vaikutukset palotapahtumaan. Tehtyjen simulointien tulokset esitetään tässä raportissa ja sen liitteissä kuva- ja aikasarjoina. Tulokset selitetään sanallisesti niin, että syyt saatuihin tuloksiin tulevat selkeästi esiin. Toimeksiannon tehtävänä oli myös tehdä simulointituloksista palotapausta havainnollistavat videoleikkeet.

1.1 Toimeksiannossa käytetyt tiedot kohteesta

Tarkasteltava kohde on neljän huoneiston muodostama yksikerroksinen rivitalo Raahen Pattijoella osoitteessa Järventöläntie 36. Rivitalon toisessa päädyssä on väestösuoja ja kerhohuone. Huoneistojen pääsisäänkäytien puolella on pienet huoneistokohtaiset varastot. Ulkona huoneistojen väleissä on molemmin puolin rakennusta puiset väliaidat, jotka eivät ylety räystäääseen saakka. Tarkasteltavaa kohdetta havainnollistetaan kuvassa 1, jossa on esitetty käytetty simulointimalli, kun tarkasteltiin palon leviämistä rakennuksen räystäällä ja julkisivulla. Palon syttymishuoneisto on kolmas vasemmalta. Väestösuoja ja kerhotila ovat rakennuksen oikeassa päädyssä. Tarkempi kuvaus kohteesta ja sen mallinnuksesta esitetään tämän raportin liitteessä C, jossa on listattuna esimerkkisyytteet käytetyille simulointiohjelmalle.

Tilaaajan edustajalta (Taneli Rasmus) saatiin seuraavat dokumentit, joita on käytetty simulointien syötteitä muodostettaessa.

1. Kopiot rakennuksen piirustuksista (PDF):
 - a. As Oy Arvinkartano, pääpiirustus (uudisrakennus), B pohja, 4/003, 1976-03-15
 - b. As Oy Arvinkartano, pääpiirustus 4(7) (muutos), Talo B julkisivut, 10.04.2010
 - c. As Oy Arvinkartano, pääpiirustus 3(7) (muutos), Talo B kattopiirustus, leikkaus, 10.04.2010
2. Sää Raahessa (Järventöläntie 36) ajalla 12.9.2016 klo 21SA – 13.9.2016 klo 07SA (tiedot: Taneli Rasmus, sähköpostin Word-liite 4.11.2016)
3. Eurowall eristelevyn tuoteseloste (sähköpostiliite, Taneli Rasmus 1.11. 2016), Recticel insulation, www.recticelinsulation.eu, <http://www.eristeet.fi/tuotteet/eurowall/eurowall-30x600x1200>
4. Kolme valokuvaa kohteesta palon jälkeen (sähköpostiliite, Taneli Rasmus 1.11. 2016)
5. Neljä valokuvaa kohteen räystääsratkaisusta pienvarastojen puolelta katon muutostyön jälkeen (sähköpostiliite, Taneli Rasmus 1.11. 2016)

Lisäksi sähköposteissa sekä puhelinkeskusteluissa saatiin tietoa Onnettomuustutkinta-keskuksen tekemästä tutkinnasta, kuten palon mahdollisesta syttymispaikasta ja syttymissyystä. Näiden perusteella simuloinneissa käytettiin alkupalona keittiön liedен päällä olevan kahvinkeitTIMEN paloa. Tämä palo simuloitiin sen suuruisena, että se levisi liedен yläpuolella oleviin keittiön yläkaappeihin ja niistä edelleen muualle huoneistoon. Alkupalon ajallisen kehittymisen arviointiin käytettiin tilaajan teettämää kahvinkeitTIMEN polttokoetta, josta tilaaja on julkaissut YouTube videon (<https://www.youtube.com/watch?v=kxe8JjfH1Y4>).

Palohuoneiston sisäpuolelle keskittyvin simuloinnein pyrittiin toistamaan arvioitu palotapahtuman kulku (Taneli Rasmus, puhelinkeskustelu). Palosta onnistui poistumaan yksi aikuinen (isä), ja kaksi lasta menehtyi paloon. Toinen lapsista oli altistunut voimakkaasti HCN-kaasulle. Ulko-ovesta kauempana olevassa makuuhuoneessa nukkuivat toinen lapsista ja isä. Tämän makuuhuoneen ovi oli todennäköisesti raollaan palon syttyessä. Toisessa makuuhuoneessa nukkui toinen lapsista ja tämän huoneen ovi oli kiinni. Isä havahtui paloon, kun savua oli jo runsaasti ja poistuminen hyvin vaikeaa. Isä yritti herättää taemmassa huoneessa ollutta lastaan, jolloin hän aukaisi huoneen oven ja jätti sen auki. Poistuessaan huoneistosta isältä jäi ulko-ovi auki. Hyvin pian poistumisen jälkeen liekit löivät ulko-ovesta ulos. Isä pääsi poistumaan ”juuri ja juuri”. Edellä kuvattu tapahtumien kulku on tämän raportin kirjoittajan tulkinta Taneli Rasmuksen kertomasta palotapahtumien kulusta.

2. Kohteen simulointimallit

Kohteesta saatujen tietojen perusteella siitä tehtiin tietokonemallit virtauslaskentaan perustuvalle FDS-ohjelmalle. Ohjelmasta käytettiin sen versiota 6.5.2, joka oli toimeksiannon aloittamishetkellä viimeisin ohjelmasta julkaistu versio. Ohjelmistosta julkaistiin tammikuun 2017 kolmannella viikolla versio 6.5.3, mutta simulaatioissa ei käytetty tätä versiota. Simulaatit haluttiin suorittaa loppuun käyttämällä samaa versiota ohjelmasta, jotta eri simulointitapauksien tulokset olisivat keskenään mahdollisimman vertailukelpoisia. Ohjelmistoon tehty päivitys oli luonteeltaan kunnossapitopäivitys eikä sillä oletettu olevan vaikutusta tässä toimeksiannossa tehtyihin simulointeihin (<https://github.com/firemodels/fds/wiki/FDS-Release-Notes>).

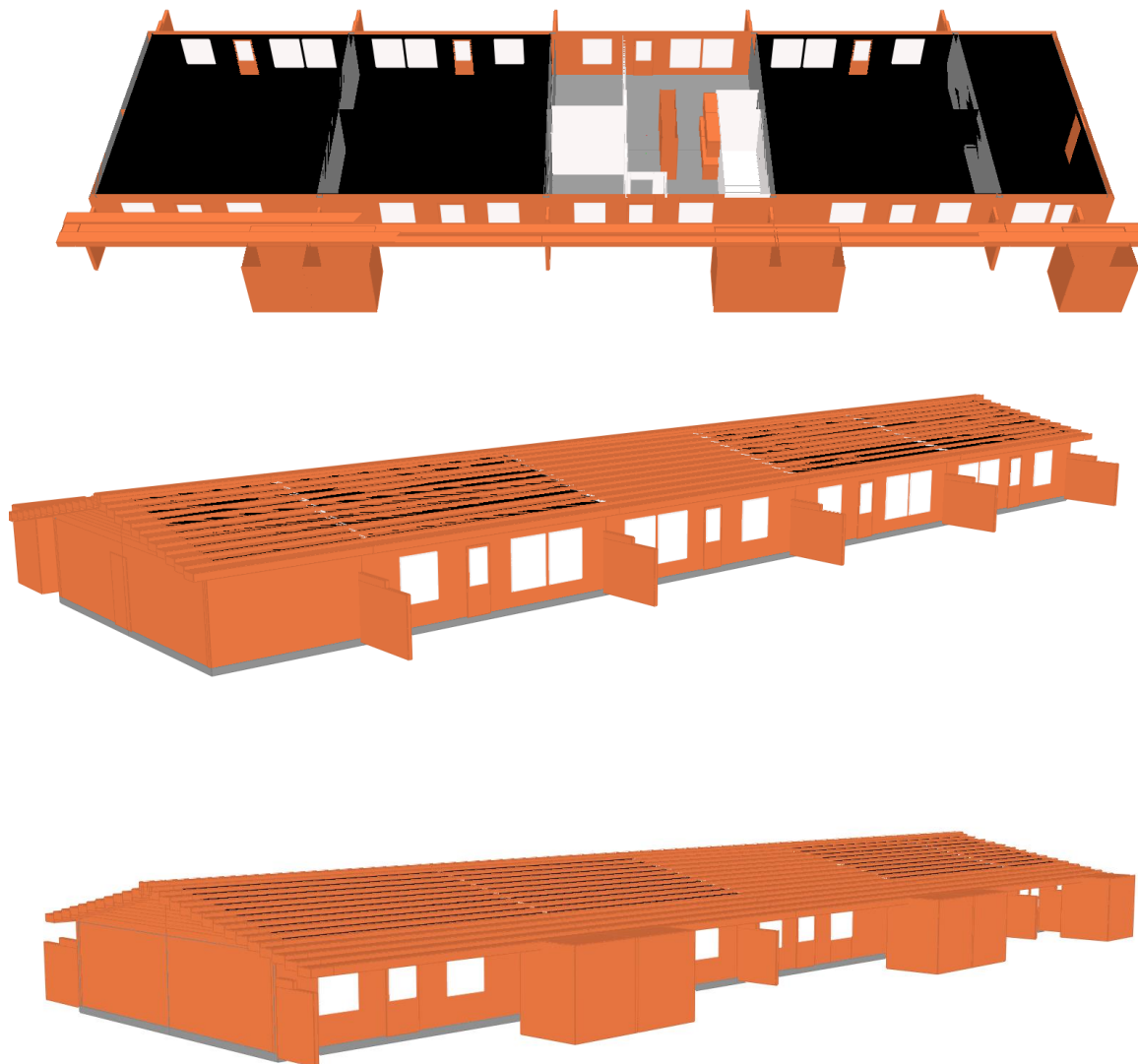
Kohteen palokuorma mallitettiin simuloinneissa suuripiirteisesti. Kohteen julkisivun, mukaan lukien varastot ja väliaidat, oletettiin olevan 15 mm paksua puuta. Paloasunnon sisällä katon oletettiin myös olevan 15 mm paksua puuta, samoin mallitettiin palohuoneiston sisällä olevat keittiön kaapistot sekä kylmälaitteet. Muuta palokuormaa ei huoneiston sisään mallitettu, paitsi makuuhuoneiden ovet 15 mm paksuna puuna, mikäli ovet olivat simuloinnissa kiinni. Aukinaisia ovia ei mallitettu. Tämän lisäksi välikatossa olevaa PIR-eristettä mallitettiin tarpeen mukaan. Joissakin tapauksissa PIR mallitettiin välikaton alapinnalle 15 mm paksun puun yhteyteen (PIR puun takana tyypillisesti) ja joissakin tapauksissa PIR mallitettiin välipohjan yläpinnalle, jolloin siitä vapautuvat pyrolyysikaasut päätyivät yläpohjan ilmatilaan.

Puun palaminen mallitettiin FDS-ohjelman syötteissä yksinkertaisesti käyttämällä syötteenä palotehoa pinta-alaa kohden (aikasarjana) sekä puulle syttymislämpötilana 350 °C. Maksimipalotehoksi valittiin puulle 120 kW/m². Tällä yksinkertaisella mallilla saatiin toistettua palon leviäminen puisella julkisivulla ylöspäin VTT:n tekemien palokokeiden mukaisesti [Hakkarainen ym. 1996, Hakkarainen ym. 1997, Kokkala ym. 1997]. Lähtötiedot puun palaessaan muodostamalle savulle ja hiilimonoksidin määrälle otettiin SFPE:n käsikirjasta [Tewarson 2002]. Tarkemmat tiedot puun palamismallista löytyvät liitteestä C, jossa on esimerkkisyötetiedostot FDS-ohjelmalle.

PIR-eristeen palaminen mallitettiin samalla periaatteella kuin puun palaminen, tosin palotehon sijasta käytettiin syötteenä pyrolyysikaasujen massavirtojen aikasarjaa, jotta simulointeihin saatiin syötettyä PIR:n palamisesta syntyviä myrkyllisiä kaasuja (HCN, HCl, CO, NO₂) oikeassa suhteessa. PIR:n paloteho ja myrkyllisten kaasujen tuotto arvioitiin kirjallisuuslähteiden mukaan [Stec & Hull 2011, McKenna & Hull 2016, Usta 2012].

Tarkemmat tiedot PIR-levyjen palamismallista löytyvät liitteestä C, jossa on esimerkkisyötetiedostot FDS-ohjelmalle.

Kohteesta tehtiin simuloinneille kaksi erilaista päämallia. Palon etenemistä rakennuksen julkisivulla tutkittiin mallilla, jossa rakennuksen ulkopuolista tilaa mallitettiin jonkin verran, jotta voitiin tutkia tuulen vaikutusta tilanteeseen. Palohuoneiston sisäpuolisia olosuhteita tutkivissa simuloinneissa tuulta ei mallitettu, jolloin rakennuksen ulkopuolta ei simulointigeometriassa huomioitu.



Kuva 1. Simulointimalli räystään vaikutuksen tutkimiseen: Ylhäällä kuva, jossa katto on leikattu pois, keskellä kuva olohuoneiden puolelta ja alhaalla kuva sisäänkäyntien puolelta. Palohuoneiston simulointimallin sisämitat ovat: 8,4 m leveys ja 9,6 m syvyys ("läpitalon")

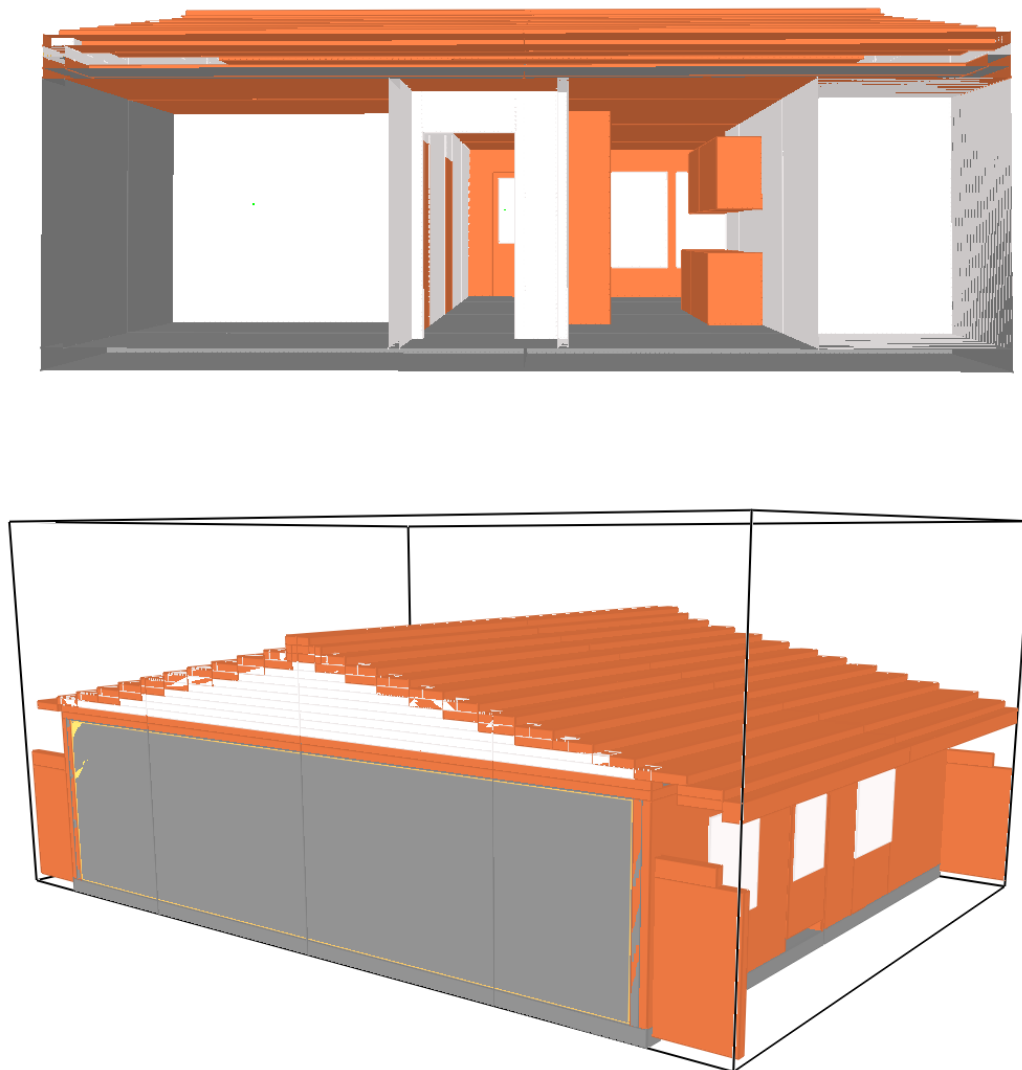
2.1 Simulointimalli räystään vaikutuksen tutkimiseen

Kuvassa 1 on esitetty kolme näkymää simulointigeometriasta, jota käytettiin palon leviämisen tutkimiseen julkisivulla. Simuloinneissa sisätilaa mallitettiin vain palon syttymishuoneiston osalta ja yläpohjan ilmatilaa vain syttymishuoneiston yläpuolelta. Muut tilat oli täytetty (merkitty mustalla kuvassa 1). Palohuoneiston sisätilassa ei huomioitu vessaa, vaatehuonetta (makuuhuoneiden välissä), saunaa eikä kylpyhuonetta (keittiön kaapistoon puoleinen sivu). Kuvassa 1 on kuvattu palohuoneistoon mallitettu palokuorma ruskealla (puu)

värityksellä eli jääkaappiblokki sekä liedon puoleiset ala- ja yläkaapistot. Lisäksi välikaton alapinta mallitettiin puuna.

Kohteen yläpohjassa oli osastointi huoneistorajojen mukaisesti. Tämän vuoksi vain syttymisasunnon yläpuoleinen osa yläpohjasta mallitettiin. Tällä mallilla haluttiin tutkia palon etenemistä julkisivulla. Mikäli palo leviää mallissa julkisivulla räystäään alla naapurihuoneiston kohdalle, niin palo pääsee tällöin samalla naapurihuoneiston yläpohjaan räystäään tuuletusraoista ja/tai räystäään alapinnan kautta.

Herkkyystarkasteluja suoritettiin käyttämällä mallista erilaisia versioita: käyttämällä hienompaa ja karkeampaa laskentaverkkoa (10 cm ja 20 cm kuutiolliset laskentakopit) sekä huomioimalla ympäröivää ilmaa eri määriä (tuulen vaikutus). Liitteeseen B on koottu tehdyt simuloinnit ja kuvia, joista näkyy laskentaverkon laajuus. Laskennan ei havaittu olevan erityisen herkkä laskentahilan ominaisuuksille, joten eri malleilla tehdyt simulaatiot antoivat hyvin samanlaisen tuloksen palon etenemiselle julkisivulla.



Kuva 2. Simulointimalli palohuoneiston olosuhteiden mallitukseen. Ylhäällä etuseinä on (sisäänkäynnin puoli) leikattu pois, jolloin nähdään huoneiston sisään.

2.2 Simulointimalli PIR-eristeen vaikutuksen tutkimiseen

Kuvassa 2 on esitetty kaksi näkymää simulointigeometriasta, jota käytettiin palohuoneiston sisäpuolisten olosuhteiden tutkimiseen. Malli on muuten sama kuin räystään vaikutuksen arviointiin käytetyissä malleissa, mutta laskenta-alue on huomattavasti pienempi, käsittäen vain palohuoneiston sekä sen yläpuolisen katon ja hieman ulkotilaa. Mallista käytettiin myös pienempää versiota, jossa laskentageometria loppui välikaton yläpintaan eli tällöin ei mallitettu yläpohjaa ollenkaan. Palohuoneiston simuloinneissa käytetty laskentahila muodostui kuutiollisista laskentakopeista, joiden sivun pituus oli 10 cm.

Herkkyystarkasteluilla tutkittiin, miten erilaiset mallitustavat vaikuttavat simulointien tulokseen. Osassa simulointeja vaatehuonetta, vessaa, saunaa ja kylpy/pukuhuonetta ei mallitettu virtauslaskennassa ilmatilana vaan isoina kiinteinä kappaleina. Tämä vastaa oletusta, että tilojen ovet olivat palotapahtuman aikaan kiinni eikä mahdollisia pieniä vuotoja huomioida. Osa simuloinneista suoritettiin siten, että wc:n ja kylpyhuoneen ovet olivat raollaan ja vaatehuoneen ja saunan ovet auki. Kvalitatiivisiin tuloksiin ei tällä asialla ollut vaikutusta. Näiden pienten tilojen mallituksella oli lähinnä visuaalista merkitystä.

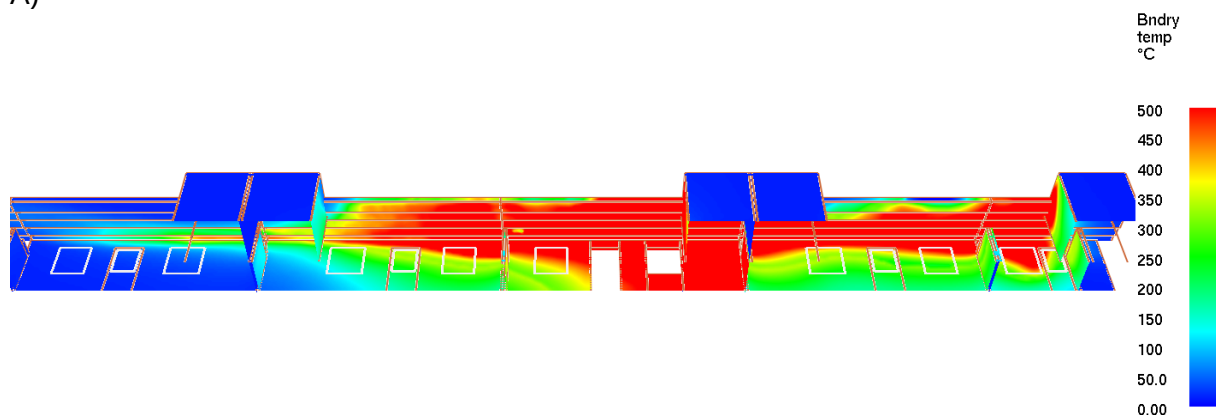
Palokuorma palohuoneiston simuloinneissa oli sama kuin räystääslaskuissa eli huoneiston sisällä oli puinen sisäkatto, keittiön kaapistot sekä jääkaappiblokki. Alkupalona oli liedien päällä syttyvä kahvinkeitinpalo, joka aiheutti kahvinkeitin osittaisen sulamisen. Liitteeseen B on koottu tehdyt simuloinnit ja niistä valittuja tuokiokuvia.

3. Räystääsratkaisuille suoritettut simuloinnit ja niiden tulokset

Räystään vaikutuksen tutkimiseksi tehdyt simuloinnit on listattu liitteessä B, jossa on esitetty simuloinnista myös tuokiokuvia, jotka havainnollistavat palon etenemisen erilaisilla rakenneratkaisuilla. Tämän lisäksi tarkasteltujen rakenneratkaisujen vaikutus palon leviämiseen näkyy simuloinneista tehdyissä videoissa. Luonteeltaan nämä simuloinnit ovat kvalitatiivisia eikä tässä raportissa esitetä simulointituloksia muutoin kuin kuvina ja sanallisina kuvauksina tehdyistä havainnoista.

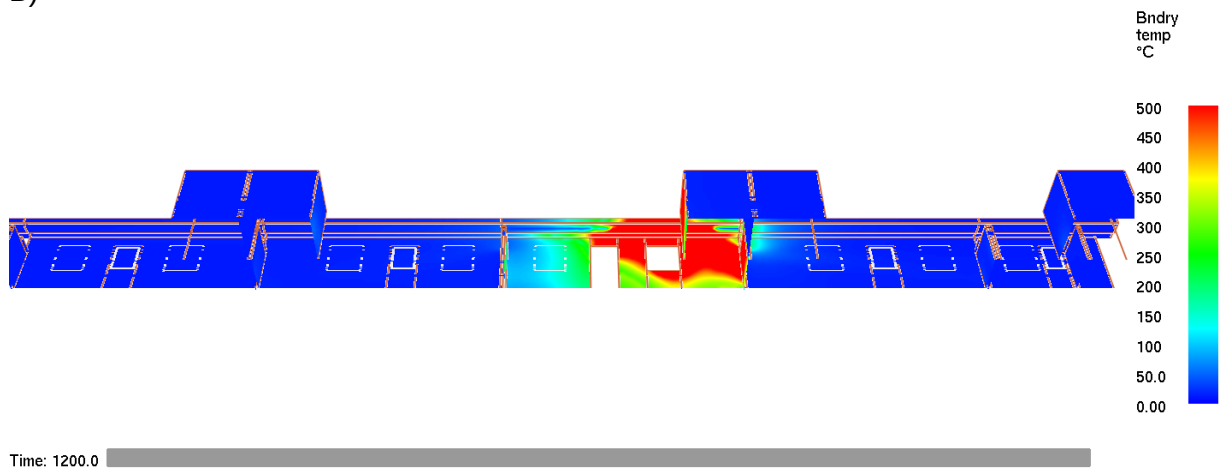
Kuvassa 3 on esitetty palon leviämälle rakennuksen ulkopuolella tehtyjen simulointien lopputilanteet tutkituille kuudelle eri rakenneratkaisulle. Laskuissa reunaehtona oli 2 m/s tuuli pohjoisen ja koillisen välistä. Kuvassa on esitetty pintojen lämpötilat ajanhetkellä 1200 s. Kuvissa punaisella ja oranssilla näkyvät alueet palavat, mikäli ne on määritelty puupinnoiksi ja niiden lämpötila on suurempi kuin laskentaohjelman syötteissä puupinnoille määritelty syttymislämpötila. Liitteessä D on esitetty tarkemmin puulle ja sen palamiselle käytetty malli.

A)

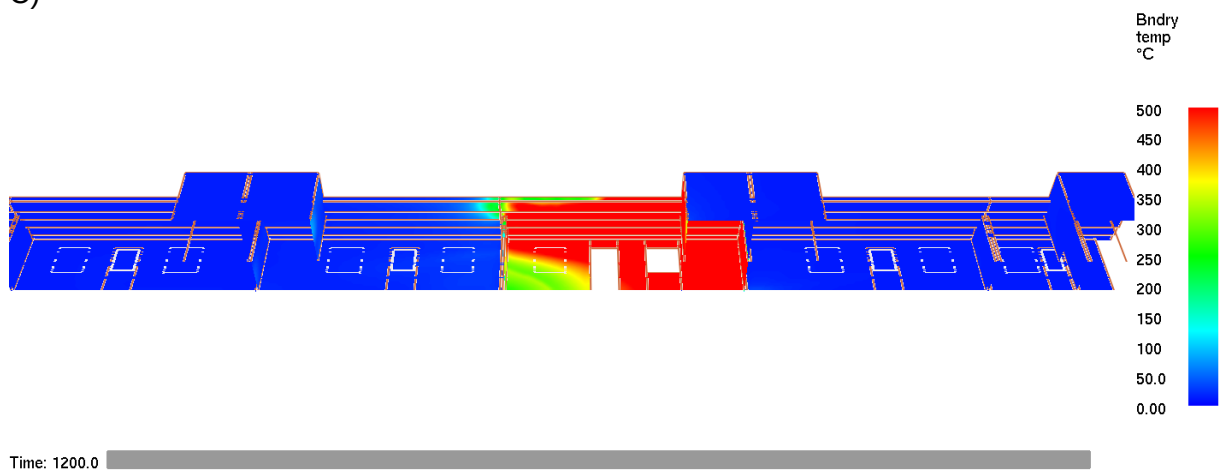


Time: 1200.0

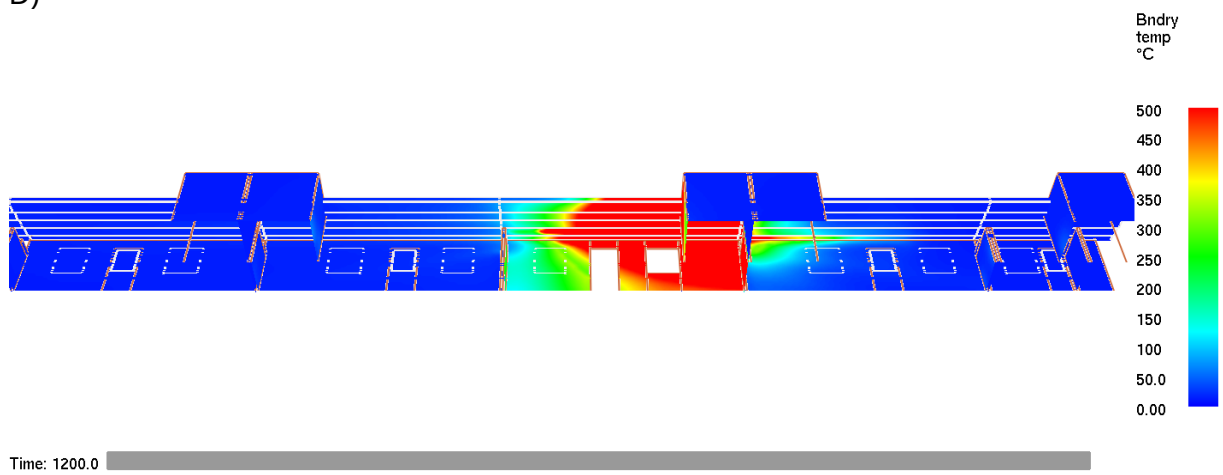
B)



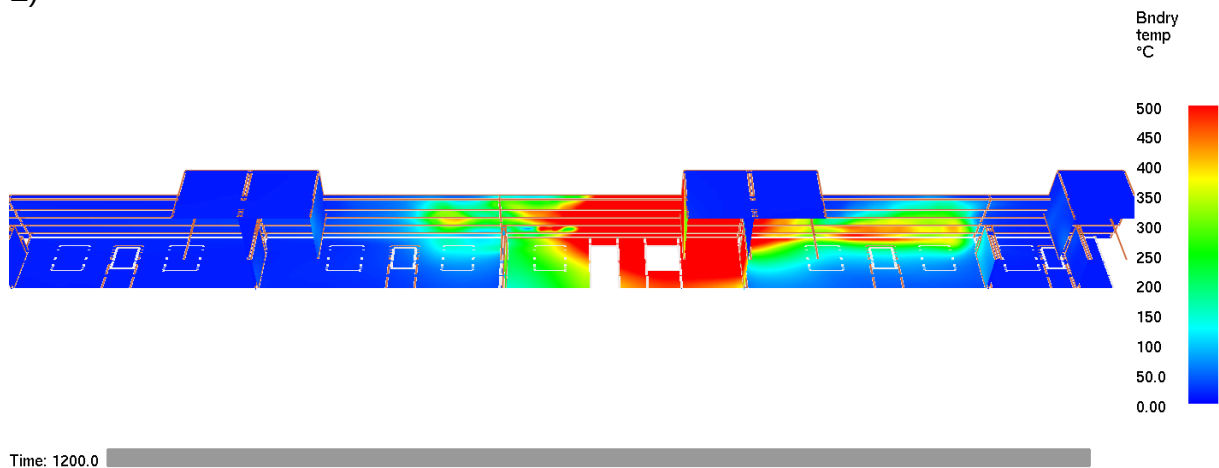
C)



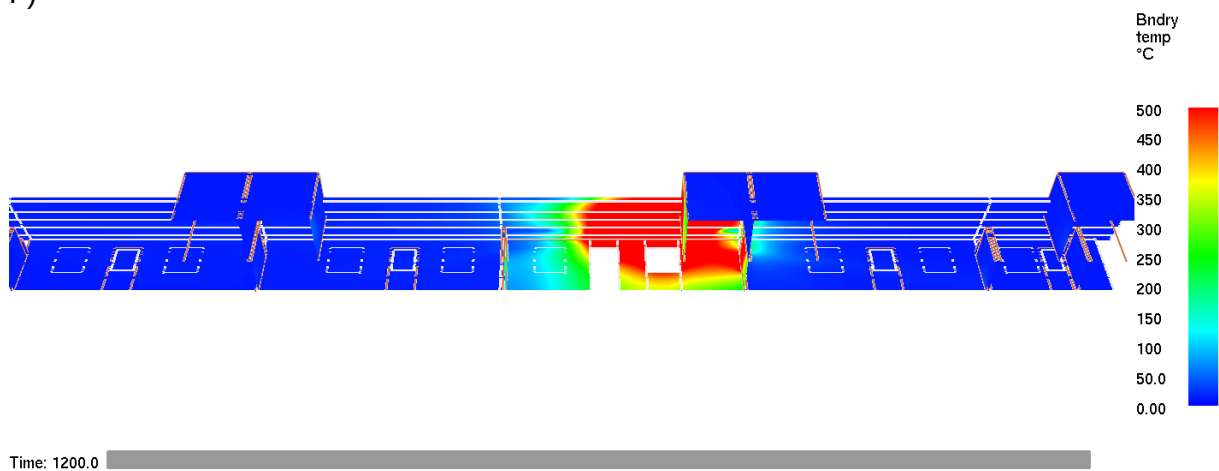
D)



E)



F)



Kuva 3. Räystäään rakenneratkaisujen tutkimiseen tehtyjen simulointien loppuhetken (1200 s) tilanne. A) Pitkä palava räystäs, B) Lyhyt palava räystäs, C) Pitkä palava räystäs + korkeat väliaidat, D) Pitkä palamaton räystäs, E) Pitkä palava räystäs + palamaton julkisivumateriaali, F) Pitkä palamaton räystäs + palamaton julkisivumateriaali

Simulointitulosten perusteella kohteessa olleella räystääsratkaisulla (etuoven puoleinen pitkä räystäs) on vaikutusta palon leviämiseen. Pitkä räystäs, jonka alapinta on palavaa materiaalia (simuloinneissa puuta), levittää paloa räystäään alla viereisten asuntojen räystäiden alle ja sitä kautta eteenpäin. Lyhyt räystäs (alapinta palavaa materiaalia) ei simuloinneissa juuri levitä paloa. Sama pätee myös ratkaisulle, joissa on pitkä palamattomasta materiaalista (alapinta) tehty räystäs. Myös korkea väliaita (räystääseen saakka) asuntojen välillä estää palon leviämistä, sillä sivusuunnassa huoneistojen väli on ummessa aina varastokoppeihin saakka. Todellisuudessa palo etenee korkeasta väliaidasta huolimatta, koska väliaita ja räystäs eivät muodosta palokatkoa. Palon enenemisen voidaan kuitenkin olettaa olevan huomattavasti hitaampaa kuin matalan väliaidan tapauksessa, jossa liekit pääsevät vapaasti aidan yli naapurihuoneiston räystäään alle.

Julkisivun seinän materiaalin palo-ominaisuuksilla näyttäisi olevan pienempi merkitys palon leviämiseen kuin räystäään rakenneratkaisulla. Mikäli julkisivun ulkoseinän puu korvattiin simuloinneissa palamattomalla kipsilevyllä, ei tämä estänyt palon leviämistä, kun räystäs oli pitkä ja sen alapinta puuta.

Simulointeja tehtiin myös olettaen sää tyneksi ja käyttäen reunaehtona 5 m/s tuulta. Näiden simulointien tuloksia ei tässä esitetä, koska ne antoivat hyvin samantapaisia tuloksia tutkittujen rakenneratkaisujen vaikutukselle, eli tulokset vahvistavat yllä kerrottuja havaintoja eri rakenneratkaisujen vaikutuksesta palon leviämiseen. Tyynellä säällä palo levisi

helpommin kuin 2 m/s tuulella, ja 5 m/s tuulella palo levisi heikommin. Simuloinneissa kova tuuli sai aikaan sen, että lämpötilat julkisivulla jäivät alhaisemmiksi, koska kova tuuli pyörteineen sekoittaa kuumia palokaasuja tehokkaasti, jolloin ne jäähtyvät.

Kannattaa huomioida, että käytetyssä mallissa tuulella ei ollut vaikutusta vapautuvaan lämpö määrään pinta-alaa kohden (tuuli ei voimistanut palamista). Simuloinneissa tehtiin joukko yksinkertaistuksia, jotka voivat vaikuttaa tuloksiin. Käytännössä palo voi levitä korkean väliaidan läpi polttamalla sen puhki tai leviämällä sen raoista. Palo voi levitä myös yläpohjan kautta, jos palohuoneistosta ulos tulevat liekit pääsevät sinne räystäään kautta. Yllä mainitut seikat (lyhyt räystääs, palamaton räystäään alapinta, korkeat väliaidat) hidastaisivat kuitenkin palon leviämistä sivusuunnassa muihin asuntoihin ja täten hillitsisivät palon voimakkuutta.

4. Palohuoneistolle suoritettut simuloinnit ja niiden tulokset

Välikatossa ollutta PIR-eristettä mallitettiin simuloinneissa eri tavoin. FDS-ohjelmassa välikatto määritellään kiinteänä kappaleena, jonka ala- ja yläpinnoille määritellään omat ominaisuutensa. Käytännössä siis PIR-eriste oli mahdollista mallittaa joko välikattokappaleen ala- taikka yläpinnalle. Tällä valinnalla on vaikutus siihen, mihin tilaan (asunto vai yläpohjan ilmatila) pyrolyysikaasut pinnasta vapautuvat.

Mikäli PIR mallitettiin välipohjan yläpinnalle, ei sen päällä ollutta puhallusvillaa huomioitu simulointimallissa. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa PIR-eristeen syttyminen johtaa koko välikatossa olevan PIR-eristeen palamiseen varsin nopeasti. PIR-eristeestä vapautuvat palokaasut eivät kuitenkaan simuloinneissa päädy paloasuntoon vaan joutuvat yläpohjan ilmatilaan, josta ne päätyvät räystäään tuuletusrakojen ja muiden yläpohjan aukkojen kautta ulkoilmaan. Näissä simuloinneissa mallitettiin vuotoja ja/tai aukkoja paloasunnon ja yläpohjan väliin, jotta PIR:stä vapautuneilla myrkkyaasuilla olisi mahdollinen reitti paloasuntoon. Simuloinneissa ei kuitenkaan myrkkyaasuja päätnyt asuntoon, sillä virtaukset olivat asunnosta yläpohjaan päin eli paloasunnossa vallitsi käytännössä koko simulointiajan suurempi paine kuin yläpohjan ilmatilassa.

Mikäli PIR mallitettiin välipohjan alapinnalle, sen vaikutus palohuoneiston olosuhteisiin riippui välikaton alapinnan mallinnustavasta sekä muista mallinnuksen yksityiskohdista, kuten siitä olivatko ovet auki. Yleisesti ottaen PIR-eristeestä vapautuvat myrkkyaasut (HCN, HCl, CO, NO₂) edesauttoivat olosuhteiden kehittymistä letaaleiksi (kuolettaviksi) palohuoneistossa. PIR-eristeestä vapautuvien myrkkyaasujen vaikutusta palohuoneistossa olevien henkilöiden selviytymiseen pohditaan seuraavissa kappaleissa.

Simuloinneissa, joissa huoneiston ulko-ovi aukaistiin palon alkuvaiheissa ja makuuhuoneiden ovet olivat auki, ei välikatossa oleva PIR ehtinyt vaikuttaa merkittävästi olosuhteisiin palohuoneistossa ennen kuin olosuhteet muodostuivat sietämättömiksi muusta palokuormasta vapautuvien kaasujen ja lämmön vuoksi. Mikäli makuuhuoneiden ovet mallitettiin kiinni oleviksi ja niihin pienet vuodot ala- ja yläkarmeihin, välikatossa olevat PIR-levyt ehtivät altistumaan palolle ja PIR ehti vaikuttamaan makuuhuoneen olosuhteisiin jo ennen kuin muusta palokuormasta vapautuvat palokaasut ja lämpö muodostivat makuuhuoneiden olosuhteet ihmisille sietämättömiksi.

Simuloinneissa pystyttiin kvalitatiivisesti toistamaan palotapahtuman kulku. Tätä varten tehtiin kolme erilaista simulaatiota. Simulaatioissa taemman makuuhuoneen (MH2) ovi oli palon alkaessa raollaan ja oletettiin, että huoneesta poistuttaessa (simulaatioissa joko 5 min tai 7,5 min palon alusta) ovi aukaistaan kokonaan ja tästä 30 s päästä aukaistaan ulko-ovi, joka jää auki. Simulaatioissa PIR-eriste mallitettiin syttyväksi samaan aikaan kuin katon puuverhouslevyt tai 10 min myöhemmin (puu palaa/hiilttyy ensin ja vasta sen jälkeen PIR altistuu palolle).

Simulointituloksista havaitaan, että jotta palotapahtuman kulku saadaan toistettua, PIR pitää mallittaa syttyväksi samaan aikaan kuin katon puuverhous, muutoin PIR-eristeestä vapautuvat kaasut (mm. HCN ja CO) eivät ehdi vaikuttamaan tarpeeksi nopeasti huoneistossa olevien henkilöiden selviytymismahdollisuuksiin. Parhaiten toistettavaa palotapahtumaa kuvaa simulaatio, jossa poistuminen oletetaan tapahtuvaksi 5 min kuluttua palon alusta. Jos poistumista yritettäisiin vasta 7,5 min palon alusta, olisivat olosuhteet käytävässä jo niin pahat että poistuminen ei ehkä onnistuisi korkean lämpötilan vuoksi. Muutoin nämä kaksi simulaatiota antavat palon kulusta varsin samantapaisen kuvan. Ulko-oven viereisessä makuuhuoneessa on siedettävät olosuhteet niin kauan kun ovet ovat kiinni. Kun taaemmasta makuuhuoneesta on poistuttu ja ulko-ovi jätetty auki palo saa raikasta ilmaa ja voimistuu varsin nopeasti, minkä jälkeen liekipalo on voimakas tuulikaapissa ja ulko-ovea lähimmässä makuuhuoneessa, eikä poistuminen sieltä ei ole enää mahdollinen. Tässä vaiheessa taemmassa makuuhuoneessa olosuhteet ovat jo letaalit johtuen PIR-eristeestä tulevista myrkykaasuista. Varsinkin HCN-pitoisuudet ovat huomattavia verrattuna ihmisen sietokykyyn, eli simulaatioiden perusteella taemmassa makuuhuoneessa (tai sen edessä käytävällä) olevat henkilöt menehtyvät HCN-altistukseen todennäköisemmin kuin häkään.

Huoneiston sisäpuolisiin simulointeihin liittyy suuria epävarmuuksia. Laskenta on herkkää PIR-eristeen mallitustavalle. Lisäksi puun ja PIR-eristeen hään, noen ja mahdollisten myrkyllisten kaasujen tuottojen määrät vaikuttavat varsin suoraan lopputuloksiin. Simuloinneissa tehtiin suuri joukko yksinkertaistuksia. Välikaton rakenteita ei mallitettu, joten simuloinneissa oletettiin, että lautapaneelit ja PIR-levyt pysyvät paikoillaan palossa. Tuhoutuneessa rivitalohuoneistossa oli välikaton materiaalina puukuitulevy eikä puupanelointi, niin kuin tämän toimeksiannon aluksi oletettiin. Tällä ei ole suurta vaikutusta tehtyjen simulaatioiden tuloksiin, sillä palon alkuvaiheessa keittiön kaapit ja alkupalo (kahvinkeitin liedellä) ovat merkittävimmät palokuormat. Siinä vaiheessa, kun palo-asunnon ulko-ovi avataan, palo alkaa levitä katossa nopeasti. Tämä vaihe on kvalitatiivisesti samanlainen, vaikka kattomateriaalina olisi käytetty puukuitulevyä. Palava kattomateriaali saa tilan lieskahtamaan nopeasti. Lieskahduksen jälkeen olosuhteet palohuoneistossa määrää ensisijaisesti sisään tulevan ilman määrä, joka tuo happea palamiseen. Simulaatioita tehtiin eri oletuksilla sille, kuinka nopeasti katon verhouksmateriaalin (simuloinneissa puu, palokohteessa puukuitulevy) läpi PIR-eriste altistuu palolle. Näiden oletuksien erot ovat suurempia kuin mitä puupaneelin korvaaminen puukuitulevyllä voisi aiheuttaa.

Simuloinnein ei tutkittu tilannetta, jossa palo leviää liedellä syttyneestä kahvinkeitimestä liesituulettimen kautta yläpohjaan ja sen PIR-eristeeseen niin, että liedellä oleva kahvinkeitinpalo ei sytytä keittiön kaappeja. Tässä palotapauksessa olisi mahdollista, että välikatossa palavasta PIR-eristeestä kehittyvät myrkykaasut olisivat pääasiallinen palokaasujen lähde palohuoneistossa palon alkuvaiheessa. Tällöin huoneistossa olevat henkilöt voisivat altistua suurille HCN-pitoisuuksille jo ennen kuin muut palokaasun myrkyt (esim. häkä) ovat vaikuttaneet henkilöiden toimintakykyyn.

5. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tässä toimeksiannossa simuloitiin tulipalojen simulointiin kehitetyllä Fire Dynamics Simulator (FDS) ohjelmalla Raahessa 13.9.2016 syttynyttä rivitalopaloa. Simulointeja suoritettiin kahdesta eri näkökulmasta: 1) simuloitiin palon kehitystä syttymisasunnon ulkopuolella ja tutkittiin räystäs- ja väliaitaratkaisujen vaikutukseen palon leviämiseen, 2) simuloitiin paloasunnon sisäpuolisia olosuhteita ja tutkittiin ihmisten selviytymismahdollisuuksia poistumistilanteessa. Simuloinneista tuotettiin myös videomateriaalia, joka havainnollistaa palon kehittymistä.

Simuloinnein pystyttiin kvalitatiivisesti toistamaan oletettu tapahtumien kulku paloasunnossa. Palon kehittyminen oli hidasta kunnes poistuja avasi ulko-oven. Tätä ennen oli ulko-oven

puoleisessa makuuhuoneessa vielä varsin hyvät olosuhteet, mutta ulko-oven avaamisen jälkeen palo voimistui nopeasti saadessaan happea. Palon voimistumisen jälkeen poistuminen makuuhuoneista kävi nopeasti mahdottomaksi. Taemmassa makuuhuoneessa olosuhteet muodostuivat ihmiselle sietämättömiksi hyvin pian ulko-oven avaamisen jälkeen, koska makuuhuoneen ovi oli tässä vaiheessa auki. Ulko-ovea lähempänä olevassa makuuhuoneessa olosuhteet säilyivät jonkin aikaa siedettävänä, koska tämän huoneen ovi oli kiinni. Simulaatiossa oletettiin PIR-eristeen osallistuvan paloon sitä mukaa, kun välikaton puuverhous kussakin kohdassa syttyi. Tällöin simulaatiotuloksien perusteella PIR-eristeestä vapautuvat myrkykaasut (mm. HCN) vaikuttivat huoneistosta poistumiseen ja suuri altistus HCN-kaasulle oli mahdollista taemmassa makuuhuoneessa ja reitillä sieltä ulko-ovelle.

Simulointien perusteella talossa ollut pitkä räystäs, jonka alapinta oli palavaa materiaalia, edesauttoi palon leviämistä julkisivun kautta viereisiin huoneistoihin ja koko yläpohjaan. Palon leviäminen olisi ollut huomattavasti hitaampaa viereisten huoneistojen julkisivuille ja räystäisiin, mikäli talossa olisi ollut: a) lyhyt, tavanomainen räystäs, b) pitkä räystäs, jonka alapinta olisi palamatonta materiaalia, c) pihojen väliaidat olisivat yltäneet räystään alapintaan saakka.

Lähdeviitteet

- Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E., 1996. Puujulkisivujen paloturvallisuus sprinklatuissa kerrostaloissa, VTT Tiedotteita 1736, VTT, Espoo, 29 p. + app. 16 p.
- Hakkarainen, T., Oksanen, T. & Mikkola, E., 1997. Fire Behaviour of facades in multi-storey wood-framed houses, VTT Research Notes 1823, VTT, Espoo, 42 p. + app. 16 p.
- Kokkala, M., Mikkola, E., Immonen, M., Juutilainen, H., Manner, P. & Parker, W.J., 1997. Large-scale upward flame spread tests on wood products, VTT Research Notes 1834, VTT, Espoo, 29 p. + app. 116 p.
- McKenna, S. & Hull, T., 2016. The fire toxicity of polyurethane foams, Fire Science Reviews 5: 3, 27 p. doi:10.1186/s40038-016-0012-3
- Stec, A. & Hull, R., 2011. Assessment of the fire toxicity of building insulation materials, Energy and Buildings vol. 43, pp. 498-506.
- Tewarson, A., 2002. Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires, teoksessa The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3. painos, National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.
- Usta, N., 2012. Investigation of Fire Behavior of Rigid Polyurethane Foams Containing Fly Ash and Intumescent Flame Retardant by Using a Cone Calorimeter, Journal of Applied Polymer Science vol. 124, pp. 3372-3382.

Liitteet

- A. Aikasarjamuotoiset simulointitulokset
- B. Simulointien tuloksia tuokiokuvina
- C. Esimerkit käytetyistä FDS-ohjelman syötetiedoista
- D. Puun ja PIR-eristeen mallittaminen simuloinneissa

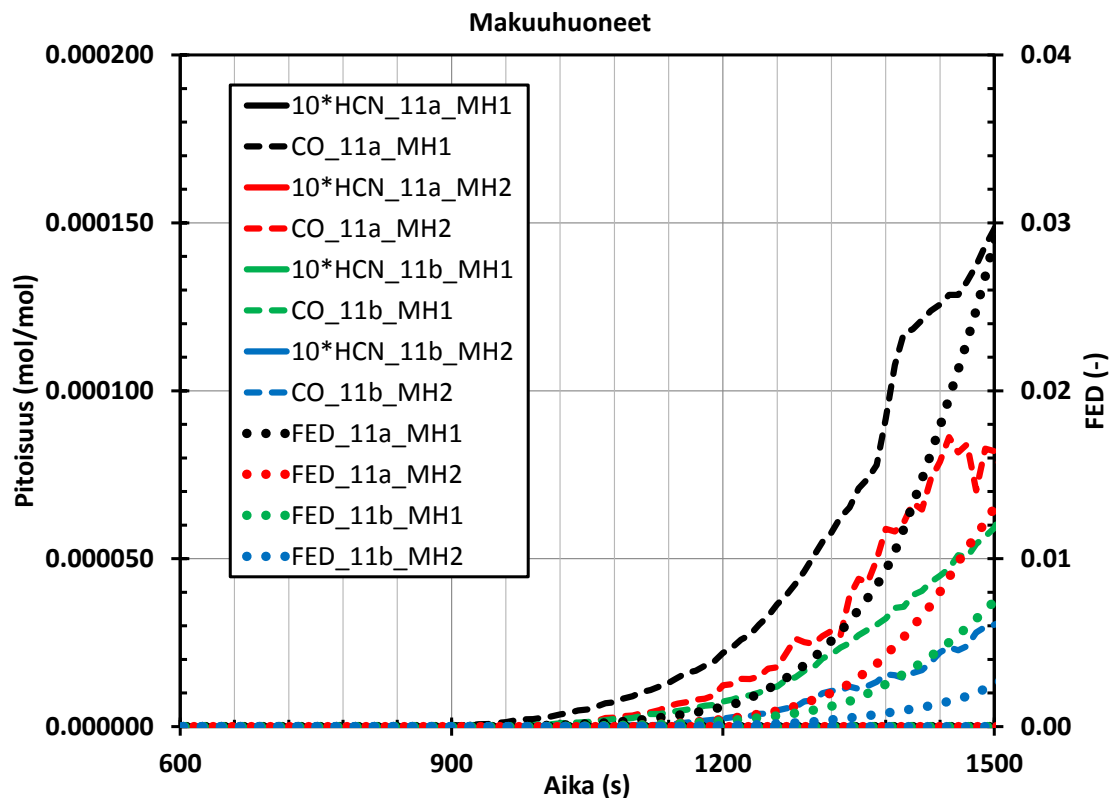
LIITE A Aikasarjamuotoiset simulointitulokset

Tässä liitteessä on koottuna eri simuloinneista piirretyt aikasarjakuvat muun muassa makuuhuoneiden lämpötiloille, kaasujen pitoisuuksille, näkyvyydelle sekä myrkyllisyysvaikutuksia kuvaavalle FED-indeksille. Tulokset ovat palohuoneistolle tehdyistä simulaatioista. Räystäään vaikutuksen tutkimiseen tehdyissä simuloinneissa ei tuotettu dataa aikasarjakuvia varten, koska näiden simulaatioiden tarkoitus oli tarkastella eri rakenneratkaisujen vaikutuksia palon etenemiseen kvalitatiivisesti.

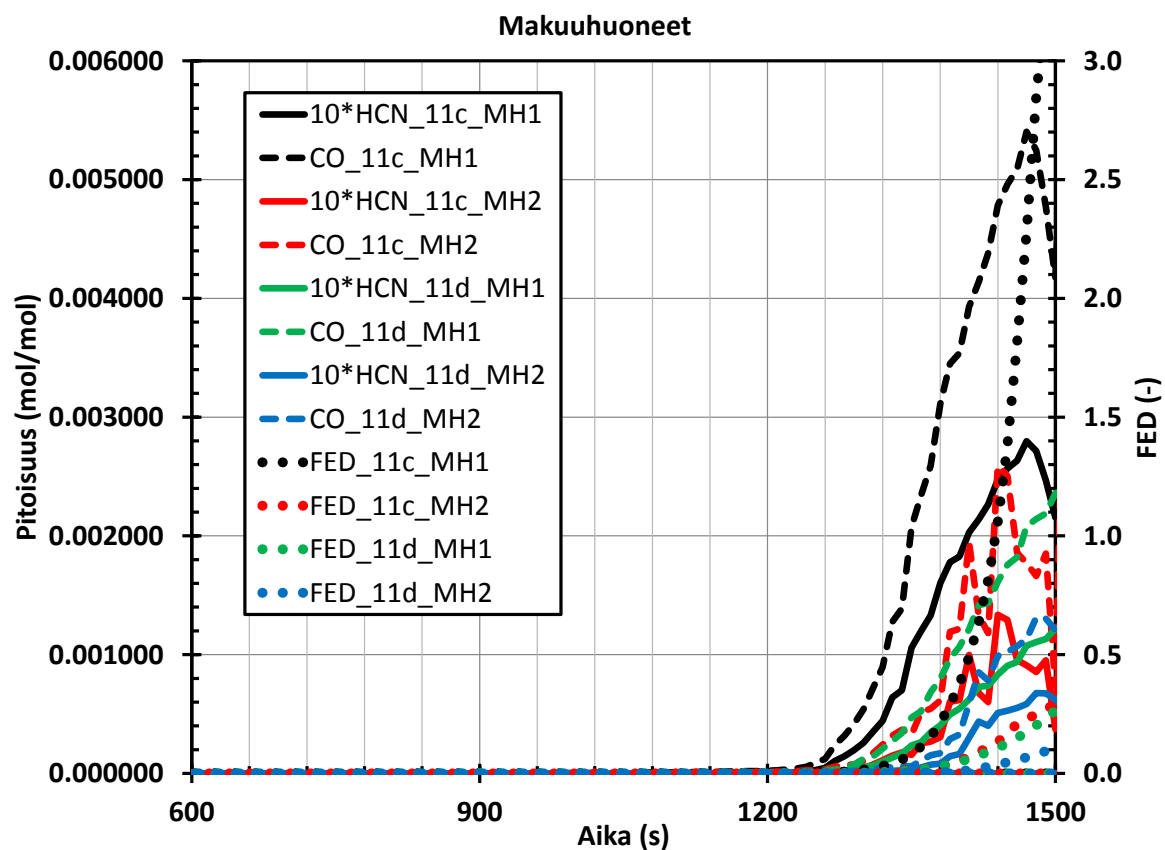
PIR-eristeen vaikutukselle tehtiin kuusi esimerkkilaskua, joissa palon annettiin kehittyä nopeasti eli ulko-ovi avattiin aikaisessa vaiheessa, jotta palo saa happea. Näissä simulaatioissa ruokatilan ikkuna oli myös määritelty rikkoutuvaksi lämpötilakriteerin perusteella. Näillä simulaatioilla haluttiin tutkia, kuinka palokaasut tunkeutuvat makuuhuoneisiin, jos niiden ovet ovat kiinni. Alustavia simulaatioita tehtäessä havaittiin, että makuuhuoneiden ovien ollessa auki, olosuhteet niissä kehittyvät ihmisille sietämättömiksi jo ennen kuin PIR ehti mukaan paloon. Alla on listattu tehdyt simulaatiot, joilla tutkittiin simuloinnin herkkyyttä mallinnustavoille. Simuloinneissa varioitiin makuuhuoneiden ovien vuotojen suuruutta sekä PIR-eristeen osallistumista paloon. PIR-eristeen oletettiin osallistuvan (tietyssä välikaton kohdassa) paloon 1) heti, kun puupinnoite syttyy, 2) 10 min kuluttua puupinnoitteen syttymisestä 3) niin, että PIR ei syty ollenkaan (ei PIR-eristettä).

- 1,0 cm vuodot ovien ylä- ja alalaidoissa, PIR 0 min viive ("11a")
- 0,5 cm vuodot ovien ylä- ja alalaidoissa, PIR 0 min viive ("11b")
- 1,0 cm vuodot ovien ylä- ja alalaidoissa, PIR 10 min viive ("11c")
- 0,5 cm vuodot ovien ylä- ja alalaidoissa, PIR 10 min viive ("11d")
- 1,0 cm vuodot ovien ylä- ja alalaidoissa, ei PIR ("11e")
- 0,5 cm vuodot ovien ylä- ja alalaidoissa, ei PIR ("11f")

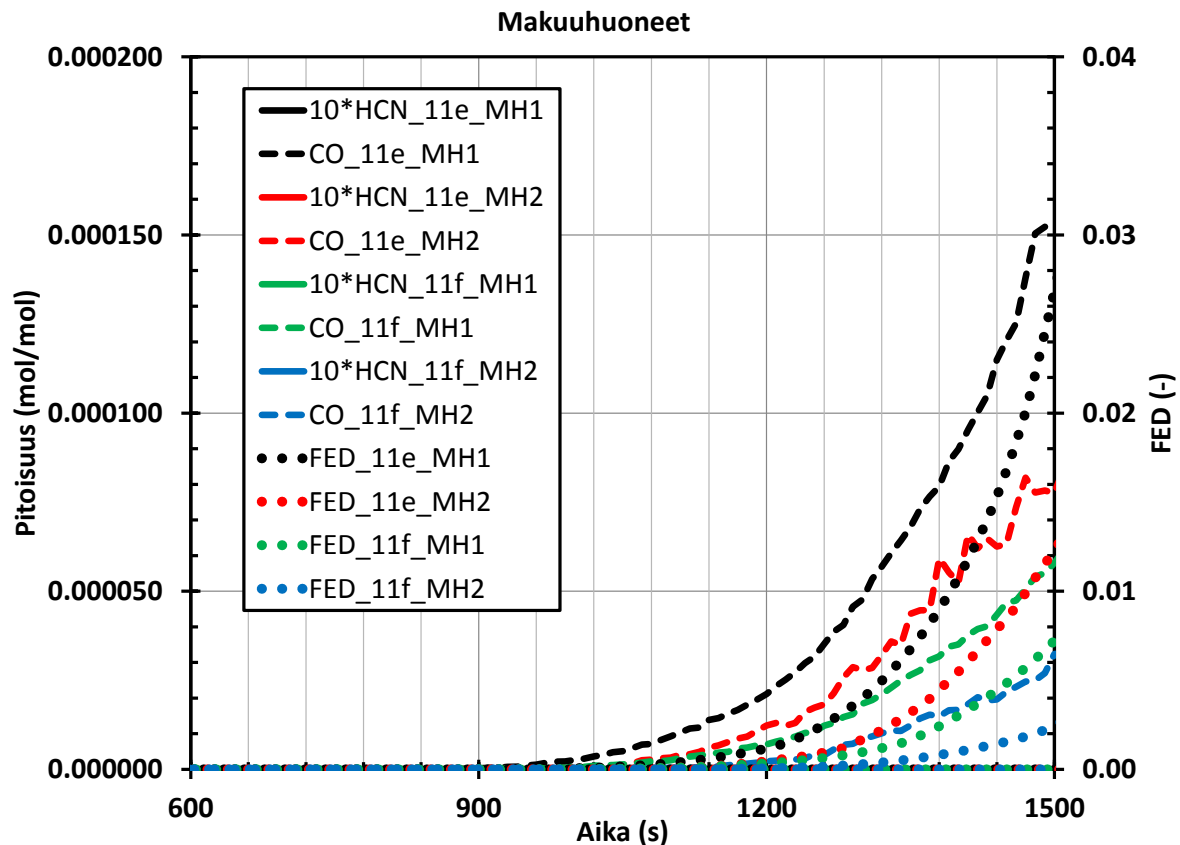
Näiden simulaatioiden tulokset esitetään alla aikasarjoina kuvissa A1-A3. Kuvissa esitetään hään ("CO") pitoisuudet, HCN:n pitoisuudet kymmenkertaisina ("10*HCN") sekä FED-indeksin ("FED") arvot ulko-ovea lähemmässä makuuhuoneessa ("MH1") että taemmassa makuuhuoneessa ("MH2"). Liitteessä B esitetään muutamia tuokiokuvia, joista selviää käytetty laskentageometria.



Kuva A1. Simulaatioiden tulokset tapauksille, joissa PIR altistuu palolle 10 minuuttia välikaton alapinnan puuverhouksen syttymisen jälkeen.



Kuva A2. Simulaatioiden tulokset tapauksille, joissa PIR altistuu palolle heti välikaton alapinnan puuverhouksen syttyessä.



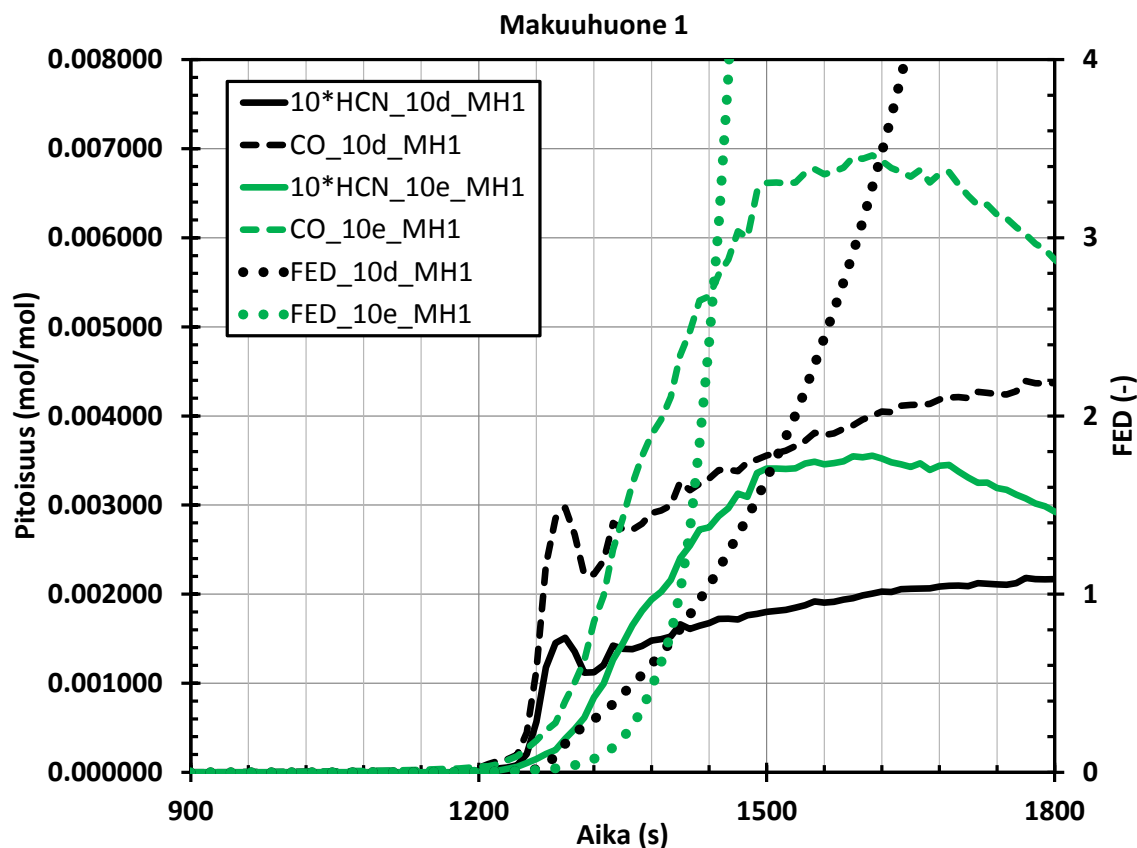
Kuva A3. Simulaatioiden tulokset tapauksille, joissa ei ole ollenkaan PIR-eristettä välikatossa.

Yllä olevista tuloksista nähdään, että ulko-ovea lähempänä olevassa makuuhuoneessa olosuhteet kehittyvät ihmiselle sietämättömiksi nopeammin kuin taemmassa makuuhuoneessa. Simulaatioissa makuuhuoneiden ovet olivat kiinni ja ulko-ovi aukaistiin palon aikaisessa vaiheessa. Lisäksi ruokatilan ikkuna särkyi simulaatioissa, jolloin palo oli voimakas ulko-ovea lähemmän makuuhuoneen kohdalla. Simulaatioissa, joissa PIR-eriste syttyy samaan aikaan kuin välikaton alapinnan puuverhous, nähdään eristeestä vapautuvan HCN-kaasun vaikutus. Erityisesti kannattaa huomata, että makuuhuoneiden edessä ulko-ovelle johtavassa ”käytävässä” lämpötila nousee korkeaksi noin 1200 s kohdalla kaikissa simulaatioissa. Tällöin katonrajassa on noin 300 °C asteisia palokaasuja ja lämpötila nousee nopeasti palon kehittyessä. Käytännössä poistuminen makuuhuoneista niiden ovien kautta ei tämän jälkeen enää onnistu.

Varsinaista tapahtunutta paloa tutkittiin simulaatioilla, joissa olettiin, että taimmaisien makuuhuoneen ovi oli aluksi raollaan ja ulko-ovea lähempänä olevan makuuhuoneen ovi oli kiinni. Taimmaisien makuuhuoneen ovi avattiin kokonaan, kun sieltä poistuttiin. 30 sekuntia myöhemmin poistuja avasi ulko-oven ja jätti sen poistuessaan auki. Poistumishetkinä simuloinneissa olivat viisi minuuttia tai seitsemän ja puoli minuuttia kahvinkeitin liekehtivän palon alusta.

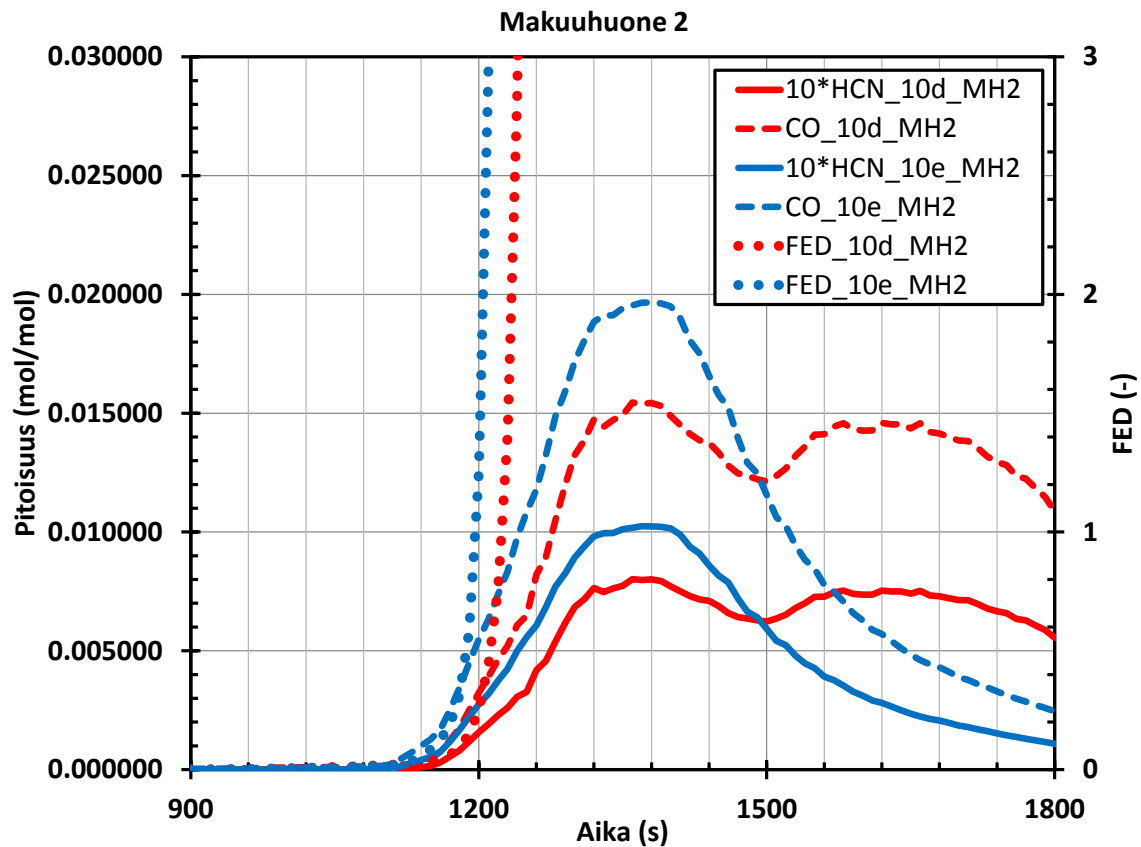
PIR-eristeen vaikutuksen tutkimiseksi tehtiin kolme erilaista simulaatiota. Ensimmäisessä simulaatiossa (”v10d”) taemman makuuhuoneen ovi avattiin 5 minuuttia kahvinkeitin syttymisestä liekkipaloon. PIR-eriste osallistui paloon samaan aikaan kuin kyseisessä kohdassa oleva välikaton alapinnan puuverhous. Toisessa simulaatiossa (”v10d2”) PIR-eristeen osallistumista paloon viivästettiin 10 minuuttia eli PIR syttyi puuverhouksen takana, kun puu oli ehtinyt palaa/hiiltä 10 minuuttia. Kolmas lasku (”v10e”) oli kuten ensimmäinen lasku, mutta nyt taaimmaisesta makuuhuoneesta poistuttiin 7,5 minuutin kohdalla eli 2,5 minuuttia myöhemmin.

Simulaatioiden tulokset on esitetty kuvissa A4-A7, joissa näkyy CO ja HCN pitoisuudet sekä FED-indeksi aikasarjoina. Kuvissa esitetään hään ("CO") pitoisuudet, HCN:n pitoisuudet kymmenkertaisina ("10*HCN") sekä FED-indeksin ("FED") arvot ulko-ovea lähempänä olevassa makuuhuoneessa ("MH1") ja taemmassa makuuhuoneessa ("MH2"). HCN-pitoisuuden ylittäessä arvon 180 ppm, tajunnan menetys on nopeaa (pari minuuttia). Pitoisuuden ylittäessä arvon 300 ppm aiheutuu kuolema (koe-eläimille) hyvin nopeasti¹.

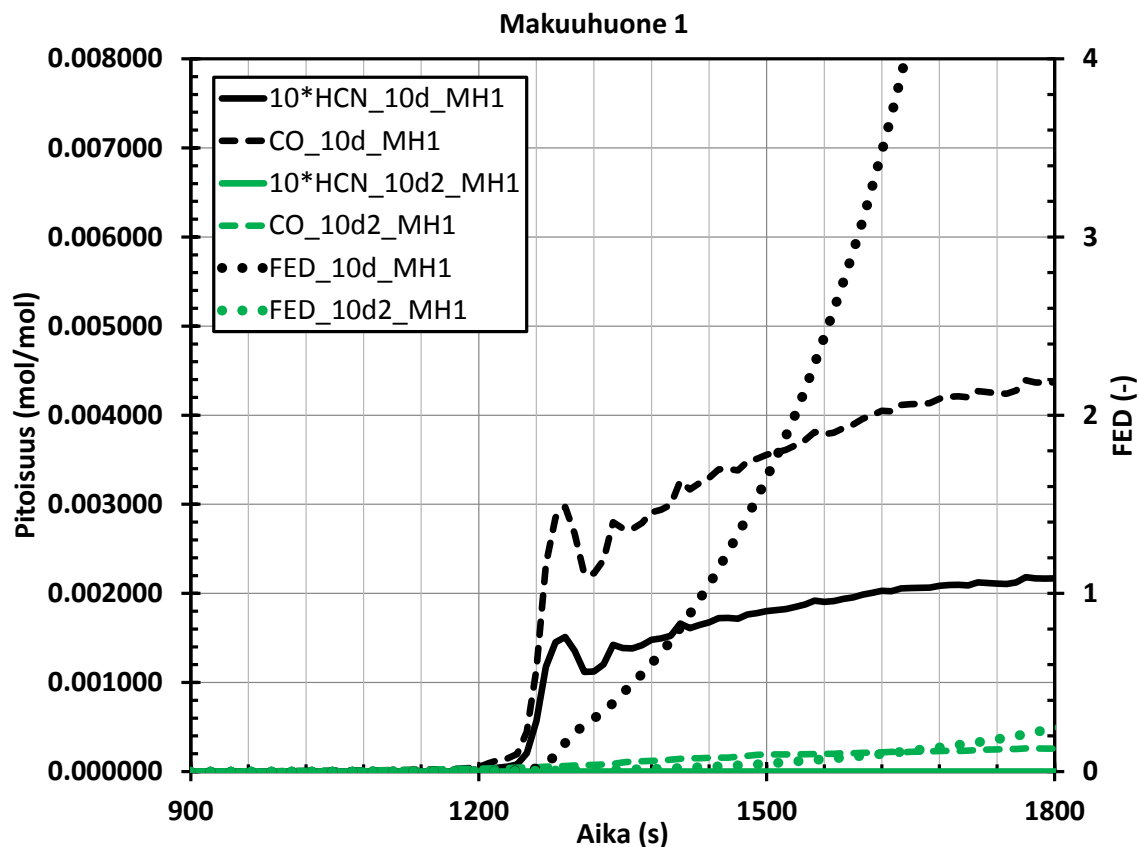


Kuva A4. Simulaatioiden tulokset ulko-ovea lähempänä olevan makuuhuoneen olosuhteille tapauksissa, joissa PIR-eriste osallistuu paloon samaan aikaan kuin välikaton puuverhous. Simulaatiossa "10d" taemmasta makuuhuoneesta poistutaan hetkellä 5 min ja simulaatiossa "10e" hetkellä 7,5 min.

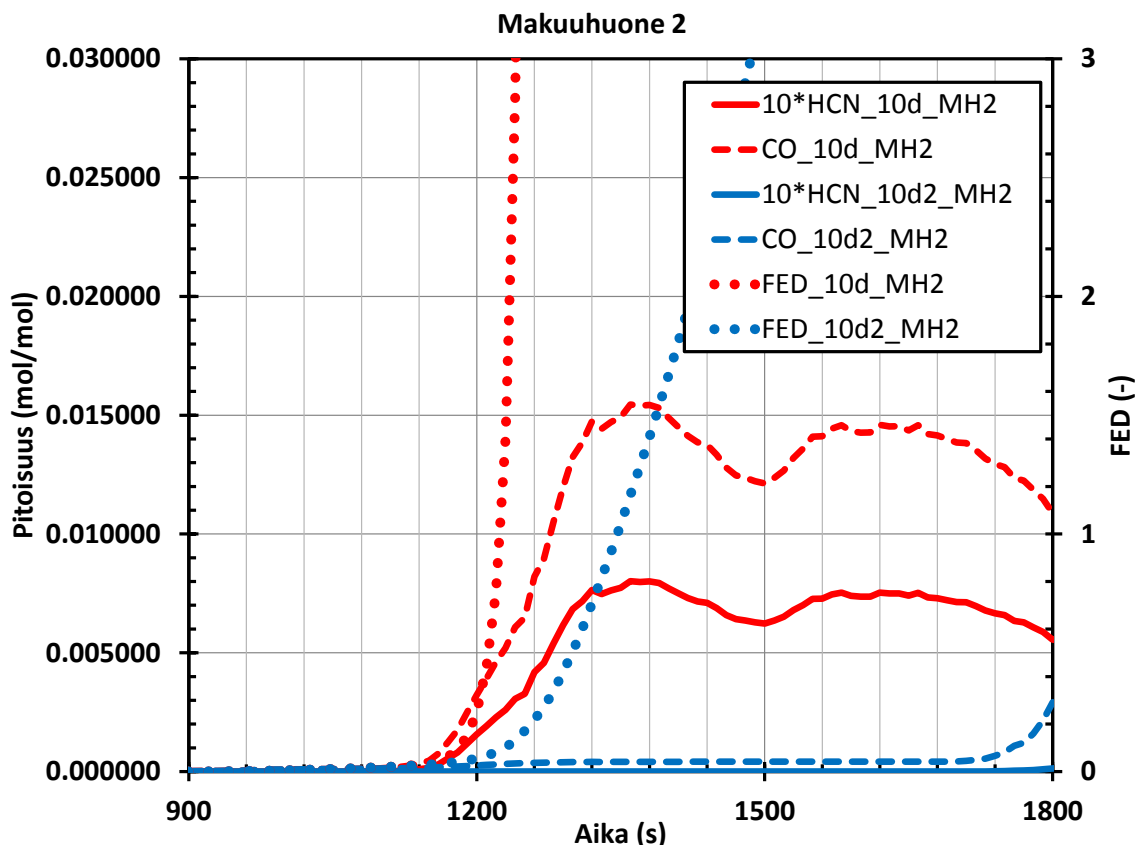
¹ Purser, D., 2002. Toxicity Assessment of Combustion Products, teoksessa The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3. painos, National Fire Protection Association, Quincy, MA, USA.



Kuva A5. Simulaatioiden tulokset taemman makuuhuoneen olosuhteille tapauksissa, joissa PIR-eriste osallistuu paloon samaan aikaan kuin välikaton puuverhous. Simulaatiossa "10d" taemmasta makuuhuoneesta poistutaan hetkellä 5 min ja simulaatiossa "10e" hetkellä 7,5 min.



Kuva A6. Simulaatioiden tulokset ulko-ovea lähempänä olevan makuuhuoneen olosuhteille tapauksissa, joissa taemmasta makuuhuoneesta poistutaan hetkellä 5 min. Simulaatiossa "10d" PIR-eriste osallistuu paloon samaan aikaan kuin välikaton puuverhous. Simulaatiossa "10d2" PIR-eristeen osallistumista paloon on viivytetty tästä 10 minuuttia.



Kuva A7. Simulaatioiden tulokset taemman makuuhuoneen olosuhteille tapauksissa, joissa taemmasta makuuhuoneesta poistutaan hetkellä 5 min. Simulaatiossa "10d" PIR-eriste osallistuu paloon samaan aikaan kuin välikaton puuverhous. Simulaatiossa "10d2" PIR-eristeen osallistumista paloon on viivytetty tästä 10 minuuttia.

Kuvista A5-A7 nähdään, että PIR-eristeellä on vaikutusta makuuhuoneiden olosuhteisiin, kun eriste mallitetaan syttyväksi samaan aikaan kuin sen alapuolella oleva puuverhous. Mikäli eriste mallitetaan syttyväksi 10 minuuttia puuverhouksen jälkeen, eivät eristeestä vapautuvat myrkkukaasut ehdi vaikuttamaan taemman makuuhuoneen (ja käytävän) olosuhteisiin ennen kuin ne muista syistä (hapen puute, lämpötila) muodostuvat sietämättömiksi.

Taemman makuuhuoneen ja ulko-ovelle johtavan käytävän olosuhteisiin PIR-eristeestä vapautuva HCN-kaasu vaikuttaa voimakkaasti, kun PIR mallitetaan syttyväksi samaan aikaan välikaton puuverhouksen kanssa. Simulaatioiden perusteella voidaan olettaa, että henkilöt näissä kohdissa menehtyvät pääasiassa HCN-altistukseen. Häkä ja hapen puute vaikuttavat hitaammin kuin HCN simulaatioiden tuottamilla pitoisuuksilla. Ulko-ovea lähempänä olevassa makuuhuoneessa HCN-pitoisuudet jäävät alhaisemmiksi, jolloin muiden kaasujen sekä hapen puutteen vaikutukset ovat myös merkittäviä.

Simulaatiotulokset antavat kvalitatiivisen kuvan palotapahtuman kulusta. Simulaatioiden perusteella taemmasta makuuhuoneesta voidaan poistua niin, että melkein heti ulko-oven avaamisen jälkeen olosuhteet ulko-ovelle johtavassa "käytävässä" ja taemmassa makuuhuoneessa ovat letaalit (korkea HCN-pitoisuus). Lähes samalla hetkellä palo myös voimistuu (leviää katossa) ja liekkejä muodostuu tuulikaappiin ja ulko-ovea lähempänä olevan makuuhuoneen edustalle. Tässä vaiheessa liekit tulevat myös ulos ulko-ovesta ja sytyttävät julkisivua ja räystään alapintaa. Tämän jälkeen poistuminen ovea lähempänä olevasta makuuhuoneesta käy mahdottomaksi.

LIITE B Simulointien tuloksia tuokiokuvina

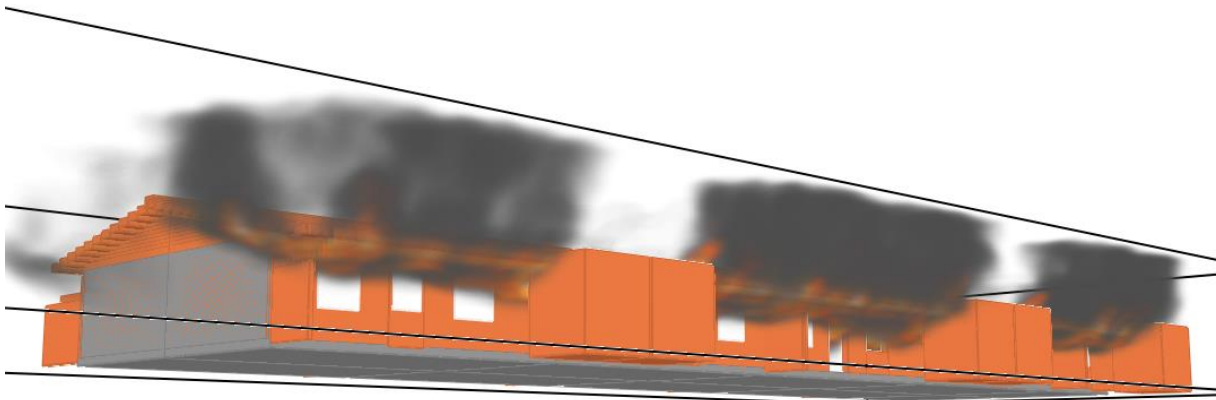
Tässä liitteessä joidenkin tehtyjen simulaatioiden kulkua havainnollistetaan esittämällä simuloinneista tuokiokuvia.

Palon leviämistä rakennuksen julkisivulla ja räystäään alla tutkittiin tekemällä lukuisia simulaatioita. Simulaatioita tehtiin eri laskentahilan tarkkuuksilla. Laskennassa käytettiin rakennuksen lähellä useimmissa laskuissa 20 cm kokoisia kuutiollisia laskentakoppeja. Joissakin laskuissa laskentahila hienonnettiin 10 cm kokoiseen kuutiollisiin laskentakoppeihin, jotta nähtäisiin laskentahilan vaikutus tuloksiin. Osassa laskuista mallitettiin rakennuksen ulkopuolelle enemmän tyhjää tilaa, jotta nähtäisiin reunaehtojen vaikutus (tuulen parempi mallitus).

Alla on listattu tehdyt simulaatiot. Tarkemmalla hilalla suoritettut simulaatiot on merkattu "10cm_" merkinnällä ja merkintä "M" viittaa simulaatioihin, joissa mallitettiin enemmän tyhjää tilaa rakennuksen ympärille. Err tuulennopeudet on merkattu seuraavasti: "v1", "v1b", "v1c" tarkoittavat simulaatioita rakennevaihtoehdolle 1, jossa ensimmäisessä on tyyntä, seuraavassa 2 m/s tuulta ja viimeisessä 5 m/s tuulta. Simuloinnin tietojen perään on kuvattu lyhyesti simuloinnin lopputulema isoilla kirjasimilla, tyyliin "leviää", "ei leviä". Listan jälkeen on esitetty joidenkin simulaatioiden loppupäästä tuokiokuvia, joista näkyy, kuinka palo on levinnyt julkisivulla.

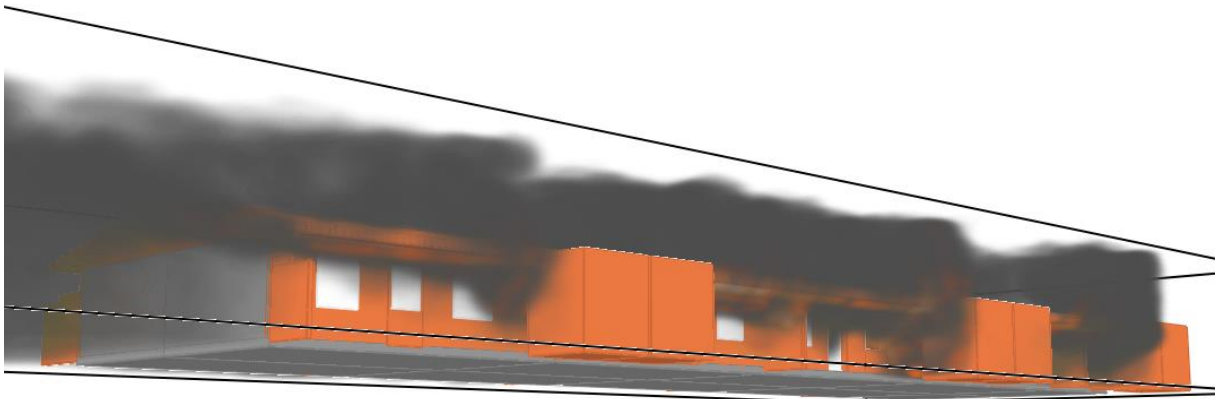
- v1: palanut talo (eli pitkä räystäs), 0 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- v1b: palanut talo (eli pitkä räystäs), 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- v1bM: palanut talo (eli pitkä räystäs), 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- v1c: palanut talo (eli pitkä räystäs), 5 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v1cM: palanut talo (eli pitkä räystäs), 5 m/s tuulta, LEVIÄÄ HIEMAN
- v2: lyhyt räystäs, 0 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- v2b: lyhyt räystäs, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v2bM: lyhyt räystäs, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v2c: lyhyt räystäs, 5 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v2cM: lyhyt räystäs, 5 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v3: pitkä räystäs, korkeat väliaidat, 0 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v3b: pitkä räystäs, korkeat väliaidat, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v3bM: pitkä räystäs, korkeat väliaidat, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v3c: pitkä räystäs, korkeat väliaidat, 5 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v3cM: pitkä räystäs, korkeat väliaidat, 5 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- v4b: pitkä palamaton räystäs, 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ HITAASTI
- v4bM: pitkä palamaton räystäs, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ

- v5b: pitkä palamaton räystäs, seinä kipsiä, 2 m/s tuulta EI LEVIÄ
- v5bM: pitkä palamaton räystäs, seinä kipsiä, 2 m/s, EI LEVIÄ
- v6b: pitkä palava räystäs, seinä kipsiä, 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- v6bM: pitkä palava räystäs, seinä kipsiä, 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- 10cm_v1b: palanut talo (eli pitkä räystäs), 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ
- 10cm_v2b: lyhyt räystäs, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- 10cm_v3b: pitkä räystäs, korkeat väliaidat, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- 10cm_v4b: pitkä palamaton räystäs, 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ HITAASTI
- 10cm_v5b: pitkä palamaton räystäs, seinä kipsiä, 2 m/s tuulta, EI LEVIÄ
- 10cm_v6b: pitkä palava räystäs, seinä kipsiä, 2 m/s tuulta, LEVIÄÄ



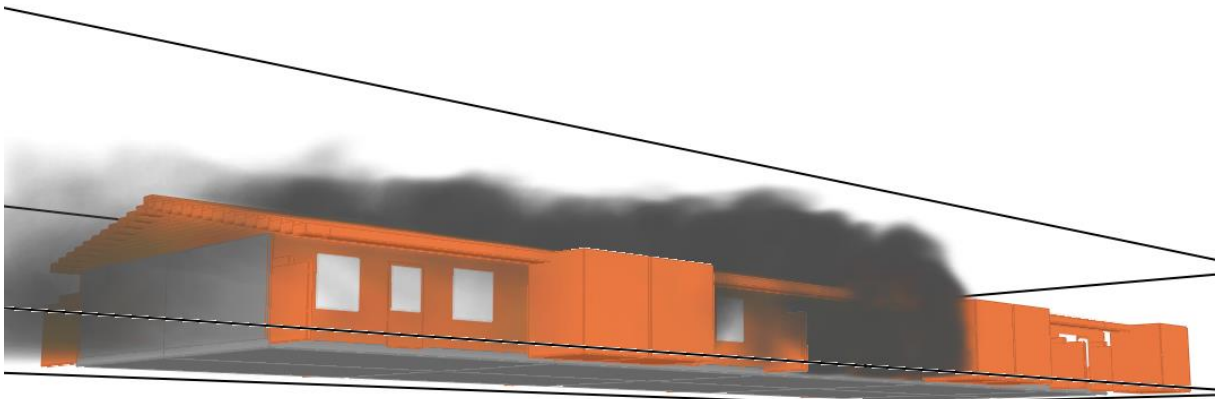
Time: 1200.0

Kuva B1. Havainnekuva simulaation "v1" loppuhetkestä.



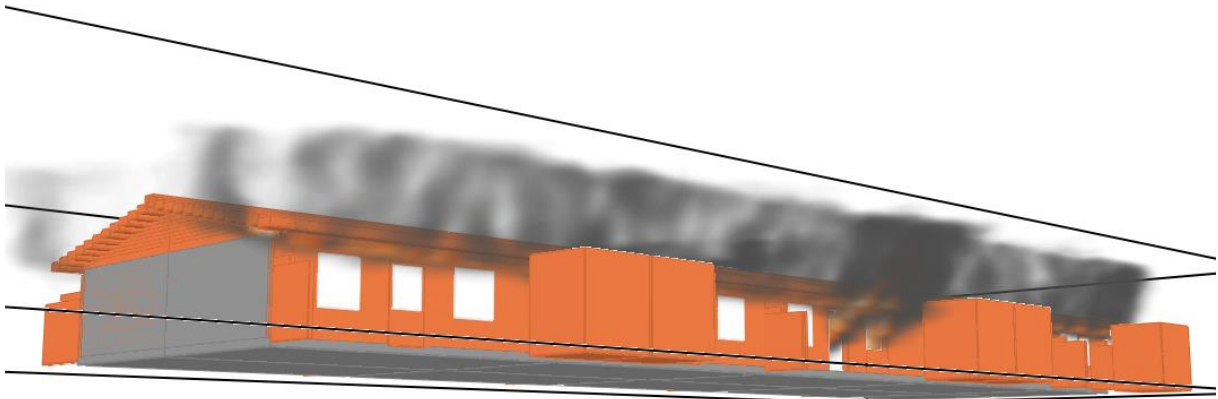
Time: 1200.0

Kuva B2. Havainnekuva simulaation "v1b" loppuhetkestä.



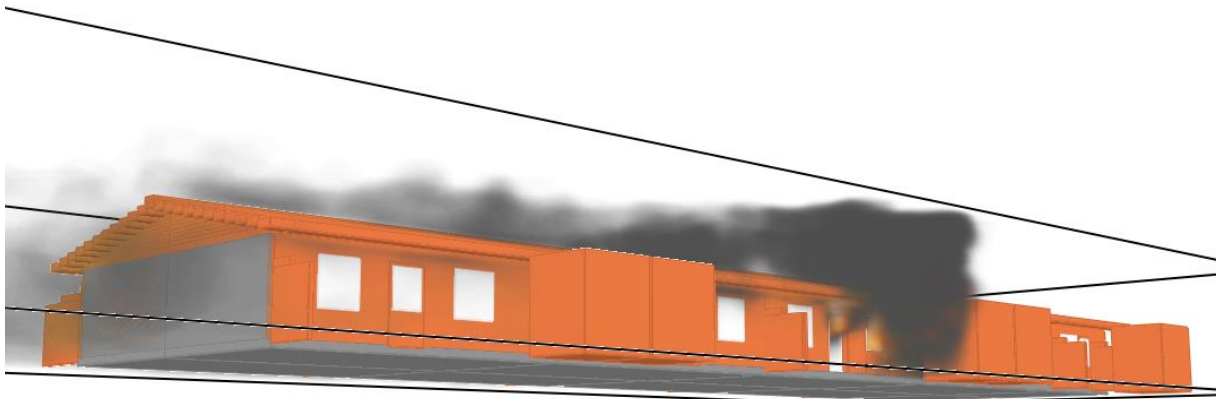
Time: 1200.0

Kuva B3. Havainnekuva simulaation "v1c" loppuhetkestä.



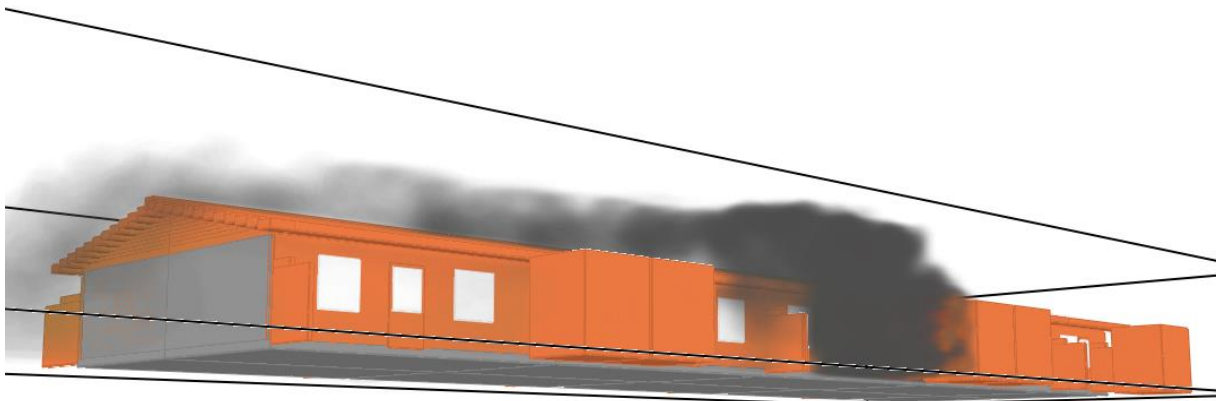
Time: 1200.0

Kuva B4. Havainnekuva simulaation "v2" loppuhetkestä.



Time: 1200.0

Kuva B5. Havainnekuva simulaation "v2b" loppuhetkestä.



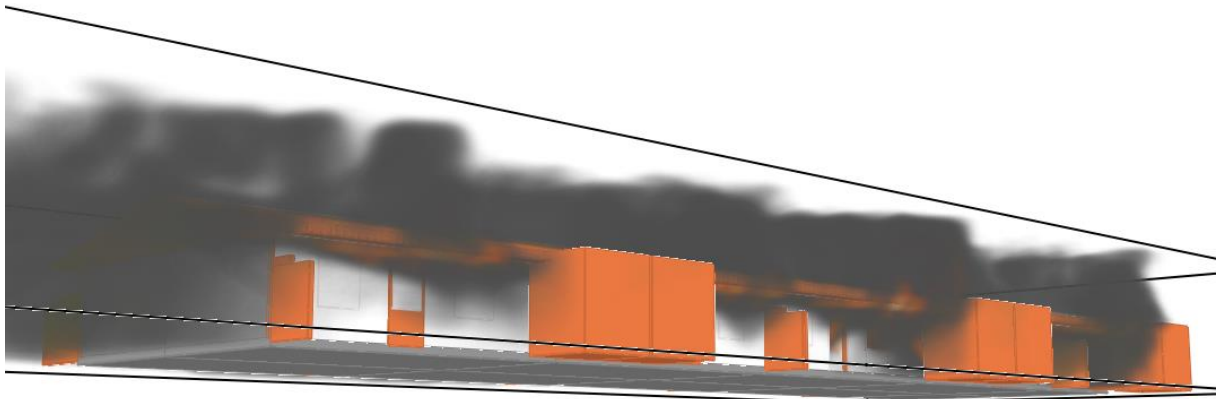
Time: 1200.0

Kuva B6. Havainnekuva simulaation "v2c" loppuhetkestä.



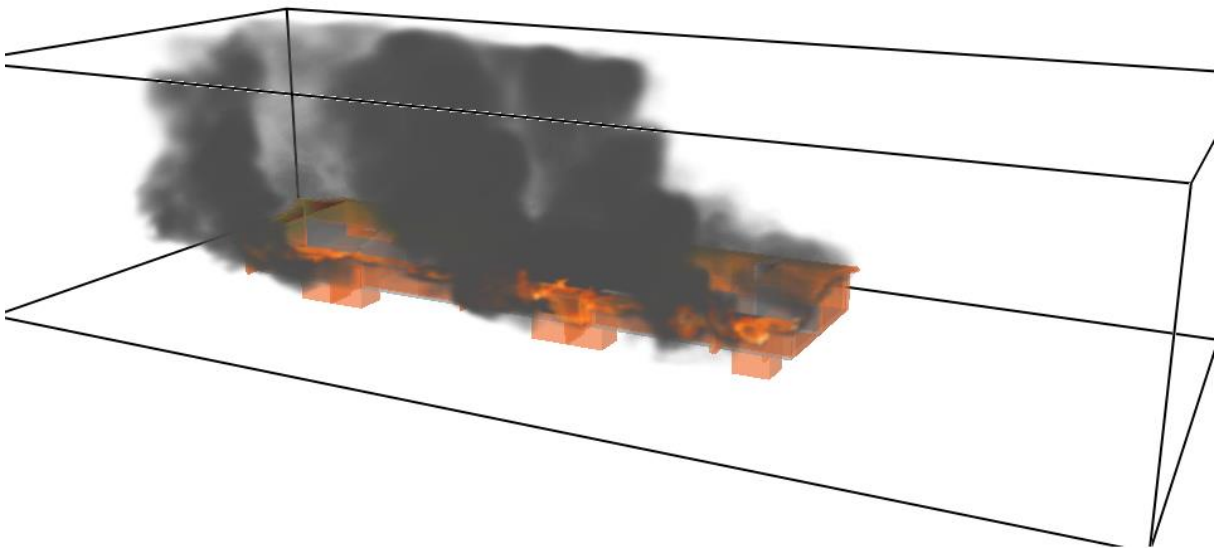
Time: 1200.0

Kuva B7. Havainnekuva simulaation "v5b" loppuhetkestä.



Time: 1200.0

Kuva B8. Havainnekuva simulaation "v6b" loppuhetkestä.



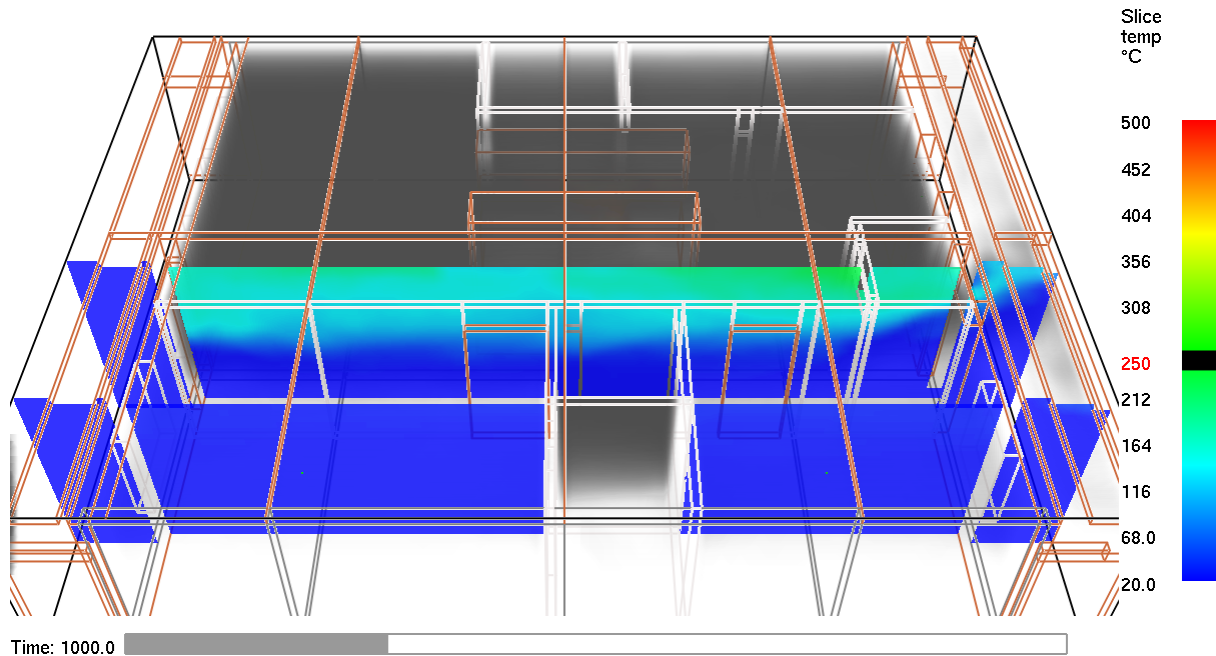
Time: 1200.0

Kuva B9. Havainnekuva simulaation "v1bM" loppuhetkestä.

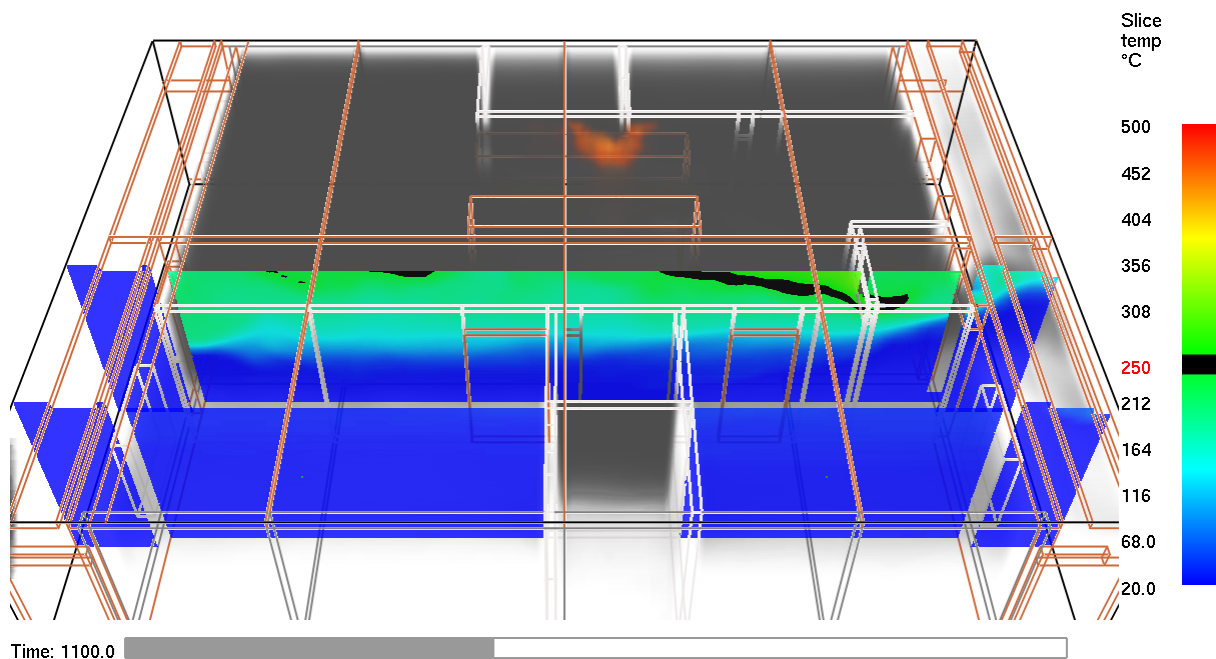
Palohuoneiston sisäpuolisia olosuhteita tutkittiin tekemällä lukuisia joukko alustavia simulaatioita, joissa testattiin erilaisia tapoja kuvata välikatossa oleva PIR eriste ja muu välikattorakenne. Näissä simulaatioissa testattiin erilaisia tapoja mallittaa yläpohjan tuuletus ja vuotoja asunnosta yläpohjaan. Simulaatioissa huomattiin, että PIR tulee mallittaa välikaton alapinnalle ("FDS mielessä"), jotta siitä vapautuneet myrkylliset kaasut päätyisivät palohuoneistoon. Simulaatioissa havaittiin myös, että yläpohjan palon mallituksella ei ollut vaikutusta palohuoneiston mallitukseen, joten varsinaisissa simulaatioissa päädyttiin käyttämään pienehköä laskenta-aluetta, johon kuului vain palohuoneisto sekä vähän ulkotilaa ulko-oven (varastopuoli) edessä. Lisäksi ulkotilaa oli laskussa hieman olohuoneen puolella, mutta tällä ei ole vaikutusta laskentaan vaan tämä tila mallitettiin lähinnä visuaalisten syiden vuoksi.

PIR-eristeen vaikutukselle tehtiin kuusi esimerkkilaskua, joissa palon annettiin kehittyä nopeasti eli ulko-ovi avattiin aikaisessa vaiheessa, jotta palo saa happea. Näissä

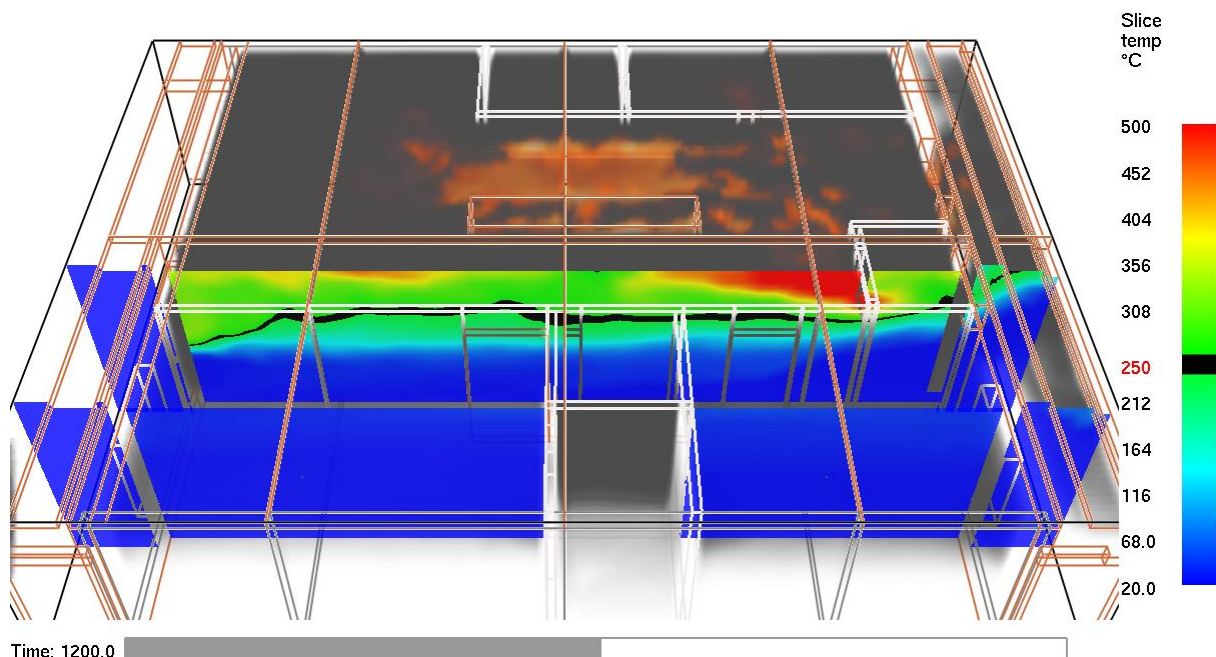
simulaatioissa ruokatilan ikkuna oli myös määritelty rikkoutuvaksi lämpötilakriteerin perusteella. Näillä simulaatioilla haluttiin tutkia, kuinka palokaasut tunkeutuvat makuuhuoneisiin, jos niiden ovet ovat kiinni. Tehdyt simulaatiot on listattu liitteessä A, jossa simulaatioiden tulokset on esitetty aikasarjoina. Kuvissa B10-B19 esitetään muutamia tuokiokuvia simulaatioista havainnollistamaan laskentatuloksia ja laskentageometriaa. Lämpötilaleikkaukset ovat makuuhuoneiden keskeltä sekä käytävä/ulko-ovi linjalta.



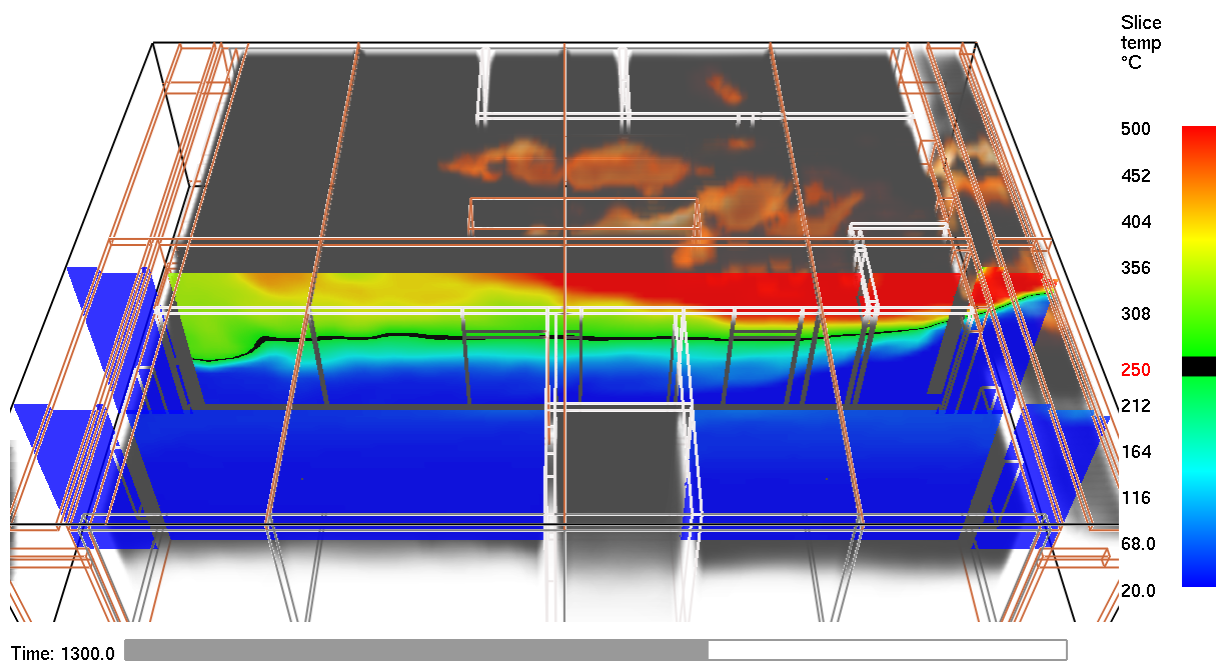
Kuva B10. Tuokiokuva hetkeltä 1000 s simuloinnista "v11d".



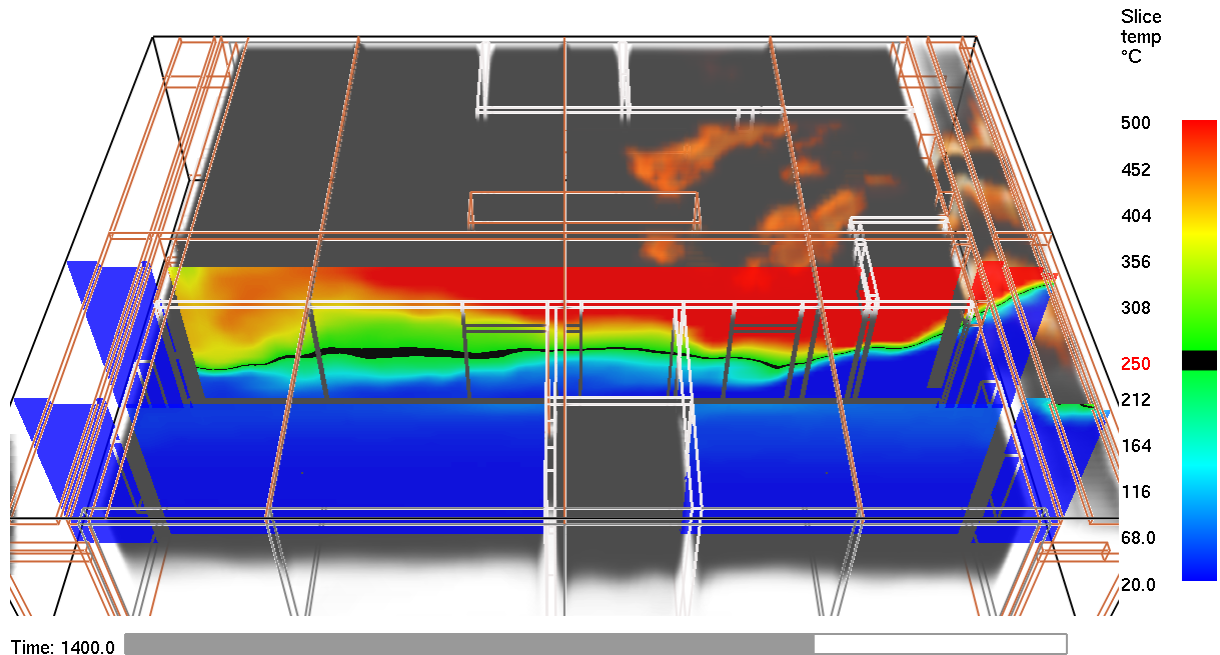
Kuva B11. Tuokiokuva hetkeltä 1100 s simuloinnista "v11d".



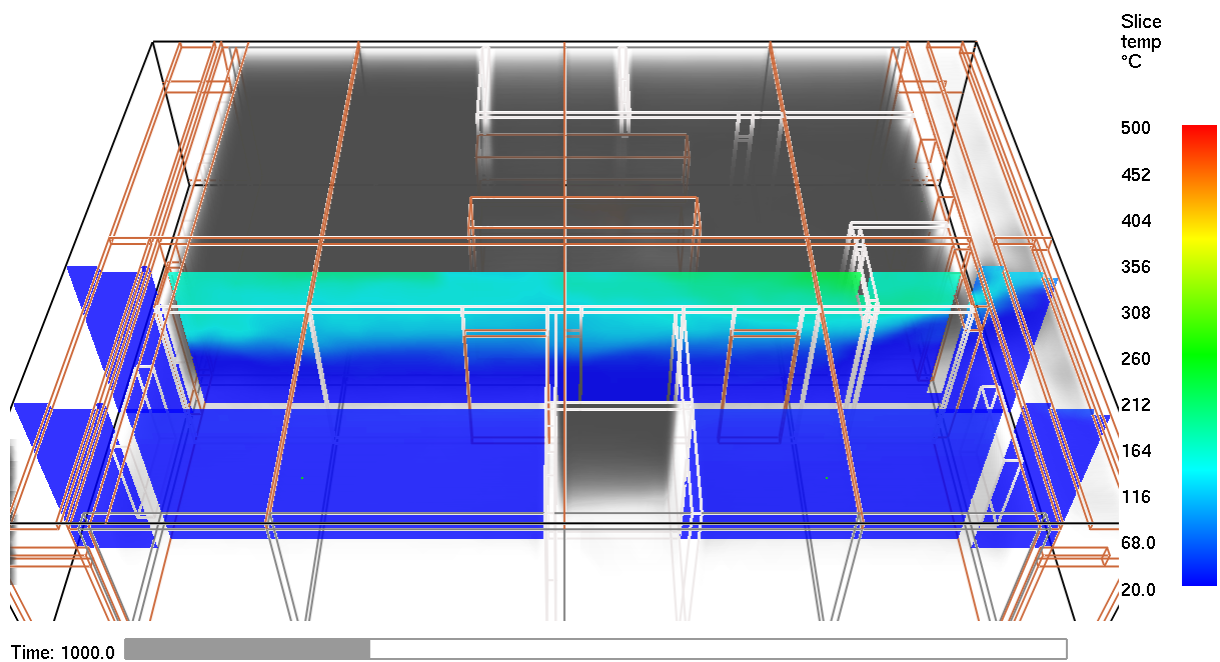
Kuva B12. Tuokiokuva hetkeltä 1200 s simuloinnista "v11d".



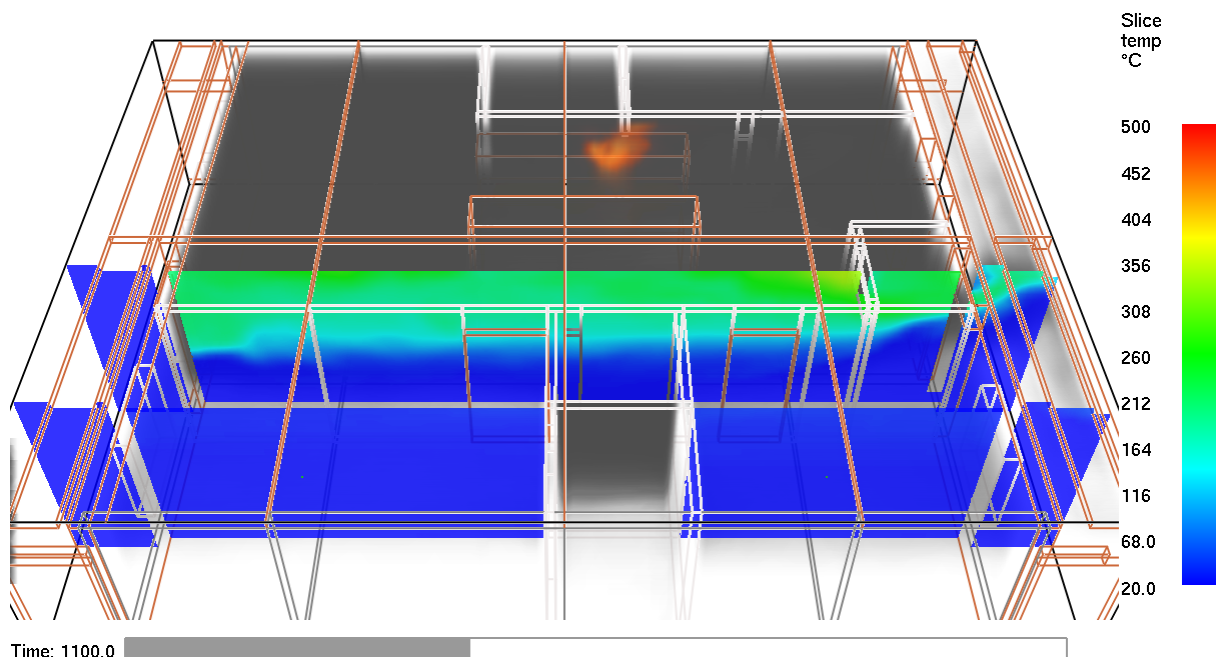
Kuva B13. Tuokiokuva hetkeltä 1300 s simuloinnista "v11d".



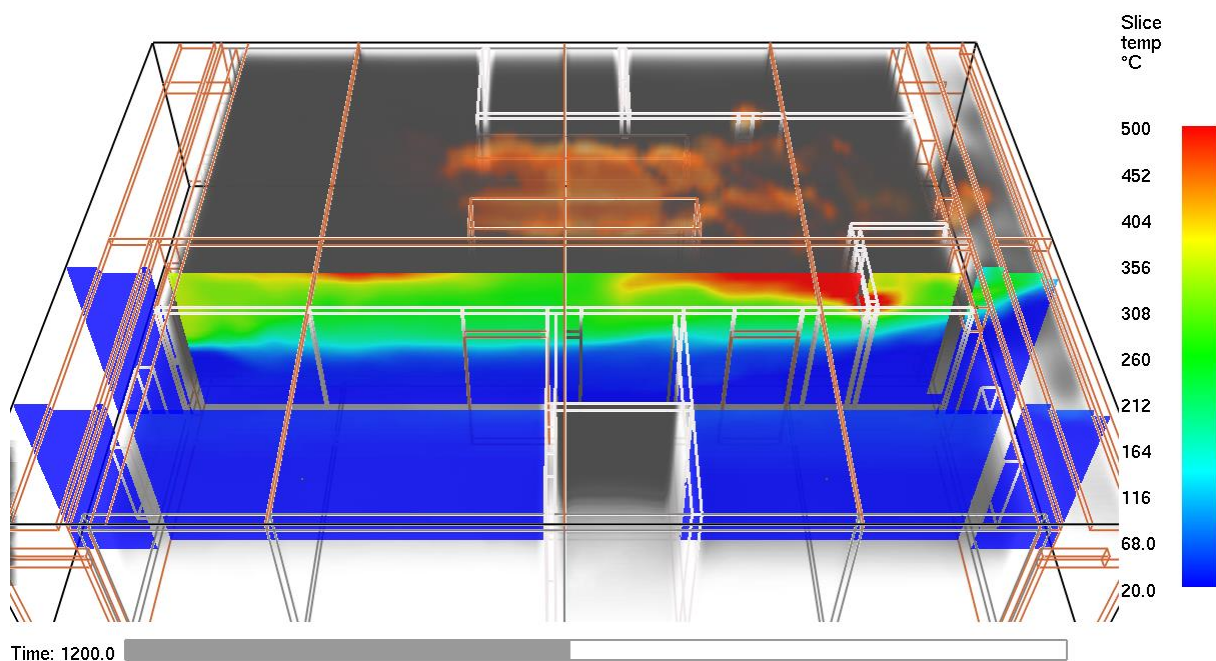
Kuva B14. Tuokiokuva hetkeltä 1400 s simuloinnista "v11d".



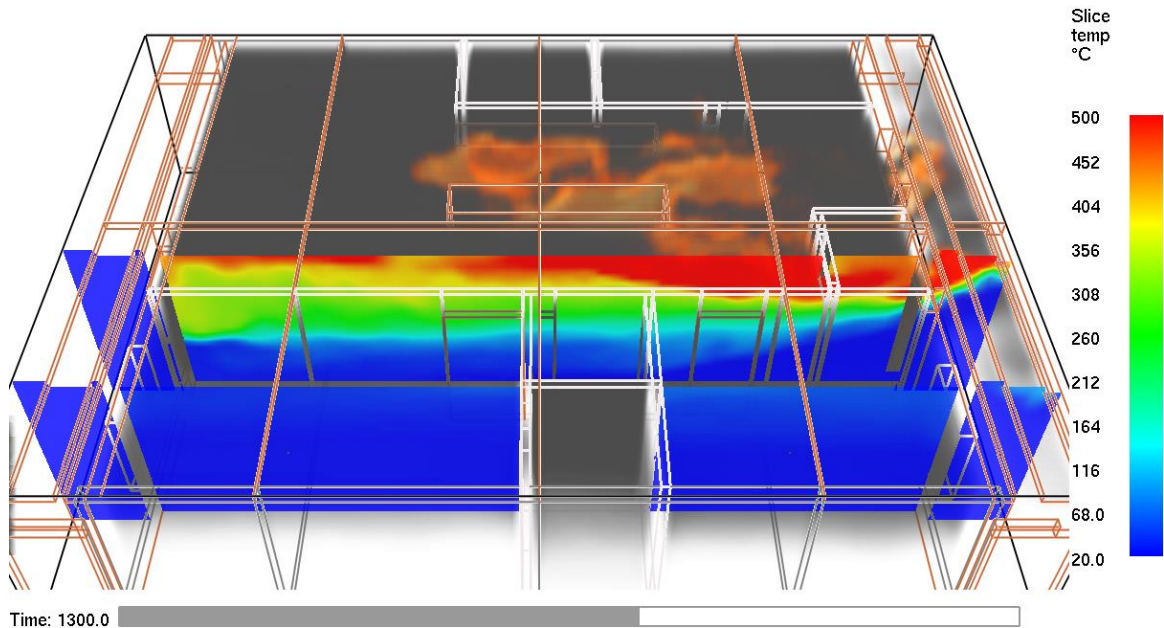
Kuva B15. Tuokiokuva hetkeltä 1000 s simuloinnista "v11f".



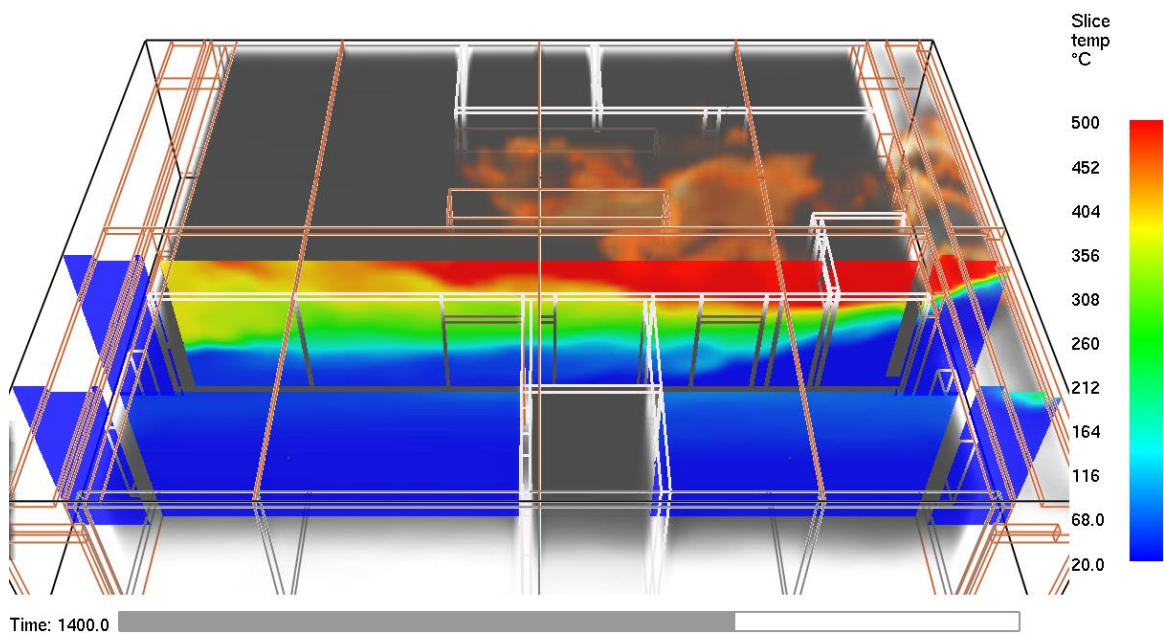
Kuva B16. Tuokiokuva hetkeltä 1100 s simuloinnista "v11f".



Kuva B17. Tuokiokuva hetkeltä 1200 s simuloinnista "v11f".



Kuva B18. Tuokiokuva hetkeltä 1300 s simuloinnista "v11f".



Kuva B19. Tuokiokuva hetkeltä 1400 s simuloinnista "v11f".

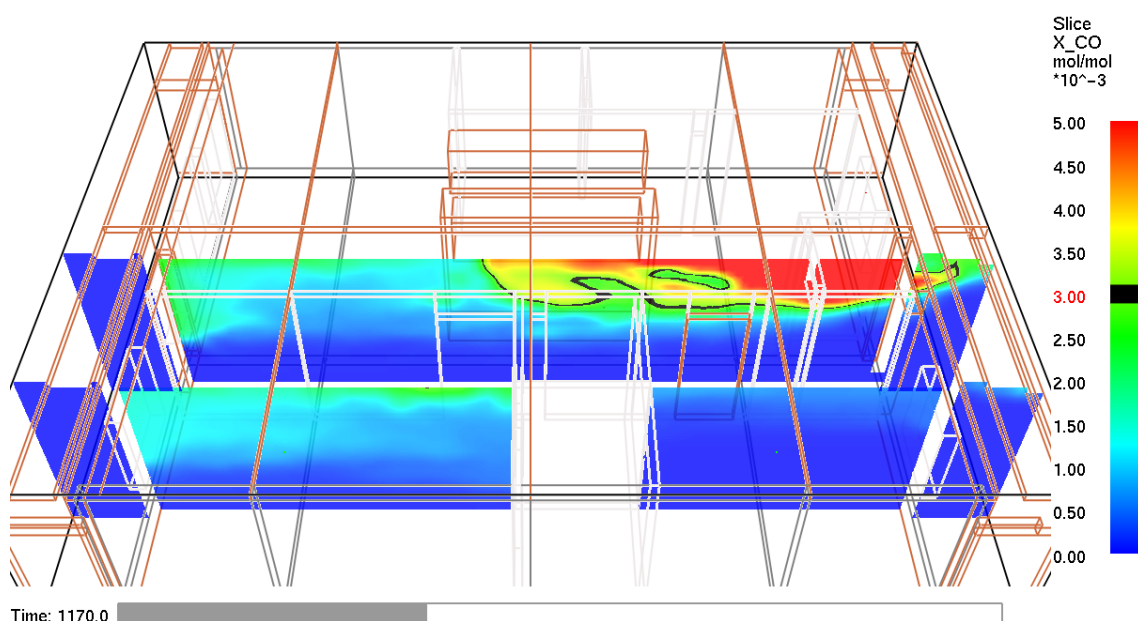
Varsinaista tapahtunutta paloa tutkittiin simulaatioilla, joissa oletettiin, että taemman makuuhuoneen ovi oli raollaan ja ulko-ovea lähempänä olevan makuuhuoneen ovi oli kiinni. Taimmaisen makuuhuoneen ovi avattiin kokonaan, kun sieltä poistuttiin. Poistuja avasi 30 s kuluttua tästä ulko-oven ja jätti sen poistuessaan aukinaiseksi. Poistumishetkinä simuloinneissa olivat sekä viisi minuuttia että seitsemän ja puoli minuuttia kahvinkeitin liekehtivän palon alusta.

Simulaatioita tehtiin kolme erilaista PIR-eristeen vaikutuksen tutkimiseksi. Ensimmäisessä ("v10d") taemman makuuhuoneen ovi avattiin 5 minuuttia kahvinkeitin syttymisestä liekipaloon ja tässä PIR-eriste osallistui paloon samaan aikaan kun kyseisessä kohdassa oleva välikaton alapinnan puuverhous. Toisessa laskussa ("v10d2") PIR-eristeen osallistumista paloon viivästettiin 10 minuuttia eli PIR syttyi puuverhouksen takana, kun puu oli ehtinyt palaa/hiiltä 10 minuuttia. Kolmas lasku ("v10e2") oli kuten ensimmäinen lasku,

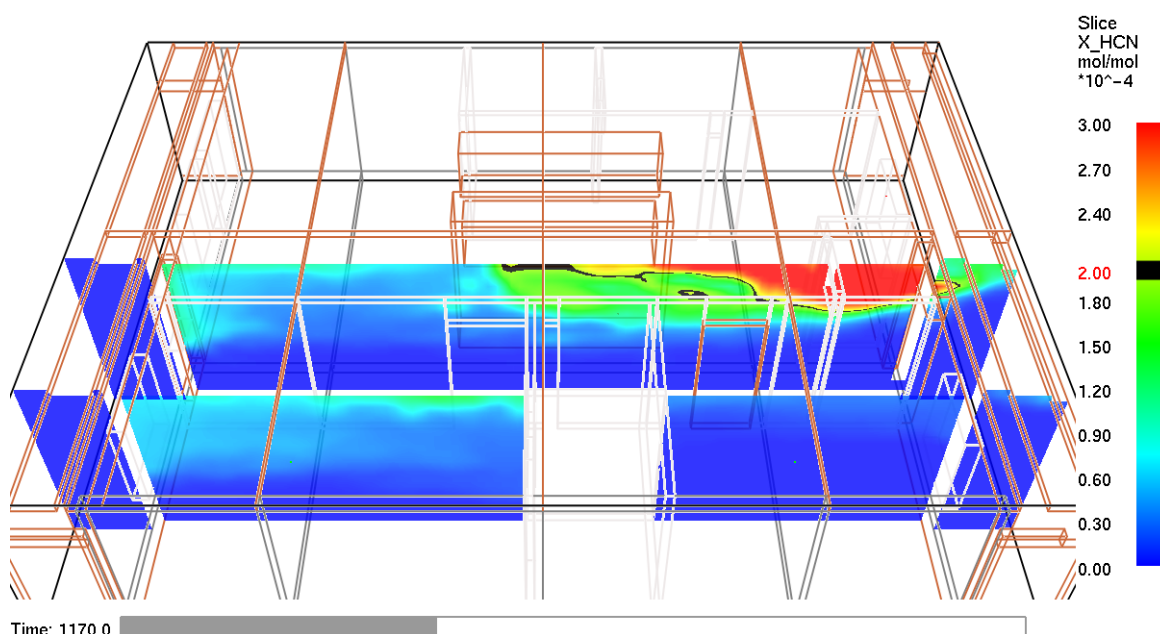
mutta nyt taimmaisesta makuuhuoneesta poistuttiin 7,5 minuutin kohdalla eli 2,5 minuuttia myöhemmin.

Alla on esitetty simuloinneista tuokiokuvia, joista näkyy CO ja HCN pitoisuudet sekä kaasun lämpötilat leikkaustasoina, jotka ovat makuuhuoneiden keskellä ja ulko-ovelle menevän "käytävän" keskellä. Kuvia esitetään kuudelta eri ajanhetkeltä: taemman makuuhuoneen oven avaushetkeltä ja siitä eteenpäin puolen minuutin välein. Viimeinen kuva on ajanhetkeltä kolme ja puoli minuuttia huoneen oven avaamisen jälkeen. CO ja HCN pitoisuuksista ei esitetä kuvia, jos pitoisuudet ovat niin pieniä, että ne eivät kunnolla näy väriskaalassa.

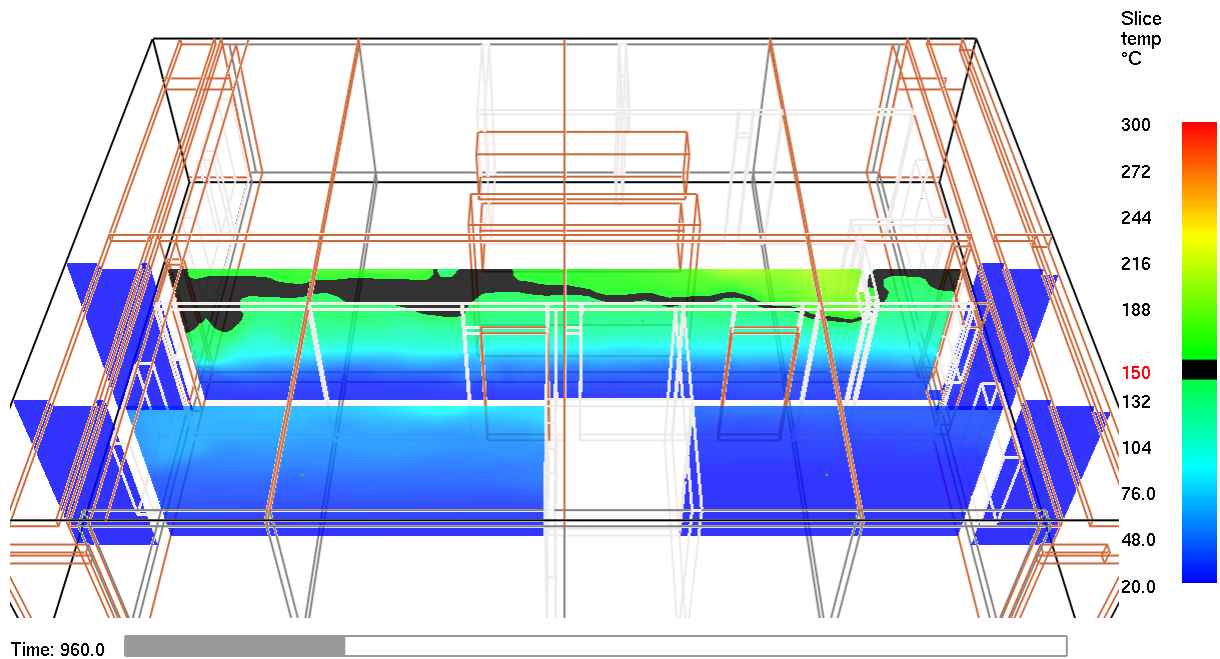
Lisäksi kustakin simulaatiosta näytetään havainnekuva savusta sekunti sen jälkeen, kun taemman makuuhuoneen ovi on avattu kokonaan. Havainnekuviissa katsotaan olohuoneen ulkoseinän sisäpuolelta kohti talon toisella puolella olevaa tuulikaappia/ulko-ovea. Katselukohta on lähellä lattiaa, jossa näkyvyys on parempi kuin ylempänä.



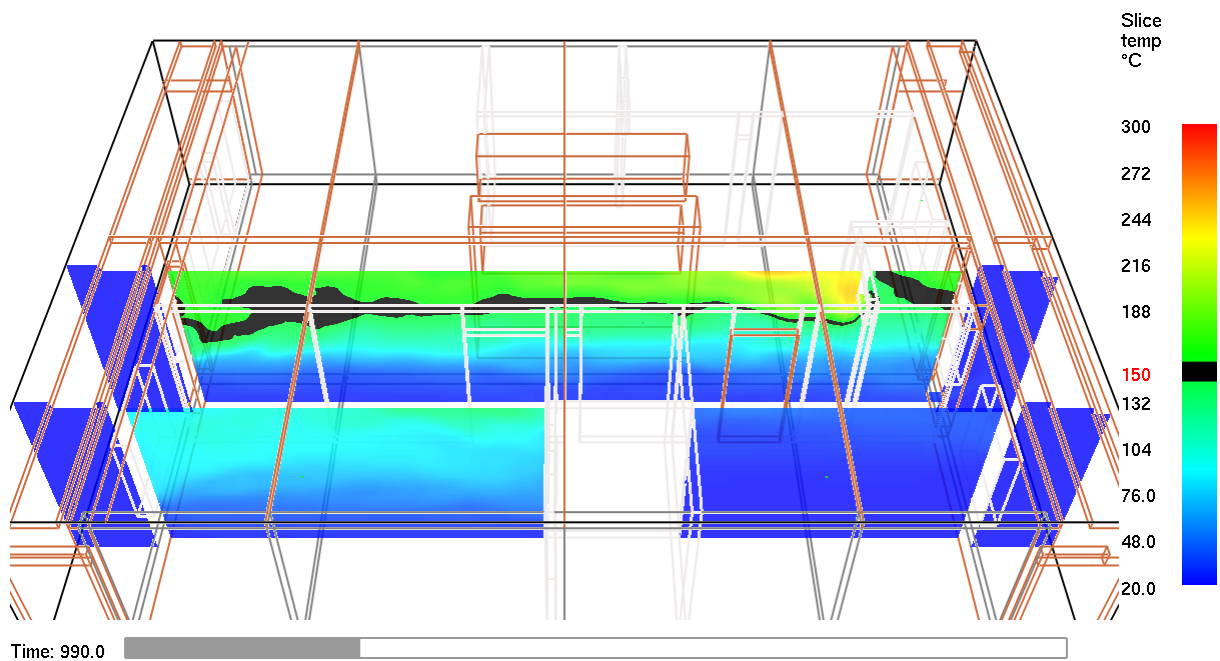
Kuva B20. Simulointi "v10d": CO pitoisuus hetkellä 1170 s.



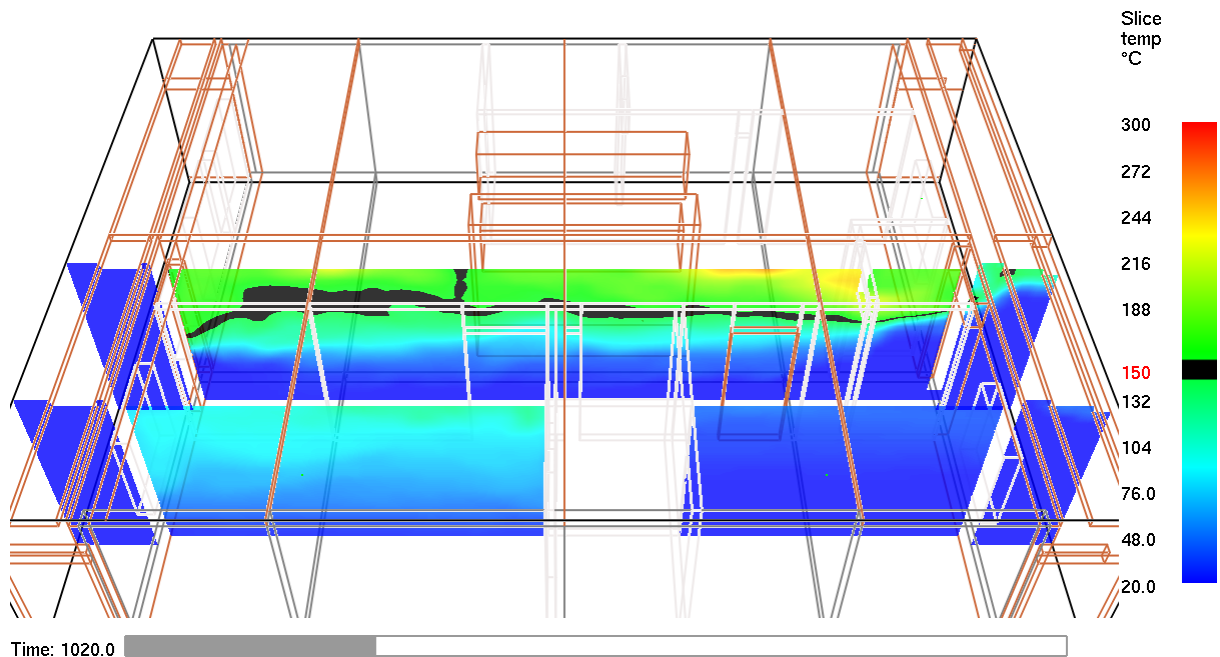
Kuva B21. Simulointi "v10d": HCN pitoisuus hetkellä 1170 s.



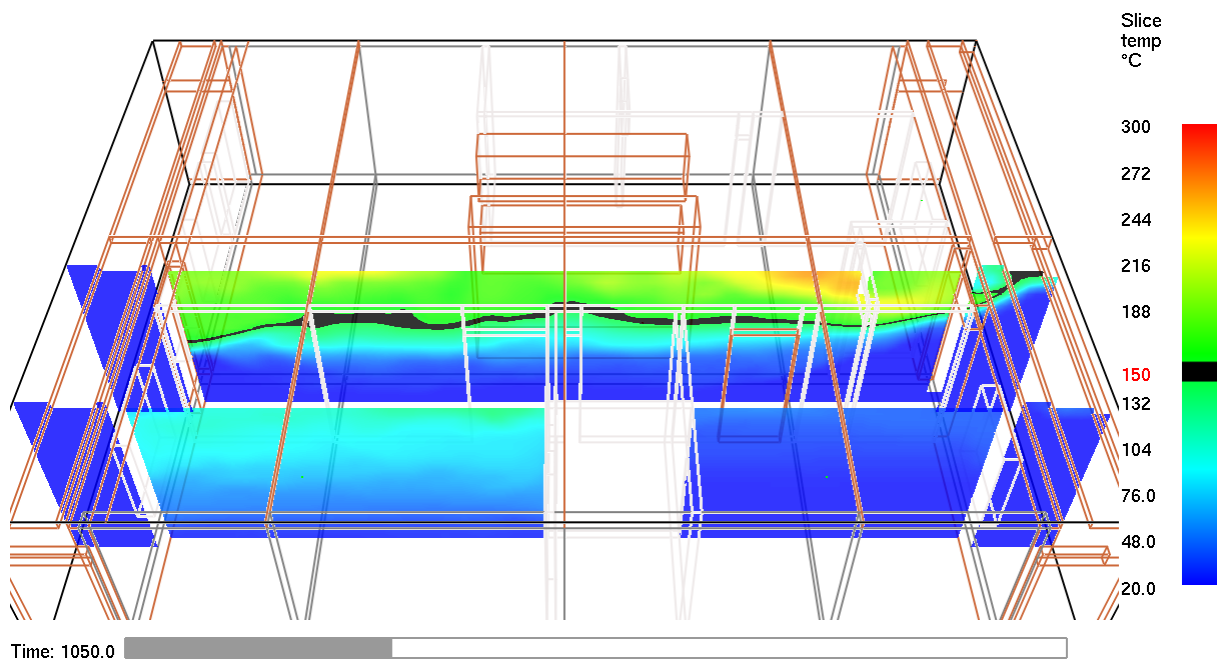
Kuva B22. Simulointi "v10d": lämpötila hetkelä 960 s.



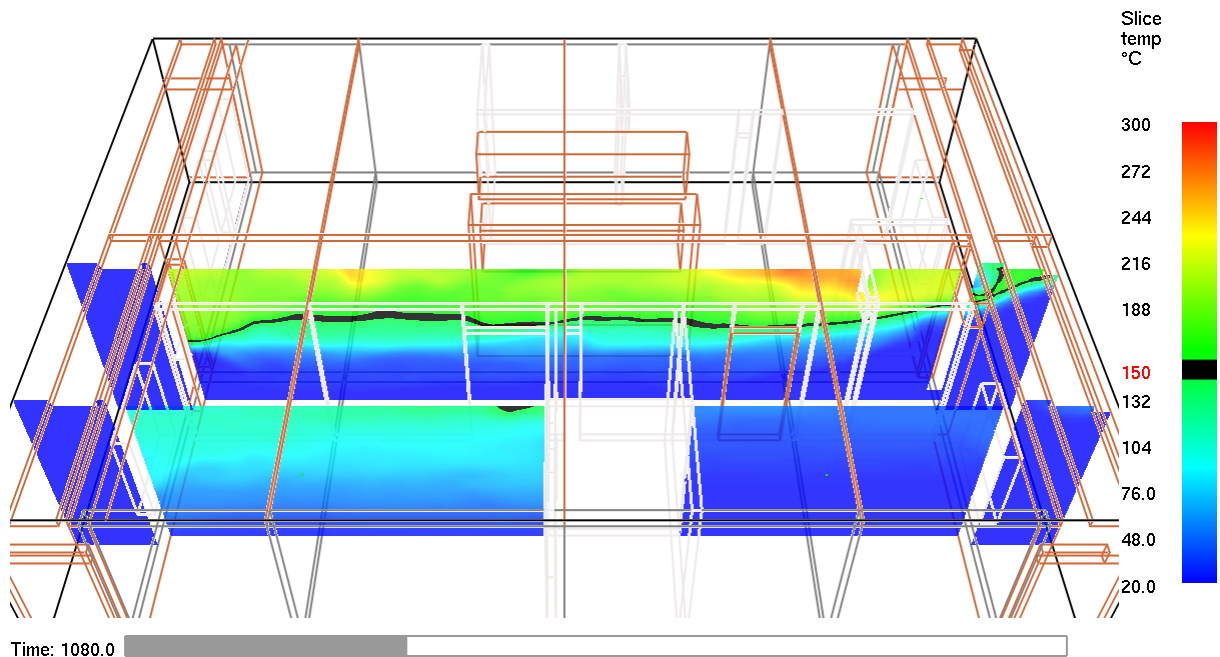
Kuva B23. Simulointi "v10d": lämpötila hetkellä 990 s.



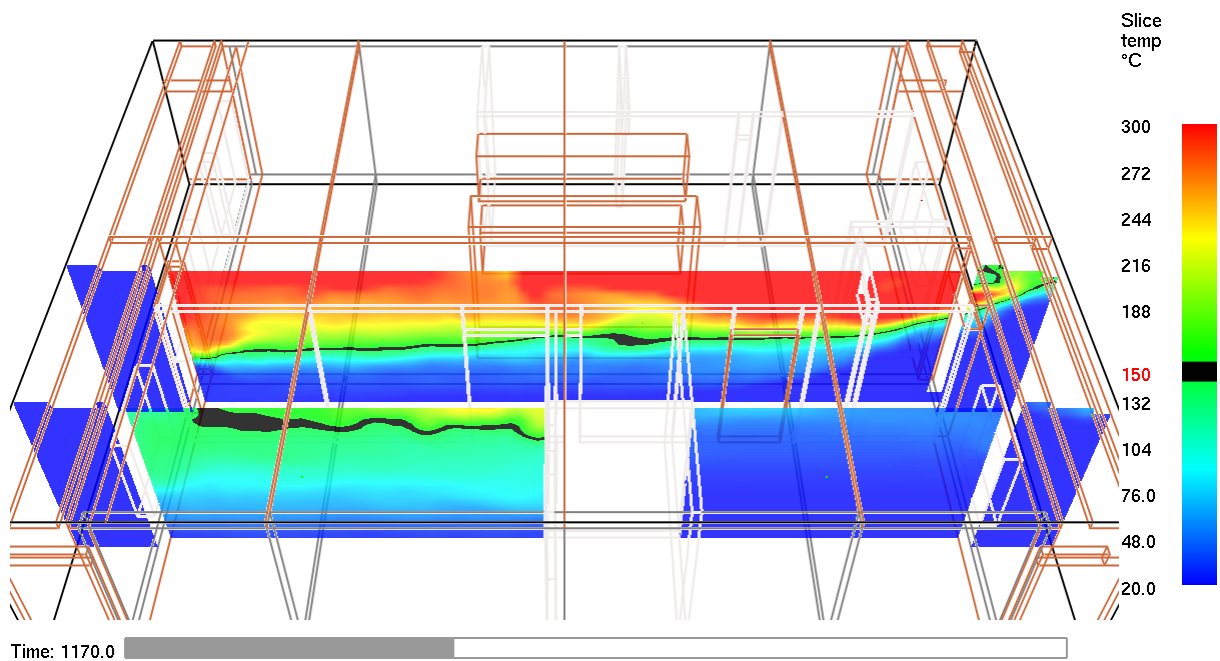
Kuva B24. Simulointi "v10d": lämpötila hetkellä 1020 s.



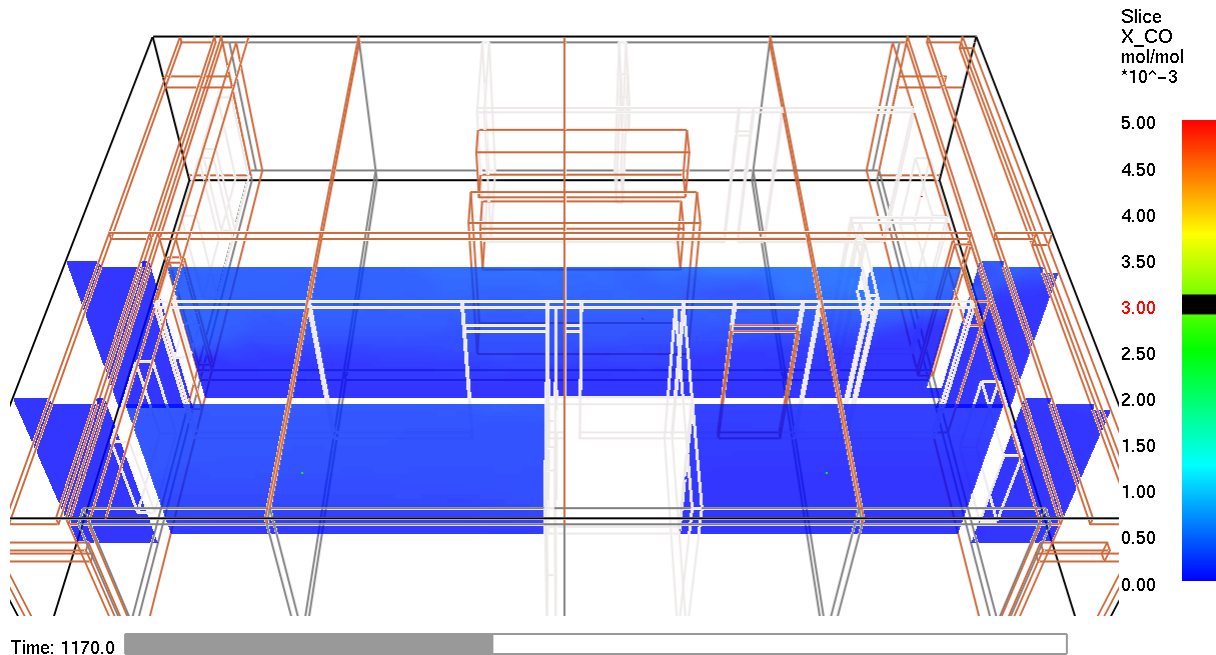
Kuva B25. Simulointi "v10d": lämpötila hetkellä 1050 s.



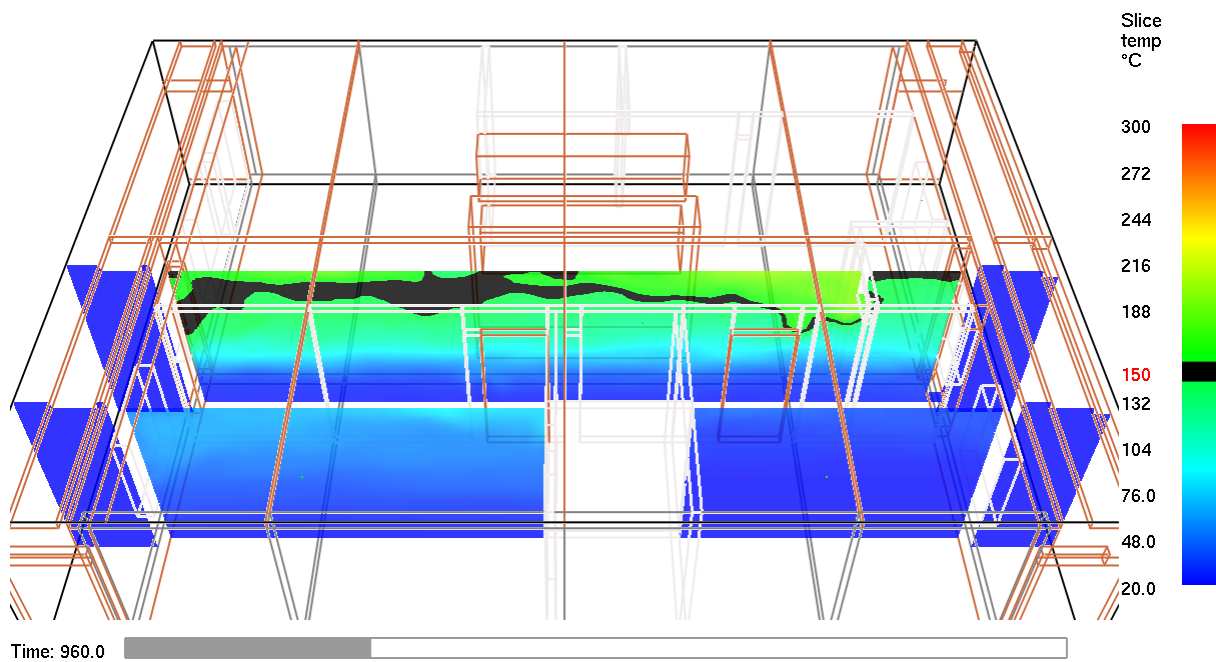
Kuva B26. Simulointi "v10d": lämpötila hetkellä 1080 s.



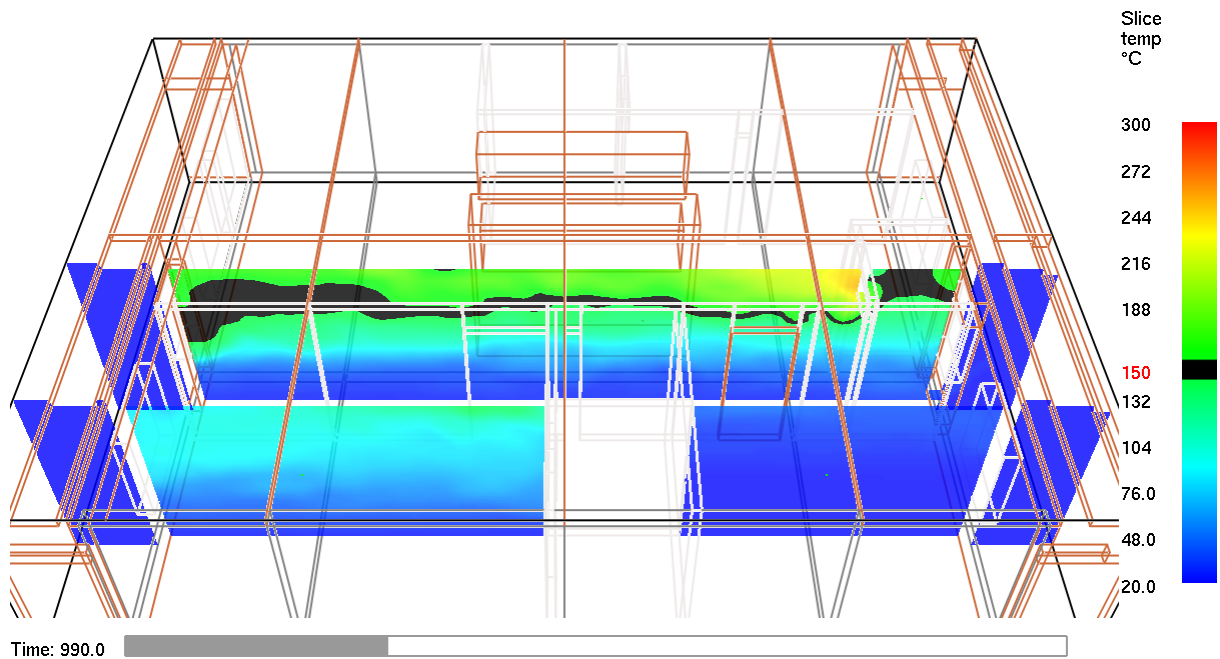
Kuva B27. Simulointi "v10d": lämpötila hetkellä 1170 s.



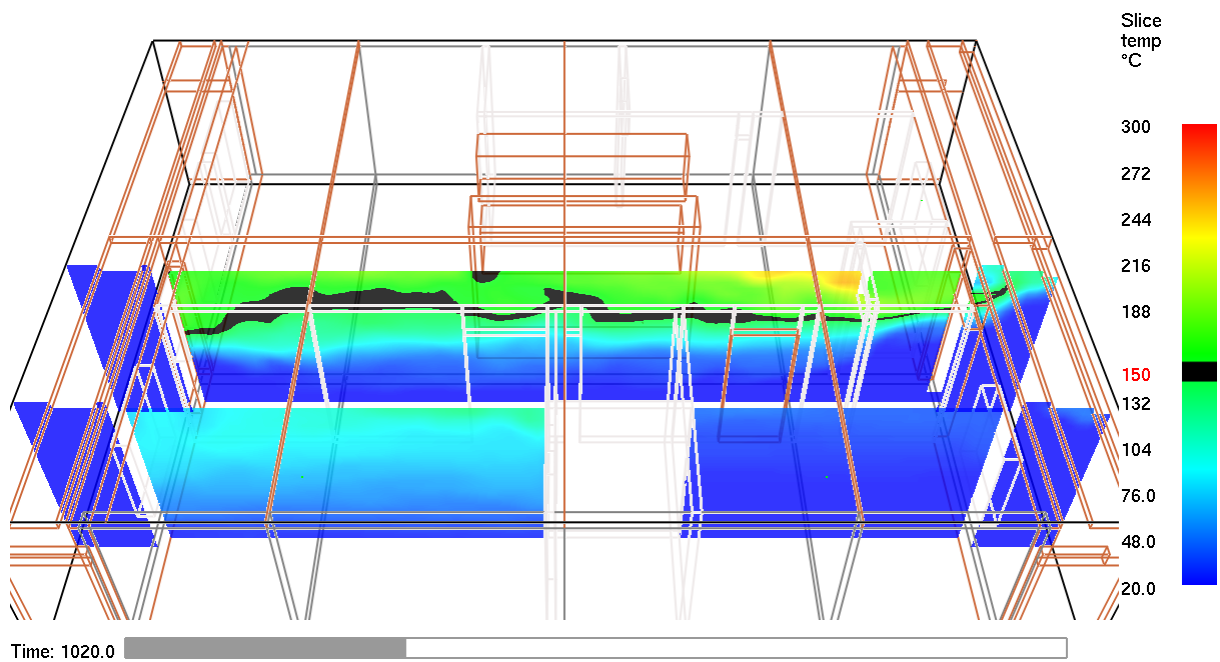
Kuva B28. Simulointi "v10d2": CO pitoisuus hetkellä 1170 s.



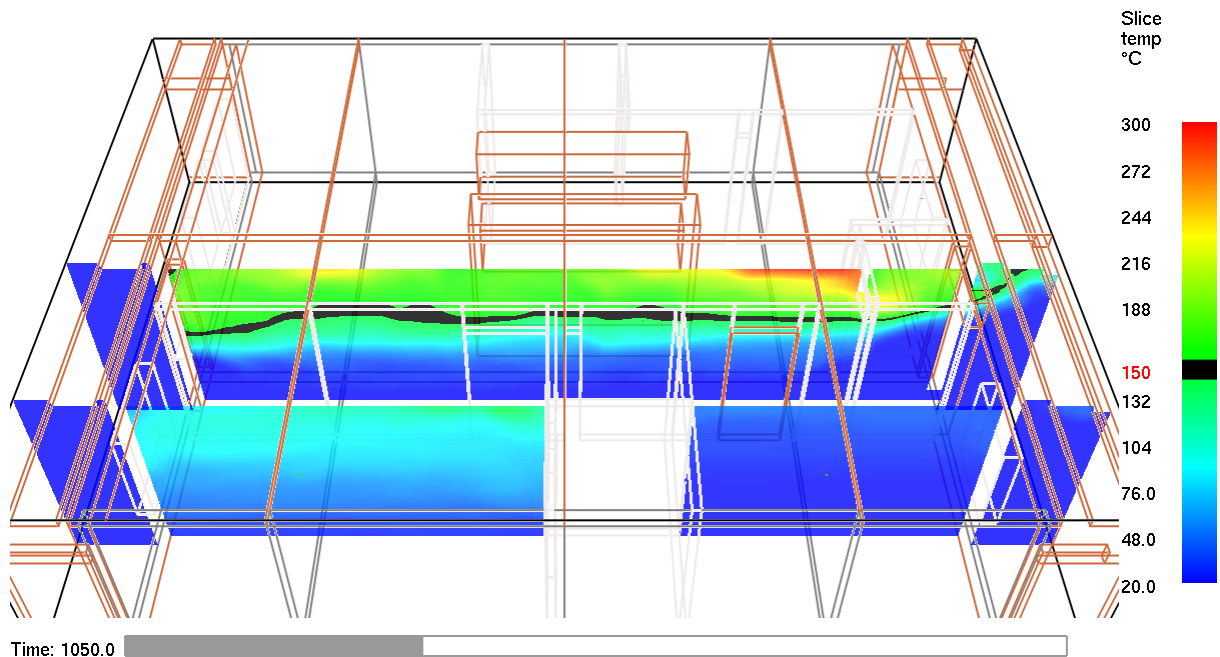
Kuva B29. Simulointi "v10d2": lämpötila hetkellä 960 s.



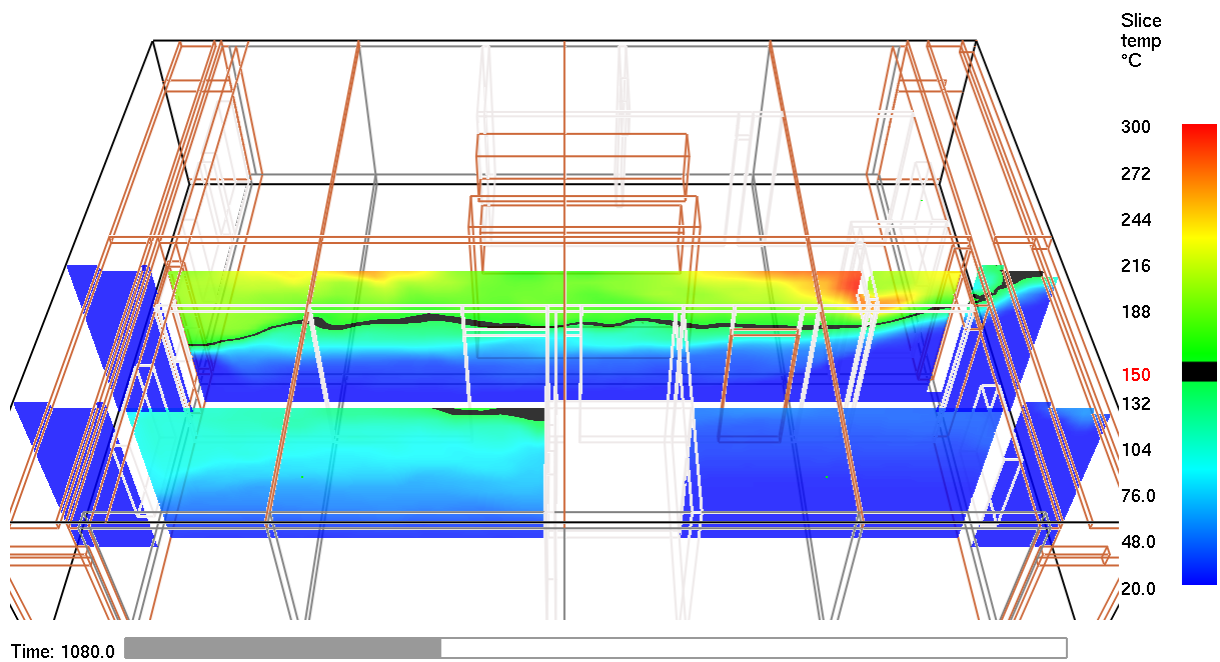
Kuva B30. Simulointi "v10d2": lämpötila hetkellä 990 s.



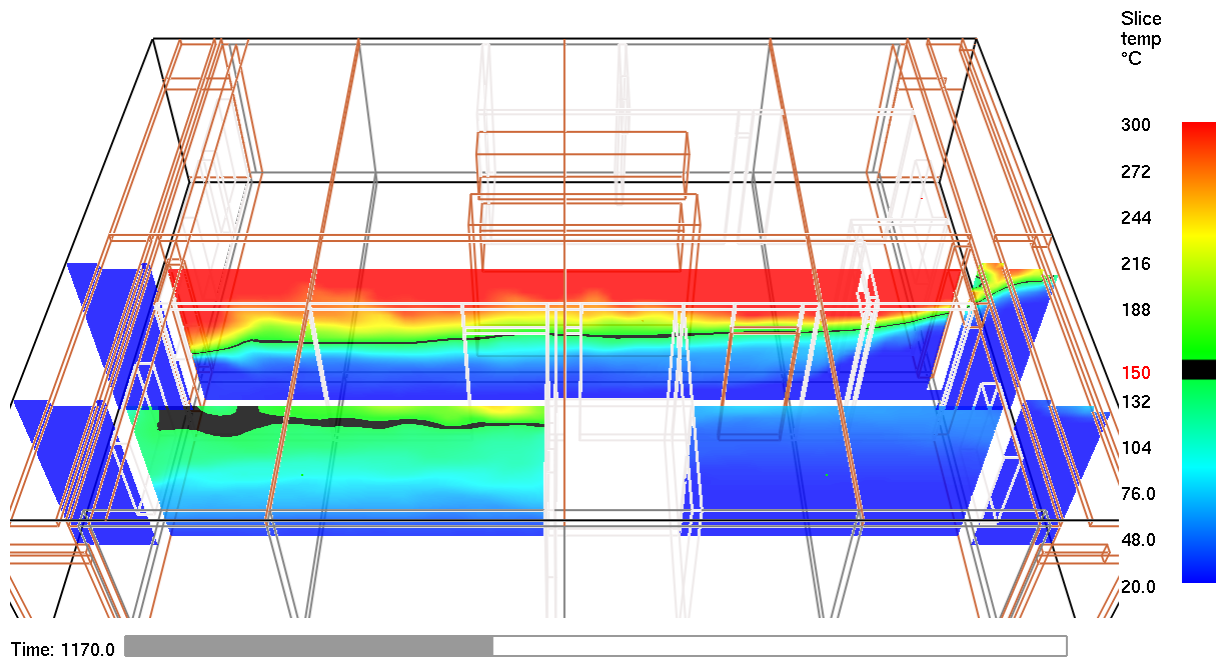
Kuva B31. Simulointi "v10d2": lämpötila hetkellä 1020 s.



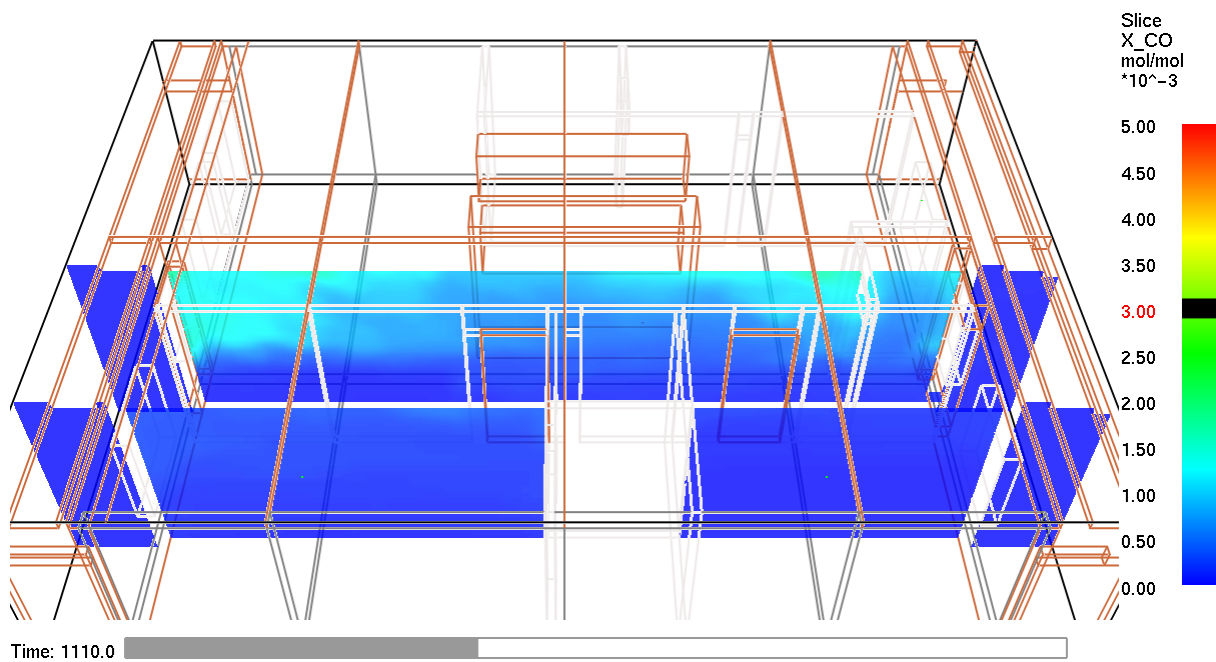
Kuva B32. Simulointi "v10d2": lämpötila hetkellä 1050 s.



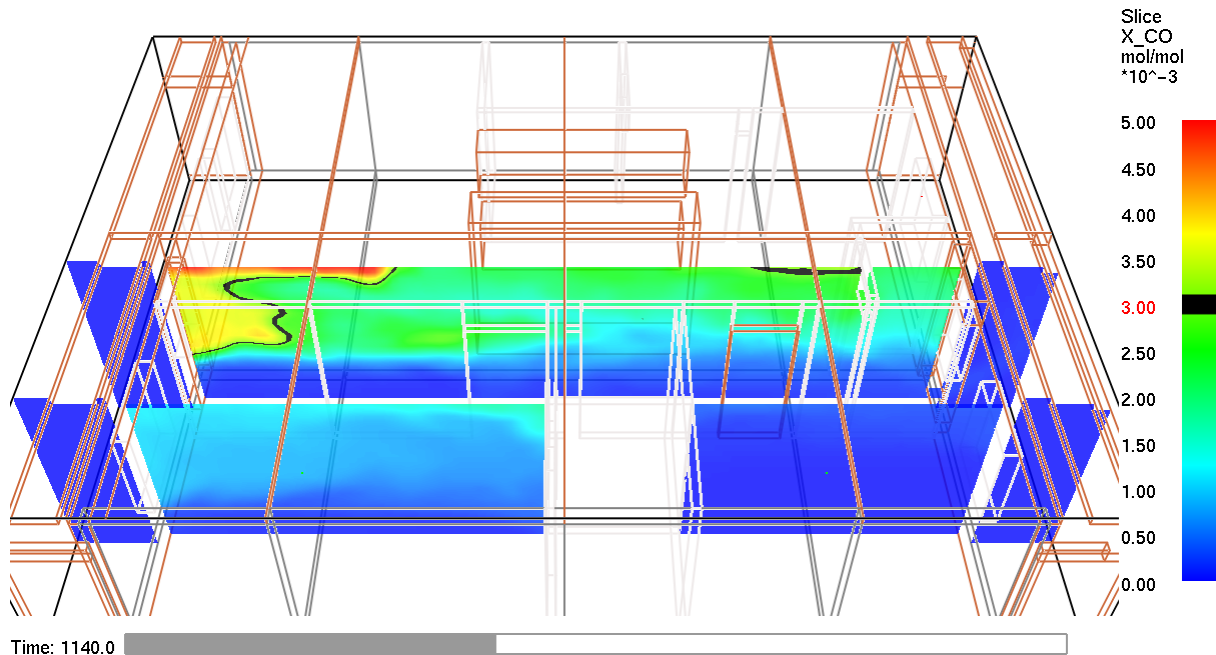
Kuva B33. Simulointi "v10d2": lämpötila hetkellä 1080 s.



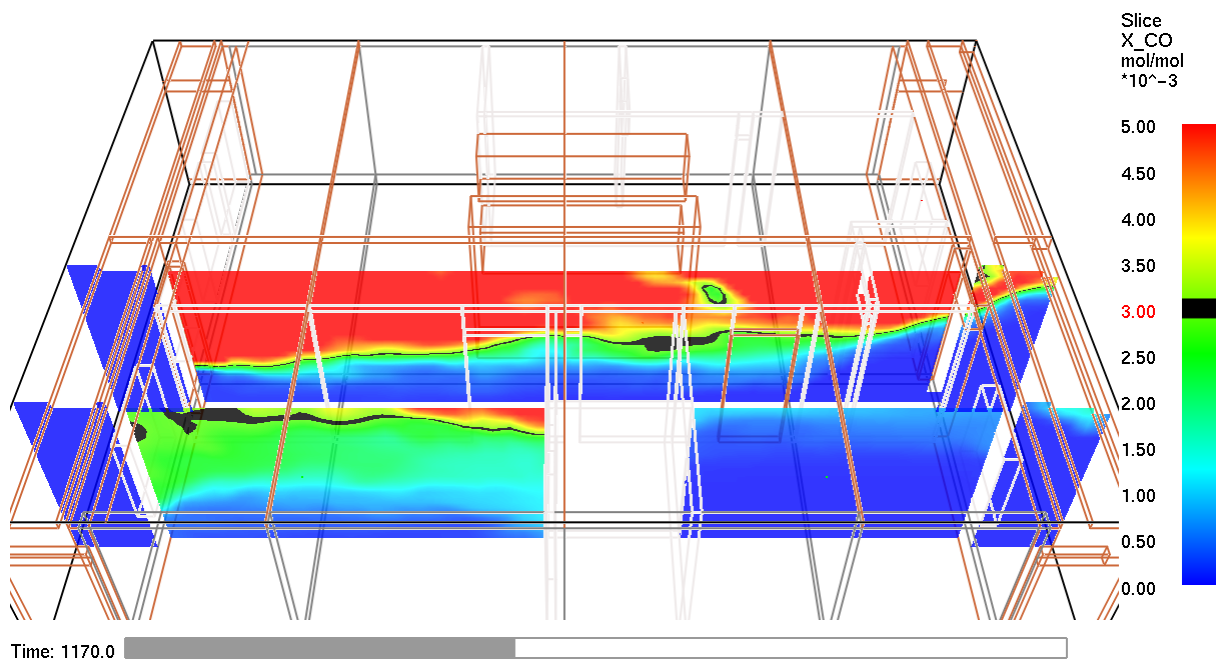
Kuva B34. Simulointi "v10d2": lämpötila hetkellä 1170 s.



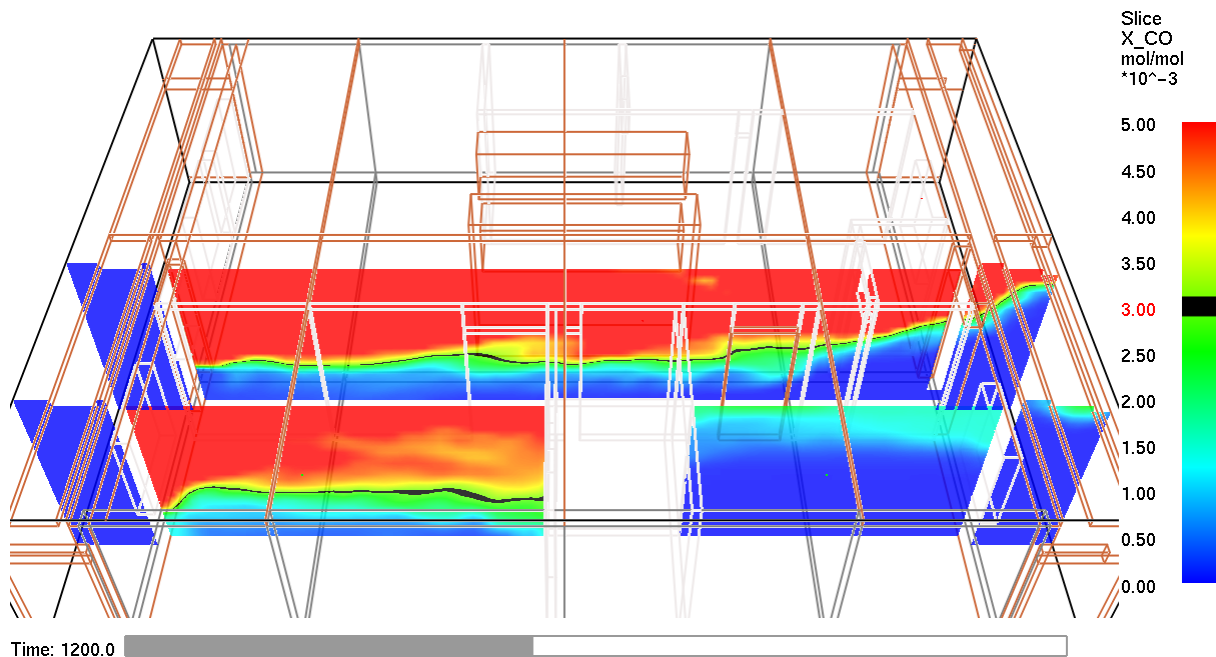
Kuva B35. Simulointi "v10e": CO pitoisuus hetkellä 1110 s.



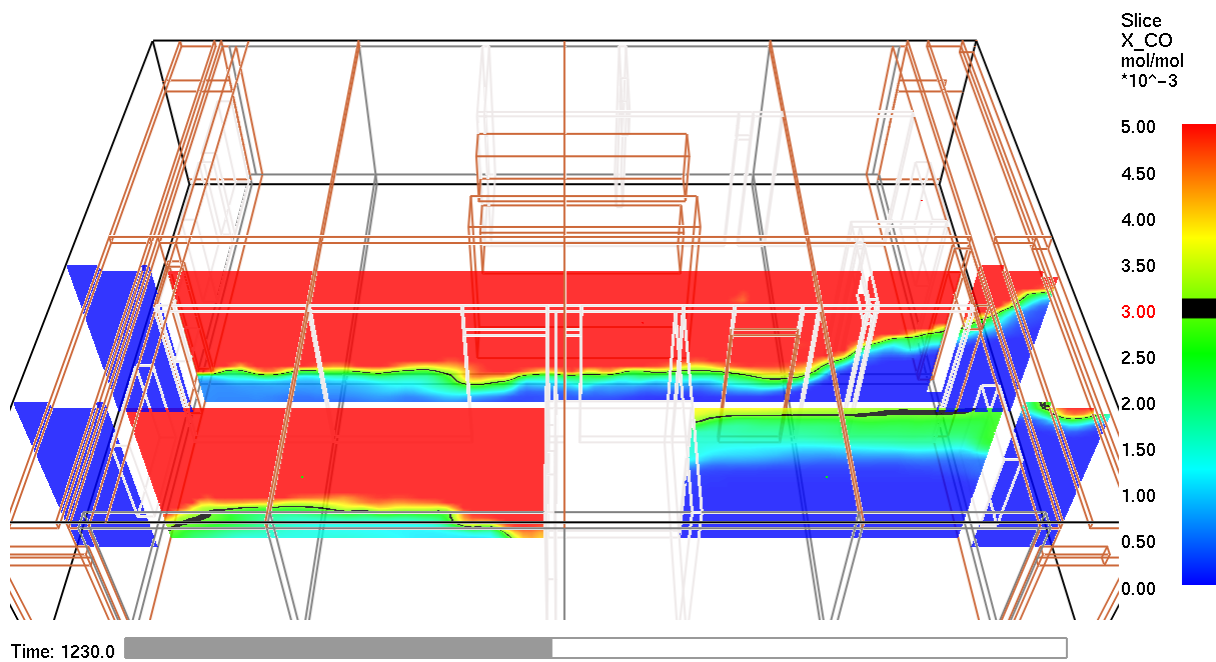
Kuva B36. Simulointi "v10e": CO pitoisuus hetkellä 1140 s.



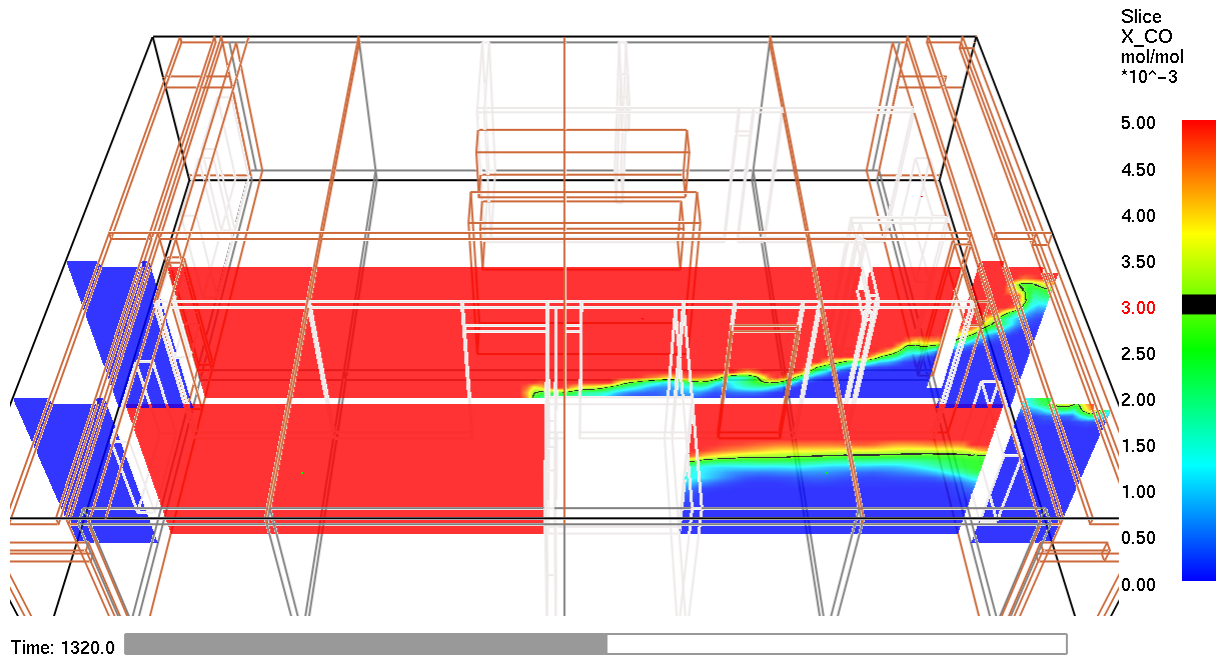
Kuva B37. Simulointi "v10e": CO pitoisuus hetkellä 1170 s.



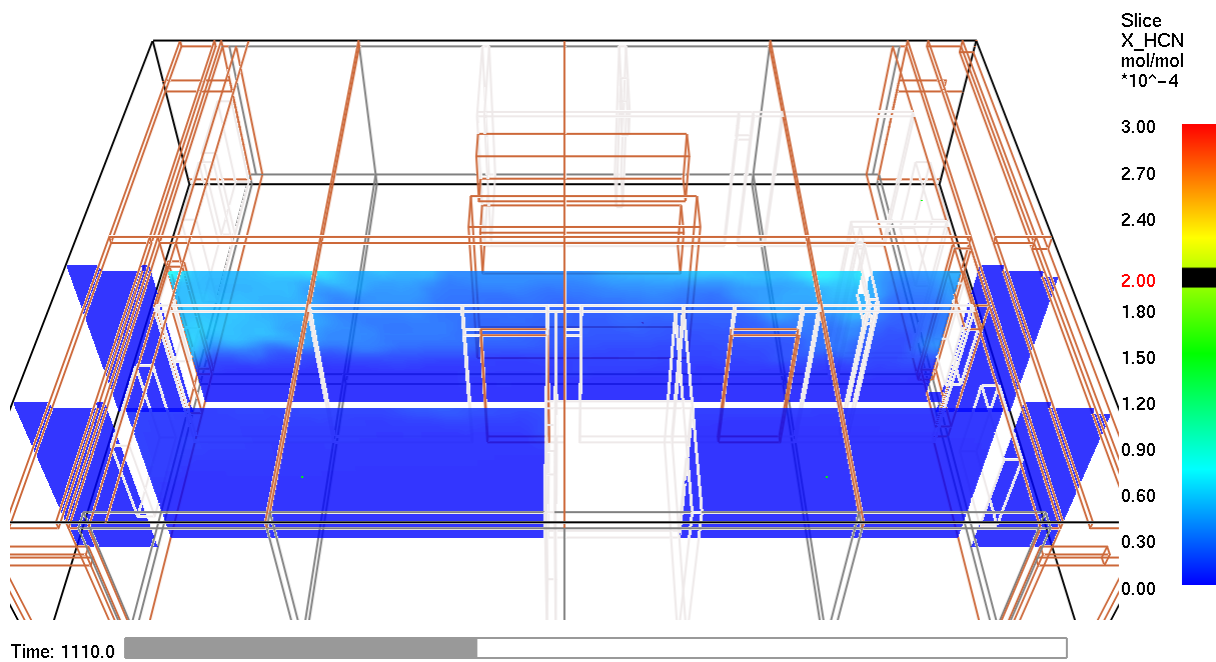
Kuva B38. Simulointi "v10e": CO pitoisuus hetkellä 1200 s.



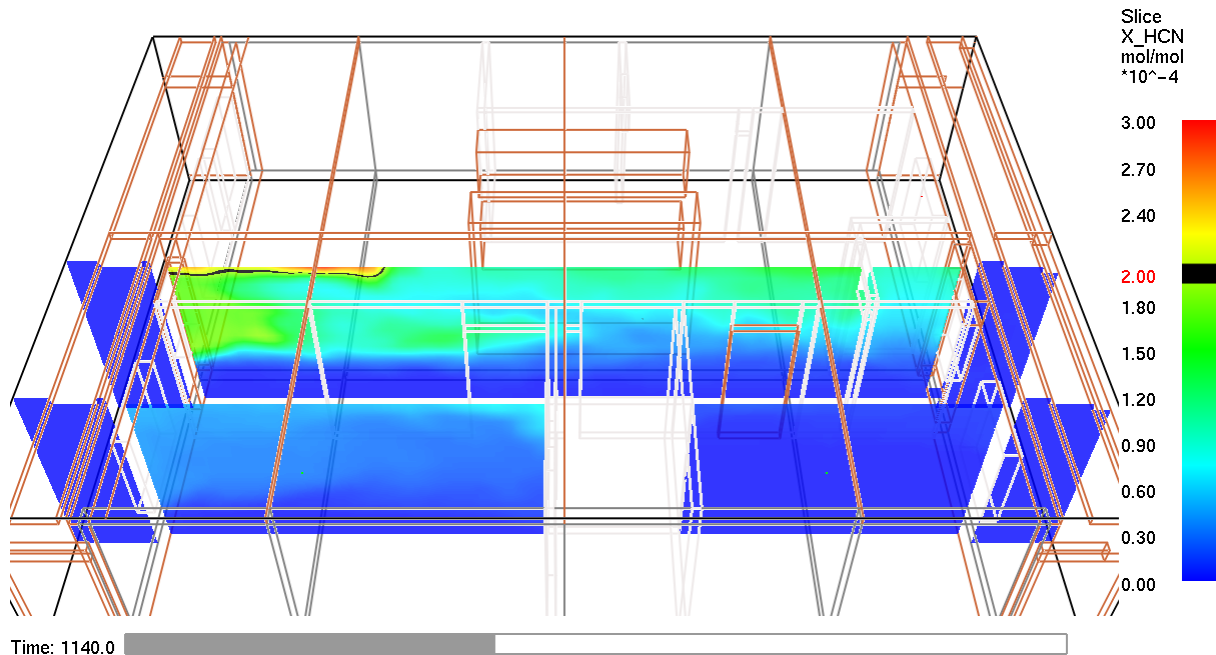
Kuva B39. Simulointi "v10e": CO pitoisuus hetkellä 1230 s.



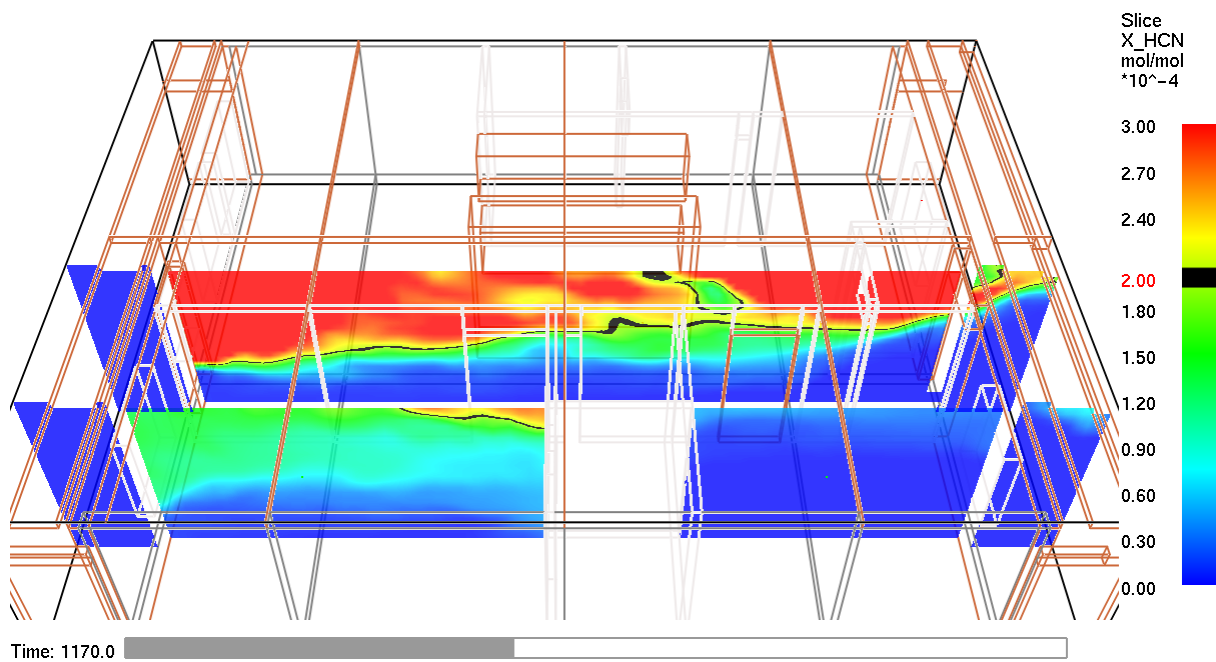
Kuva B40. Simulointi "v10e": CO pitoisuus hetkellä 1320 s.



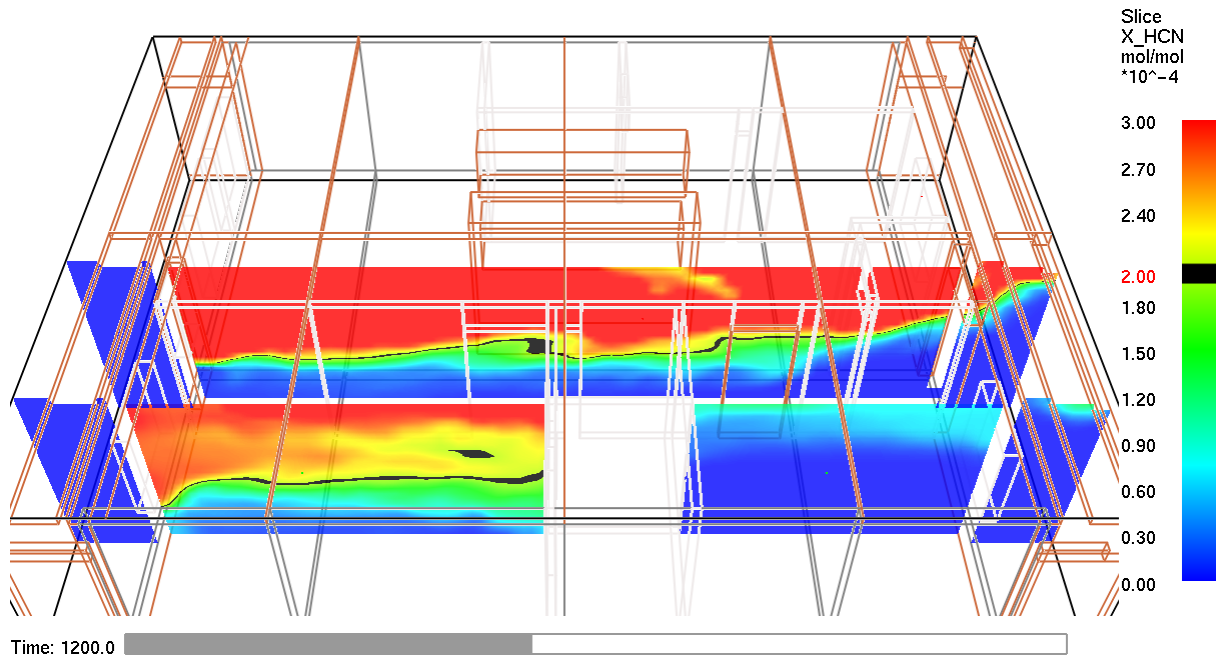
Kuva B41. Simulointi "v10e": HCN pitoisuus hetkellä 1110 s.



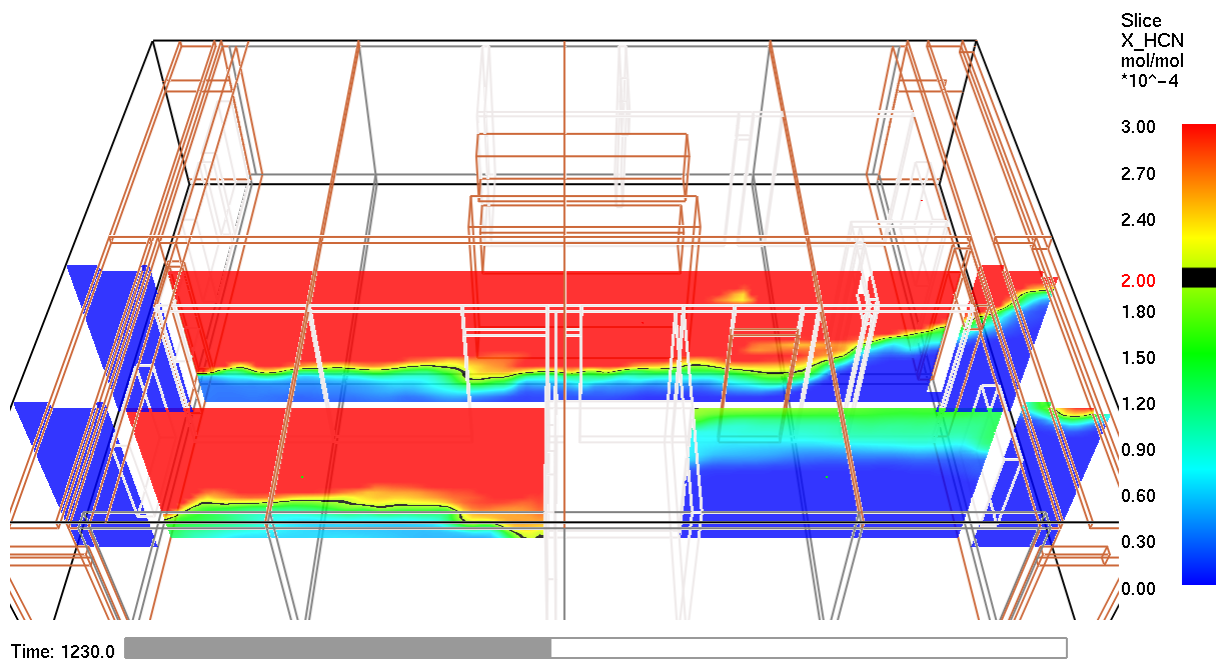
Kuva B42. Simulointi "v10e": HCN pitoisuus hetkellä 1140 s.



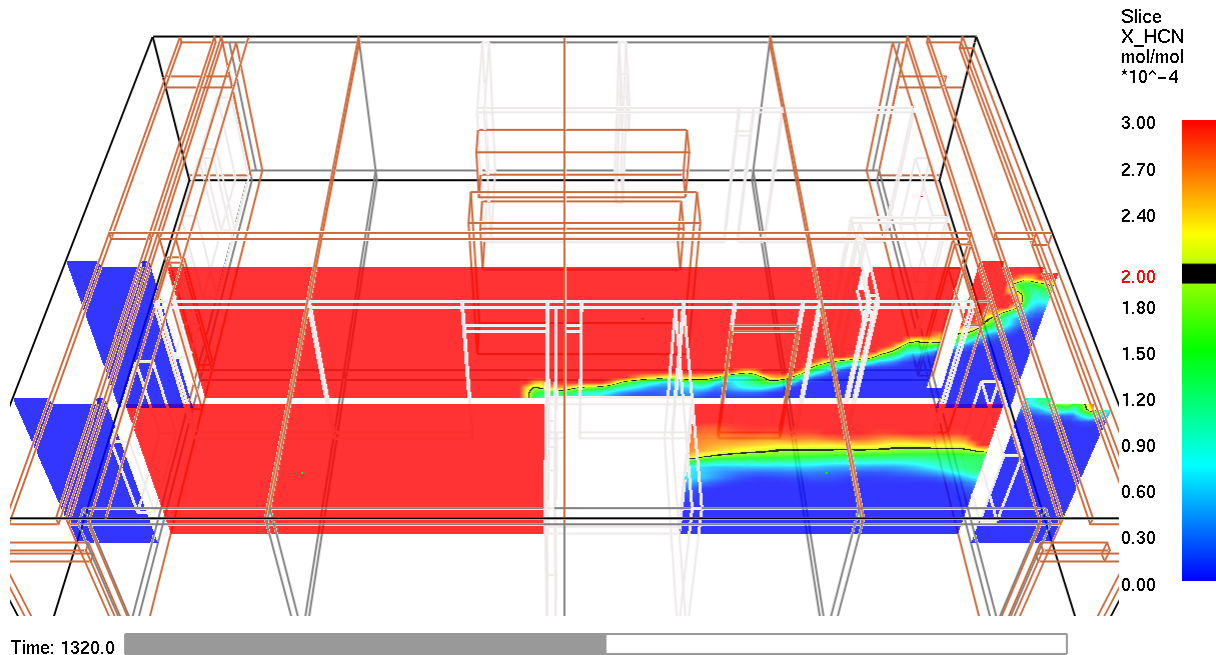
Kuva B43. Simulointi "v10e": HCN pitoisuus hetkellä 1170 s.



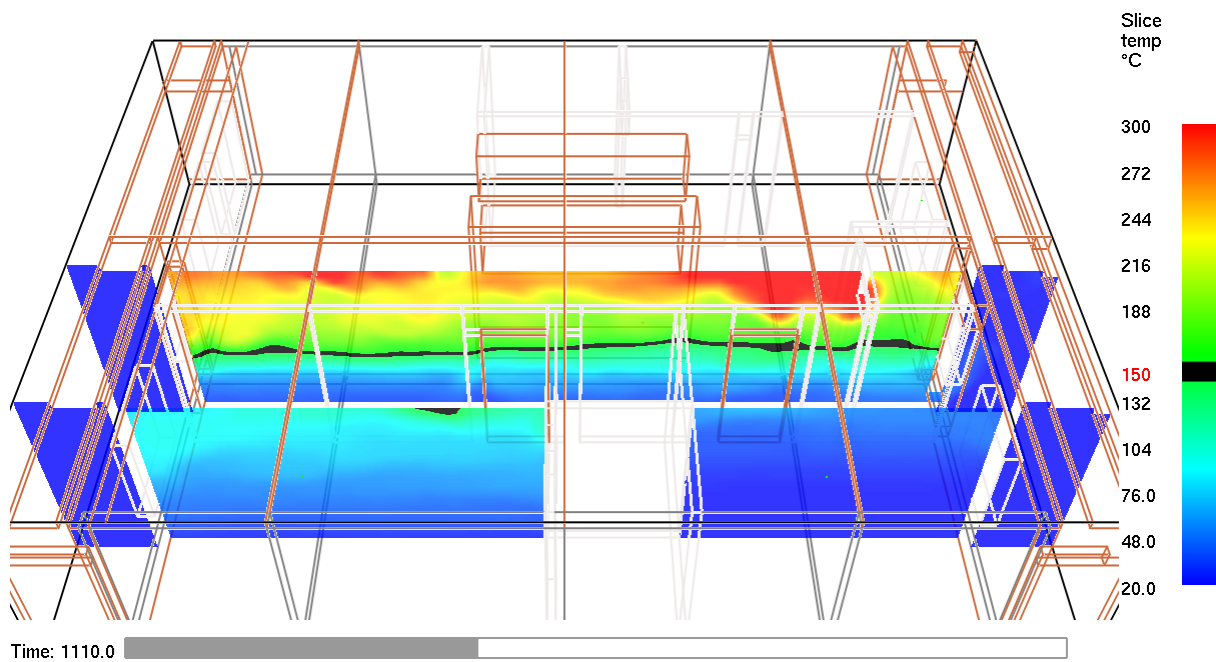
Kuva B44. Simulointi "v10e": HCN pitoisuus hetkellä 1200 s.



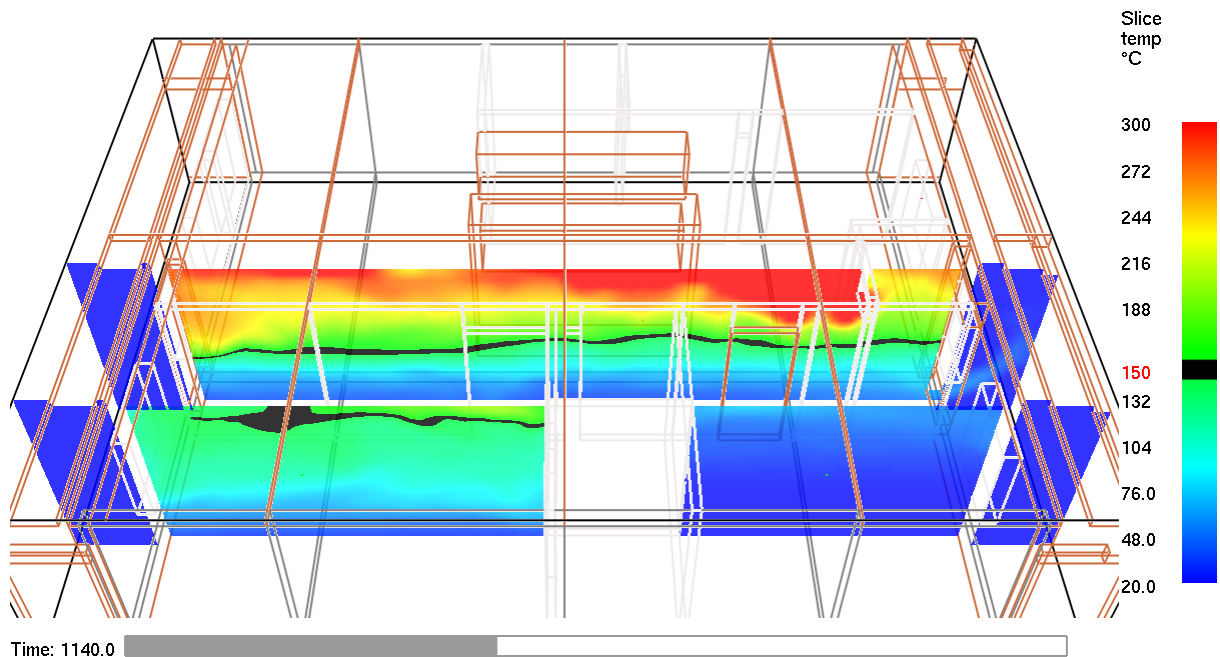
Kuva B45. Simulointi "v10e": HCN pitoisuus hetkellä 1230 s.



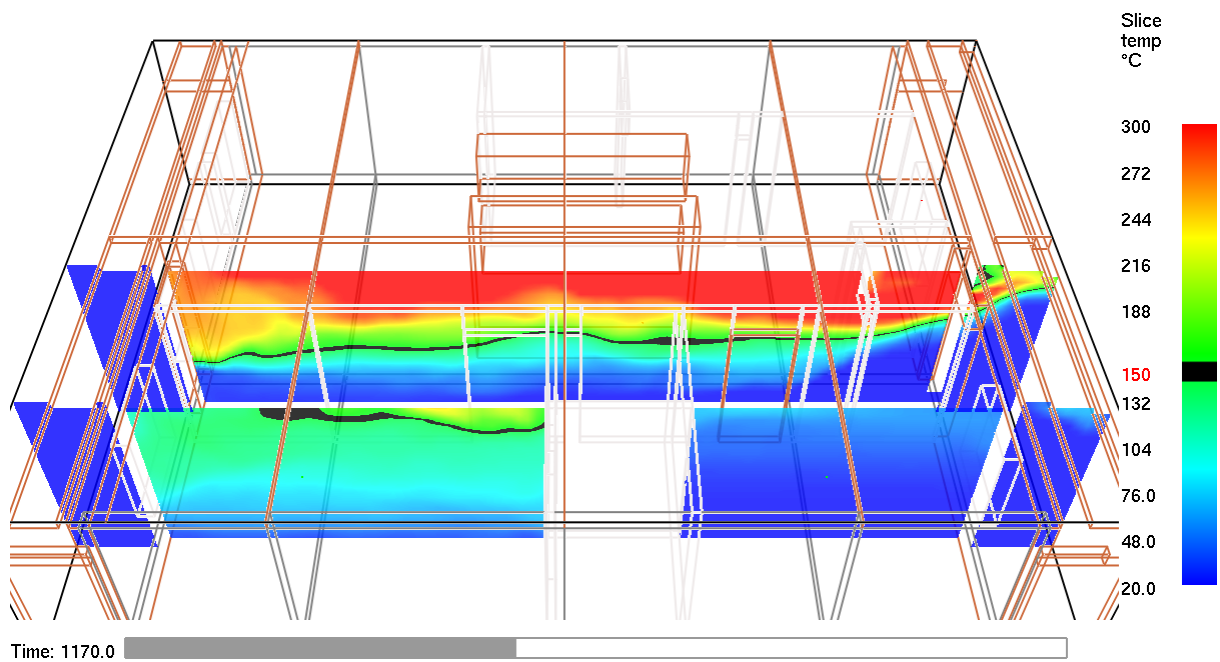
Kuva B46. Simulointi "v10e": HCN pitoisuus hetkellä 1320 s.



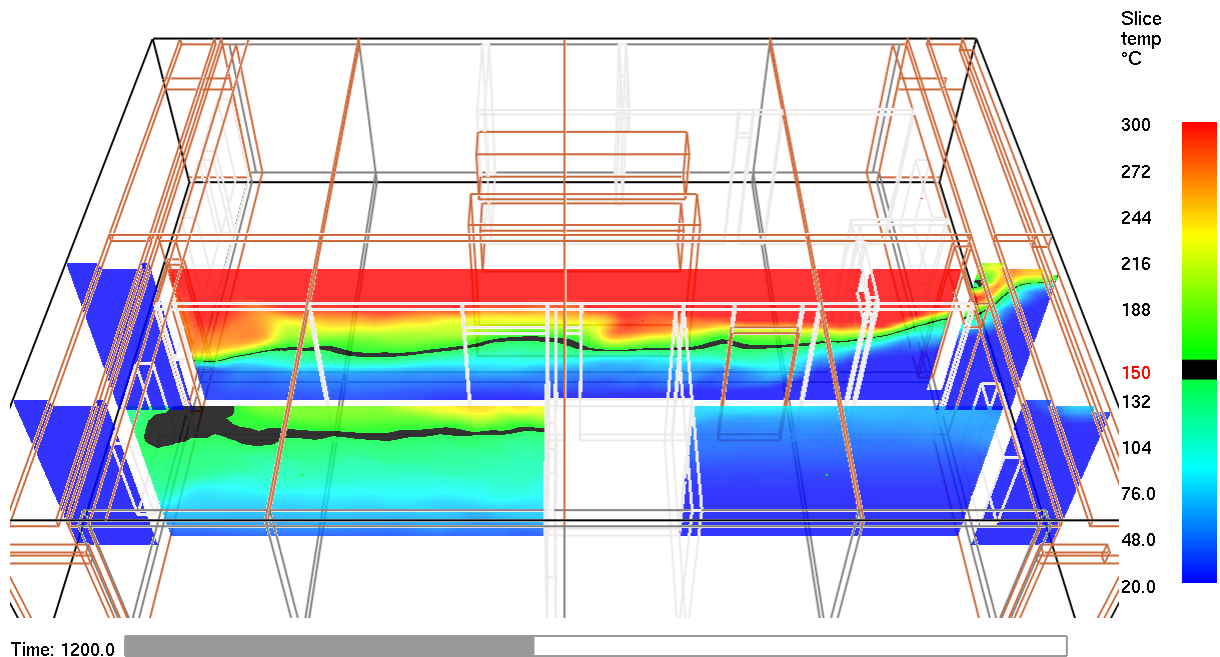
Kuva B47. Simulointi "v10e": lämpötila hetkellä 1110 s.



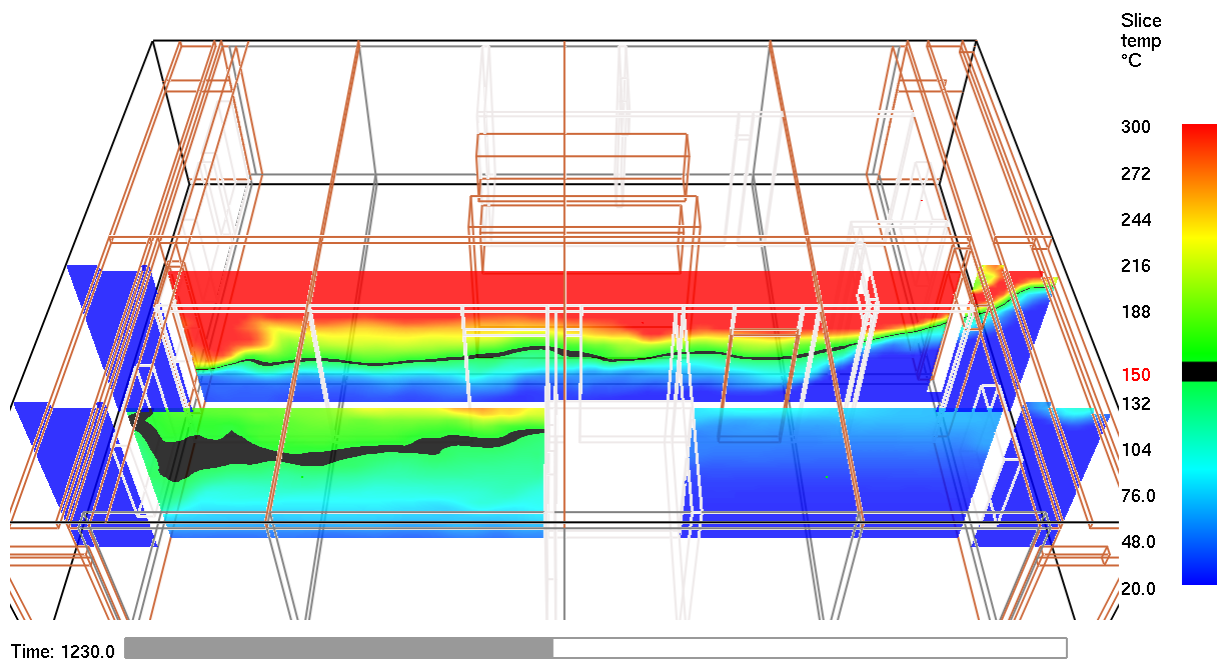
Kuva B48. Simulointi "v10e": lämpötila hetkellä 1140 s.



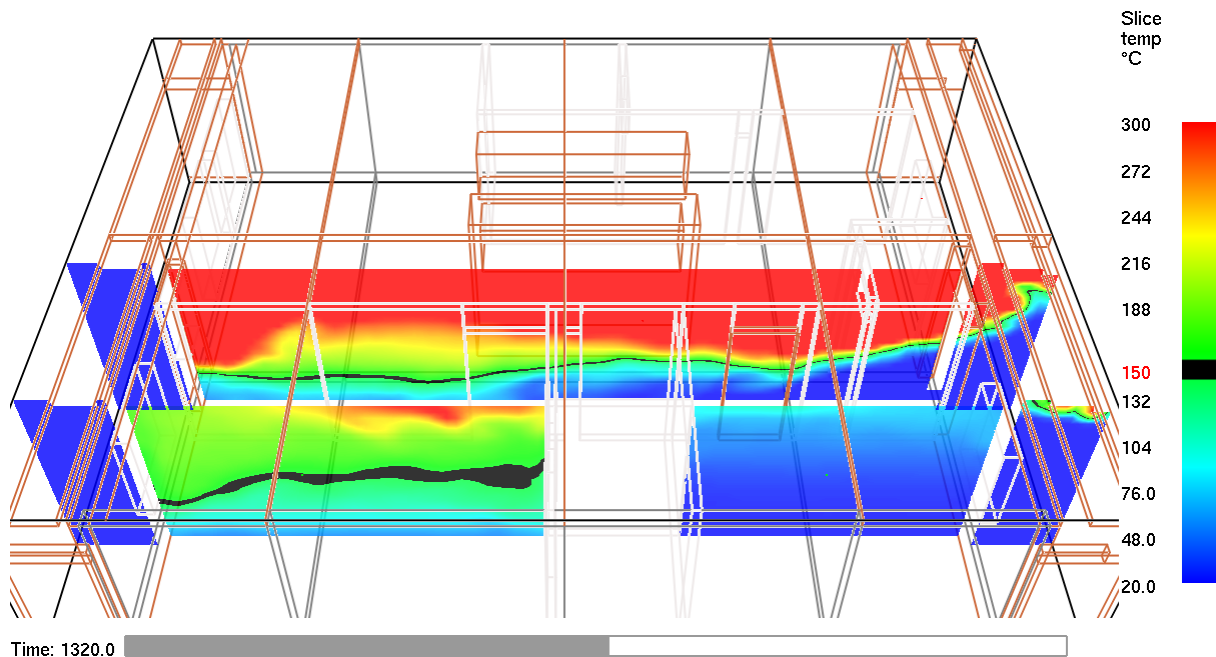
Kuva B49. Simulointi "v10e": lämpötila hetkellä 1170 s.



Kuva B50. Simulointi "v10e": lämpötila hetkellä 1200 s.



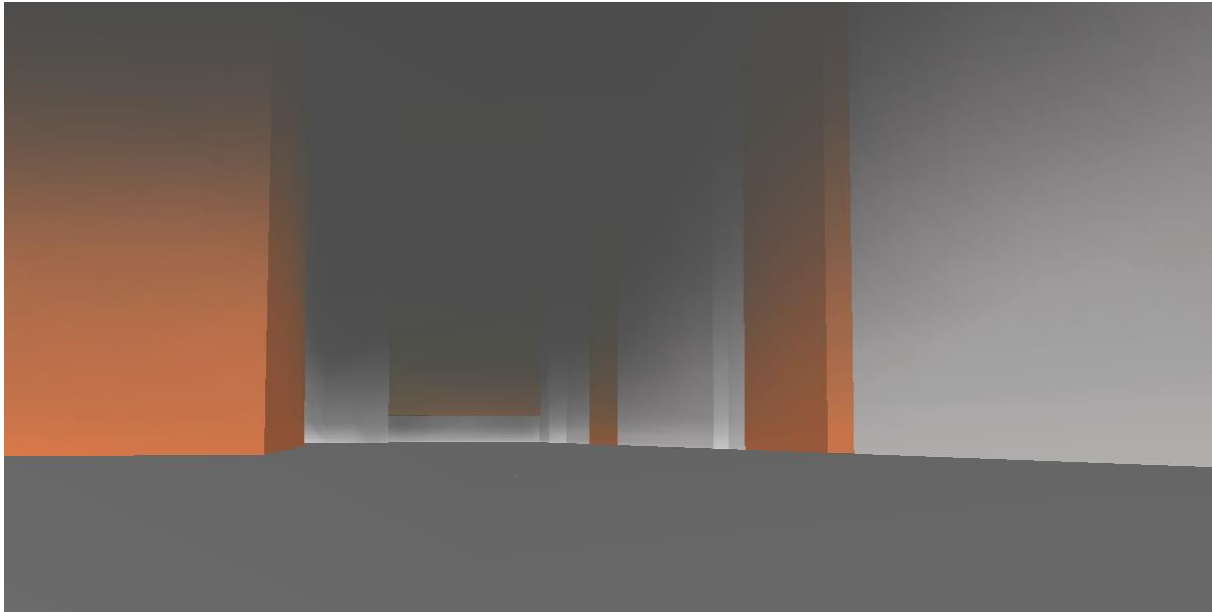
Kuva B51. Simulointi "v10e": lämpötila hetkellä 1230 s.



Kuva B52. Simulointi "v10e": lämpötila hetkellä 1320 s.



Kuva B53. Simulointi "v10d": Käytävän savuisuus sekunti taemman makuuhuoneen oven avaamisen jälkeen.



Time: 960.0

Kuva B54. Simulointi "v10d2": Käytävän savuisuus sekunti taemman makuuhuoneen oven avaamisen jälkeen.



Time: 1111.0

Kuva B55. Simulointi "v10e": Käytävän savuisuus sekunti taemman makuuhuoneen oven avaamisen jälkeen.

LIITE C Esimerkit käytetyistä FDS-ohjelman syötetiedoista

Tässä liitteessä on listattuna kaksi esimerkkiluontoista syötetiedostoa. Toinen on käytetty simulointitiedosto räystäälaskusta, jossa oli pitkä, palavasta materiaalista valmistettu räystäs eli tämä kuvaa palanutta kohdetta. Toinen simulointitiedosto on palaneen kohteen sisäpuolen olosuhteita mahdollisimman hyvin kuvaava malli. Muut simulointitiedostot ovat hyvin samanlaisia kuin nämä kaksi. Tyypillisesti vain joidenkin pintojen pinta-ominaisuuksia on muutettu määrittämällä esimerkiksi puinen pinta kipsilevypinnaksi. Lisäksi geometriaan on tehty tarkasteltavien tilanteiden vaatimia muutoksia eli ovia on lisätty taikka poistettu tarpeen mukaan ja/tai aukkoja pienennetty/suurennettu sekä aukeamisaikoja muutettu. Lisäksi FDS-ohjelman vuotojen kuvaamiseen käytettyjen syötteiden (vuodon efektiivinen pinta-ala) lukuarvoja on muutettu. Esimerkkitiedostoissa on kommentteina joitakin syötteitä, joita kyseisissä simulaatioissa ei käytetty, mutta joissakin muissa simulaatioissa käytettiin.

Esimerkkitiedosto räystään vaikutuksen tutkimiselle:

Timo Korhonen

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd

Version: FDS 6.5.2

Esimerkkitiedosto koko palon visualisoinnista, pitkä räystäs

Huom: Tulostussuureet poistettu tilan säästämiseksi.

```
&HEAD CHID='RP_Raystas_Vis_vlbs', TITLE='RaahePalaa, Raystas, vlbs' /

&MESH ID='Mesh_A0', IJK=42,50,30, XB=-25.8,-17.2, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / ilma
&MESH ID='Mesh_A1', IJK=42,50,30, XB=-17.2, -8.6, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / A1
&MESH ID='Mesh_A2', IJK=42,50,30, XB= -8.6, 0.0, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / A2
&MESH ID='Mesh_A3', IJK=42,50,30, XB= 0.0, 8.6, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / A3
&MESH ID='Mesh_A4', IJK=42,50,30, XB= 8.6, 17.2, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / A4
&MESH ID='Mesh_Va', IJK=42,50,30, XB= 17.2, 25.8, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / varastopääty
&MESH ID='Mesh_A0b', IJK=42,50,30, XB=-25.8,-17.2, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / ilma
&MESH ID='Mesh_A1b', IJK=42,50,30, XB=-17.2, -8.6, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / A1
&MESH ID='Mesh_A2b', IJK=42,50,30, XB= -8.6, 0.0, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / A2
&MESH ID='Mesh_A3b', IJK=42,50,30, XB= 0.0, 8.6, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / A3
&MESH ID='Mesh_A4b', IJK=42,50,30, XB= 8.6, 17.2, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / A4
&MESH ID='Mesh_Vab', IJK=42,50,30, XB= 17.2, 25.8, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / varastopääty
&MESH ID='Mesh_Va2', IJK=42,50,30, XB= 25.8,34.4, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / varastopääty
&MESH ID='Mesh_Va3', IJK=42,50,30, XB= 25.8,34.4, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / varastopääty
&MESH ID='Mesh_Va4', IJK=42,50,30, XB= 34.4,43.0, -5.0, 5.0, 0.0,6.0, / varastopääty
&MESH ID='Mesh_Va5', IJK=42,50,30, XB= 34.4,43.0, 5.0,15.0, 0.0,6.0, / varastopääty

Harvemmat meshit, ilmatilaa tuulelle, 40cm
&MESH ID='Mesh_A0h', IJK=42,50,25, XB=-25.8, -8.6, -5.0,15.0, 6.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_A2h', IJK=42,50,25, XB= -8.6, 8.6, -5.0,15.0, 6.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_A4h', IJK=42,50,25, XB= 8.6, 25.8, -5.0,15.0, 6.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_Vah', IJK=42,50,25, XB= 25.8, 43.0, -5.0,15.0, 6.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_myA0', IJK=42,25,40, XB=-25.8, -8.6, -15.0,-5.0, 0.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_myA2', IJK=42,25,40, XB= -8.6, 8.6, -15.0,-5.0, 0.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_myA4', IJK=42,25,40, XB= 8.6, 25.8, -15.0,-5.0, 0.0,16.0, /
&MESH ID='Mesh_myVa', IJK=42,25,40, XB= 25.8, 43.0, -15.0,-5.0, 0.0,16.0, /

&VENT XB=-200, 200, -200,200, 16.0, 16.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ taivas
&VENT XB=-200, 200, -15,-15, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ -y reuna
&VENT XB=-200, 200, 15, 15, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ +y reuna
&VENT XB=-25.8,-25.8, -200,200, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ -x reuna
&VENT XB= 43.0, 43.0, -200,200, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ +x reuna
&VENT XB=-200,200, -200,200, 0.0,0.0, SURF_ID='GROUND', / maan pinta

&INIT XB= 0.2,8.6, 0.2,9.8, 0.2,2.6, TEMPERATURE=22.0 / sisälämpötila
Lähellä liettä palaa "kylmäkin polttoaine", jotta ei tarvita erillistä
sytytintä. Muualla polttoaine+happi reagoi vain, jos tarpeeksi kuumaa
&INIT XB= 3.2,8.6, 3.2,8.2, 0.2,2.6, TEMPERATURE=22.0,
AUTO_IGNITION_TEMPERATURE=-273.15 /

&TIME T_BEGIN=540.0, T_END=2340.0, DT=0.02, / 1800s

2m/s pohjoisen ja koillisen välistä
&MISC TMPA= 10.0,
MEAN_FORCING(1:2)=.TRUE., .TRUE., U0=-1.8478, V0=0.7654,
DT_MEAN_FORCING=.1, PROJECTION=.TRUE./
```

```

Mean Forcing ei laiteta A3:sen sisälle eikä sen yläpohjaan
&HOLE XB=0.21,8.59, 0.21,9.79, 0.21,2.59 / A3 sisäpuoli
Yläpohjan tilan täyttö, vain paloasunnon yläpuolella tyhjää
&HOLE XB=0.22, 8.58, 0.0,10.0, 2.8,2.9, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 0.5,9.5 , 2.9,3.0, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 1.0,9.0 , 3.0,3.1, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 1.5,8.5 , 3.1,3.2, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 2.0,8.0 , 3.2,3.3, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 2.5,7.5 , 3.3,3.4, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 3.0,7.0 , 3.4,3.5, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 3.5,6.5 , 3.5,3.6, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 4.0,6.0 , 3.6,3.7, /
&HOLE XB=0.22, 8.58, 4.5,5.5 , 3.7,3.8, /

&DUMP SMOKE3D=.TRUE., NFRAMES=1800,
      DT_SLCF=      0.2,
      DT_HRR=      10.0,
      DT_BNDF=      1.0,
      DT_DEVC=      10.0
      DT_PL3D=     180.0,
      DT_RESTART= 1000000.0 /

&ZONE XB=0.3,8.5, 3.0,7.0, 2.9,3.2, / A3 yläpohjassa vuodot, ei aukkoja

A3 olohuoneen puoleinen räystäärako, 5cm rako koko leveydeltä
&VENT XB=0.2,8.6, 10.4,10.6, 2.6,2.6, SURF_ID='SURF 1', ID='OHra_vuoto' /
&VENT XB=0.2,8.6, 8.8, 9.0, 2.8,2.8, SURF_ID='SURF 2', ID='OHyp_vuoto' /
&HVAC ID='LEAK_OHraystas', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
      VENT_ID='OHra_vuoto', VENT2_ID='OHyp_vuoto', AREA=0.42 /
      duct_id='LEAK_OHraystas', node_id='OHra_vuoto', OHyp_vuoto'

A3 varaston puoleinen räystäärako, 5cm rako koko leveydeltä
&VENT XB=0.2,8.6, -0.6,-0.4, 2.6,2.6, SURF_ID='SURF 1', ID='Vra_vuoto' /
&VENT XB=0.2,8.6, 1.4, 1.6, 2.8,2.8, SURF_ID='SURF 2', ID='Vyp_vuoto' /
&HVAC ID='LEAK_Vraystas', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
      VENT_ID='Vra_vuoto', VENT2_ID='Vyp_vuoto', AREA=0.42 /

A3 keskellä kattoa putki ulos
&VENT XB=4.0,4.4, 4.6,4.4, 3.6,3.6, SURF_ID='SURF 1', ID='YPs_vuoto' /
&VENT XB=4.0,4.4, 4.6,4.4, 3.8,3.8, SURF_ID='SURF 2', ID='YPu_vuoto' /
&HVAC ID='LEAK_YP', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
      VENT_ID='YPs_vuoto', VENT2_ID='YPu_vuoto', AREA=0.04 / 20cm x 20cm putki
&DEVC ID='T_YPu', NODE_ID='YPu_vuoto', QUANTITY='NODE TEMPERATURE' /
&DEVC ID='T_YPs', NODE_ID='YPs_vuoto', QUANTITY='NODE TEMPERATURE' /
&DEVC ID='T_YP', DUCT_ID='LEAK_YP', QUANTITY='DUCT TEMPERATURE' /
&DEVC ID='Vel_YP', DUCT_ID='LEAK_YP', QUANTITY='DUCT VELOCITY' /
&DEVC ID='Flow_YP', DUCT_ID='LEAK_YP', QUANTITY='DUCT VOLUME FLOW' /

&SURF ID='SURF 1', COLOR='BLUE' /
&SURF ID='SURF 2', COLOR='MAGENTA' /

Harjakatto
&OBST XB=-17.8,22.2, -2.3,-1.8,2.3,2.5, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -1.8,-1.3,2.4,2.6, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -1.3,-0.8,2.5,2.7, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -0.8,-0.3,2.6,2.8, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -0.3,0.2, 2.7,2.9, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 0.2, 0.7, 2.8,3.0, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 0.7, 1.2, 2.9,3.1, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 1.2, 1.7, 3.0,3.2, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 1.7, 2.2, 3.1,3.3, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 2.2, 2.7, 3.2,3.4, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 2.7, 3.2, 3.3,3.5, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 3.2, 3.7, 3.4,3.6, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 3.7, 4.2, 3.5,3.7, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 4.2, 4.7, 3.6,3.8, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 4.7, 5.2, 3.7,3.9, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 4.8, 5.2, 3.8,4.0, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 10.1,10.6,2.6,2.8, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 9.6,10.1,2.7,2.9, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 9.1, 9.6,2.8,3.0, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 8.6, 9.1,2.9,3.1, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 8.1, 8.6,3.0,3.2, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 7.6, 8.1,3.1,3.3, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 7.1, 7.6,3.2,3.4, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 6.6, 7.1,3.3,3.5, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 6.1, 6.6,3.4,3.6, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 5.6, 6.1,3.5,3.7, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 5.1, 5.6,3.6,3.8, SURF_ID='WOOD10C', PERMIT_HOLE=.FALSE., THICKEN=.TRUE. /

```

```
&OBST XB=-17.8,22.2, 4.6, 5.1,3.7,3.9, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
```

```
yläpohjan palokatkot, talojen päädyt myös "palokatkoina" eli eivät pala
&OBST XB=0.0,0.2, 0.0,10.0, 2.8,2.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 0.5,9.5, 2.9,3.0, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 1.0,9.0, 3.0,3.1, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 1.5,8.5, 3.1,3.2, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 2.0,8.0, 3.2,3.3, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 2.5,7.5, 3.3,3.4, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 3.0,7.0, 3.4,3.5, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 3.5,6.5, 3.5,3.6, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 4.0,6.0, 3.6,3.7, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=0.0,0.2, 4.5,5.5, 3.7,3.8, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 0.0,10.0, 2.8,2.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 0.5,9.5, 2.9,3.0, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 1.0,9.0, 3.0,3.1, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 1.5,8.5, 3.1,3.2, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 2.0,8.0, 3.2,3.3, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 2.5,7.5, 3.3,3.4, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 3.0,7.0, 3.4,3.5, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 3.5,6.5, 3.5,3.6, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 4.0,6.0, 3.6,3.7, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 4.5,5.5, 3.7,3.8, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=8.6,8.8, 5.0,5.0, 3.8,3.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 0.0,10.0, 2.8,2.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 0.5,9.5, 2.9,3.0, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 1.0,9.0, 3.0,3.1, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 1.5,8.5, 3.1,3.2, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 2.0,8.0, 3.2,3.3, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 2.5,7.5, 3.3,3.4, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 3.0,7.0, 3.4,3.5, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 3.5,6.5, 3.5,3.6, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 4.0,6.0, 3.6,3.7, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 4.5,5.5, 3.7,3.8, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=17.0,17.2, 5.0,5.0, 3.8,3.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 0.0,10.0,2.8,2.9, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 0.5,9.5,2.9,3.0, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 1.0,9.0,3.0,3.1, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 1.5,8.5,3.1,3.2, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 2.0,8.0,3.2,3.3, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 2.5,7.5,3.3,3.4, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 3.0,7.0,3.4,3.5, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 3.5,6.5,3.5,3.6, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 4.0,6.0,3.6,3.7, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=21.4,21.6, 4.5,5.5,3.7,3.8, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 0.0,10.0, 2.8,2.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 0.5,9.5, 2.9,3.0, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 1.0,9.0, 3.0,3.1, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 1.5,8.5, 3.1,3.2, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 2.0,8.0, 3.2,3.3, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 2.5,7.5, 3.3,3.4, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 3.0,7.0, 3.4,3.5, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 3.5,6.5, 3.5,3.6, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 4.0,6.0, 3.6,3.7, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 4.5,5.5, 3.7,3.8, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-8.6,-8.4, 5.0,5.0, 3.8,3.9, SURF_ID='GYPSUM10C', PERMIT_HOLE=.FALSE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 0.0,10.0,2.8,2.9, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 0.5,9.5,2.9,3.0, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 1.0,9.0,3.0,3.1, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 1.5,8.5,3.1,3.2, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 2.0,8.0,3.2,3.3, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 2.5,7.5,3.3,3.4, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 3.0,7.0,3.4,3.5, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 3.5,6.5,3.5,3.6, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 4.0,6.0,3.6,3.7, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 4.5,5.5,3.7,3.8, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2,-17.0, 5.0,5.0,3.8,3.9, SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
```

```
Yläpohjan tilan täyttö, vain paloasunnon yläpuolella tyhjää
&OBST XB=8.82,21.38, 0.0,10.0, 2.8,2.9, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 0.5,9.5, 2.9,3.0, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 1.0,9.0, 3.0,3.1, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 1.5,8.5, 3.1,3.2, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 2.0,8.0, 3.2,3.3, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 2.5,7.5, 3.3,3.4, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 3.0,7.0, 3.4,3.5, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 3.5,6.5, 3.5,3.6, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 4.0,6.0, 3.6,3.7, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=8.82,21.38, 4.5,5.5, 3.7,3.8, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
```

```
&OBST XB=8.82,21.38, 5.0,5.0 , 3.8,3.9, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
```

```
&OBST XB=-16.98,-0.02, 0.0,10.0, 2.8,2.9, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 0.5,9.5 , 2.9,3.0, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 1.0,9.0 , 3.0,3.1, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 1.5,8.5 , 3.1,3.2, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 2.0,8.0 , 3.2,3.3, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 2.5,7.5 , 3.3,3.4, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 3.0,7.0 , 3.4,3.5, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 3.5,6.5 , 3.5,3.6, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 4.0,6.0 , 3.6,3.7, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 4.5,5.5 , 3.7,3.8, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
&OBST XB=-16.98,-0.02, 5.0,5.0 , 3.8,3.9, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', /
```

A3 väliseinät

```
&OBST XB= 3.1,3.2, 0.2,2.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 2.2,3.0, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 3.0,5.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 5.2,6.2, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 6.2,9.8, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
```

A3 tuulikaappi

```
&OBST XB= 4.6,4.7, 0.2,1.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.2,3.3, 1.3,1.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 4.2,4.6, 1.3,1.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.3,4.2, 1.3,1.4, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
```

A3 vessa ja vaatehuone, ovet kiinni eli täytetään kokonaan samaten sauna ja kylppäri

```
&OBST XB= 0.2,3.1, 3.6,5.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / vessa+vh
&OBST XB= 6.9,8.6, 0.2,6.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / s+kh
```

A3 jääkaappiblokki ja keittiönkaapit

```
&OBST XB= 4.6,5.2, 3.3,6.2, 0.2,2.6, SURF_ID='WOOD', PERMIT_HOLE=.FALSE. / jääkaappiblokki
&OBST XB= 6.3,6.9, 3.3,6.2, 0.2,1.0, SURF_ID='WOOD', PERMIT_HOLE=.FALSE. / alakaapit
&OBST XB= 6.4,6.9, 3.3,6.2, 1.5,2.3, SURF_ID='WOOD', PERMIT_HOLE=.FALSE. / yläkaapit
```

varastojen puolen ulko-ovet, nyt alkaa 540s ja noin 660s palaa

```
&DEVC ID='Timer_A3_Ovi', XYZ=4,4,1.5, SETPOINT=675.0, QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /
&HOLE XB=3.17,4.23,-0.03,0.23,0.17,2.23, DEVC_ID='Timer_A3_Ovi' / A3 ulko-ovi auki
&HOLE XB=3.17,4.23,-0.03,0.23,0.17,0.43, / A3 ulko-ovi alareuna auki koko ajan
&OBST XB=3.18,4.22,-0.02,0.22,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD10C','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A3 ulko-ovi
&OBST XB=-14.02,-12.98,-0.02,0.22,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD10C','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A1 ulko-ovi
&OBST XB=-2.98,-4.02,-0.02,0.22,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD10C','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A2 ulko-ovi
&OBST XB=14.22,13.18,-0.02,0.22,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD10C','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A4 ulko-ovi
```

makuuhuoneen ikkunat varastopuolella

```
&OBST XB= 1.18, 2.32,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3 MH ikkuna varastopuoli
&OBST XB=-16.02,-14.88,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3 MH ikkuna varastopuoli
&OBST XB= -0.98, -2.12,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3 MH ikkuna varastopuoli
&OBST XB= 16.22, 15.08,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3 MH ikkuna varastopuoli
```

ruokatilän ikkunat

```
&DEVC ID='Temp_R_Ikk', IOR=+2, XYZ=5.81,0.19,2.01, SETPOINT=150.0,
QUANTITY='WALL TEMPERATURE', INITIAL_STATE=.FALSE. /
&HOLE XB=5.17,6.43,-0.04,0.24,0.97,2.23, DEVC_ID='Temp_R_Ikk' / A3
&OBST XB=5.18,6.42,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3
&OBST XB=-12.02,-10.78,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=-4.98,-6.22,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=12.22,10.98,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS' /
```

ulko-oven ikkunat

```
&OBST XB=3.28,4.12,-0.03,0.23,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' / A3 ulko-oven ikkuna
&OBST XB=-13.92,-13.08,-0.03,0.23,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=-3.08,-3.92,-0.03,0.23,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=14.12,13.28,-0.03,0.23,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' /
```

askartelutilän ovi+ikkuna, ikkuna varastopuolella, väliseinä

```
&OBST XB=19.38,20.22,-0.02,0.22,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD10C','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE., / at ulko-ovi
&OBST XB=19.48,20.12,-0.03,0.23,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS', /
&OBST XB=17.98,19.22,-0.02,0.22,0.98,2.22, SURF_ID='GLASS', /
&OBST XB=20.28,20.42,0.00,-1.50,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE., /
&OBST XB=20.28,20.42,0.00,-0.70,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE., /
talon päädyn ovi (huoltotilaan)
&OBST XB=21.38,21.62,4.18,5.22,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD10C',
```

```
'WOOD','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE., / pääty ulko-ovi

väliaidat ulkona varastojen puolella
&OBST XB=0.10,0.20,0.00,-1.50,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. / A3
&OBST XB=-17.10,-17.20,0.00,-1.50,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=17.10,17.20,0.00,-1.50,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60,8.70,0.00,-1.50,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-8.60,-8.50,0.00,-1.50,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
väliaitojen yläosa talon seinän vieressä
&OBST XB=0.10,0.20,0.00,-0.70,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. / A3
&OBST XB=-17.10,-17.20,0.00,-0.70,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=17.10,17.20,0.00,-0.70,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60,8.70,0.00,-0.70,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-8.60,-8.50,0.00,-0.70,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /

varastot
&OBST XB=6.40,8.70,-1.50,-3.50,0.00,2.50, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. / A3
&OBST XB=-10.80,-8.50,-1.50,-3.50,0.00,2.50, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-6.20,-8.50,-1.50,-3.50,0.00,2.50, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=11.00,8.70,-1.50,-3.50,0.00,2.50, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=19.30,21.60,-1.50,-3.50,0.00,2.50, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /

olohuoneen ovet ja oven ikkuna
&OBST XB=3.60,4.40,9.78,10.02,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD','WOOD10C','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A3 olohuoneen ovi
&OBST XB=-13.60,-12.80,9.78,10.02,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD','WOOD10C','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-3.40,-4.20,9.78,10.02,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD','WOOD10C','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=13.80,13.00,9.78,10.02,0.18,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD','WOOD10C','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=3.70,4.30,9.77,10.03,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' / A3
&OBST XB=-13.50,-12.90,9.77,10.03,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=-3.50,-4.10,9.77,10.03,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=13.70,13.10,9.77,10.03,1.08,2.12, SURF_ID='GLASS' /

MH ikkunat, olohuoneen puoli
&OBST XB=1.40,2.60,9.77,10.03,0.88,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3
&OBST XB=-15.80,-14.60,9.77,10.03,0.88,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=-1.20,-2.40,9.77,10.03,0.88,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=16.00,14.80,9.77,10.03,0.88,2.22, SURF_ID='GLASS' /

olohuoneen ikkunat
&OBST XB=5.18,6.42,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3
&OBST XB=-12.02,-10.78,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=-4.98,-6.22,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=12.22,10.98,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=6.58,7.82,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' / A3
&OBST XB=-10.62,-9.38,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=-6.38,-7.62,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' /
&OBST XB=10.82,9.58,9.77,10.03,0.68,2.22, SURF_ID='GLASS' /

väliaidat olohuoneen puolella
&OBST XB=0.10,0.20,10.00,12.30,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. / A3
&OBST XB=-17.10,-17.00,10.00,12.30,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=17.30,17.20,10.00,12.30,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60,8.70,10.00,12.30,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-8.60,-8.50,10.00,12.30,0.10,1.80, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=0.10,0.20,10.00,11.30,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. / A3
&OBST XB=-17.10,-17.00,10.00,11.30,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=17.30,17.20,10.00,11.30,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60,8.70,10.00,11.30,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-8.60,-8.50,10.00,11.30,1.80,2.00, SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /

&OBST XB=-17.2, 21.6, 0.0,10.0, 0.0,0.2, SURF_ID6='CONCRETE10C','CONCRETE10C',
'CONCRETE10C','CONCRETE10C','CONCRETE10C','CONCRETE' / lattia

pystysuorat seinä palo-osastojen välillä
&OBST XB= 21.4, 21.6, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID6='CONCRETE','WOOD10C','WOOD','WOOD',
'CONCRETE','WOOD', THICKEN=.TRUE. / tktila
&OBST XB= 17.2, 17.4, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID='CONCRETE' / A4-tktila seinä
&OBST XB= 8.6, 8.8, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID='CONCRETE' / A3-A4 seinä
&OBST XB= 0.0, 0.2, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID='CONCRETE' / A2-A3 seinä
&OBST XB= -8.6, -8.4, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID='CONCRETE' / A1-A2 seinä
&OBST XB=-17.2,-17.0,0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID6='WOOD10C','CONCRETE',
'WOOD10C','WOOD10C','CONCRETE','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A1 päätyseinä

vaakasuurat ulkoseinät, aukot hole:lla
&OBST XB=-17.2, 21.6, 0.0, 0.2, 0.2,2.6, SURF_ID6='WOOD10C','WOOD10C','WOOD10C','WOOD',
```

```

'CONCRETE','CONCRETE', THICKEN=.TRUE. / varaston puoli
&OBST XB=-17.2, 21.6, 9.8,10.0, 0.2,2.6, SURF_ID='WOOD10C','WOOD10C','WOOD','WOOD10C',
'CONCRETE','CONCRETE', THICKEN=.TRUE. / olohuoneen puoli

välikatto
&OBST XB=-17.2, 21.6, 0.0,10.0, 2.6,2.8, SURF_ID6='WOOD10C','WOOD10C','WOOD10C','WOOD10C',
'WOOD_PIR','WOOD10C', THICKEN=.TRUE. / välikatto

inertit täyttämään turhat tilat
&OBST XB=-16.98,-0.02, 0.22,9.78, 0.22,2.58, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', / -x pää
&OBST XB= 8.82,21.38, 0.22,9.78, 0.22,2.58, SURF_ID='INERT', COLOR='INVISIBLE', / +x pää

&REAC FUEL='PROPANE', SOOT_YIELD=0.015, CO_YIELD=0.005,AUTO_IGNITION_TEMPERATURE=400.0 /

&SPEC ID='HYDROGEN CYANIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. / HCN
&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. / HCl
&SPEC ID='NITROGEN DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. / NO2
&SPEC ID='PIR TOXIC GASES',
SPEC_ID(1)='HYDROGEN CYANIDE', MASS_FRACTION(1)=0.034025179,
SPEC_ID(2)='HYDROGEN CHLORIDE', MASS_FRACTION(2)=0.008506295,
SPEC_ID(3)='NITROGEN DIOXIDE', MASS_FRACTION(3)=0.004763525,
SPEC_ID(4)='CARBON MONOXIDE', MASS_FRACTION(4)=0.663490983,
SPEC_ID(5)='SOOT', MASS_FRACTION(5)=0.289214018, /

&SURF ID='BURNER', COLOR='RED', HRRPUA=2000.0, RAMP_Q='Fire_ramp',
RAMP_T='Ts_bur', TMP_FRONT=600.0 /
&SURF ID='MELT', COLOR='MAGENTA', HRRPUA=2000.0, RAMP_Q='Melt_ramp',
RAMP_T='Ts_melt', TMP_FRONT=600.0 /

&SURF ID='HOT PLATE', COLOR='ORANGE', TMP_FRONT=600.0 /
&SURF ID='COLD PLATE', COLOR='BLUE', TMP_FRONT= 22.0 /
&VENT XB= 6.4,6.6, 4.0,4.2, 1.0,1.0, SURF_ID='HOT PLATE' /
&VENT XB= 6.3,6.4, 4.0,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='COLD PLATE' /
&VENT XB= 6.6,6.9, 4.0,4.1, 1.0,1.0, SURF_ID='COLD PLATE' /
&VENT XB= 6.8,7.0, 4.4,4.6, 1.0,1.0, SURF_ID='COLD PLATE' / vent 15

kahvinkeitin
&VENT XB= 6.6,6.8, 4.2,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='BURNER' / lieden pinta, 0.04m2
Sula muovi 0.16m2
&VENT XB= 6.4,6.8, 4.4,4.6, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.08m2
&VENT XB= 6.4,6.6, 4.2,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.04m2
&VENT XB= 6.8,7.0, 4.2,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.02m2

Keittiön kattoon avataan reikä (palo räystään ohella tästä yläpohjaan)
&DEVC ID='Timer_YPhole',XYZ=4,4,1.5, SETPOINT=1140.0, QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /
&HOLE XB= 6.2,6.6, 4.0,4.4, 1.58,2.82, DEVC_ID='Timer_YPhole', COLOR='RED' / sytyttää yläpohjaa

Makuuhuoneista vuodot yläpohjaan
&VENT XB=0.2,3.1, 0.2,3.5, 2.6,2.6, SURF_ID='WOOD_LowHRR', ID='MH1_YP_vuoto1' /
&VENT XB=0.2,3.1, 0.2,3.5, 2.8,2.8, SURF_ID='PIRlevy', ID='MH1_YP_vuoto2' /
&HVAC ID='Leak_MH1_YP', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
VENT_ID='MH1_YP_vuoto1',VENT2_ID='MH1_YP_vuoto2',AREA=0.1 /
&VENT XB=0.2,3.2, 5.2,9.8, 2.6,2.6, SURF_ID='WOOD_LowHRR', ID='MH2_YP_vuoto1' / vent 22
&VENT XB=0.2,3.2, 5.2,9.8, 2.8,2.8, SURF_ID='PIRlevy', ID='MH2_YP_vuoto2' /
&HVAC ID='Leak_MH2_YP', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
VENT_ID='MH2_YP_vuoto1',VENT2_ID='MH2_YP_vuoto2',AREA=0.1 / 0.1mm raot

Makkarit ja olohuoneen takaosa palavat huonommin,
koska ei happaa ja lämpötila ei niin korkea
&VENT XB= 0.2,3.2, 0.2,3.6, 2.6,2.6, SURF_ID='WOOD_LowHRR', COLOR='BROWN' / MHvar
&VENT XB= 0.2,3.2, 5.2,9.8, 2.6,2.6, SURF_ID='WOOD_LowHRR', COLOR='BROWN' / MHolo, vent
&VENT XB= 3.2,8.6, 8.2,9.8, 2.6,2.6, SURF_ID='WOOD_LowHRR', COLOR='BROWN' / Ohtaka

Otkesin kahvinkeitin video:
300s 5 min savuaa valkoista savua aika vähän
600s 10 min savuaa paljon, kaatuu, valkeaa savua
660s 11 min syttyy
900s 15 min vähän sulaa palaa jo altaana
1140s 19 min iso allas palaa jo
FDS-aika: aloitetaan 9min kohdalta eli T_BEGIN=540

&RAMP ID='Ts_bur', T= 0.0, F= 0.02 / 22C
&RAMP ID='Ts_bur', T= 540.0, F= 0.02 /
&RAMP ID='Ts_bur', T= 600.0, F= 1.0 /
&RAMP ID='Ts_bur', T=1500.0, F= 1.0 /

&RAMP ID='Ts_melt', T= 0.0, F= 0.02 / 22C
&RAMP ID='Ts_melt', T= 800.0, F= 0.02 /

```

```

&RAMP ID='Ts_melt', T=1100.0, F= 1.0 /
&RAMP ID='Ts_melt', T=3600.0, F= 1.0 /

&RAMP ID='Melt_ramp', T= 0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Melt_ramp', T= 800.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Melt_ramp', T=1140.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Melt_ramp', T=3600.0, F=1.0 /

&RAMP ID='Fire_ramp', T= 0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T= 650.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T= 660.0, F=0.2 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T= 720.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T=3600.0, F=1.0 /

&SURF ID= 'CONCRETE', DEFAULT=.TRUE.,
COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'CONCR',
TMP_INNER= 20.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.2 /COLOR='GRAY',
&SURF ID= 'CONCRETE10C', DEFAULT=.TRUE.,
COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'CONCR',
TMP_INNER= 10.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.2 /
&SURF ID='GYPSUM',
COLOR='SNOW 1', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'GYPSUM PLASTER',
TMP_INNER= 20.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /COLOR='SNOW 1'
&SURF ID='GYPSUM10C',
COLOR='SNOW 1', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'GYPSUM PLASTER',
TMP_INNER= 10.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /
&SURF ID= 'GROUND',
COLOR='GREEN', TRANSPARENCY=0.2,
MATL_ID= 'CONCR',
TMP_INNER= 10.0,
BACKING= 'INSULATED',
THICKNESS= 0.5 /
&SURF ID='WOOD',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 20.0,
HEAT_OF_VAPORIZATION= 2500.0,
HRRPUA= 120.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
RAMP_Q= 'Wood_ramp',
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /COLOR='SIENNA 3'
&SURF ID='PIrlevy', COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.3,
MATL_ID= 'PUR',
BACKING= 'VOID',
HEAT_OF_VAPORIZATION= 1500.0,
TMP_INNER= 20.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 200.0,
SPEC_ID='PROPANE','PIR TOXIC GASES',
MASS_FLUX=0.003039,0.000893,
RAMP_MF= 'PUR_MF','PUR_MF_TG',
THICKNESS= 0.050 / Usta et al. 50mm hrr
Yllä ei kovin iso HCN etc tuotto (asunnon sisäpuolella 4 kertaiset
tuotot, nyt ei vaikutusta ulkopuolella)
&RAMP ID='PUR_MF', T= 0.0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 10.0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 23.0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 40.0, F= 0.830769 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 80.0, F= 1.000000 / PIR palaa, 130 kW/m2
&RAMP ID='PUR_MF', T= 200.0, F=1.0 / Puu PIRin alla palaa, 130 kW/m2 kelpaa
&RAMP ID='PUR_MF', T= 1200.0, F=1.0 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 1400.0, F=0.5 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 1600.0, F=0.0 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 3800.0, F=0.0 /

&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 0 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 10 , F= 0.000000 /

```

```

&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 23 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 40 , F= 0.830769 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 80 , F= 1.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 120 , F= 0.615385 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 180 , F= 0.346154 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 220 , F= 0.061538 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 230 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 2500 , F= 0.000000 /

Sama kuin yllä, mutta nyt ensiksi palaa puu ja sitten vasta PIR
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 0 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 10 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 623 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 640 , F= 0.830769 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 680 , F= 1.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 720 , F= 0.615385 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 780 , F= 0.346154 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 820 , F= 0.061538 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 830 , F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 2500 , F= 0.000000 /

&SURF ID='WOOD_PIR',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 20.0,
HEAT_OF_VAPORIZATION= 2500.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
SPEC_ID='PROPANE','PIR TOXIC GASES',
MASS_FLUX=0.002666,0.000893,
RAMP_MF= 'Wood_ramp','PUR_MF_TG_Delay',
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 / 120 kW/m2, kun HoC_propaani arvioitu 45 MJ/kg
&SURF ID='WOOD_LowHRR',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 20.0,
HEAT_OF_VAPORIZATION= 1000.0,
HRRPUA= 40.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
RAMP_Q= 'Wood_ramp',
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 / Mht ja olohuoneen perän katot
&SURF ID='WOOD10C',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 10.0,
HEAT_OF_VAPORIZATION= 2500.0,
HRRPUA= 120.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
RAMP_Q= 'Wood_ramp',
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T= 0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T= 10.0, F=0.25 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T= 30.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T= 200.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1000.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1200.0, F=0.5 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1400.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1800.0, F=0.0 /
&SURF ID='GLASS',
COLOR='SNOW 1', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'GLAZING',
TMP_INNER= 20.0,
BACKING= 'EXPOSED',
THICKNESS= 0.02 /

&MATL ID='PUR', EMISSIVITY=1.0,
CONDUCTIVITY= 0.045,
DENSITY= 35.00,
SPECIFIC_HEAT= 1.5 /
&MATL ID= 'CONCR',
CONDUCTIVITY= 1.10,
DENSITY= 2100.00,
SPECIFIC_HEAT= 0.88 / Drys, table 2.1,
&MATL ID='PINE',
CONDUCTIVITY= 0.14,
DENSITY= 640.00,
SPECIFIC_HEAT= 2.85 / Drys, table 2.1, yellow pine

```

```
&MATL ID='GLAZING',
      CONDUCTIVITY=      0.76,
      DENSITY=      2700.00,
      SPECIFIC_HEAT=      0.84 / Drys, table 2.1,
&MATL ID='GYPSUM PLASTER',
      FYI='Quintiere, Fire Behavior'
      CONDUCTIVITY=      0.48,
      SPECIFIC_HEAT=      0.84,
      DENSITY=      1440.00 /
```

```
&TAIL /
```

Esimerkkietiedosto palohuoneiston sisäpuolen olosuhteiden tutkimiselle:

Timo Korhonen
VTT Technical Research Centre of Finland
Version: FDS 6.5.2
Esimerkkietiedosto huoneiston A3 simuloinnista
Huom: Tulostussuureet poistettu tilan säästämiseksi.

```
&HEAD CHID='RP_Afinal_v10d2', TITLE='RaahePalaa, Asunto, v10d2' /
```

```
Ulko-oven viereisen makuuhuoneen ovi kiinni
Taaemman makuuhuoneen ovi raollaan ja avataan kokonaan, kun poistutaan
&ZONE XB= 0.2,3.1, 0.2,3.6, 0.2, 2.6 /
&OBST XB= 3.1,3.2, 2.2,3.0, 0.2,2.2, SURF_ID='WOOD_NOhrr', / Ovi
&OBST XB= 3.1,3.2, 5.2,6.0, 0.2,2.2, SURF_ID='WOOD_NOhrr', / Ovi MH2
&DEVC ID='Timer_MH2_Ovi', XYZ=4,4,1.5, SETPOINT=960.0, QUANTITY='TIME',
      INITIAL_STATE=FALSE. /
&HOLE XB= 3.1,3.2, 5.2,6.0, 0.2,2.2, DEVC_ID='Timer_MH2_Ovi' /
```

```
Ulko-oven puoleiseen makuuhuoneeseen vuodot ovesta
&VENT XB=3.2,3.2, 2.2,3.0, 0.2,0.4, SURF_ID='WOOD_NOhrr', ID='MH1_OviA_vuoto1'/
&VENT XB=3.1,3.1, 2.2,3.0, 0.2,0.4, SURF_ID='WOOD_NOhrr', ID='MH1_OviA_vuoto2'/
&HVAC ID='Leak_MH1_OA', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
      VENT_ID='MH1_OviA_vuoto1', VENT2_ID='MH1_OviA_vuoto2', AREA=0.01 / 1cm reikä
&VENT XB=3.2,3.2, 2.2,3.0, 2.0,2.2, SURF_ID='WOOD_NOhrr', ID='MH1_OviY_vuoto1'/
&VENT XB=3.1,3.1, 2.2,3.0, 2.0,2.2, SURF_ID='WOOD_NOhrr', ID='MH1_OviY_vuoto2'/
&HVAC ID='Leak_MH1_OY', TYPE_ID='LEAK', LEAK_ENTHALPY=.TRUE.,
      VENT_ID='MH1_OviY_vuoto1', VENT2_ID='MH1_OviY_vuoto2', AREA=0.01 / 1cm reikä
```

```
10cm hilat
&MESH ID='Mesh_A3b1a', IJK=43,30,27, XB= 0.0, 4.3, -1.0, 2.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3b2a', IJK=43,30,27, XB= 0.0, 4.3, 2.0, 5.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3b3a', IJK=43,30,27, XB= 4.3, 8.6, -1.0, 2.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3b4a', IJK=43,30,27, XB= 4.3, 8.6, 2.0, 5.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3c1a', IJK=43,30,27, XB= 0.0, 4.3, 5.0, 8.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3c2a', IJK=43,30,27, XB= 0.0, 4.3, 8.0,11.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3c3a', IJK=43,30,27, XB= 4.3, 8.6, 5.0, 8.0, 0.0,2.7 / A3
&MESH ID='Mesh_A3c4a', IJK=43,30,27, XB= 4.3, 8.6, 8.0,11.0, 0.0,2.7 / A3
```

```
&VENT XB=-200, 200, -200,200, 2.7, 2.7, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ taivas
&VENT XB=-200, 200, -1, -1, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ -y reuna
&VENT XB=-200, 200, 11, 11, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ +y reuna
&VENT XB= 0.0, 0.0, -200,200, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ -x reuna
&VENT XB= 8.6, 8.6, -200,200, 0.0,100.0, SURF_ID='OPEN', COLOR='SKY BLUE'/ +x reuna
&VENT XB=-200,200, -200,200, 0.0,0.0, SURF_ID='GROUND', / maan pinta
```

```
Sisällä 22 C, ulkona +10 C
Alkupalon kohdalta AIT pois, jotta ei tarvita "sytytintä"
&INIT XB= 0.2,8.6, 0.2,9.8, 0.2,2.6, TEMPERATURE=22.0 / sisälämpötila
&INIT XB= 5.2,6.9, 3.2,6.2, 0.6,2.6, TEMPERATURE=22.0
      AUTO_IGNITION_TEMPERATURE=-273.15 / menee ensimmäisen päälle, 22C uudestaan
```

```
&TIME T_BEGIN=540.0, T_END=2340.0, DT=0.02, / 1800s
&MISC TMPA= 10.0, /
```

```
&DUMP SMOKE3D=.TRUE., NFRAMES=1800,
      DT_SLCF= 0.2,
      DT_HRR= 10.0,
      DT_BNDF= 1.0,
      DT_DEVC= 10.0,
      DT_PL3D= 180.0,
      DT_RESTART= 1000000.0 /
```

```
Harjakatto
```

```
&OBST XB=-17.8,22.2, -2.3,-1.8,2.3,2.5,SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -1.8,-1.3,2.4,2.6,SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -1.3,-0.8,2.5,2.7,SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, -0.8,-0.3,2.6,2.8,SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 10.1,10.6,2.6,2.8,SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.8,22.2, 9.6,10.1,2.7,2.9,SURF_ID='WOOD10C',PERMIT_HOLE=.FALSE.,THICKEN=.TRUE. /
```

A3 väliseinät

```
&OBST XB= 3.1,3.2, 0.2,2.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 2.2,3.0, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 3.0,3.6, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 5.2,6.2, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.1,3.2, 6.2,9.8, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
```

A3 tuulikaappi

```
&OBST XB= 4.6,4.7, 0.2,1.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.2,3.3, 1.3,1.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 4.2,4.6, 1.3,1.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
&OBST XB= 3.3,4.2, 1.3,1.4, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE. / väliseinä
```

A3 vessa ja vaatehuone

```
&OBST XB= 3.1,3.2, 4.8,5.0, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 3.1,3.2, 3.6,4.8, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 3.1,3.2, 5.0,5.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 1.0,1.7, 5.1,5.2, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 0.2,1.0, 5.1,5.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 1.7,3.1, 5.1,5.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 0.2,3.1, 3.6,3.7, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 1.6,1.7, 3.6,5.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
```

A3 s+kh

```
&OBST XB= 6.9,8.6, 6.1,6.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 6.9,7.0, 0.2,2.4, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 6.9,7.0, 2.4,2.6, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 6.9,7.0, 2.6,6.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 7.0,7.8, 4.1,4.2, 2.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
&OBST XB= 7.8,8.6, 4.1,4.2, 0.2,2.6, SURF_ID='GYPSUM', PERMIT_HOLE=.FALSE.,/
```

A3 jääkaappiblokki ja keittiönkaapit

```
&OBST XB= 4.6,5.2, 3.3,6.2, 0.2,2.6, SURF_ID='WOOD', PERMIT_HOLE=.FALSE. / jääkaappiblokki
&OBST XB= 6.3,6.9, 3.3,6.2, 0.2,1.0, SURF_ID='WOOD', PERMIT_HOLE=.FALSE. / alakaapit
&OBST XB= 6.4,6.9, 3.3,6.2, 1.5,2.3, SURF_ID='WOOD', PERMIT_HOLE=.FALSE. / yläkaapit
```

ulko-ovi, aukeaa 30s taaemman MH:n oven jälkeen

```
&DEVC ID='Timer_A3_Ovi', XYZ=4,4,1.5, SETPOINT=990.0, QUANTITY='TIME', INITIAL_STATE=.FALSE. /
&HOLE XB=3.17 ,4.23 , -0.03 ,0.23 ,0.37 ,2.23, DEVC_ID='Timer_A3_Ovi' / A3 ulko-ovi auki
&HOLE XB=3.17 ,4.23 , -0.03 ,0.23 ,0.17 ,0.43, / A3 ulko-ovi alareuna auki koko ajan
&OBST XB=3.18 ,4.22 , -0.02 ,0.22 ,0.18 ,2.22, SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD10C','WOOD','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. / A3 ulko-ovi
```

makuuhuoneen ikkunat varastopuolella

```
&OBST XB=1.18 ,2.32 , -0.02 ,0.22 ,0.98 ,2.22 , SURF_ID='GLASS' / A3 MH ikkuna varastopuoli
ruokatilän ikkunat
&OBST XB=5.18 ,6.42 , -0.02 ,0.22 ,0.98 ,2.22 , SURF_ID='GLASS' / A3 ruokatilän ikkuna
ulko-oven ikkunat
&OBST XB=3.28 ,4.12 , -0.03 ,0.23 ,1.08 ,2.12 , SURF_ID='GLASS' / A3 ulko-oven ikkuna
väliaidat ulkona varastojen puolella
&OBST XB=0.10 ,0.20 ,0.00 , -1.50 ,0.10 ,1.80 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60 ,8.70 ,0.00 , -1.50 ,0.10 ,1.80 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
väliaitojen yläosa talon seinän vieressä
&OBST XB=0.10 ,0.20 ,0.00 , -0.70 ,1.80 ,2.00 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60 ,8.70 ,0.00 , -0.70 ,1.80 ,2.00 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
varastot
&OBST XB=6.40 ,8.70 , -1.50 , -3.50 ,0.00 ,2.50 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
olohuoneen ovet ja oven ikkuna
&OBST XB=3.60 ,4.40 ,9.78 ,10.02 ,0.18 ,2.22 , SURF_ID6='WOOD','WOOD',
'WOOD','WOOD10C','WOOD','WOOD', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=3.70 ,4.30 ,9.77 ,10.03 ,1.08 ,2.12 , SURF_ID='GLASS' /
MH ikkunat, olohuoneen puoli
&OBST XB=1.40 ,2.60 ,9.77 ,10.03 ,0.88 ,2.22 , SURF_ID='GLASS' / A3 MH ikkuna oloh.
olohuoneen ikkunat
&OBST XB=5.18 ,6.42 ,9.77 ,10.03 ,0.68 ,2.22 , SURF_ID='GLASS' / A3 oloh ikkuna
&OBST XB=6.58 ,7.82 ,9.77 ,10.03 ,0.68 ,2.22 , SURF_ID='GLASS' / A3 oloh ikkuna
väliaidat olohuoneen puolella
&OBST XB=0.10 ,0.20 ,10.00 ,12.30 ,0.10 ,1.80 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60 ,8.70 ,10.00 ,12.30 ,0.10 ,1.80 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=0.10 ,0.20 ,10.00 ,11.30 ,1.80 ,2.00 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=8.60 ,8.70 ,10.00 ,11.30 ,1.80 ,2.00 , SURF_ID='WOOD10C', THICKEN=.TRUE. /
```

```

&OBST XB=-17.2, 21.6, 0.0,10.0, 0.0,0.2, SURF_ID6='CONCRETE10C','CONCRETE10C',
        'CONCRETE10C','CONCRETE10C','CONCRETE10C','CONCRETE' / lattia
&OBST XB= 8.6, 8.8, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID='CONCRETE' / A3-A4 seinä
&OBST XB= 0.0, 0.2, 0.1, 9.9, 0.2,2.6, SURF_ID='CONCRETE' / A2-A3 seinä

        vaakasuurat ulkoseinät, sisäpinta puuta 20C, mutta ei pala
&OBST XB=-17.2, 21.6, 0.0, 0.2, 0.2,2.6, SURF_ID6='WOOD10C','WOOD10C','WOOD10C',
        'WOOD_Leak','CONCRETE','CONCRETE', THICKEN=.TRUE. /
&OBST XB=-17.2, 21.6, 9.8,10.0, 0.2,2.6, SURF_ID6='WOOD10C','WOOD10C',
        'WOOD_Leak','WOOD10C','CONCRETE','CONCRETE', THICKEN=.TRUE. /
        välikatto
&OBST XB=-17.2, 21.6, 0.0,10.0, 2.6,2.8, SURF_ID6='WOOD10C','WOOD10C',
        'WOOD10C','WOOD10C','WOOD_PIR','ROCK_WOOL', THICKEN=.TRUE. / välikatto

&REAC FUEL='PROPANE', SOOT_YIELD=0.03, CO_YIELD=0.010, AUTO_IGNITION_TEMPERATURE=400.0 /
&SPEC ID='HYDROGEN CYANIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. / HCN
&SPEC ID='HYDROGEN CHLORIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. / HCl
&SPEC ID='NITROGEN DIOXIDE', LUMPED_COMPONENT_ONLY=.TRUE. / NO2
&SPEC ID='PIR TOXIC GASES',
        SPEC_ID(1)='HYDROGEN CYANIDE', MASS_FRACTION(1)=0.034025179,
        SPEC_ID(2)='HYDROGEN CHLORIDE', MASS_FRACTION(2)=0.008506295,
        SPEC_ID(3)='NITROGEN DIOXIDE', MASS_FRACTION(3)=0.004763525,
        SPEC_ID(4)='CARBON MONOXIDE', MASS_FRACTION(4)=0.663490983,
        SPEC_ID(5)='SOOT', MASS_FRACTION(5)=0.289214018, /

&SURF ID='BURNER',COLOR='RED', HRRPUA=2000.0,RAMP_Q='Fire_ramp',RAMP_T='Ts_bur',
        TMP_FRONT=600.0 /
&SURF ID='MELT', COLOR='MAGENTA',HRRPUA=2000.0,RAMP_Q='Melt_ramp',RAMP_T='Ts_melt',
        TMP_FRONT=600.0 /
&SURF ID='HOT PLATE', COLOR='ORANGE', TMP_FRONT=600.0 /
&SURF ID='COLD PLATE', COLOR='BLUE', TMP_FRONT= 22.0 /

&VENT XB= 6.4,6.6, 4.0,4.2, 1.0,1.0, SURF_ID='HOT PLATE' /
&VENT XB= 6.3,6.4, 4.0,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='COLD PLATE' /
&VENT XB= 6.6,6.9, 4.0,4.1, 1.0,1.0, SURF_ID='COLD PLATE' /
&VENT XB= 6.6,6.8, 4.2,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='BURNER' / lieden pinta, 0.04m2
&VENT XB= 6.3,6.9, 4.4,4.5, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.06m2
&VENT XB= 6.4,6.6, 4.2,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.04m2 vent 22
&VENT XB= 6.8,6.9, 4.2,4.4, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.02m2
&VENT XB= 6.6,6.9, 4.1,4.2, 1.0,1.0, SURF_ID='MELT' / sula muovi, 0.03m2

Otkesin kahvinkeitin video:
300s 5 min savuaa valkoista savua aika vähän
600s 10 min savuaa paljon, kaatuu, valkeaa savua
660s 11 min syttyy
900s 15 min vähän sulaa palaa jo altaana
1140s 19 min iso allas palaa jo
FDS-aika: aloitetaan 9min kohdalta eli T_BEGIN=540

&RAMP ID='Ts_bur', T= 0.0, F= 0.02 / 22C
&RAMP ID='Ts_bur', T= 540.0, F= 0.02 /
&RAMP ID='Ts_bur', T= 600.0, F= 1.0 /
&RAMP ID='Ts_bur', T=1500.0, F= 1.0 /
&RAMP ID='Ts_bur', T=3500.0, F= 1.0 /

&RAMP ID='Ts_melt', T= 0.0, F= 0.02 / 22C
&RAMP ID='Ts_melt', T= 800.0, F= 0.02 /
&RAMP ID='Ts_melt', T=1100.0, F= 1.0 /
&RAMP ID='Ts_melt', T=3600.0, F= 1.0 /

&RAMP ID='Melt_ramp', T= 0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Melt_ramp', T= 800.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Melt_ramp', T=1140.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Melt_ramp', T=3600.0, F=1.0 /

&RAMP ID='Fire_ramp', T= 0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T= 650.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T= 660.0, F=0.2 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T= 720.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Fire_ramp', T=3600.0, F=1.0 /

&SURF ID= 'CONCRETE', DEFAULT=.TRUE.,
        COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.7,
        MATL_ID= 'CONCR',
        TMP_INNER= 20.0,
        BACKING= 'VOID',
        THICKNESS= 0.2 /COLOR='GRAY',
&SURF ID= 'CONCRETE10C', DEFAULT=.TRUE.,
        COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.7,

```

```

MATL_ID= 'CONCR',
TMP_INNER= 10.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.2 /
&SURF ID='GYPSUM',
COLOR='SNOW 1', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'GYPSUM PLASTER',
TMP_INNER= 20.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /COLOR='SNOW 1'
&SURF ID='GYPSUM10C',
COLOR='SNOW 1', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'GYPSUM PLASTER',
TMP_INNER= 10.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /
&SURF ID= 'GROUND',
COLOR='GREEN', TRANSPARENCY=0.2,
MATL_ID= 'CONCR',
TMP_INNER= 10.0,
BACKING= 'INSULATED',
THICKNESS= 0.5 /
&SURF ID='WOOD_Nohrr',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 20.0,
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /COLOR='SIENNA 3'
&SURF ID='WOOD',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 20.0,
HEAT_OF_VAPORIZATION= 2500.0,
HRRPUA= 120.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
RAMP_Q= 'Wood_ramp',
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 /COLOR='SIENNA 3'
&SURF ID='WOOD_PIR',
COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
MATL_ID= 'PINE',
TMP_INNER= 20.0,
HEAT_OF_VAPORIZATION= 2500.0,
IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
SPEC_ID='PROPANE','PIR TOXIC GASES',
MASS_FLUX=0.002666,0.003572,
RAMP_MF= 'Wood_ramp','PUR_MF_TG_Delay',
BACKING= 'VOID',
THICKNESS= 0.015 / 120 kW/m2, kun HoC_propaani arvioitu 45 MJ/kg

&RAMP ID='PUR_MF', T= 0.0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 10.0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 23.0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 40.0, F= 0.830769 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 80.0, F= 1.000000 / PIR palaa, 130 kW/m2
&RAMP ID='PUR_MF', T= 200.0, F=1.0 / Puu PIRin alla palaa, 130 kW/m2 kelpaa
&RAMP ID='PUR_MF', T= 1200.0, F=1.0 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 1400.0, F=0.5 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 1600.0, F=0.0 /
&RAMP ID='PUR_MF', T= 3800.0, F=0.0 /

&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 10, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 23, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 40, F= 0.830769 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 80, F= 1.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 120, F= 0.615385 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 180, F= 0.346154 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 220, F= 0.061538 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 230, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 2500, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG', T= 3500, F= 0.000000 /

&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 0, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 10, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 623, F= 0.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 640, F= 0.830769 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 680, F= 1.000000 /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T= 720, F= 0.615385 /

```

```

&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T=      780      , F=      0.346154      /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T=      820      , F=      0.061538      /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T=      830      , F=      0.000000      /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T=     2500      , F=      0.000000      /
&RAMP ID='PUR_MF_TG_Delay', T=     3500      , F=      0.000000      /

&SURF ID='WOOD_LowHRR',
      COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
      MATL_ID= 'PINE',
      TMP_INNER=      20.0,
      HEAT_OF_VAPORIZATION= 1000.0,
      HRRPUA=      40.0,
      IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
      RAMP_Q=      'Wood_ramp',
      BACKING= 'VOID',
      THICKNESS= 0.015 / Mht ja olohuoneen perän katot
&SURF ID='WOOD_Leak',
      COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
      MATL_ID= 'PINE',
      TMP_INNER=      20.0,
      BACKING= 'VOID',
      THICKNESS= 0.015 / Mht ja olohuoneen perän katot
&SURF ID='WOOD10C',
      COLOR='SIENNA 3', TRANSPARENCY=0.7,
      MATL_ID= 'PINE',
      TMP_INNER=      10.0,
      HEAT_OF_VAPORIZATION= 2500.0,
      HRRPUA=      120.0,
      IGNITION_TEMPERATURE= 350.0,
      RAMP_Q=      'Wood_ramp',
      BACKING= 'VOID',
      THICKNESS= 0.015 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=   0.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=  10.0, F=0.25 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=  30.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T= 200.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1000.0, F=1.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1200.0, F=0.5 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1400.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=1800.0, F=0.0 /
&RAMP ID='Wood_ramp', T=3800.0, F=0.0 /

&SURF ID='GLASS',
      COLOR='SNOW 1', TRANSPARENCY=0.7,
      MATL_ID= 'GLAZING',
      TMP_INNER= 20.0,
      BACKING= 'EXPOSED',
      THICKNESS= 0.02 /
&SURF ID='ROCK_WOOL',
      COLOR='GRAY', TRANSPARENCY=0.2,
      MATL_ID= 'MIN_WOOL',
      TMP_INNER= 10.0,
      BACKING= 'VOID',
      THICKNESS= 0.30 /

```

Material properties from the books:

EFD: Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere

Drys: Fire Dynamics, 3rd Ed., D.Drysdale

The average values are taken, if the properties are given as ranges.

```

&MATL ID='PUR', EMISSIVITY=1.0,
      CONDUCTIVITY=      0.045,
      DENSITY=      35.00,
      SPECIFIC_HEAT=      1.5 /
&MATL ID= 'CONCR',
      CONDUCTIVITY=      1.10,
      DENSITY=      2100.00,
      SPECIFIC_HEAT=      0.88 / Drys, table 2.1,
&MATL ID='PINE',
      CONDUCTIVITY=      0.14,
      DENSITY=      640.00,
      SPECIFIC_HEAT=      2.85 / Drys, table 2.1, yellow pine
&MATL ID='GLAZING',
      CONDUCTIVITY=      0.76,
      DENSITY=      2700.00,
      SPECIFIC_HEAT=      0.84 / Drys, table 2.1,
&MATL ID='GYPSUM_PLASTER',
      FYI='Quintiere, Fire Behavior'
      CONDUCTIVITY=      0.48,
      SPECIFIC_HEAT=      0.84,

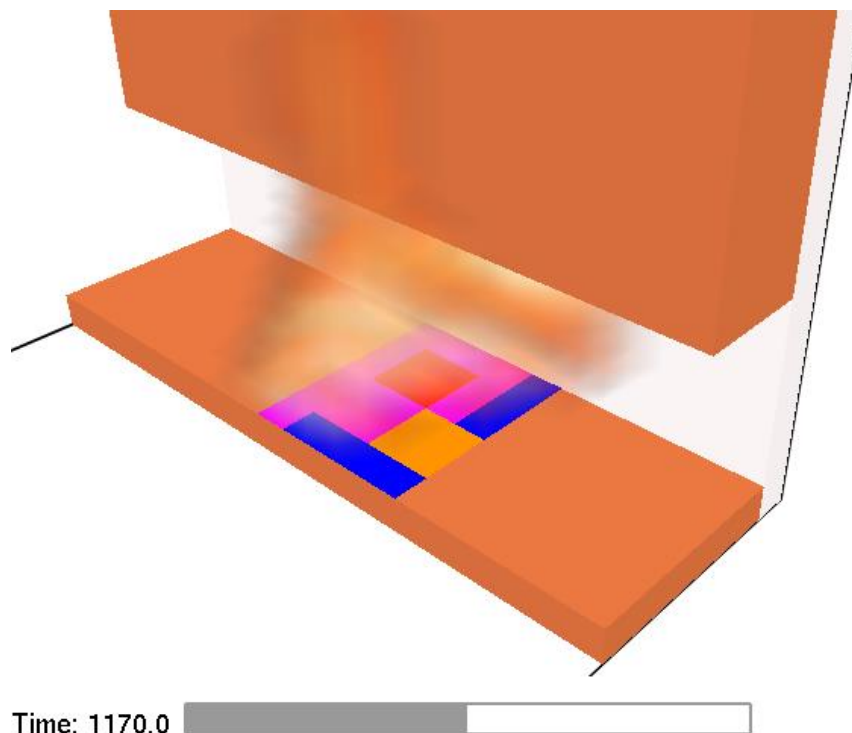
```

```
DENSITY=      1440.00 /  
K&Q, mineral wool, plates  
&MATL ID='MIN_WOOL',  
FYI='Karlsson & Quintiere, EFD'  
CONDUCTIVITY=    0.041,  
SPECIFIC_HEAT=    0.800,  
DENSITY=      100.00 /  
  
&TAIL /
```

LIITE D Puun ja PIR-eristeen mallittaminen simuloinneissa

Tässä liitteessä esitetään joitakin malleja, joita käytettiin eri materiaalien kuvaamiseen palosimuloinneissa. Tarkemmat kuvaukset materiaaleista löytyvät liitteen C esimerkkisyötetiedostoista.

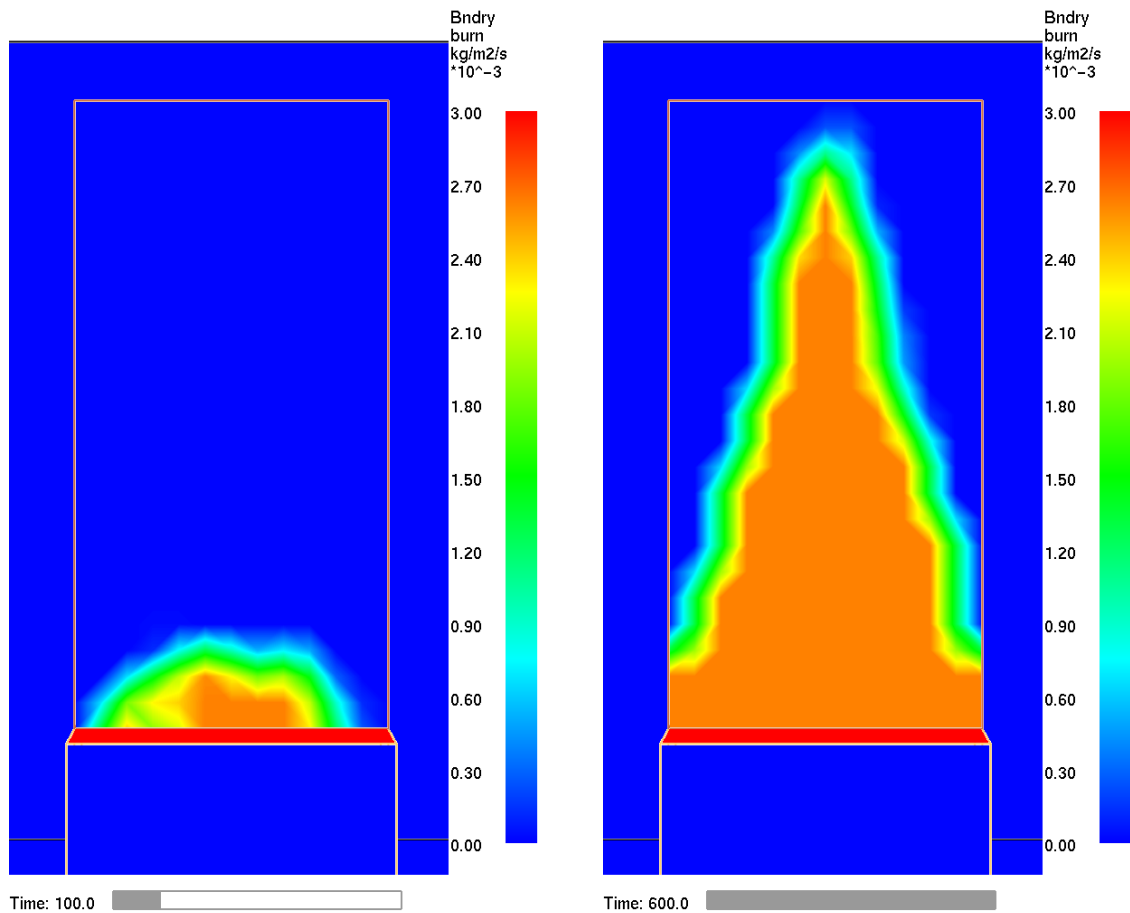
Alkupalona käytetty kahvinkeitinpalomalli on esitetty kuvassa D1. Mallin tarkempi kuvaus löytyy esimerkkisyötetiedostoista (liite C). Kuvassa punainen neliö kuvaa kahvinkeitintä, purppuralla on merkitty sulaa muovia (keittimestä sulava muovi), oranssi on kuuma levy ja siniset alueet ovat kylmiä kohtia. Tilaajan kahvinkeitinelle tehdyssä palokokeessa sula muovi ei peittänyt koko liettä.



Kuva D1. Alkupalon malli.

Puuseinän palamista varten suoritettiin FDS-simulaatioita, joilla pyrittiin toistamaan VTT:llä 1990-luvulla tehtyjen puujulkisivukokeiden tuloksia liekin etenemiselle puista julkisivua pitkin ylöspäin [Hakkarainen ym. 1996, Hakkarainen ym. 1997, Kokkala ym. 1997]. FDS-ohjelmalla simuloitiin koetta, jossa koekappale oli 1,2 m leveä ja ylsi noin kolmen metrin korkeuteen. FDS-mallissa koekappale mallitettiin 15 mm paksuna puuna, jonka termiset ominaisuudet (tiheys, ominaislämpökapasiteetti, lämmönjohtavuus) otettiin Drysdalen kirjan taulukosta 2.1². Kuvassa D1 on esitetty kaksi tuokiokuvaa simuloinnista, jossa käytettiin 20 cm kuutiollista laskentahilaa sekä puupinnalle FDS-parametreja: HEAT_OF_VAPORIZATION=2500, HRRPUA=120, IGNITION_TEMPERATURE=350 sekä RAMP_Q nousu maksimiin 30 s, maksimiteholla 1000 s saakka, jonka jälkeen nolleen 1400 s kohdalla.

² Drysdale, D., 1998. An Introduction to Fire Dynamics, 2. painos, Wiley.



Kuva D1. Puujulkisivun syttyminen FDS-mallissa.

Kokkala ym. saivat palon leviämisenopeudeksi noin 0,3 m/min ylöspäin, joten FDS-malli toistaa tämän riittävällä tarkkuudella. Nyt haluttiin tarkastella palon leviämistä kvalitatiivisesti, joten puumallin voidaan olettaa olevan tähän tarkoitukseen sovelias.

PIR-eristeen palamisesta vapautuvien myrkykaasujen tuotot otettiin julkaisusta Stec & Hul 2011. Julkaisussa on annettu tuottoja erilaisille palamisolosuhteille palon ilmansaannin mukaan. Stec ja Hull mittasivat noen tuotoksi noin 0,1 g/g. HCN-tuotoksi he saivat 0,007 – 0,018 g/g, kun mentiin ilmarikkaasta palamisesta happirajoitteisempaan suuntaan. Vastaavasti he saivat NO₂-tuotolle välin 0,0016 – 0,0014 g/g ja HCl-tuotolle välin 0,007 – 0,0025 g/g. Arvot on katsottu silmämääräisesti julkaisun kuvista.

Nyt simuloitiin huoneistopaloa, jonka katossa on PIR-eristettä. Palon voidaan olettaa olevan happirajoitteinen huoneiston sisällä. Simuloinneissa päädyttiin käyttämään tuottoja: noki 0,01, CO 0,02, HCN 0,01, NO₂ 0,0014 ja HCl 0,0025 g/g. Koska FDS-mallissa kaasumaisena polttoaineena on propaani, jolle oli määrätty noen ja hään tuotot syötteenä, niin PIR-mallin myrkkypäästöjen massaosuuksien laskennassa otettiin nämä huomioon. Mallissa huomioitiin myös se, että kaasumaisen polttoaineena olevan propaanin palamislämpö on noin nelinkertainen verrattuna PIR/PUR materiaalin palamislämpöön.

PIR-levyn palotehon mallin pohjaksi otettiin Ustan [Usta 2012] kartiokolorimetrisi mittaama PUR-levyn palotehokäyrä (julkaisun kuva 3, tumman sininen "PUR" käyrä). FDS-ohjelman syötteenä oleva syöte "PUR_MF_TG" massavirtaramppi (kts. liite C) on tämän mitatun käyrän mukainen.