

# VÄESTÖNSUOJAN TIETOMALLINNUS

Tekla Structures



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka

kevät, 2017

Annika Kotilainen

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Annika Kotilainen	<b>Vuosi</b> 2017
<b>Työn nimi</b>	Väestönsuojan tietomallinnus, Tekla Structures	
<b>Työn ohjaaja/t</b>	Tomi Karppinen	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tilaajana toimi insinööritoimisto Honkanen & Huuonen Oy. Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli Tekla Structures –ohjelmiston soveltavuuden tutkiminen väestönsuojien ja väestönsuojaelementtien suunnitteluun ja mallintamiseen. Lisäksi tavoitteena oli yritykselle soveltuvan käyttöympäristön luominen ja muokkaaminen suunnittelutyöhön sopivaksi.

Väestönsuojaelementit ovat niin kutsuttuja erikoiselementtejä, joiden mallintamiseen ei voitu hyödyntää Tekla Structures -ohjelmiston vakio-työkaluja. Tarvittavilla asetuksilla varustettuja komponentteja oli kuitenkin mahdollista luoda Custom Component –työkalun avulla. Työkalun avulla komponentteihin voitiin sisällyttää kuuluviksi esimerkiksi erilaisia leikkauksia ja raudoituksia.

Työn tuloksena saatiin yhteensä 13 eri komponenttia, joille jokaiselle määriteltiin omat muokattavat parametrinsa. Näiden lisäksi käyttöympäristöön luotiin asetuksia erilaisille tarvittaville lisäosille kuten raudoituksille. Mallinnuksen avuksi yritykselle tehtiin myös mallinnusopas.

Työn aikana kävi selväksi, että Tekla Structures on toimiva ohjelmisto väestönsuojaelementtien suunnitteluun ja mallintamiseen. Ohjelmistoon on mahdollista luoda omiin tarpeisiin sopivia komponentteja, joita voidaan tarpeen tullen muokata myös myöhemmin. Opinnäytetyön avulla yrityksen on helpompi jatkaa ohjelmiston käyttöympäristön kehittämistä niiltä osin, joilta sitä ei tämän työn aikana ollut mahdollista kehittää.

**Avainsanat** väestönsuoja, elementti, tietomallinnus, Tekla Structures, Custom Component

**Sivut** 23 sivua

Degree Programme in Construction Engineering  
Visamäki

---

<b>Author</b>	Annika Kotilainen	<b>Year</b> 2017
<b>Subject</b>	Building Information Modeling of a civil defence shelter, Tekla Structures	
<b>Supervisors</b>	Tomi Karppinen	

---

ABSTRACT

The commissioner of this Bachelor's thesis was an engineering office Honkanen & Huumonen Ltd. The main aim of the thesis was to examine how Tekla Structures will work with designing civil defence shelters and elements. Another aim was to create different kinds of settings and workable components for civil defence shelters.

Civil defence shelters and elements are so called special elements, and therefore there were no ready tools to model it in Tekla Structures. Those elements needed to be made with a Custom Component tool, which enabled to create components with any additional parts.

As a result of the thesis 13 different custom components were produced. They all have their own modifying settings. In addition to custom components, several settings for additional parts were created, for example for reinforcements. To help modeling work a modeling guide was also drawn up.

It was found out that Tekla Structures works well in this kind of modeling work. It is really simple to create components and settings for your own needs. By means of this thesis, it is easier for the company to keep on developing Tekla Structures to meet their own needs.

**Keywords** civil defence shelter, element, Building Information Model (BIM), Tekla Structures, Custom Component

**Pages** 23 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tavoite.....	2
1.2	Insinööritoimisto Honkanen & Huuonen Oy .....	2
2	VÄESTÖNSUOJA.....	2
2.1	Historia ja nykytilanne Suomessa .....	3
2.1.1	Historia .....	3
2.1.2	Nykytilanne.....	4
2.2	Rakentamisvelvollisuus .....	4
2.3	Suojaluokka .....	5
2.3.1	S1-luokka .....	5
2.3.2	S2-luokka .....	5
2.3.3	Kalliosuoja.....	5
2.4	Sijainti.....	6
2.5	Varsinainen suojatila .....	6
2.6	Väestönsuojan muut tilat.....	7
2.6.1	Sulkutila .....	7
2.6.2	Käymälät .....	7
2.6.3	Ensiapu- ja sairashuone .....	8
2.6.4	Konehuoneet ja valvomo.....	8
2.6.5	Kulkureitit .....	8
2.7	Väestönsuojan suojaovet ja –luukut.....	8
2.7.1	Suojaovet.....	9
2.7.2	Suojaluukut.....	9
2.8	Väestönsuojan varustelu ja laitteet .....	9
2.8.1	Ilmanvaihtojärjestelmä.....	10
2.8.2	Vesipiste .....	10
2.8.3	Sähkö ja valaistus.....	11
2.8.4	Lämmitys .....	11
2.8.5	Viestintä.....	12
2.9	Väestönsuojan paloturvallisuus .....	12
2.10	Väestönsuojan rakenteet .....	12
2.10.1	Rakenteiden paksuus.....	12
2.10.2	Painekuormat .....	13
2.10.3	Sirpalesuojaus.....	14
2.10.4	Säteilysuojaus .....	15
2.10.5	Tärähdyskuormat .....	15
2.10.6	Mitoitus ja raudoitukset .....	16
3	VÄESTÖNSUOJAELEMENTTI .....	17
4	MALLINNUSTYÖ.....	18
4.1	Suora seinä .....	18
4.2	Kulmaseinä .....	19
4.3	Väliseinä ja pilari .....	19

4.4	Laatta.....	20
4.4.1	Yksittäinen laatta.....	20
4.4.2	Laattakenttä.....	20
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	21
	LÄHTEET .....	22

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii lahtelainen insinööritoimisto Honkanen & Huumonen Oy. Yrityksen tavoitteena on tulevaisuudessa hyödyntää 3D-mallinnustekniikkaa väestönsuojien ja väestönsuojaelementtien suunnittelussa. Yritys on päättänyt käyttää kyseiseen työhön Tekla Structures –ohjelmistoa. Haasteita ohjelmiston käyttöönottoon tuo se, että väestönsuojaelementit ovat niin kutsuttuja erikoiselementtejä. Kyseisten elementtien mallintamiseen ei siis voida käyttää ohjelmistosta valmiiksi löytyviä työkaluja.

Väestönsuojien suunnittelutyö on monivaiheinen prosessi, jonka eri vaiheisiin vaaditaan myös ohjelmistolta omat työkalunsa ja asetuksensa. Tekla Structures on ohjelmisto, jolla koko suunnitteluprosessi on mahdollista viedä alusta loppuun saakka. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että elementit on mahdollista tietomallintaa täydellisesti kaikki lisäosat mukaan lukien. Tämän jälkeen elementeistä saadaan luotua valmistuskuvat, jotka lähetetään elementtitehtaalle. Jotta kaikki nämä työvaiheet on mahdollista tehdä juuri toivotun lopputuloksen saavuttamiseksi, vaatii se vaihtelevan määrän erilaisia asetuksia.

Kaikkien väestönsuojan suunnittelutyöhön tarvittavien asetusten luominen ei ole käytännössä mahdollista tämän opinnäytetyön aikana. Opinnäytetyön aihepiiriin on rajattu sisältymään ne asetukset, joiden avulla väestönsuojan suunnittelu ja mallintaminen on mahdollista. Piirustusasetusten luominen on jätetty yritykselle myöhemmin tehtäväksi.

Opinnäytetyön aikana yritykselle luodaan sopiva käyttöympäristö, joka soveltuu nimenomaan väestönsuojaelementtien mallintamiseen. Käyttöympäristöön tulee sisällyttää komponentteja väestönsuojaelementeistä, joissa tulee olla ominaisuudet elementin profiilin muokkaamiseen sekä mahdollisuus elementtiin liitettävien raudoitusten ja muiden varuste-  
luosien hallintaan. Lisäksi yritykselle luodaan mallinnusopas, jonka avulla uusien luotujen komponenttien käyttöönotto on vaivatonta.

Opinnäytetyö koostuu kokonaisuudessaan kahdesta eri osasta. Ensimmäinen osa sisältää teoriaa väestönsuojien suunnittelusta sekä raportin ohjelmistolla tehtävästä työstä. Toinen osa on varsinainen Tekla Structures –ohjelmistolla tehtävä työ, jossa käyttöympäristöä muokataan yrityksen tarpeisiin sopivaksi.

## 1.1 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on helpottaa ja nopeuttaa yrityksen siirtymistä heille uuteen suunnittelussa käytettävään mallinnusohjelmaan. Tavoitteena on luoda ohjeita ja asetuksia sekä valmiita komponentteja, joiden avulla yrityksen väestönsuojaelementtien suunnittelu tehostuu. Ohjeiden ja asetusten lisäksi tehdään yksinkertainen ja helposti seurattava mallinnusopas, jonka avulla yritys pystyy mallintamaan väestönsuojaelementin vaihe vaiheelta.

Opinnäytetyö koostuu kahdesta eri osasta. Ensimmäisessä osassa käsitellään väestönsuojia ja niihin liittyviä lakeja ja asetuksia. Lisäksi ensimmäinen osa sisältää koosteen työssä tehtävistä komponenteista. Toinen osa on varsinainen yritykselle tehtävä työ. Siinä työvälineenä on mallinnusohjelmisto Tekla Structures, johon luodaan erilaisia asetuksia ja komponentteja. Tässä yhteydessä yritykselle tehdään myös erillinen mallinnusopas, jota ei yrityksen toiveesta julkaista tämän opinnäytetyön yhteydessä.

## 1.2 Insinööritoimisto Honkanen & Huuemonen Oy

Insinööritoimisto Honkanen & Huuemonen Oy on monipuolinen rakentamisen konsulttitoimisto, jonka toimialaa ovat sekä korjaus- että uudisrakentaminen. Yritys on perustettu Lahteen vuonna 1982 yhden miehen insinööritoimistona, mutta se on myöhemmin laajentunut osakeyhtiöksi. Yrityksen toimialuetta ovat Lahden lisäksi pääkaupunkiseutu sekä lähialueet. Nykyään se työllistää vajaan 10 työntekijää. (Honkanen & Huuemonen Oy, n.d.)

Yrityksen alkuvaiheilla asiakkaita olivat lähinnä pientalorakentajat, mutta pian myöhemmin toiminta laajeni myös julkiselle sektorille ja teollisuuteen. Asiakkaita ovat muun muassa asunto-osakeyhtiöt, kauppa, valtio, kunnat sekä julkisyhteisöt. (Honkanen & Huuemonen Oy, n.d.)

## 2 VÄESTÖNSUOJA

Väestönsuojalla tarkoitetaan tilaa, jonka perimmäisenä tarkoituksena on suojata ihmisiä säteilyltä, kaasuilta, sirpaleilta, sortumilta, tulipaloilta sekä aseilta. Väestönsuojia rakennetaan lähinnä sodan varalle, mutta normaalioloissa niitä voidaan käyttää esimerkiksi erilaisina varastotiloina. (SPEK, n.d.) Kun väestönsuojia käytetään normaalioloissa esimerkiksi varasto- tai kerhotiloina, tulee niiden olla käytettävissä väestönsuojana 72 tunnin kuluessa viranomaisten antamasta käyttöönottomääräyksestä (Pelastuslaki 379/2011 § 76).

Väestönsuojien rakentamisesta säädetään Pelastuslaissa 379/2011, Valtioneuvoston asetuksessa väestönsuojista 5.5.2011/408, Valtioneuvos-

ton asetuksessa väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011 sekä Sisäasiainministeriön asetuksessa väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011. Lisäksi ohjeita löytyy myös muun muassa Suomen rakentamismääräyskokoelmasta, ohjeesta S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja RT 92-11173.

## 2.1 Historia ja nykytilanne Suomessa

Suomeen rakennettiin ensimmäiset väestönsuojat vapaaehtoisesti 1930-luvun lopulla. Vuosien aikana väestönsuojille on asetettu erilaisia lakeja ja säännöksiä, jotka ovat muuttuneet useaan otteeseen historian aikana. Ensimmäisinä vuosina rakennetut väestönsuojat antoivat väliaikaisen suojapaikan noin 20 000 ihmiselle. Nykyään Suomeen rakennetuissa väestönsuojissa on suojapaikkoja yhteensä lähes neljälle miljoonalle ihmiselle. (Sisäasiainministeriö 2013.)

### 2.1.1 Historia

Ensimmäinen väestönsuojien rakentamiseen velvoittava laki (375/1939) tuli voimaan marraskuussa 1939 ja tämän lain voidaan katsoa olleen voimassa vuoteen 1959 saakka. Tuona aikana rakennetuissa väestönsuojissa oli suojapaikkoja 70 000 ihmiselle. Tuolloin väestönsuojissa ei kuitenkaan ollut ilmanvaihtolaitteistoja, joten ne eivät soveltuneet pitkäaikaiseksi suojaksi. (Sisäasiainministeriö 2013.)

Nykyisten väestönsuojelusäännösten pohjana voidaan pitää vuonna 1958 annettua väestönsuojelulakia (438/58), joka otettiin käyttöön vuoden 1959 puolella välissä. Myös ensimmäinen väestönsuojan teknillisiä määräyksiä koskeva laki (VNp 318/1959) tuli voimaan kesäkuussa 1959. Tässä laissa määritettiin ensimmäisen kerran vaatimukset ilmanvaihtolaitteisiin väestönsuojissa. Vuonna 1971 annettiin uudet teknilliset määräykset, koska oltiin kehitetty uudenlainen ilmanvaihtolaite. (Sisäasiainministeriö 2013.)

Uudet huomattavat muutokset väestönsuojelulakiin tehtiin maaliskuussa 1990, jolloin muutokset koskivat väestönsuojien rakentamisvelvollisuutta. Uusi laki koski rakennuksia, joihin haettiin rakennuslupaa 1.9.1991 tai sen jälkeen. Vuodesta 1991 eteenpäin väestönsuojia alettiin rakentaa koko maassa entisen vain suojelukohdekuntiin rakentamisen sijaan. (Sisäasiainministeriö 2013.)

Vuonna 1999 tuli voimaan pelastustoimilaki (561/1999), joka korvasi aiemman lain palo- ja pelastustoimesta (559/1975) sekä vuonna 1958 asetetun väestönsuojelulain. Vuonna 2004 pelastustoimilaki korvattiin pelastuslailla (468/2003). Vuonna 2005 annettu sisäministeriön asetus (660/2005) väestönsuojien laitteista asetti ilmanvaihdon suodattimille uusia suodatuskykyyn liittyviä vaatimuksia. Väestönsuojien rakentamis-



velvoitteita lievennettiin heinäkuussa 2011 voimaan tulleella pelastuslaila (379/2011). Tätä lakia sovelletaan edelleen väestönsuojien rakentamisessa. (Sisäasiainministeriö 2013.) Taulukossa 1 esitetään eri ajanjaksoilla rakennettujen väestönsuojien määriä.

Taulukko 1. Taulukossa on esitetty eri säädösten ja määräysten vaikutuksia väestönsuojien rakentamismääriin ajanjaksolla 1954-2010 (Sisäasiainministeriö 2013, 10).

Aikaväli (vuosia)	suojapaikat/kpl	suojapaikat/vuosi
1954 - 1958 (5)	50 400	10 080
1959 - 1962 (4)	101 600	25 400
1963 - 1972 (10)	869 600	86 960
1973 - 1982 (10)	842 400	84 240
1983 - 1992 (10)	669 600	66 960
1993 - 2006 (14)	1 004 400	71 743
2007 - 2010 (4)	320 00	80 000
<b>yhteensä (57)</b>	<b>3 538 000</b>	

### 2.1.2 Nykytilanne

Suurin osa (n. 87 %) Suomeen rakennetuista väestönsuojista sijaitsee asuin-, liike- tai teollisuusrakennuksissa, jotka ovat yksityisessä omistuksessa. Yleisiä, valtion omistuksessa olevia, suojia on rakennettu Suomeen muutamia ja ne sijaitsevat pääosin suurissa kaupungeissa. Muita yleiseen käyttöön rakennettuja väestönsuojia sijaitsee liikennepaikoilla, kuten satamissa ja linja-autoasemilla. Nämä sisältävät noin 2 % kaikista suojapaikoista. (SPEK, n.d.)

Vuonna 2010 Suomessa oli suojapaikkoja noin 3,6 miljoonaa. Suojapaikat sijaitsevat pääsääntöisesti suurissa kaupungeissa ja keskittymissä, joissa suojapaikkoja on alueittain jopa yli tarpeen. Maaseudulla ja omakotialueilla suojapaikkoja on vähiten tai niitä ei ole ollenkaan, joten asukkaat vastaavat suojatoimistaan itse. (SPEK, n.d.)

## 2.2 Rakentamisvelvollisuus

Pelastuslain 379/2011 mukaan rakennuksen omistajan on uudisrakentamisen yhteydessä tehtävä rakennukseen tai sen välittömään läheisyyteen väestönsuoja. Väestönsuojan tulee tarjota suojapaikka kaikille rakennuksessa asuville, muutoin oleville tai pysyvästi työskenteleville ihmisille. Rakentamisvelvollisuus ei kuitenkaan koske enintään viisi vuotta käytössä olevaa rakennusta. (Pelastuslaki 379/2011 § 71.)

Rakennukseen tai samalla tontilla sijaitsevaan rakennusryhmään, jossa asutaan, työskennellään tai oleskellaan pysyvästi, tulee rakentaa väestönsuoja, jos rakennuksen tai rakennusryhmän yhteenlaskettu kerrosala

on vähintään 1200 neliometriä. Teollisuus-, tuotanto-, varasto- ja kokoon-  
tumisrakennusten vastaava kerrosala on vähintään 1500 neliometriä. Vä-  
estönsuojan rakentamisvelvollisuutta ei ole, jos tontilla sijaitsee jo ennes-  
tään riittävästi vaatimukset täyttäviä suojapaikkoja. (Pelastuslaki  
379/2011 § 71.)

## 2.3 Suojaluokka

Väestönsuojat on jaettu kokonsa mukaan kolmeen eri suojaluokkaan.  
Nämä ovat teräsbetoniväestönsuojien S1- ja S2- luokat sekä kalliosuoja.  
Suojaluokka osoittaa paineaallon aiheuttaman kuormituksen, jolle väes-  
tönsuojien rakenteet mitoitetaan. (RT 92-11173/2015, 5-6.)

### 2.3.1 S1-luokka

S1-luokan väestönsuojan varsinaisen suojatilan koko on enintään 135m<sup>2</sup>  
ja sen laskennallinen henkilömäärä on enintään 180 henkilöä. Suojan tu-  
lee kestää 100 kPa:n (1 bar) kuormitus. (RT 92-11173/2015, 5.)

S1-luokan väestönsuojat ovat rakennuskohtaisia suojia, joita ovat asuin-,  
liike- tai teollisuusrakennukseen tai niiden yhteyteen rakennettavat väes-  
tönsuojat. Niitä voidaan normaalioloissa käyttää esimerkiksi varasto- ja  
kerhotiloina tai kuntosalina. (RT 92-11173/2015, 6.)

### 2.3.2 S2-luokka

S2-luokan väestönsuojan varsinaisen suojatilan koko on enintään 900 m<sup>2</sup>  
ja sen laskennallinen henkilömäärä on enintään 1200 henkilöä. Suojan tu-  
lee kestää 200 kPa:n (2 bar) kuormitus. (RT 92-11173/2015, 5.)

S2-luokan väestönsuojien rakennuskohteita ovat esimerkiksi liike- ja teol-  
lisuusrakennukset, suuret oppilaitokset sekä sairaalat. Normaaliaikana  
väestönsuojien suojatiloja käytetään esimerkiksi pysäköinti-, varasto- ja  
koulutustiloina. (Temet Oy, n.d.)

### 2.3.3 Kalliosuoja

Kalliosuojan varsinaisen suojatilan koko on enintään 4500 m<sup>2</sup> ja sen las-  
kennallinen henkilömäärä on enintään 6000 henkilöä. Suojan tulee kestää  
300 kPa:n (3 bar) kuormitus. (RT 92-11173/2015, 5.)

Kalliosuoja on maanalainen tila, jota normaalioloissa käytetään esimer-  
kiksi urheilu-, harraste-, pysäköinti- ja tuotantotiloina. Kalliosuojan ylläpi-  
tokustannukset ovat pienempiä kuin maanpäällisten suojatilojen. (Temet  
Oy, n.d.)

## 2.4 Sijainti

Väestönsuoja tulee sijoittaa keskeiselle paikalle rakennuksessa tai rakennusryhmässä sijaitsevien asuin-, oleskelu- ja työpaikkojen suhteen. Sääntönä on, että etäisyys rakennuksen ulko-ovelta väestönsuojaan saa olla enintään 250 metriä. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 3.)

Samassa rakennuksessa voi olla useita väestönsuojia tai rakennuksilla voi olla yhteisiä väestönsuojia, jotka voidaan sijoittaa asuntoalueella esimerkiksi korttelin yhteisrakennukseen. Väestönsuoja voidaan sijoittaa joko maan alle tai maan pinnalle, rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen. Väestönsuoja on pyrittävä sijoittamaan pohjavedenpinnan yläpuolelle. Jos väestönsuoja kuitenkin rakennetaan sen alapuolelle, on suoja varustettava vuotovedenpoistolaitteilla. (RT 92-11173/2015, 6.)

Rakennuksessa väestönsuoja sijoitetaan yleensä alimpaan kerrokseen, jotta se olisi mahdollisimman hyvin suojassa maan ja rakennuksen rakenteiden alla. Väestönsuojan maanpäällisen osan päällä olevista rakenteista pyritään tekemään mahdollisimman raskaita, jotta ne suojaisivat väestönsuojaa hyvin muun muassa säteilyltä. (RT 92-11173/2015, 6.)

Lähekkäin toisiaan sijaitsevat S1-luokan väestönsuojat voidaan laskea kuuluviksi samaan suojaryhmään, jos niiden välinen etäisyys on enintään 20 metriä. Tällöin niiden yhteenlasketun suojatilan koko tulee olla enintään 270 m<sup>2</sup>. Samaan suojaryhmään kuuluvat suojat voivat sijaita esimerkiksi eri rakennuksissa kadun eri puolilla, jos suositeltu enimmäisetäisyysvaatimus täyttyy. (Rockplan 2009, 9.)

## 2.5 Varsinainen suojatila

Väestönsuojan varsinaisella suojatilalla tarkoitetaan tilaa, joka on tarkoitettu ihmisten oleskelua varten. Varsinaisen suojatilan koko tulee olla vähintään kaksi prosenttia (2 %) koko rakennuksen kerrosalasta. Vastaava luku myymälä-, teollisuus-, tuotanto- ja kokoontumisrakennusten sekä varastotilojen osalta on yksi prosentti (1 %). Jos näiden prosenttien mukaisesti mitoitettu väestönsuoja on suhteettoman suuri tai pieni, voidaan koon määrityksessä käyttää yhtä henkilöä varten lasketun suojatilan kokoa, joka on 0,75 m<sup>2</sup>. Suojatilan vähimmäisala tulee kuitenkin olla vähintään 20 neliometriä. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 2.)

Väestönsuojan suojatilan huonekorkeuden tulee olla vähintään 2,3 metriä, mutta palkkien ja kanavien kohdalla huonekorkeus tulee olla vähintään 2,0 metriä. Varsinaiseen suojatilaan ei lasketa tilaa, jonka korkeus on alle 1,6 metriä tai leveys on alle 2,0 metriä. Näihin tiloihin voidaan kuitenkin sijoittaa esimerkiksi teknisiä tiloja tai käymälöitä. (RT 92-11173/2015, 9.)

Suojatila koostuu yhdestä tai useammasta eri suojahuoneesta. Jos S1-luokan väestönsuojan suojatilan koko on suurempi kuin 90 m<sup>2</sup>, tulee se jakaa vähintään kahteen eri osastoon teräsbetoniseinällä. Tällöin suojakäytön aikana tulee varmistaa tilojen tarpeellinen ilmanvaihdon kulkeminen. (RT 92-11173/2015, 9.)

## 2.6 Väestönsuojan muut tilat

Väestönsuojaan on varsinaisen suojatilan lisäksi rakennettava myös muita ihmisen välttämättömien tarpeiden hoitamiseen sekä yleisen turvallisuuden ylläpitämiseen tarkoitettuja tiloja. Osa näistä tiloista tulee sijoittaa varsinaiseen suojatilaan ja osa sen ulkopuolelle suojatilan välittömään läheisyyteen.

### 2.6.1 Sulkutila

Sulkutila on väestönsuojan yhteyteen rakennettava sulkuhuone tai –teltta. Sulkutilan pääasiallinen tehtävä on estää vaarallisia aineita sisältävän ulkoilman pääsyn suojatilaan, kun suojaovea avataan. Sulkuhuone rakennetaan väestönsuojan yhteyteen varsinaisen väestönsuojan rakentamisen yhteydessä. Sulkuteltalle varataan väestönsuojan rakentamisen yhteydessä oma tilansa, mutta se asennetaan paikoilleen vasta silloin, kun väestönsuoja valmistetaan varsinaiseen suojakäyttöön. (RT 92-11173/2015, 25.)

S1-luokan väestönsuojan yhteyteen on rakennettava sulkuhuone tai sulkuteltta. Sulkuhuoneen koko tulee olla vähintään 2,5 neliometriä ja sulkuteltalle varattu lattiapinta-ala vähintään 2,5 neliometriä. S2-luokan väestönsuojan yhteyteen rakennettavan sulkuhuoneen pinta-ala tulee olla vähintään 4 neliometriä. Kallioväestönsuojan yhteyteen rakennettavan sulkuhuoneen tulee olla kooltaan vähintään 4 neliometriä ja sellainen tulee rakentaa jokaisen sisääntulotien yhteyteen. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 3.)

### 2.6.2 Käymälät

Väestönsuojan varsinaiseen suojatilaan tulee sijoittaa kuivakäymäläkomero. Kuivakäymälä tulee olla jokaista alkavaa varsinaisen suojatilan 20 neliometriä kohden. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 4.) Yhdelle käymäläkomerolle varattu tila on oltava vähintään 0,7 neliometriä (RT 92-11173/2015, 9).

### 2.6.3 Ensiapu- ja sairashuone

Ensiapu- ja sairashuonetila tulee rakentaa kun varsinainen suojatila on kooltaan yli 135 neliometriä. Nämä tilat tulee siis rakentaa S2-luokan väestönsuojiiin sekä kallioväestönsuojiiin ja niiden pinta-alan tulee olla vähintään kymmenen prosenttia (10 %) varsinaisen väestönsuojan pinta-alasta. Ensiapu- ja sairashuonetila tulee rakentaa sulkuhuoneen välittömään läheisyyteen. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 5.)

### 2.6.4 Konehuoneet ja valvomo

Konehuoneet ja muut tekniset tilat on rakennettava S2-luokan väestönsuojiiin ja kallioväestönsuojiiin ja ne on erotettava muista suojan tiloista vähintään kevyin väliseinin. Kallioväestönsuojissa konehuoneen läheisyyteen tulee varata lattiapinta-alaa vähintään 7 neliometriä valvomoa varten. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 6.)

### 2.6.5 Kulkureitit

Väestönsuojaan johtavia kulkureittejä ovat suojaantulo- ja hätäpoistumisreitti. Väestönsuojan suojaantuloreitti tulee olla helppokulkuinen ja selkeä. Yhteen väestönsuojaan voi johtaa useita eri suojaantuloreittejä ja yhdeltä suojaantuloreitiltä voi olla pääsy useaan eri väestönsuojaan. Suojaantuloreitti tulee olla sellainen, että liikuntakyvytön henkilö voidaan kuljettaa suojaan pyörätuolilla tai paareilla. (RT 92-11173/2015, 12.)

S1- ja S2- luokan väestönsuojissa tulee olla suojaantuloreitin lisäksi vähintään yksi hätäpoistumisreitti. Kallioväestönsuojassa suojaantuloreitin lisäksi tulee olla vähintään kaksi hätäpoistumisreittiä. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 7.) Väestönsuojasta tulee voida poistua turvallisesti vähintään kahteen eri suuntaan. Hätäpoistumisreitteinä voivat toimia oviaukot, kulkuaukot, hätäpoistumiskäytävät tai hätäpoistumisaukot. (RT 92-11173/2015, 12.)

## 2.7 Väestönsuojan suojaovet ja –luukut

Väestönsuojan kulkureitit varustetaan suojaovilla tai –luukuilla. Suojaovien ja –luukkujen tehtävänä on estää vaarallisten aineiden pääsy suojatilaan (RT 92-11173/2015, 27). Ne tulee varustaa selkeillä auki- ja kiinniasentoa osoittavilla merkinnöillä ja tarvittaessa ilmaisimilla. Suojaoven ja –luukun sulkemiseen kuluva aika saa olla enintään yksi minuutti. Poikkeuksena tästä on kalliosuojien erikoisoville sallittu sulkemisaika, joka on enintään viisi minuuttia. Sortumatilanteissa sekä muissa pysyviä muo-

donmuutoksia aiheuttavissa tilanteissa väestönsuojien ovia ja luokkuja kiinnipitävät osat tulee olla käsin purettavissa suojan sisäpuolelta. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011 § 9-10.) Suojaovet ja -luukut tulee olla korroosiosuojattuja (RT 92-11173/2015, 27).

### 2.7.1 Suojaovet

Väestönsuojan suojaoven aukeamissuunta on aina ulospäin. Se tulee voida avata ja sulkea käsin sekä suojan sisä- että ulkopuolelta. Väestönsuojan suojaovien tunnuksot ovat SO-1, SO-2, SO-3 ja VO-3, joista ovien SO-1 ja VO-3 tulee olla kaasutiiviitä. Väestönsuojan suojaovien vakioimitat ovat 900 mm x 2000 mm, 1200 mm x 2000 mm, 1500 mm x 2000 mm, 1900 mm x 2000 mm, 2400 mm x 2500 mm, 2900 mm x 3200 mm sekä 3400 mm x 4200 mm. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011 § 10.)

### 2.7.2 Suojaluukut

Väestönsuojan suojaluukkujen tunnuksot ovat HS-1, SL-3 sekä VL-3. Näistä ensimmäistä käytetään S1-luokan väestönsuojien hätäpoistumisloukuna. Sen tulee olla paineenkestävä ja kaasutiivis. HS-1 luokan hätäpoistumisloukun aukeamissuunta on sisäänpäin ja se tulee olla avattavissa ja suljettavissa käsin suojan sisäpuolelta. SL-3 ja VL-3 tunnuksin varustettuja suojaluukkuja käytetään S2-luokan väestönsuojissa sekä kallioväestönsuojissa. Loukun VL-3 tulee olla kaasutiivis. Molempien suojaluukkujen aukeamissuunta on ulospäin ja ne tulee olla avattavissa ja suljettavissa käsin suojan sisäpuolelta. Suojaluukkujen vakioimitat ovat 600 mm x 800 mm ja 700 mm x 1200 mm. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011 § 11.)

## 2.8 Väestönsuojan varustelu ja laitteet

Väestönsuojat tulee varustella erilaisin järjestelmin, jotta eläminen suoja-tilassa olisi mahdollista sen suojakäytön aikana. Näiden järjestelmien ja niihin kuuluvien laitteiden kunnosta ja toiminnasta tulee huolehtia säännöllisin väliajoin. Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 määrää, että väestönsuojan laitteet tulee tarkastaa ja huoltaa vähintään 10 vuoden välein, jotta voidaan varmistua niiden moitteettomasta toiminnasta mahdollisen suojakäytön aikana. Lisäksi väestönsuojan laitteiden tulee kestää kiinnitysalustan tärähdyskuormitus, jonka maksimiheilahdusnopeus on 1,5 m/s ja maksimikiihtyvyys on 300 m/s<sup>2</sup> (Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011 § 5).

### 2.8.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

Väestönsuojaan on saatava jokaista varsinaista suojatilan neliometriä kohden  $2,7 \text{ dm}^3/\text{s}$  esisuodatettua ilmaa. Suodatuksen aikana vastaava luku tulee olla  $0,9 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Ilman tulee jakaantua väestönsuojassa tasaisesti ja siellä tulee voida ylläpitää suojakäytön aikana vähintään 50 pascalin ylipainetta. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 15.)

Väestönsuojan ilmanvaihtolaitteiston tulee toimia sähkön saannista riippumatta ja sen tulee suodattaa myrkylliset aineet suojaan otettavasta ilmasta. S2-luokan väestönsuojan ja kallioväestönsuojan ilmanvaihtolaitteistot tulee varustella siten, että niiden avulla voidaan tunnistaa ja todeta ilmassa olevat myrkyt ja vaaralliset aineet. S1-luokan väestönsuojissa ilmanvaihtolaitteistot tulee varustella niin, että niihin on valmius tarvittaessa liittää vastaavat myrkkujen tunnistamiseen tarkoitetut laitteet. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 15.)

S1-luokan väestönsuojissa kullekin ilmanvaihtolaitteistolle on varattava varsinaisen suojatilan lisäksi lattiapinta-alaa vähintään  $1,5$  neliometriä. S2-luokan väestönsuojissa ja kallioväestönsuojissa ilmanvaihtolaitteistot tulee sijoittaa erilliseen, niille tarkoitettuun konehuoneeseen. Lisäksi S2-luokan väestönsuojissa ja kallioväestönsuojissa tulee olla erilliset poistojaraitisilmakanavat. Näiden etäisyys toisistaan tulee olla vähintään  $10$  metriä. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 15.)

### 2.8.2 Vesipiste

Väestönsuojassa tulee olla vesipiste, jonka yhteydessä tulee olla pesuallas ja lattiakaivo. S1-luokan väestönsuojan vesipiste voi sijaita väestönsuojan ulkopuolella, mutta kuitenkin sen välittömässä läheisyydessä. S2-luokan väestönsuojissa ja kallioväestönsuojissa vesipisteen tulee sijaita väestönsuojan sisäpuolella. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 17.)

Kun vesipiste sijaitsee väestönsuojan sisäpuolella, on juomavettä pystytävä varastoimaan  $15$  litraa jokaista varsinaista suojatilan neliometriä kohden. Kun vesipiste sijaitsee väestönsuojan ulkopuolella, on vastaava varastoitavan juomaveden määrä  $40$  litraa. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 17.)

### 2.8.3 Sähkö ja valaistus

Väestönsuojat tulee liittää sähkönjakeluverkkoon. Niihin tulee asentaa oma ryhmäkeskus, joka liitetään omalla nousujohdolla pää- tai nousukeskukseen. Kallioväestönsuojaan asennetaan oma pääkeskus, joka liitetään oman syöttöjohdon kautta sähkönjakeluverkkoon. Väestönsuojat voidaan varustaa lisäksi varavoimalla. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 18.)

S1-luokan väestönsuojissa tulee olla ainakin yksi kiinteä valopiste jokaista alkavaa 45 neliometriä kohden. Valaisimia ei saa kuitenkaan asentaa sulkuteltan tai käymäläkomeron kohdalle. Väestönsuojan ryhmäkeskukseen ei saa liittää suojaoven ulkopuolelle ja hätäpoistumiskäytävään asennettavien valaisimien lisäksi muita valopisteitä tai pistorasioita. Lisäksi, jos suojan normaaliajan käyttö edellyttää erityisen voimakasta valaistusta, on osa sen valaisimista asennettava omaksi ryhmäkseen, jotta valaistuksen voimakkuutta voidaan hallita suojakäytön aikana. Myös suojaosan oleskelutila ja majoitustila tulee asentaa eri ryhmiin, jotta niiden valaistus voidaan kytkeä päälle eri aikaan. Väestönsuojan varavalaistus voidaan hoitaa ilmanvaihtolaitteistoon liitettyllä valaistuksella. (Rockplan 2009, 72.)

S1-luokan väestönsuojaan on asennettava pistorasioita yksi jokaista alkavaa 20 neliometriä kohden. Väestönsuojassa tulee kuitenkin olla pistorasioita vähintään kaksi kappaletta. Jos normaaliajan käyttö edellyttää tilaan asennettavan tätä enemmän pistorasioita, tulee ne asentaa omaksi ryhmäkseen. Väestönsuojan keittiötilaa varten on asennettava 3 pistorasiaa. (Rockplan 2009, 73.)

S2-luokan väestönsuojien ja kallioväestönsuojien kaikkiin huonetiloihin ja kulkuteille tulee sijoittaa kiinteä valaistus sekä tarpeellinen määrä pistorasioita. Niissä tulee olla myös varavalaistus, joka jaetaan varsinaiseen varavalaistukseen ja hätävalaistukseen. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 18.) Vara- ja hätävalaistusta varten on oltava oma ohjauskeskus, johon voidaan liittää enintään viisi valaisinryhmää. Vara- ja hätävalaistuksen lampujen teho tulee olla 40 Lumenia. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011 § 29.)

### 2.8.4 Lämmitys

Väestönsuojan lämpötila on normaaliolojen käytössä pidettävä +10 asteen ja +22 asteen rajoissa. Ilman suhteellinen kosteus saa olla enintään 80 prosenttia. Väestönsuojan lämmittäminen ei ole välttämätöntä sen suojauskäytön kannalta, mutta on tarpeen suojaamaan väestönsuojan laitteita ja rakennusosia korroosiolta. (Rockplan 2009, 68.)



### 2.8.5 Viestintä

Väestönsuojassa tulee olla tekninen järjestelmä tai puhelinpiste, joka mahdollistaa matkaviestimen käytön. Se voi olla kytkettynä puhelinverkkoon joko omana liittymänään tai rakennuksessa olevan puhelimen rinnakkaisliittymänä. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 19.)

## 2.9 Väestönsuojan paloturvallisuus

Väestönsuojan paloturvallisuuden suunnittelu perustuu pääasiassa suojan normaaliolojen käytön vaatimiin turvallisuusmääräyksiin. Väestönsuojan paloluokka määräytyy siis suojan normaaliolojen käyttötarkoituksen ja palokuorman perusteella. Väestönsuoja suunnitellaan usein omaksi palo-osastokseen sen tilan tarpeen, koon ja käyttötarkoituksen perusteella. Väestönsuojan ympärysrakenteet ovat usein riittävät vaadittuun palonkesto aikaan nähden, mutta väestönsuojan suojaovi ei ole palo-ovi. Tästä syystä väestönsuojassa on normaaliolojen käyttöövenä oltava osastoiva ovi ja ilmanvaihtoon käytettävä hormi on varustettava palonrajoittimella. Väestönsuojan savunpoistossa tulee ottaa huomioon suojan koko, muoto ja palokuorma. Savunpoisto järjestetään hätäpoistumisaukon, -luukun tai -käytävän kautta. (RT 92-11173/2015, 10-11.)

## 2.10 Väestönsuojan rakenteet

Väestönsuojan rakenteita mitoitettaessa väestönsuojan katon, ympäryseinän ja lattian oletetaan kuormittuvan erikseen. Väestönsuojan lujuus tarkistetaan lisäksi niin, että kuormien oletetaan kohdistuvan kaikkiin suojan osiin samanaikaisesti. Tässä tarkistuksessa ulkoa ja sisältä tulevat kuormitukset oletetaan kuitenkin kohdistuvan rakenteisiin eri aikaan. Hätäpoistumiskäytävän rakenteita mitoitettaessa sortumakuormien oletetaan kohdistuvan rakenteisiin samanaikaisesti jokaiselta sivulta. (Rockplan 2009, 39.)

Väestönsuojan rakenteet voidaan liittää suoraan rakennuksen muihin rakenteisiin ja ne voivat muodostaa osan rakennuksen kantavasta rungosta. Suojan ympärysrakenteisiin ei saa tehdä liikuntasauvoja, mutta vierekkäin olevien suojien väliset liitokset saavat olla liikuntasauvoja. Rakennuksen muiden rakenteiden vaatimat liikuntasauumat on tehtävä väestönsuojan ulkopuolelle. (Rockplan 2009, 35.)

### 2.10.1 Rakenteiden paksuus

S1-luokan teräsbetonisen väestönsuojan ympäryseinien ja katon paksuuksien tulee olla vähintään 300 millimetriä. Kantavien väliseinien ja pi-

lareiden sekä mahdollisen välipohjan paksuus tulee olla vähintään 150 millimetriä. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 5.)

S2-luokan teräsbetonisen väestönsuojan ympäryseinien ja katon paksuuksien tulee olla vähintään 400 millimetriä. Lattian paksuus, muilta kuin kalliota vasten olevilta kohdilta, tulee olla vähintään 200 millimetriä. S2-luokan väestönsuojien sisällä olevien teräsbetoniseinien, -pilareiden sekä –välipohjien paksuus tulee olla vähintään 200 millimetriä. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 5.)

Kallioväestönsuojan painekuormituksia vastaan ottavien teräsbetonisten ympäryseinien paksuus tulee olla vähintään 800 millimetriä. Kallioväestönsuojan sisällä olevien teräsbetoniseinien, -pilareiden sekä –välipohjien paksuus tulee olla vähintään 200 millimetriä. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 5.)

Kallioväestönsuojan rakenteita lujitetaan ruiskubetonikerroksella, johon tulee asentaa hehkutettu teräsverkko tai betonimassan tulee sisältää teräskuituja (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 10). Ruiskubetonikerroksen paksuus suojatilan katossa tulee olla vähintään 60 millimetriä ja se tulee lisäksi lujittaa pultituksella. Väestönsuojan seinissä ja sen ulkopuolisissa tunneleissa ruiskubetonikerroksen paksuus tulee olla vähintään 40 millimetriä. Lisäksi kallioväestönsuojan suunnittelussa ja sen rakenteissa tulee huomioida tulvariski. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 5-7.)

## 2.10.2 Painekuormat

Väestönsuojien mitoituksessa on otettava huomioon tavanomaisten kuormitusten lisäksi myös paineaallon aiheuttama kuormitus. Joissakin tapauksissa ympäröivien rakenteiden ja maaperän aiheuttama vaimennus voidaan ottaa laskelmissa huomioon. Painekuormien oletetaan olevan hetkellisiä dynaamisia kuormia, jotka nousevat äkillisesti huippuarvoihinsa ja alenevat siitä suoraviivaisesti nolnaan yhdessä sekunnissa. (Rockplan 2009, 39.)

S1-luokan väestönsuojan katto, ympäryseinät ja lattia, johon kohdistuu painekuormitusta, tulee mitoittaa muiden kuormitusten lisäksi myös paineaallon aiheuttamalle kuormitukselle, jonka suuruus on  $100 \text{ kN/m}^2$ . Hätäpoistumisreitien katto ja muut hätäpoistumiskäytävän rakenteet sekä suojaoven aukeamista suojaavat rakenteet tulee mitoittaa muiden kuormitusten lisäksi myös mahdolliselle sortumakuormalle, jonka suuruus on  $25 \text{ kN/m}^2$ . (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 12.)

Maanalaisen S2-luokan väestönsuojan katto, ympäryseinät ja lattia, johon kohdistuu painekuormitusta, tulee mitoittaa muiden kuormitusten li-

säksi myös painekuormitukselle, jonka suuruus on  $200 \text{ kN/m}^2$ . Maanpäällisen S2-luokan väestönsuojan vastaavan painekuormituksen suuruus on  $400 \text{ kN/m}^2$ . (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 12.)

Kallioväestönsuojien ympäröivät tulee mitoittaa painekuormitukselle, jonka suuruus on  $300 \text{ kN/m}^2$ . Myös raitis- ja poistoilmakuilujen paineseinät tulee mitoittaa samalle painekuormitukselle. Kallioväestönsuojan ja S2-luokan väestönsuojan sulkuhuoneen, erillisen vaimennustilan, suojatun sisääntuloreitin, sirpalesuojien, hätäpoistumiskäytävän ja paineseinän ulkopuolisten raitis- ja poistoilmakanavien rakenteet tulee mitoittaa painekuormitukselle, jonka suuruus on  $100 \text{ kN/m}^2$ . (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 12.)

Kaikkien rakenneosien mitoituksessa tulee lisäksi ottaa huomioon taikaisinheilahduskuorma, jonka suuruus on yksi kolmasosa painekuormasta. Suojaovien, -luukkujen, sulkulaitteiden ja venttiilien, jotka ottavat vastaan painekuormituksia, muille suojan ympärysrakenteille aiheuttamat painekuormitukset tulee ottaa huomioon 1,5-kertaisina. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 12.)

### 2.10.3 Sirpalesuojaus

Väestönsuojan rakenteiden tulee suojata ihmisiä tavanomaisten aseiden sirpalevaikutuksilta. Myös väestönsuojan ympärysrakenteisiin sijoitettavat ovet, luukut, venttiilit ja muut laitteet tulee suojata sirpaleilta. Sirpaleilta suojaavat rakenteet on oltava ensisijaisesti kiinteitä rakenteita, mutta normaaliolojen käytön niin vaatiessa voidaan suojauksena käyttää esimerkiksi teräsbetonielementtejä. Tässä tapauksessa suojauksen tulee olla helposti ja nopeasti siirrettävissä paikoilleen. (Rockplan 2009, 38.)

Sirpalesuojaus mitoitetaan kestämään tärähdyskuormia. Suojauksen tulee suojata sirpaleilta ja luodeilta, jotka tulevat sivulta tai ylhäältä 45 asteen tai tätä jyrkemmässä kulmassa. Suojaukseen voidaan laskea mukaan myös rakenteet, jotka sijaitsevat suojattavasta kohteesta enintään 10 metrin etäisyydellä. (Rockplan 2009, 38.)

S1-luokan väestönsuojassa sirpaleilta suojaavan rakenteen paksuuden tulee olla teräsbetonia vähintään 200 millimetriä tai terästä vähintään 30 millimetriä. S2-luokan väestönsuojassa vastaavat paksuudet tulee olla teräsbetonilla 250 millimetriä ja teräksellä 30 millimetriä. Kallioväestönsuojassa teräsbetonirakenteen paksuuden tulee olla vähintään 400 millimetriä ja teräsrakenteen paksuuden vähintään 50 millimetriä. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 11.)

#### 2.10.4 Säteilysuojaus

Väestönsuojan säteilysuojaus perustuu väestönsuojan rakenteiden massaan. Säteilysuojaus on tutkittava erikseen jokaisen ympäryseinän ja katon osalta. Säteilysuojaukseen lasketaan varsinaisten väestönsuojien rakenteiden lisäksi kaikki suojan ja ulkoilman välillä olevat kiinteät rakenteet 10 metrin matkalta, jotka suojaavat sivulta päin enintään 45 asteen kulmassa. Suojan katon osalta suojaukseen huomioidaan vain koh-tisuoraan sen yläpuolella olevat rakenteet. Jos väestönsuojan ympäryseinä sijaitsee maanpinnan alapuolella, ei säteilysuojausta tarvitse erikseen määrittellä. Säteilysuojaukseen ei myöskään huomioida rakenteita, joissa on aukkoja enemmän kuin 20 prosenttia rakenteen alasta tai jossa on huomattavasti muita rakenteita kevyempiä osia. (Rockplan 2009, 35-36.)

#### 2.10.5 Tärähdyskuormat

Väestönsuojan rakenteiden tulee kestää asevaikutuksien tärähdyskuormituksia. Laskelmissa kuormitusten osavarmuuskertoimena käytetään arvoa 1. Välipohjan oleskelukuormia laskettaessa otetaan sen kuormasta huomioon yksi kolmasosa. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 9.) Sisäasiainministeriön asetuksen väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta (506/2011) mukaan S1-luokan väestönsuojien rakenteisiin vaikuttavat tärähdyskuormat voidaan määrittää vaikuttavan mielivaltaisesta suunnasta. Tärähdyskuorman suuruuden on oltava vähintään väestönsuojan rakenteen massa kaksinkertaisena. S2-luokan väestönsuojan ja kallioväestönsuojan tärähdyskuormitukset lasketaan erillisten kaavojen avulla. Taulukossa 2 on esitetty kaavoihin tulevien n –kertoimien arvot. Pystysuunnassa tulevan tärähdyskuormituksen laskentakaava on seuraava:

$$qv = (1 \pm nv)(g + q) + ql \quad (1)$$

Vaakasunnassa vaikuttavan tärähdyskuormituksen laskentakaava on seuraava:

$$qh = \pm nhg \quad (2)$$

Kaavoissa olevat kertoimet tarkoittavat seuraavaa:

- g = rakenteen omapaino
- q = suojautumisen aikana vaikuttavien pitkäaikaisten vaimentamattomien kuormien summa
- ql = tärähdyksen vaimentimilla varustetuista laitteista johtuvat pitkäaikaiset kuormat.

Taulukko 2. Kertoimen n arvot S2-luokan väestönsuojan ja kallioväestönsuojan laskentakaavassa (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 13).

	S2-väestönsuoja	kalliosuoja
Suoja kalliossa, nv	3	4
Suoja maassa, nv	2	-
Suoja kalliossa, nh	2	3
Suoja maassa, nh	1	-

#### 2.10.6 Mitoitus ja raudoitukset

Väestönsuojien rakenteita mitoitettaessa kuormitusyhdistelmän ajatellaan olevan staattista kuormaa. Kuormitusyhdistelmä koostuu paine- ja sortumakuormista, takaisinheilahduskuormista, tärähdyskuormista sekä niihin lisätyistä hyötykuormista. Kuormitusyhdistelmien osavarmuuskerroksina käytetään vähintään arvoa yksi. Laskelmissa betonin puristuslujuutta sekä terästen lujuutta voidaan korottaa enintään 20 prosenttia. Materiaalien osavarmuuskerroksina käytetään vähintään arvoa yksi. Sallittuja jännityksiä ovat materiaalien ominaislujuudet, jotka on kerrottu sallituilla korotuksilla. (Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408 § 11.)

S1- ja S2-luokan teräsbetoniväestönsuojissa sekä kallioväestönsuojan teräsbetonirakenteissa tulee käyttää vähintään C25/30 lujuusluokan betonia. S1-luokan väestönsuojan rakenteet tulee tehdä rakenneluokan 1 ja S2-luokan väestönsuojan ja kallioväestönsuojan rakenteet rakenneluokan 2 vaatimusten mukaan. Raudoituksen kokonaistasavien tulee olla viisi prosenttia. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 14.)

Laattojen ja seinien pää- ja jakoraudoituksessa tulee käyttää vähintään 8 ja enintään 20 millimetriä paksuja terästankoja. Paine- ja sortumakuormia vastaanottavissa rakenteissa ja maata vasten olevissa lattiarakenteissa raudoituksen tankojen keskiöväli saa olla rakenteen sisäpinnassa enintään 150 millimetriä ja ulkopinnassa enintään 300 millimetriä. Taivuteissa rakenteissa raudoituksen poikkileikkauspinta-alan tulee olla vähintään 0,17 prosenttia. Rakenteen tulee toimia yhdessä staattisesti ja vaaditun raudoituksen poikkileikkauspinta-alan määrä tulee täyttyä molemmissa suunnissa sekä erikseen kummassakin pinnassa. (Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011 § 14.)

Maanvaraisessa laatussa raudoituksena voidaan käyttää yhtä keskeistä verkkoa. Teräsbetonirakenteisen väestönsuojan katon alapinnassa tulee raudoituksen lisäksi käyttää pääraudoitukseen sidottua teräsverkkoa tai

betoniin kiinnitettyä teräspoimulevyä. Lisäksi palkkien ja laattojen pääraudoitus on vietävä tuelle ja se on ankkuroitava vetorasituksen aiheuttamille jännityksille. (Rockplan 2009, 51.)

### 3 VÄESTÖNSUOJAELEMENTTI

Väestönsuojien nopein rakentamistapa on elementtirakenteinen väestönsuoja. Ensimmäiset elementtirakenteiset väestönsuojat rakennettiin vuonna 1978. Nykyään elementtirakenteisten väestönsuojien osuus on suurempi kuin paikalla valettujen väestönsuojien. Tämä perustuu siihen, että elementtirakentamisella saavutetaan joitakin etuja paikalla valettujen väestönsuojien rakentamiseen verrattuna. (Rockplan 2009, 42.) Väestönsuojan seinäelementit ja kuorilaatat varustetaan rakennustuotteiden CE-merkinnällä. Massiivilaattaelementeille käytetään kansallista tuotehyväksyntämenettelyä. (Elementtisuunnittelu, n.d.)

Elementtirakentamisen yhtenä suurena etuna on sen aikataulusäästö. Väestönsuojaelementit toimitetaan valmiina työmaalle, jossa työvaiheina ovat ainoastaan niiden pystytys, liitoksien jälkivalut sekä katon raudoitus ja valutyöt. Suojan koosta riippuen näiden töiden vaatima aika on kahdesta neljään päivään. (Rockplan 2009, 42.) Lisäksi elementtiväestönsuojista rakennettaessa työmaan aikataulun suunnittelu on helpompaa, sillä väestönsuojaelementtien toimitus voidaan aikatauluttaa sopimaan myös muiden elementtien toimitusaikatauluihin. Aikataulutuksella voidaan välttää paikallavalutöiden ja muiden elementtien asennustöiden päällekkäisyyksiä, jolloin töiden suorittamisessa saavutetaan merkittäväkin resurssisäästöjä. (Elementtisuunnittelu, n.d.)

Elementtirakenteisen väestönsuojan rakentamiseen eivät vaikuta erilaiset sääolosuhteet, josta on hyötyä erityisesti talvirakentamisessa. Sääolosuhteet eivät siten aiheuta häiriöitä työmaan aikatauluihin. (Rockplan 2009, 42.) Elementit valmistetaan tehtaalla sisätiloissa, jolloin rakenteiden suojaustarvekin työmaalla on pienempi. Tehdasvalmistuksessa saadaan lisäksi aikaan tasaisempia ja sileämpiä pintoja, kuin paikalla valettaessa. (Elementtisuunnittelu, n.d.)

Tehtaalla elementteihin tehdään valmiiksi aukot ja niihin kiinnitetään mahdollisesti paikoilleen myös ovet ja luukut. Elementteihin lisätään jo valmiiksi myös erilaiset läpivientiosat ja kiinnitystarvikkeet, jolloin niiden sijainnit ovat tarkkoja. (Elementtisuunnittelu, n.d.)

Muita etuja ovat muun muassa työvoiman vähäisempi tarve työmaalla ja muottien purkutöistä syntyvien jätteiden vähäisempi määrä. Lisäksi väestönsuoja saadaan työmaalla nopeammin esimerkiksi työmaan varastointikäyttöön. (Elementtisuunnittelu, n.d.)

## 4 MALLINNUSTYÖ

Tekla Structures on monipuolinen 3 D-mallinnusohjelma, jonka käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Ohjelmasta löytyy valmiiksi erilaisia pilari-, palkki-, seinä- ja laattatyökaluja, mutta myös omien asetusten mukaisten komponenttien luominen on mahdollista. Näiden komponenttien luominen tapahtuu Custom Component –työkalulla. Custom Component –työkalun avulla elementtiin saadaan liitettyä kaikki halutut leikkaukset, liitokset, lisäosat ja muut yhdistyvät osat. Erilaisten asetusten avulla liitososat saadaan pysymään muuttumattomina tai ne saadaan muokkautumaan mukana kun komponentin pääosaa muokataan. Custom Component –työkalulla luotu komponentti toimii mallinnuksessa samalla tavalla kuin mikä tahansa muu Tekla Structures –ohjelmiston valmis työkalu.

Väestönsuojissa yleisesti käytettyjä elementtejä ovat suorat seinät, kulma- ja väliseinät, pilarit sekä laatat. Elementteihin tulee pystyä helposti liittämään raudoitukset, suojaluukut ja -ovet sekä muut mahdolliset reikä- ja liitoskomponentit. Opinnäytetyön aikana yritykselle on luotu yhteensä kolme erilaista komponenttia. Komponentteja on luotu vaihteleva määrä suoralle seinälle, kulmaseinälle ja laatalle. Väliseinän ja pilarin mallintamiseen on mahdollista hyödyntää ohjelmiston omia työkaluja, joten niiden luominen Custom Component –työkalun avulla ei ollut tarpeellista. Kaikkiin Custom Component –työkalulla tehtyihin komponentteihin on lisätty kuuluviksi erilaisia leikkauksia sekä raudoituksia. Näiden avulla peruselementtien mallintaminen on nopeaa. Elementteihin, jotka sisältävät aukkoja tai muita reikiä, tulee vielä mallinnusvaiheessa tehdä yksilöllisiä muutoksia käsin. Tämä johtuu käytössä olevasta ohjelmistoversiosta, josta ei löydy sopivaa työkalua esimerkiksi raudoitusten katkaisemiseen aukon kohdalla.

### 4.1 Suora seinä

Suora seinä on tehty Custom Component –työkalulla. Seinä sisältää betonikuoren lisäksi ylä- ja alapään leikkaukset sekä pystysaumojen leikkaukset. Lisäksi elementtiin on lisätty valmiiksi raudoitukset, jotka pysyvät eri elementtien välillä useimmiten muuttumattomina. Leikkausten ja raudoitusten asetukset on tehty niin, että niiden mitat muokkautuvat elementin mittojen mukaan. Toisin sanoen esimerkiksi ala- ja yläpään leikkaukset ovat aina samanpituisia elementin pituuden kanssa. Komponenttiin liitetään myöhemmässä mallinnusvaiheessa mahdolliset suojaluukut ja -ovet sekä muut lisäosat.

Komponentin tärkeimpiä muokattavia parametreja ovat seinän korkeus ja leveys sekä seinän yläosassa olevan leikkauksen korkeus, joka muuttuu aina väestönsuojan laatan paksuuden mukaan. Seinän korkeuden sekä yläosan leikkauksen korkeuden asetukset löytyvät komponentin asetusik-

kunasta, johon halutut korkeudet syötetään niille varattuihin kohtiin. Seinän leveys määrittyy mallinusikkunassa, jossa seinä piirretään halutun mittaiseksi. Raudoitusten asetuksia päästään muuttamaan Custom Component Editor –työkalun avulla.

Väestönsuojassa seinä on kahta eri syvyyttä: 300 mm ja 400 mm. Näille molemmille syvyyksille on luotu omat komponenttinsa. Suoran seinän komponentteja on siis yhteensä kaksi kappaletta.

## 4.2 Kulmaseinä

Kulmaseinä on tehty Custom Component –työkalulla. Kulmaseinä koostuu kahdesta erisuuntaisesta betonikuoresta, ylä- ja alapään leikkauksista, pystysaumojen leikkauksista sekä raudoituksista. Leikkausten, pystysaumojen ja raudoitusten asetukset on tehty niin, että niiden mitat muokkautuvat elementin mittojen mukaan. Kulmaseinään liitetään myöhemmässä mallinnusvaiheessa mahdolliset suojaluukut ja –ovet sekä muut lisäosat.

Komponentin asetusikkunassa muokattavia parametreja ovat elementin korkeus, kulmaosan pituus sekä yläosan leikkauksen korkeus. Näille määritetään halutut arvot niille varattuihin kohtiin. Elementin leveys määrittyy mallinusikkunassa, jossa seinä piirretään halutun mittaiseksi. Raudoitusten asetuksia päästään muuttamaan Custom Component Editor –työkalun avulla.

Kulmaseinälle on omat komponenttinsa sekä 300 mm että 400 mm syville elementeille. Lisäksi molemmille syvyyksille on luotu sekä oikean- että vasemmanpuoleinen kulmaseinä sekä lisäksi sisä- ja ulkokulmainen seinä. Kulmaseinän komponentteja on siis yhteensä kahdeksan kappaletta, neljä erilaista yhtä seinän syvyyttä kohden.

## 4.3 Väliseinä ja pilari

Tekla Structures –ohjelmisto sisältää valmiit työkalut seinien ja pilarien mallintamiseen. Väestönsuojaan tulevat väliseinät ja pilarit eivät sisällä esimerkiksi leikkauksia tai monia lisäosia, joten niiden luominen Custom Component –työkalulla ei ollut tarpeellista. Molemmille elementeille on luotu omat alkuasetuksensa, jotka löytyvät Panel ja Column –työkalujen valikoista.

Väestönsuojassa väliseinän syvyys on usein 200 mm tai 300 mm. Väliseinälle on tehty asetuksia yhteensä kaksi kappaletta, molemmille syvyyksille omansa. Väliseinän asetusikkunasta löytyy kohta elementin korkeuden määrittämiseen. Seinän leveys määrittyy mallinusikkunassa, jossa seinä piirretään halutun mittaiseksi. Pilarille on luotu yhden asetukset. Pilarin asetusikkunasta löytyy kohta, jossa määritetään pilarin profiili. Pilarin



korkeutta voidaan säätää mallinnusikkunassa. Mallinnusikkunassa elementteihin lisätään tarvittavat raudoitukset ja muut lisäosat.

#### 4.4 Laatta

Laatan mallintamiseen on ohjelmistossa kaksi eri tapaa. Ensimmäisellä tavalla voidaan luoda yksittäisiä laattoja, jolloin esimerkiksi mittojen muokkaaminen tapahtuu laattakohtaisesti. Toinen tapa on luoda kerralla yhtenäinen laattakenttä, jolloin yhteen laattaan tehdyt muutokset tulevat automaattisesti voimaan kaikissa laattakentän laatoissa. On tapauskohtaista, kumpaa mallinnustapaa on järkevämpää käyttää.

##### 4.4.1 Yksittäinen laatta

Yksittäinen laatta on luotu Custom Component –työkalulla. Laatoista on luotu komponentteja yhteensä kolme kappaletta. Ne eroavat toisistaan paksuutensa mukaan. Paksuudet ovat 300 mm, 350 mm ja 400 mm. Laatta koostuu betonilaatasta, laattojen ulkoreunojen leikkauksista sekä raudoituksista. Lisäksi laattaan on lisätty jo valmiiksi nostolenkit. Leikkausten ja raudoitusten asetukset on tehty niin, että niiden mitat muokkautuvat laatan mittojen mukaan. Toisin sanoen esimerkiksi laatan pituuden muuttuessa muuttuvat samassa suhteessa myös leikkausten pituudet.

Laatan mittoja voidaan tarvittaessa muokata Custom Component Editor -työkalulla. Myös raudoitusten asetuksia päästään muokkaamaan saman työkalun avulla. Laatan pituus määrittyy mallinnusikkunassa, jossa laatta piirretään halutun mittaiseksi.

##### 4.4.2 Laattakenttä

Toinen tapa laatan mallintamiseen on Tekla Structuresin Floor Layout –työkalu. Työkalun avulla voidaan mallintaa kerralla yhtenäinen laattakenttä. Työkaluun on tallennettu yhdet valmiit alkuasetukset. Työkalussa käytetään komponenttina edellä mainittuja Custom Component –työkalulla luotuja yksittäisiä laattoja. Floor Layout –työkalun asetusikkunassa voidaan valita, mitä laattakomponenttia käytetään. Floor Layout –työkalulla laattakenttä luodaan mallinnusikkunassa määrittämällä tälle nurkkapisteet. Tällöin kentän leveys ja pituus määräytyvät näiden mukaan.

Laattakentän laattojen mittojen ja raudoitusten muutokset tulee tehdä laattakentässä käytössä olevaan laattakomponenttiin. Kyseessä olevan laattakomponentin muutokset tehdään Custom Component Editor –työkalun avulla aivan kuten yksittäisen laatan kohdalla.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yksi tärkeä tutkittava asia opinnäytetyössäni oli Tekla Structuresin soveltuvuus väestönsuojien suunnitteluun. Tuloksena on, että mielestäni ohjelmisto soveltuu kyseiseen käyttötarkoitukseen hyvin. Tarvittavien asetusten ja komponenttien tekemiseen tulee alussa käyttää jonkin verran aikaa, mutta käyttöympäristön kehittyessä työtä voidaan jo tehdä sujuvasti ja nopeasti.

Ennen työn aloittamista oli jo selvää, että opinnäytetyön aikarajan puitteissa ohjelmistoa ei pystytä kehittämään täydellisesti valmiiksi siihen saakka kuin koko väestönsuojan suunnitteluprosessin osalta olisi tarpeellista. Työn aihe rajattiin elementtien suunnitteluun ja mallintamiseen tarvittavien asetusten kehittämiseen. Yritykselle jäi vielä myöhemmin tehtäväksi erilaiset piirustusasetukset, joiden avulla ohjelmistosta voidaan tuottaa valmistuskuvia esimerkiksi elementtitehtaalle.

Mielestäni onnistuin saavuttamaan työlle asetetun tavoitteen. Työn aikana sain luotua yritykselle toimivia ja helppokäyttöisiä komponentteja, jotka sisältävät jo suurimman osan niihin kuuluvista varusteluista. Lisäksi mallinnustyötä varten tehty mallinnusopas on selkeä ja etenee vaiheelta siihen saakka, kunnes elementti on valmis piirustusten tekemistä varten.

Tekla Structures –ohjelmiston versio, jota tässä työssä käytettiin, asetti työn tekemiseen joitakin haasteita. Kyseessä olevassa ohjelmistoversiossa ei ollut vielä esimerkiksi väestönsuojaelementtien mallintamiseen helposti sovellettavia raudoitustyökaluja. Ongelmaksi muodostui erilaisten leikkausten ja aukkojen tekeminen, joihin ohjelmiston raudoitustyökalut eivät reagoineet toivotulla tavalla. Tässä työssä raudoitukset luotiin sellaisella tavalla, että aukkojen kohdalla raudoituksia joudutaan vielä muokkaamaan käsin elementtikohtaisesti.

Olen kokonaisuudessaan tyytyväinen opinnäytetyöni lopputulokseen. Sain opinnäytetyöni aikana tutustua väestönsuojien suunnitteluun, josta en aiemmin tiennyt paljoakaan. Lisäksi pääsin kehittämään osaamistani Tekla Structures –ohjelmiston käytössä. Opinnäytetyön aikana luotujen komponenttien ominaisuuksia ja asetuksia tullaan varmasti myöhemmin vielä muuttamaan ja lisäämään, kun niiden vaatimustaso kasvaa ja käyttö monipuolistuu. Uskon kuitenkin, että työni pohjalta yrityksen on helppo jatkaa Tekla Structuresin käyttöympäristön kehittämistä vielä paremmin omia tarpeitaan vastaavaksi.

## LÄHTEET

Elementtisuunnittelu (n.d.). Väestönsuojaelementit. Haettu 5.12.2016 osoitteesta

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/perustukset-ja-vaestonsuojat/vaestonsuojaelementit>

Honkanen & Huumonen Oy (n.d.). Yritys. Haettu 28.10.2016 osoitteesta

<http://www.h-h.fi/yritys>

Pelastuslaki 379/2011. Haettu 2.11.2016 osoitteesta

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110379#Lidp4691200>

Rockplan. (2009). *S1- ja K-luokan väestönsuojat 2009*. Helsinki: Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö

RT 92-11173 (2015). S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja. RT-kortisto. Haettu 24.11.2016 osoitteesta <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/bin/get/id/5guoZSPW8%3A%2447%2411173%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-106030/11173.pdf>

Sisäasiainministeriö (2013). Väestönsuojien rakentamista koskevia strategisia linjauksia selvittäneen työryhmän muistio. Haettu 28.10.2016 osoitteesta [http://www.intermin.fi/download/41997\\_vaestonsuojien-rakentaminen-strategialinjaukset-muistio-31032013.pdf?8a215fd6abb4d088](http://www.intermin.fi/download/41997_vaestonsuojien-rakentaminen-strategialinjaukset-muistio-31032013.pdf?8a215fd6abb4d088)

Sisäasiainministeriön asetus väestönsuojien teknisistä vaatimuksista ja väestönsuojien laitteiden kunnossapidosta 506/2011. Haettu 24.11.2016 osoitteesta

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110506#Pidp3031232>

Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö SPEK (n.d.). Väestönsuoja. Haettu 28.10.2016 osoitteesta

<http://www.spek.fi/Suomeksi/Turvatietaa/Vaestonsuojelu/Vaestonsuoja>

Temet Oy (n.d.). VÄESTÖNSUOJALUOKAT S2 JA KALLIOSUOJAT. Haettu

2.11.2016 osoitteesta <http://www.temet.fi/finland/tuotteet-ja-palvelut/vaestonsuojaluokat-s2-ja-kalliosuojat/>

Valtioneuvoston asetus väestönsuojan laitteista ja varusteista 409/2011. Haettu 24.11.2016 osoitteesta

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110409#Lidm2526576>

Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 5.5.2011/408. Haettu 28.11.2016  
osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110408#P3>