

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut lämmöneristeet





Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut lämmöneristeet

Ominaisuudet – valmistus

Polyuretaani (PUR/PIR) on yksi kaikkein tehokkaimmista lämmön eristemateriaaleista. Se vie vain vähän tilaa, mutta sen avulla on mahdollista säästää paljon energiaa.

Rakennusten parempi lämmöneristys on selvä edistysaskel Kioton ilmastopimuksen edellytysten täyttämiseksi, ja lisäksi sillä on muitakin etuja:

- Energiansäästö, joka pienentää yksityisten henkilöiden ja kokonaisten maiden energialaskuja. Tämä parantaa koko Euroopan kilpailukykyä.
- Ympäristönsuojelu: tiukemmat lämmöneristystä koskevat vaatimukset voivat pienentää Euroopan hiilidioksidipäästöjä viidellä prosentilla (mikä on 60 prosenttia Kioton ilmastopimuksen mukaisesta tämänhetkisestä tavoitetasosta).
- Lisää työpaikkoja.
- Euroopan talouden elpyminen.

Tässä raportissa kuvataan polyuretaanin (PUR/PIR) ominaisuuksia ja valmistusprosessia. Polyuretaani on yksi kaikkein tehokkaimmista eristemateriaaleista.

Sisältö

Johdanto.....	4
1 Mitä polyuretaani (PUR/PIR) on?.....	5
2 Polyuretaanin (PUR/PIR) tekniset ja fysikaaliset ominaisuudet.....	6
2.1 Lämmönjohtavuus.....	6
2.1.1 Eristemateriaalien lämmönjohtavuus ja lämmönvastus.....	6
2.1.2 Polyuretaanin (PUR/PIR) lämmönjohtavuus.....	6
2.1.2.1 Ponneaineen vaikutukset.....	7
2.1.2.2 Tiheyden vaikutukset.....	7
2.1.2.3 Lämpötilan vaikutus.....	7
2.1.2.4 Veden imeytymisen vaikutukset 28 päivän upotuskäsittelyn jälkeen.....	7
2.1.3 Ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo.....	7
2.1.4 Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristemateriaalien pitkäaikainen lämmönjohtavuus.....	7
2.2 Tiheys.....	8
2.3 Puristuslujuus (σ_m) ja puristuslujuus/jännitys 10 prosentin muodonmuutoksella (σ_{10}).....	8
2.4 Pitkäaikainen puristuslujuus eli puristusviruma (σ_c).....	8
2.5 Vetolujuus kohtisuoraan pintoja vasten (σ_{mt}), leikkauslujuus ja taivutuslujuus (σ_b).....	9
2.6 Kosteustekniset ominaisuudet.....	9
2.6.1 Veden imeytyminen 28 päivän upotuskäsittelyn jälkeen.....	9
2.6.2 Kosteuden imeytyminen diffuusiolla ja tiivistymällä sekä kosteuden imeytyminen vaihtelevissa jäätymis-sulamisolosuhteissa.....	9
2.6.3 Vesihöyryn diffuusionvastuskerroin (μ).....	9
2.6.4 Ilmakerroksen diffuusiota vastaava paksuus (S_d).....	10
2.7 Lämpölaajeneminen.....	10
2.8 Ominaislämpökapasiteetti ja lämpökapasiteetti.....	10
2.8.1 Ominaislämpökapasiteetti (c_p).....	10
2.8.2 Lämpökapasiteetti (C).....	10
2.9 Lämmönkesto.....	11
2.10 Kemiallinen ja biologinen stabiilius.....	12
2.11 Polyuretaanin (PUR/PIR) palokäyttäytyminen.....	12
2.11.1 Eurooppalaisten standardien mukainen eristetuotteen palokäyttäytyminen.....	12
2.11.2 Polyuretaania (PUR/PIR) sisältävien eristeiden rakennuselementtien palonkestävyys.....	12
2.11.3 Polyuretaanipohjaisten (PUR/PIR) tuotteiden paloluokitus.....	12
3 Polyuretaani (PUR/PIR) ja kestävä kehitys.....	13
3.1 Energiankulutuksen ja päästöjen vähentäminen.....	13
3.2 Elintarvikehygienian ja säilöntäaineet.....	13
3.3 Polyuretaanin (PUR/PIR) elinkaarianalyysi ja energiatase.....	14
3.4 Polyuretaanin (PUR/PIR) kierrätys ja energiakäyttö.....	14
4 Polyuretaanin (PUR/PIR) valmistaminen.....	15
4.1 Laminaattipintaisten eristyslevyjen valmistaminen polyuretaanista (PUR/PIR).....	15
4.2 Polyuretaanin (PUR/PIR) valmistaminen muottivalutekniikalla.....	16
4.2.1 Jatkuvatoiminen valmistus.....	16
4.2.2 Jaksottainen valmistus.....	16
4.3 SW-elementtien valmistus.....	17
4.3.1 Jatkuvatoiminen SW-elementtien valmistus.....	17
4.3.2 SW-elementtien muottivalmistus.....	17
4.4 Yhteenveto.....	17
5 Lämmöneristeiden yhdenmukaistaminen Euroopassa – polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristetuotteiden merkitseminen.....	18
5.1 Rakennustuotteita koskevan EU-direktiivin määräykset.....	18
5.2 CE-merkintä.....	18
6 Viitteet.....	19



Johdanto

Polyuretaani parantaa elämänlaatua

Nyky maailma olisi kovin erilainen ilman polyuretaania, sillä sitä käytetään esimerkiksi kengänpohjien, patjojen, autojen sisusten ja eristemateriaalien valmistuksessa. Polyuretaanit parantavat elämänlaatuamme urheilussa ja harrastuksissa, kotona ja autossa. Niitä tarvitaan kaikkialla. Polyuretaanien ominaisuudet voidaan valmistusreseptiikan ja käytettyjen raaka-aineiden avulla määrittää tarkasti halutunlaisiksi valmistusprosessin aikana: polyuretaani voi olla kovaa, pehmeää, kiinteää tai tiivistä. Tämän vuoksi siitä on mahdollista valmistaa räätälöityjä ja kustannustehokkaita ratkaisuja (lähes) kaikilla aloilla.



Kuva 1: Polyuretaani – monikäyttöinen materiaali.

Mittatilaustyönä valmistetut eristeet

Polyuretaani (PUR/PIR) on kustannustehokas lämmöneriste uudisrakentamisessa, koska sen lämmönjohtavuus on alhainen, paljon alhaisempi kuin minkään muun tavanomaisen lämmöneristeen. Lisäksi polyuretaani (PUR/PIR) on ihanteellinen materiaali energiategokkaaseen korjausrakentamiseen. Eristysten lisääminen valmiiden rakennusten ulkokuoreen voi pienentää keskimääräistä energiankulutusta yli puolella, ja lisäksi polyuretaanieristeitä (PUR/PIR) on erityisen helppoa asentaa. Alhaisen lämmönjohtavuuden ansiosta lämmöneristekerros voi olla ohuempi, ja ohuimmat eristemateriaalit puolestaan säästävät

tilaa rakenteissa. Lisäksi polyuretaanin hyvät mekaaniset ominaisuudet ja hyvä tarttuminen muihin materiaaleihin mahdollistavat monenlaiset käyttökohteet.

Polyuretaanin (PUR/PIR) ihanteellinen lämmöneristyskyky tekee siitä valmistetuista lämmöneristemateriaaleista monikäyttöisiä. Siitä voidaan valmistaa monenlaisia tuotteita, kuten eristyslevyjä, kattoita, seiniä, lattiaita, sisäkattoja, ikkunaeristeitä, vaahtotiivisteitä ja rakennuksissa käytettäviä metallipintaisia sandwich-elementtejä.

Tehokasta lämmöneristystä koko käyttöäiksi

Termi kova polyuretaani (PUR/PIR) (rigid polyurethane foam) viittaa tuotepereheeseen, joka sisältää polyuretaanista (PUR) valmistettujen tuotteiden lisäksi polyisosyanuraatista (PIR) valmistettuja tuotteita.

Nykyään umpisoluisesta polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen tuotteiden erinomaiset lämmöneristysominaisuudet saadaan yleensä aikaan käyttämällä punneaineena esimerkiksi pentaania tai hiilidioksidia.

Polyuretaani (PUR/PIR) on paitsi lämmönjohtavuudeltaan alhainen, myös kestävä materiaali, eivätkä sen ominaisuudet muutu ajan saatossa. Sen ominaisuudet säilyvät niin kauan kuin rakennus pysyy pystyssä – sen laskennallinen käyttöikä on yli 50 vuotta!

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu lämmöneriste säästää luonnonvaroja ja energiaa eikä aiheuta merkittäviä ympäristöpäästöjä.

Polyuretaani (PUR/PIR) on oikea valinta tulevaisuudessa, sillä se

- tarjoaa optimaalista, pitkäikäistä eristystä, joka ei vaadi huoltoa tai korjauksia
- parantaa kiinteistöjen arvoa ja asukkaiden elämänlaatua
- saa aikaan merkittävää energiansäästöä ja vähentää selvästi lämmityskustannuksia
- on kustannustehokas materiaali, joka on helppo asentaa.

1 Mitä polyuretaani (PUR/PIR) on?

Polyuretaani (PUR/PIR) on umpisoluisista kertamuovia. Sitä käytetään tehdasvalmisteisena lämmöneristelevyinä tai tiivistysvaahdon muodossa sekä yhdistettynä erilaisiin rakennuslevyihin tai sandwich-elementtiinä.

Jo ohut kerros polyuretaania (PUR/PIR) on erinomaisesti eristävä ja tilaa säästävää eristysvaihtoehto. Polyuretaanin (PUR/PIR) ansiosta arkkitehdit ja suunnittelijat voivat suunnitella luovia eristysratkaisuja kaikkiin kohteisiin kellarista kattoon saakka. Se on ihanteellinen materiaali käytettäväksi kevyissä, vähän tai ei ollenkaan energiaa kuluttavissa rakennuksissa (passiivitaloissa ja nollaenergiataloissa).

Lämmöneristelevyt

Erittäin hyvän mekaanisen kestävyytensä ansiosta polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristyslevyt ovat erittäin kestäviä. Niitä voidaan yhdistää muihin materiaaleihin ja ne on helppo asentaa rakennuspaikalla.

Metallipintaiset sandwich-elementit

Sandwich-elementeissä on polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu ydin ja ylä- ja alapinta on päällystetty metallilla. Sandwich-elementit sopivat erityisen hyvin kattoon ja seiniin, erilaisiin hallien ja teollisuusrakennusten tukirakenteisiin sekä jäädytys- ja kylmävarastointiyksiköihin. Kevyitä elementtejä on helppo käsitellä, ja ne voidaan asentaa kaikissa sääolosuhteissa. PUR/PIR-sandwich-elementit ovat useimmiten tehdasvalmisteisia, niiden rakenteelliset ja rakennustekniset ominaisuudet takaavat turvallisuuden valmistusvaiheessa ja varsinaisessa käyttövaiheessa.

Muottivalu nk. blokivalu

Muottivalutekniikalla valmistettua polyuretaania (PUR/PIR) voidaan leikata mihin tahansa muotoon rakennuksien ja laitteistojen eristykseen.



Kuva 2: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja eristemateriaaleja.



2 Polyuretaanin (PUR/PIR) tekniset ja fysikaaliset ominaisuudet

Lämmöneristeiden ominaisuudet riippuvat niiden rakenteesta, käytetyistä raaka-aineista ja valmistusprosessista. Kun valitaan tiettyyn käyttökohteeseen sopivaa lämmöneristettä, kaikkien tärkeintä ovat siltä vaadittavat lämmöneristysominaisuudet. Rakennuksen toimivuuden ja turvallisuuden kannalta muita tärkeitä eristämateriaalin valintakriteereitä ovat mekaaninen kestävyys, pitkäaikaiskestävyys, äänieristysominaisuudet sekä kosteuden- ja palonkestävyys.

POLYURETAANISTA (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristeiden eristysominaisuudet ovat erinomaiset. Niiden lämmönjohtavuus on erittäin alhainen, ja siten niiden avulla on mahdollista säästää paljon energiaa. Polyuretaanista (pur/pir) valmistettujen lämmöneristeiden erinomainen mekaaninen kestävyys ja pitkä kestoikä täyttävät kaikki rakennusalan eristämateriaaleja koskevat vaatimukset.

2.1 Lämmönjohtavuus

Lämmöneristeen tärkein ominaisuus on sen lämmöneristyskyky. Hyvästä lämmöneristyskyvystä kertoo alhainen lämmönjohtavuus tai vastaavasti suuri lämmönvastus.

2.1.1 Eristämateriaalien lämmönjohtavuus ja lämmönvastus

Lämmönjohtavuus (λ) on materiaaliikohtainen ominaisuus. Se kuvaa watteina (W) sitä määrää lämpöä, joka pääsee kulkemaan yhden metrin paksuisen tasaisen materiaalikerroksen yhden neliömetrin kokoisen pinnan lävitse, kun pintojen välinen lämpötilaero siihen suuntaan, johon lämpö siirtyy, on yksi kelvin (K). Lämmönjohtavuuden mittayksikkö (λ) on W/(m·K).

Lämmönvastus (R) kuvaa rakennekerroksen lämmöneristysvaikutusta. Lämmönvastusarvo saadaan jakamalla rakennusosan paksuus (d) sen lämmönjohtavuudella: $R = d/\lambda$ (EN ISO 6946 -standardin mukaisesti). Lämmönvastuksen (R) mittayksikkö on (m²·K)/W. Useista kerroksista koostuvien rakennusosien kyseessä ollessa kerrosten lämmönvastusarvot lasketaan yhteen.

Lämmönläpäisykerroin (U) on watteina (W) se määrä lämpöä, joka pääsee kulkemaan yhden neliömetrin suuruisen rakennusosan lävitse, kun pintojen välinen lämpötilaero siihen suuntaan, johon lämpö siirtyy, on yksi kelvin (K). Tietyn rakenteen U-arvo lasketaan käyttämällä laskentakaavaa $U = 1/R$, ja se esitetään yleensä käyttämällä mittayksikköä W/(m²·K).

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen jäykkien lämmöneristeiden lämmönjohtavuus ja lämmönvastus määritetään EN 13165 -standardin liitteiden A ja C mukaisesti.

2.1.2 Polyuretaanin (PUR/PIR) lämmönjohtavuus

Polyuretaanin (PUR/PIR) lämmönjohtavuus riippuu

- käytetystä ponneaineesta
- tiheydestä
- lämpötilasta
- veden ja kosteuden vaikutuksista
- ajasta.

2.1.2.1 Ponneaineen vaikutukset

Polyuretaanin (PUR/PIR) erinomaiset eristysominaisuudet saadaan aikaan käyttämällä ponneaineita. Ponneaineen lämmönjohtokyky vertailulämpötilassa 10 °C on selvästi ilman lämmönjohtavuutta pienempi [$\lambda_{\text{ilma}} = 0,024 \text{ W/(m·K)}$]. Yleisin käytössä oleva ponneaine on pentaani, jota käytetään joko puhtaana isomeerinä tai vakioisomeerinen (iso- tai syklopentaanin) sekoituksena. Näiden lämmönjohtokyky on 0,012–0,013 W/(m·K). [1] Pentaani on ympäristöystävällistä, sen sekä GWP- (Global Warming potential)-luku että ODP (Ozone depletion potential) -kerroin on nolla.

Koska polyuretaani (PUR/PIR) sisältää paljon suljettuja soluja (suljettujen solujen määrä on > 90 %), ponneaineet pysyvät eristämateriaalissa pitkään. Diffuusiotiiviit pinnoitteet vähentävät ponneaineen sekoittumista ympäröivään ilmaan.

Valmistajan määrittämät lämmönjohtavuusarvot ovat vanhennettuja arvoja. Ne perustuvat lämmöneristeen 25 vuoden käyttöikään, jonka jälkeen vanhenemisella ei enää ole merkitystä lämmönjohtavuuteen. Lämmöneristeen kokonaisikä on kuitenkin yli 50 vuotta, jonka jälkeen sitä voidaan uusiokäyttää tai kierrättää. Ilmoitetuissa lämmönjohtavuudenarvoissa on otettu huomioon ikääntymisen mahdollisesti aiheuttamat vaikutukset. Standardin EN 13165 liitteessä C kuvataan tapa, jolla polyuretaanieristelevyjen (PUR/PIR) ikääntymisen vaikutukset otetaan huomioon.

Eristelevyjen lämmönjohtavuuden alkuarvot määritetään EN 13165 -standardin mukaisesti kolmannen osapuolen valvomana 1–8 päivässä valmistumisen jälkeen. Kolmannen osapuolen pitää olla akkreditoitu testauslaitos.

2.1.2.2 Tiheyden vaikutukset

Kiinteän materiaalin määrä lisääntyy tiheyden lisääntyessä. Tämä lisää materiaalin läpi johtuvan lämmön osuutta. Lämmönjohtavuus ei kuitenkaan lisääny suorassa suhteessa tiheyden lisääntymisen kanssa, vaan polyuretaanin (PUR/PIR) lämmönjohtavuus vaihtelee hieman tiheysalueella 30–100 kg/m³.

2.1.2.3 Lämpötilan vaikutukset

Eristämateriaalien lämmönjohtavuus pienenee lämpötilan laskiessa, mutta toisaalta lämpötilan nousu ei juurikaan lisää lämmönjohtavuutta.

Lämmönjohtavuusarvot mitataan aina standardoiduissa olosuhteissa. Tämän vuoksi mitatut arvot muunnetaan vastaamaan keskilämpötilaa 10 °C. Eristämateriaalien pienet lämmönjohtavuuden poikkeamat 10 °C:n vertailulämpötilasta eri sovelluksissa otetaan huomioon lämmönjohtavuuden suunnitteluarvossa.

2.1.2.4 Veden imeytymisen vaikutukset 28 päivän upotuskäsittelyn jälkeen

25 °C vertailulämpötilassa veden lämmönjohtavuus on $\lambda = 0,58 \text{ W/(m·K)}$. Koska yleisimmän käytettyjen lämmöneristemateriaalien lämmönjohtavuusarvo vaihtelee välillä 0,021 W/(m·K) ja 0,050 W/(m·K), veteen upotettaessa eristeeseen imeytyvä vesi suurentaa lämmönjohtavuutta. Imeytyvä vesi vaikuttaa kuitenkin vain vähän polyuretaanin (PUR/PIR) lämmönjohtavuuteen. Münchenissä sijaitsevan Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V:n tekemien tutkimusten mukaan polyuretaanieristelevyjen (PUR/PIR), ponneaineena pentaani, lämmönjohtavuuden muutos 28 päivän vedessä olon jälkeen oli erittäin vähäinen, noin 0,0018 W/(m·K). [2]

2.1.3 Ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo

Ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo (λ_D) johdetaan EN 13165 -standardin mukaisesti mitatuista arvoista. Ilmoitettu arvo määritetään mitattujen arvojen perusteella ottaen huomioon tilastollinen hajonta ja vanhenemisesta johtuva korjaus. Arvo ilmoitetaan 0,001 W/(m·K):n välein.

2.1.4 Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristämateriaalien pitkäaikainen lämmönjohtavuus

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. on testannut polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja lämmöneristelevyjä jo 15 vuoden ajan. Levyjen lämmönjohtavuutta ja ponneaineen koostumusta tutkitaan säännöllisin välein. Kuvassa 3 näkyvät polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen diffuusiiovoimin pinnoittein varustetun lämmöneristelevyjen lämmönjohtavuuden muutokset 15 vuoden huonelämpötilassa varastoinnin aikana ponneaineen ollessa pentaani.

Polyuretaanin (PUR/PIR) lämmönjohtavuus riippuu kiinteän aineen lämmönjohtavuudesta ja umpisoluisissa tapahtuvasta lämpösiirteistä, mutta kaikkein eniten lämmönjohtavuuteen vaikuttava tekijä on lämmön siirtyminen ponneaineessa. Tutkimuksen alussa havaittu melko suuri lämmönjohtavuuden muutos johtuu hiilidioksidin, jonka lämmönjohtavuus on noin 0,016 W/(m·K), ja ilman, jonka lämmönjohtavuus on noin 0,024 W/(m·K), välisestä kaasujen siirtymisestä.

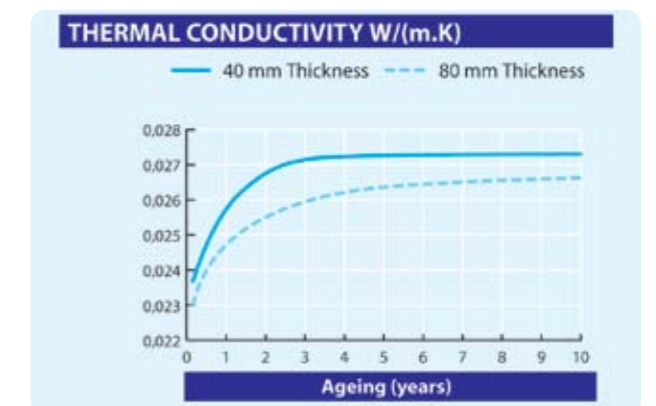
Noin kolmen vuoden kuluessa ponneaineen koostumus tasaantuu ja lämmönjohtavuus muuttuu tämän jälkeen vain hyvin vähän. Yleensä paksumpien eristämateriaalien pitkäaikaiset lämmönjohtavuusarvot ovat ohuempiä materiaaleja pienempiä.

Kuvaaja osoittaa, että kun ponneaineena on pentaani, EN 13165 -standardin mukaiset ”kiinteät lisäykset” ovat seuraavat:

- 5,8 mW/(m·K), kun paksuus on < 80 mm
- 4,8 mW/(m·K), kun paksuus on > 80 mm ja < 120 mm
- 3,8 mW/(m·K), kun paksuus on > 120 mm ja < 160 mm
- 2,8 mW/(m·K), kun paksuus on > 160 mm ja < 200 mm (prEN13165, 2010)
- 1,8 mW/(m·K), kun paksuus on > 200 mm (prEN13165, 2010)

Nämä lisäykset tehdään tehdasmitattuun lämmönjohtavuuteen ja lisäksi huomioidaan mittaustulosten tilastollinen hajonta. Tuloksena saadaan ilmoitettu lämmönjohtavuusarvo (λ_D). Näin ollen eristämateriaalia käytettäessä voidaan olla varmoja siitä, että ilmoitettuja lämmönjohtavuusarvoja (λ_D) ei ylitetä edes pitkien ajanjaksojen kuluessa. [2 ja 3]

Kun polyuretaanin pinnoitteena käytetään diffuusiotiivistä pinnoitetta standardin EN 13165 mukainen kiinteä lisäys on 1,5 mW/(m·K). Diffuusiotiivistä pinnoitteella valmistetun levyä kaasujen vaihtuminen on hyvin vähäistä ja tyypillisesti tällaisen polyuretaanilevyä lambda design on 0,022–0,023 W/mK.



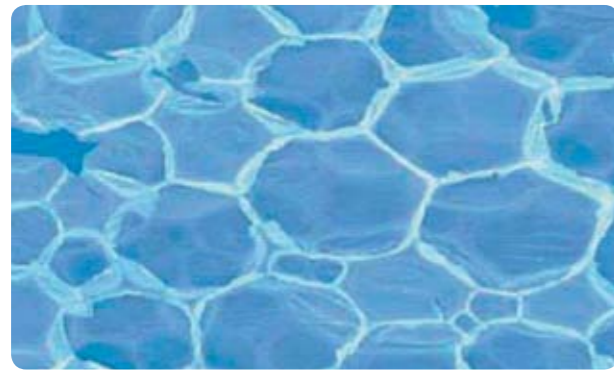
Kuva 3: Ilman diffuusiotiivistä pinnoitteita valmistetun polyuretaanieristelevyjen lämmönjohtavuuden muutokset ensimmäisten 15 varastointivuoden aikana valmistuksen jälkeen.

2.2 Tiheys

Rakennusten lämmöneristeissä käytettävän polyuretaanin (PUR/PIR) tiheys vaihtelee normaalisti välillä 30–45 kg/m³, mutta se voi kuitenkin joissain sovelluksissa olla jopa 100 kg/m³.

Erittäin suurelle mekaaniselle kuormitukselle alttiissa erikoissovelluksissa polyuretaanin (PUR/PIR) tiheys voi nousta 700 kg/m³:een.

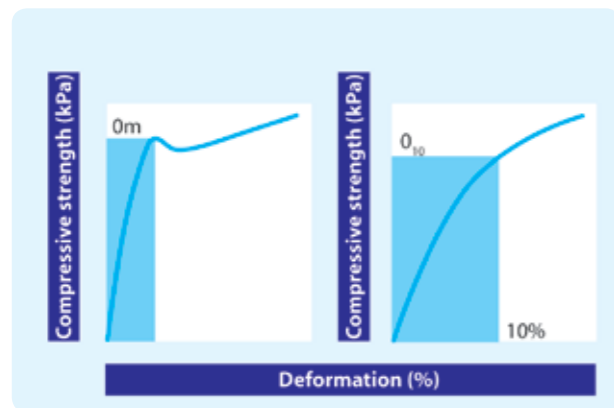
Vain hyvin pieni osa polyuretaanin kokonaistilavuudesta on kiintoainetta. Tavanomaisissa rakentamisen sovelluksissa tiheys on 30 kg/m³ eli tilavuudesta vain kolme prosenttia on kiintoainetta. Jäykkyytensä ja hyvän nurjahduskeston ansiosta polyuretaanin (PUR/PIR) solut ja soluseinät kestävät hyvin mekaanista kuormitusta.



Kuva 4: Polyuretaanin (PUR/PIR) solurakenne.

2.3 Puristuslujuus (σ_m) ja puristuslujuus/jännitys 10 prosentin muodonmuutoksella (σ_{10})

Polyuretaanin (PUR/PIR) lujuus on lähinnä sen tiheyden funktio. Tarkasteltaessa materiaalien käyttäytymistä puristusrasituksen alaisena tarkastellaan aina erikseen puristusjännitystä ja puristuslujuutta. Puristuslujuus/jännitys (σ_m) määritetään yleensä 10 prosentin muodonmuutoksella. Maksimi puristuslujuus on aineen kestävä enimmäiskuormitus aina murtohetkellä.



Kuva 5: Puristuslujuus ja puristuslujuus/jännitys 10 prosentin muodonmuutoksella. Puristuslujuus: eriste painuu yhtäkkiä kasaan kasvavan puristusrasituksen vuoksi. Jakauman ylimmässä pisteessä oleva arvo on puristuslujuus (σ_m). Puristuslujuus/jännitys: materiaalissa ei voida havaita selkeitä murtohetkiä. Näytteen 10 prosentin muodonmuutoksen kohdalla mainittu arvo on puristuslujuus/jännitys (σ_{10}).

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristemateriaalien puristuslujuus tai puristusjännitys 10 prosentin muodonmuutoksella mitataan EN 826 -standardin mukaisesti vain muutaman minuutin aika-askelilla. Tätä kutsutaan lyhytaikaiseksi puristuslujuudeksi. Mitattujen arvojen avulla on mahdollista verrata polyuretaania (PUR/PIR) muihin eristemateriaaleihin. Jotta mittaukset olisivat tilastollisesti luotettavia, käytettävissä on oltava myös pitkäaikaista jatkuvaa puristuslujuutta eli puristusvirumaa kuvaavat arvot.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetuilla eristeillä riittävänä puristuslujuus- (σ_m) tai puristuslujuus/jännitysarvona (σ_{10}) pidetään yleensä arvoa 100 kPa.

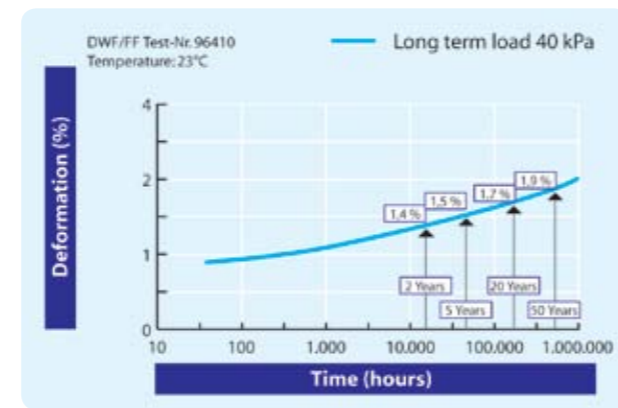
Joissakin erityiskohteissa kuten tasakatoissa tai lattioissa, puristusrasitus voi kuitenkin olla suurempi.

2.4 Pitkäaikainen puristuslujuus eli puristusviruma (σ_c)

Rakenteet altistuvat yleensä staattiselle kuormitukselle pitkien ajanjaksojen ajan. Rakenteiden on pystyttävä kestäämään nämä kuormitukset turvallisesti niin, että ne eivät vaikuta koko rakennuksen toimintaan. Koska polyuretaanin (PUR/PIR) puristuslujuus on erinomainen ja se on lisäksi elastinen materiaali, se on osoittautunut erinomaiseksi ja pitkäkestoiseksi lämmöneristeeksi suuren kuormituksen kohteissa.

Joissakin käyttökohteissa – varsinkin lattioissa – polyuretaani (PUR/PIR) altistuu jatkuvalla staattiselle kuormitukselle, erityisesti, jos rakennuksessa on suuria koneita tai paljon varastoituja materiaaleja. Tällöin muodonmuutos jatkuvan kuormituksen alaisena on tärkeä tekijä. Jotta tällaiset suuren staattisen kuormituksen alaiset rakenteet olisivat turvallisesti suunniteltuja, eristemateriaalin enimmäismuodonmuutos ei saa ylittää merkittävästi kahta prosenttia 20 ja 50 vuoden kuormitusjaksoilla. Pitkäaikaiset polyuretaanin (PUR/PIR) testit ovat todistaneet, ettei näitä raja-arvoja ylitetä.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristemateriaalien käyttäytyminen jatkuvan pitkäaikaisen puristusjännityksen alaisena (pitkäaikainen puristuslujuus, puristusviruma) määritetään standardin EN 1606 mukaisesti.



Kuva 6: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristyslevyjen (33 kg/m³, alumiinilaminaattipinnoitettu) pitkäaikaiset puristuslujuuden jakautumat pitkäaikaisella 40 kPa:n kuormituksella, mitattuna kahden ja viiden vuoden kuormitusjakson jälkeen sekä ekstrapoloituna 20 ja 50 vuodeksi. [4]

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen alumiinilaminaatilla pinnoitettujen eristyslevyjen, joiden tiheys on 33 kg/m³, EN 1606 -standardin mukaiset pitkäaikaiset puristuslujuustestit ovat osoittaneet kyseisen lämmöneristeen kestävyysolosuhteiden olevan erinomainen suuren kuormituksen kohteissa useiden vuosikymmenien ajanjakson aikana. Kahden vuoden ajanjakson aikana jatkuvalla 40 kPa:n kuormitukselle altistuneiden eristyslevyjen mitattu muodonmuutos oli 1,4 prosenttia. Viiden vuoden jatkuvan kuormituksen testeissä mitattu muodonmuutos oli 1,5 prosenttia.

Findleyn ekstrapolointimenetelmällä laskettuna 20 ja 50 vuoden jatkuvan puristusjännityksen aikaansaamiseksi muodonmuutokseksi saatiin 1,7 % ja 1,9 %.

2.5 Vetolujuus kohtisuoraan pintoja vasten (σ_{mt}), leikkauslujuus ja taivutuslujuus (σ_b)

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja lämmöneristeitä käytetään usein yhdessä muiden rakennusmateriaalien, esimerkiksi ohutrappaus-ten kanssa (ETICS-systeemeissä), teollisuus- ja maatalousrakennuksissa. Tällaisissa käyttökohteissa rakennus- ja eristemateriaalit altistuvat vetorasitukselle, leikkausjännitykselle ja taivutusrasitukselle. Ominaisuuksien muuttumattomuuden ja erinomaisten eristysominaisuuksien ansiosta komposiittirakenteita, joissa on polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu ydin, on käytetty onnistuneesti jo vuosikymmeniä, myös erittäin ohuiden eristyslementtien ollessa kyseessä.

Kun polyuretaania (PUR/PIR) käytetään lämmöneristeenä tasakatoissa, sisäpinnoissa tai ETICS-systeemeissä, on erittäin tärkeää varmistaa, että komposiittirakenne pysyy ja toimii yhtenäisenä eikä lämmöneristeseen synny vaurioita. Tämän varmistamisessa avainasemassa ovat veto- ja leikkauslujuus. Kohtisuoraan lämmöneristeen pintoihin kohdistuva vetolujuus määritetään standardin EN 1607 mukaisesti.

PUR/PIR-eristeiden vetolujuusarvot ovat tiheydestä riippuen välillä 40–900 kPa, kun taas leikkauslujuus on (tiheydestä riippuen) standardin EN 12090 mukaisesti välillä 120–450 kPa.

Standardin EN 12089 mukaisesti määritetty taivutuslujuus kuvaa materiaalin käyttäytymistä taivutusrasituksen alaisena tietyissä käyttökohteissa, kuten puurakenteiden rappaustuissa tai kattorakenteiden suurten jänneväliden ylimmissä osissa. Komposiittielementtien, joissa on polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu ydin, taivutuslujuus riippuu vaahdon tiheydestä ja käytetystä pintamateriaalista. Taivutuslujuusarvot ovat välillä 250–1 300 kPa.

2.6 Kosteustekniset ominaisuudet

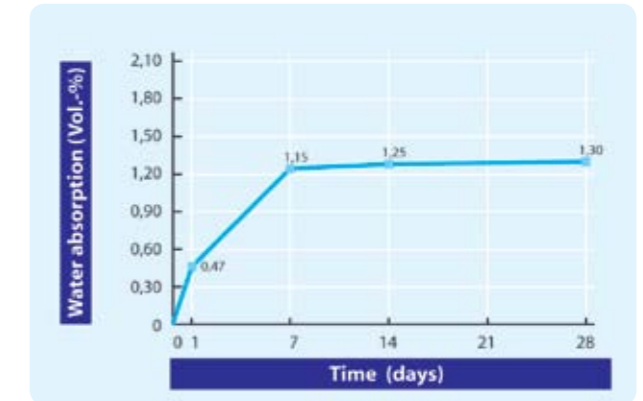
Rakenneosien toiminnallinen kosteudenkestävyys riippuu suurelta osin eristemateriaalien käyttäytymisestä niiden altistuessa sisäilmaa tai maasta tulevalle kosteudelle sekä kuljetuksen, varastoinnin ja kokoonpanon aikana esiintyvistä kosteudesta. Rakenneosan pinnalle tiivistyvä kosteus ja rakennusosien liitoksiin diffuusion vuoksi tiivistyvä kosteus vaikuttavat myös kosteudenkestävyyteen.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut lämmöneristeet eivät ime itseensä kosteutta ilmasta. Ne eivät myöskään ime itseensä tai kuljeta sisällään kapillaarikosteutta suljetun solurakenteensa ansiosta. Tästä syystä tavallisissa rakennuksissa esiintyvä kosteus ei lisää polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristeiden lämmönjohtavuutta. Vesihöyryn diffuusio ei voi lisätä polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristyslevyjen kosteustasoa, jos eristyslevy on asennettu rakenteellisesti oikein.

2.6.1 Veden imeytyminen 28 päivän upotuskäsittelyn jälkeen

Kun polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristyslevyt upotetaan laboratorio-olosuhteissa veteen, vettä voi imeytyä levyihin diffuusion ja tiivistymisen vaikutuksesta. EN 12087 standardin mukaisesti suoritettuna 28 päivän upotustestissä 60 millimetrin paksuisen PUR/PIR-eristyslevyn (mineraalikulutpinnoitus, tiheys 35 kg/m³) mitattu imeytymistaso on yleensä noin 1,3 tilavuusprosenttia.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja eristyslevyjä käytetään maata vasten olevissa rakenteissa, ne saattavat altistua jatkuvalla kastumiselle.



Kuva 7: Veden imeytyminen polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuun eristyslevyyn 28 päivän upotustestin aikana. [2]

2.6.2 Kosteuden imeytyminen diffuusiolla ja tiivistymällä sekä kosteuden imeytyminen vaihtelevissa jäätymis-sulamisolosuhteissa

Kun polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja eristyslevyjä käytetään sokkeleissa, maan pinnan alapuolisissa seinissä tai routasuojauksessa, eristyslevyt ovat jatkuvassa suorassa kosketuksessa maahan ja näin ne altistuvat myös koko ajan kosteudelle ja jäätymiselle.

Standardin EN 12088 mukaisesti mitattu polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristyslevyjen itseensä imeämä enimmäismäärä kosteutta diffuusion ja tiivistymisen vaikutuksesta on noin kuusi tilavuusprosenttia.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V:n suorittamissa polyuretaanin (PUR/PIR) kosteudenkestotesteissä eristeet altistettiin vaihteleville jäätymis- ja sulamisolosuhteille. Testeissä mitattu pinnoittamattomien eristyslevyjen veden imeytyminen oli 2–7 tilavuusprosenttia.

2.6.3 Vesihöyryn diffuusionvastuskerroin (μ)

Vesihöyryn diffuusionvastuskerroin (μ) on tärkeä parametri rakenneosien kosteuskäyttäytymistä määritettäessä. μ -arvo kertoo, miten paljon saman paksuisen ilmakerroksen vesihöyryn diffuusionkestävyyskerrointa ($\mu_{ilma} = 1$) suurempi rakenneosakerroksen vesihöyryn diffuusionkestävyys on.

Polyuretaanin (PUR/PIR) vesihöyryn diffuusionvastuskerroin on määritetty EN 12086 -standardin mukaisesti. Se riippuu polyuretaanin tiheydestä ja eristeen valmistustavasta. Pinnoitettujen eristemateriaalien vesihöyryn diffuusionvastuskerroin (jonka symbolina käytetään Z-kirjainta) on ilmoitettava.

Erikoiskäyttökohteiden rakenneosien kosteutta koskevissa laskelmissa käytetään aina varmallu puolella olevaa diffuusionvastuskertoimen arvoa.

2.6.4 Ilmankerroksen diffuusiota vastaava paksuus (S_d)

Ilmankerroksen diffuusiota vastaava ekvivalentti paksuus (s_d) lasketaan seuraavan kaavan mukaisesti tuotteen paksuuden (metreinä) ja sen diffuusionvastuskertoimen (μ) perusteella:

$$s_d = \mu \cdot s$$

ESIMERKKI:

Käyttökohteesta riippuen 120 mm paksujen polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen mineraalikulitupäällysteisten eristyslevyjen S_d -arvo on välillä $40 \times 0,12 = 4,8$ m ja $200 \times 0,12 = 24$ m.

2.7 Lämpölaajeneminen

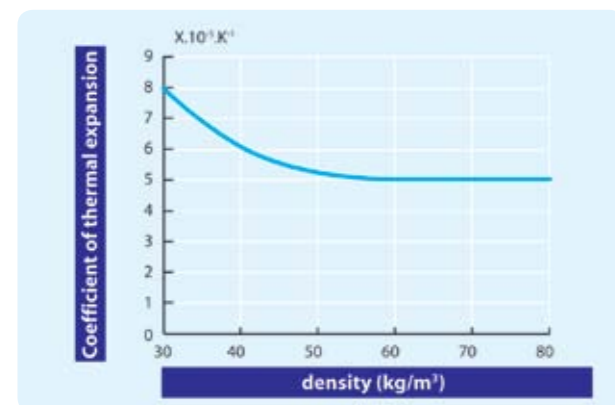
Kaikki materiaalit laajenevat lämmön vaikutuksesta. Lämpölaajenemiskerroin kuvaa materiaalin lämpölaajenemisen suhteellisen muutoksen suuruutta, kun lämpötila nousee yhden kelvinasteen verran. Umpisoluisten tuotteiden solurakenteen sisäinen kaasunpaine vaikuttaa myös niiden laajenemiseen.

Polyuretaanin (PUR/PIR) lämpölaajenemiskerroin riippuu seuraavista tekijöistä:

- tiheydestä
- pinnoitteista
- eristemateriaalin mahdollisesta kiinnityksestä rakennusosaan
- valitusta lämpötila-alueesta.

Mitattaessa polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristyslevyjen, joiden tiheydet vaihtelivat välillä $30\text{--}35 \text{ kg/m}^3$, lämpölaajenemiskerrointa tulokset ovat vaihdelleet välillä $3 - 7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen pinnoittamattomien lämmöneristelevyjen, joiden tiheys on $30\text{--}60 \text{ kg/m}^3$, lineaarinen lämpölaajenemiskerroin on $5\text{--}8 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Pinnoittamattomien tiheydeltään suurempien eristyslevyjen lämpölaajenemiskerroin on noin $5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Nämä arvot koskevat eristyslevyjä tai leikattuja profiileja/ listoja, joita ei ole kiinnitetty alusrakenteeseen tai joita ei ole tiukasti kiinnitetty alustaan.



Kuva 8: Pinnoittamattoman polyuretaanin (PUR/PIR) lämpölaajenemiskerroin lämpötila-alueella $-60\text{--}+20 \text{ }^\circ\text{C}$ tiheyden funktiona

2.8 Ominaislämpökapasiteetti ja lämpökapasiteetti

2.8.1 Ominaislämpökapasiteetti (c_p)

Ominaislämpökapasiteetti (c_p) kertoo, miten paljon lämpöenergiaa vaaditaan yhden materiaalikilogramman lämpötilan lisäämiseen yhdellä kelvinasteella. Ominaislämpökapasiteetin mittayksikkö on $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Kun materiaalin lämpökapasiteetti on suurempi, sen lämpötilan lisäämiseen yhdellä asteella vaaditaan enemmän lämpöenergiaa ja vastaavasti lämpökapasiteetiltaan heikompien materiaalien lämpötila nousee yhdellä asteella vähemmällä määrällä energiaa.

Standardin EN 12524 mukaisesti näitä laskettuja arvoja tulee käyttää rakenneosien lämmönjohtumista koskevissa laskelmissa silloin, kun käytetään vaihtelevia (dynaamisia) rasituksia.

Materiaali	Ominaislämpökapasiteetti $c_p = \text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
Polyuretaani (PUR/PIR)	1 400 – 1 500
Puukuidusta valmistetut eristyslevyt	1 400
Mineraalivilla	1 030
Puu ja puupohjaiset materiaalit	1 600
Kipsilevy	1 000
Alumiini	880
Muut metallit	380 – 460
Ilma ($\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$)	1 000
Vesi	4 190

Taulukko 1: Eri materiaalien lasketut ominaislämpökapasiteetti-arvot (c_p).

2.8.2 Lämpökapasiteetti (C)

Rakenneosien lämpökapasiteettiin vaikuttavat niiden sisältämien eri rakennusmateriaalien ominaislämpökapasiteetit.

Lämpökapasiteetti (C), jonka mittayksikkö on $\text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, kertoo, miten paljon lämpöä yksi neliometri tasalaatuista rakennusmateriaalia, jonka paksuus on d, pystyy varaan itseen lämpötilan noustessa yhdellä kelvinasteella.

LASKUKAAVA on seuraava: lämpökapasiteetti $[C, \text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{K})] = \text{ominaislämpökapasiteetti } (c_p) \times \text{tiheys } (p) \times \text{kerroksen paksuus } (d)$.

Taulukko 2 osoittaa, että puukuitulevyn lämpökapasiteetti on moninkertaisesti polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristyslevyjen lämpökapasiteettia suurempi. Kesällä normaaleissa sisäolosuhteissa erot ovat mitättömän pieniä.

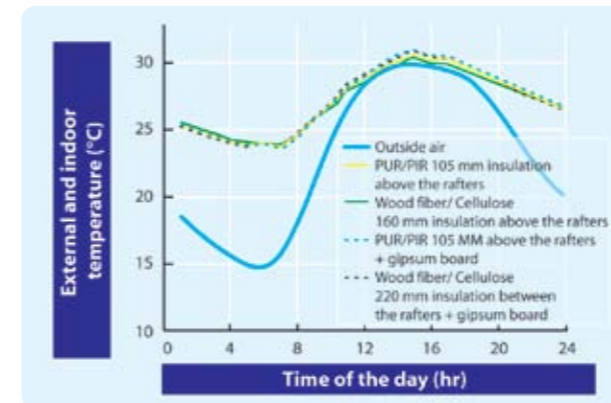
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. on tutkinut tietokoneavusteisten lämpösimulaatioiden avulla eristeen tyyppin vaikutusta erilaisien vinokattoisten talojen sisäilmastoon. [5]

Kun katolla ei ollut mitään aurinkosuojaa, sisälämpötila kohosi iltapäivään mennessä $31 \text{ }^\circ\text{C}$. Huoneilissa mitatut lämpötilat osoittavat, että eri lämmöneristeiden lämpökapasiteetilla ei ollut mitään merkitystä. Sisälämpötilat vaihtelivat enintään $0,6$ kelvinasteella.

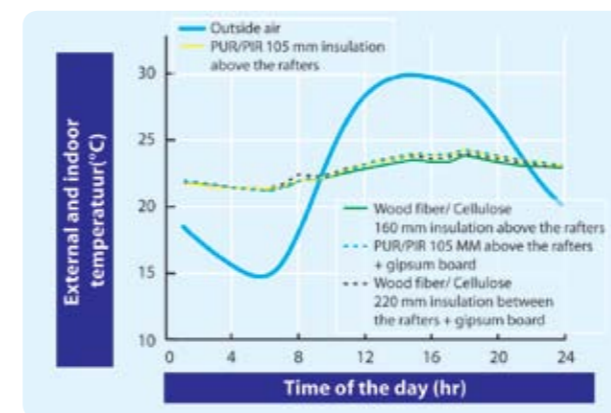
Materiaali	Paksuus	Lämmönjohtavuus	Tiheys	Ominaislämpökapasiteetti	Lämpökapasiteetti
	mm	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	kg/m^3	$\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$	$\text{kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Tapaus 1: Vinokatto, jossa on polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu eristys					
Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu eristys	105	0,025	30	1,5	4,73
Puusta valmistettu ulkokuori	28	0,13	600	1,6	26,88
Bituminauha	2	0,17	1 200	1,0	2,40
Kipsilevy	12,5	0,21	900	1,0	11,25
Tapaus 2: Vinokatto, jossa on puukuitueriste					
Puukuitueriste	180	0,040	120	1,4	30,24
Puusta valmistettu ulkokuori	28	0,13	600	1,6	26,88
Bituminauha	2	0,17	1 200	1,0	2,40
Kipsilevy	12,5	0,21	900	1,0	11,25

Taulukko 2: Esimerkkejä erilaisten rakenneosakerrosten lämpökapasiteetista vinokatossa.

Kun kattoikkunaan asennettiin aurinkosuojaa, sisälämpötila iltapäivällä oli selvästi pienempi kuin ulkolämpötila – sisälämpötila pysyi koko ajan alle $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Tässäkään tapauksessa eristemateriaalin tyyppi ei vaikuttanut merkittävästi sisälämpötilaan.



Kuva 9: Ulko- ja sisälämpötilat kuumien kesäpäivien kuumimpana päivänä ilman aurinkosuojaa.



Kuva 10: Ulko- ja sisälämpötilat kuumien kesäpäivien kuumimpana päivänä aurinkosuojauksen kanssa.

Tietokonesimulaation tulokset osoittavat seuraavaa:

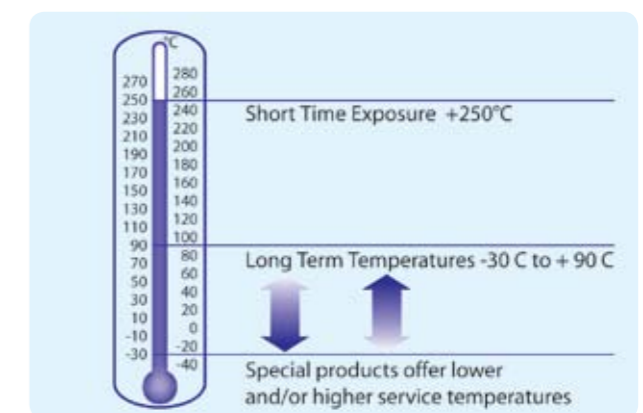
- auringon säteily on selvästi eniten kesällä sisäilmastoon vaikuttava tekijä, ja siksi ikkunoiden tehokas aurinkosuojaus tekee sisäolosuhteista miellyttävämpiä
- eri eristemateriaalien lämpökapasiteetti vaikuttaa vain vähän sisäilmastoon kesällä.

Hyvä lämpöeristys parantaa sisäilmastoa myös kesällä. Samanpaksuiset, mutta lämmönjohtavuudeltaan paremmat eristemateriaalit vähentävät lämmön siirtymistä sisätiloihin ulkorakenteiden lävitse.

2.9 Lämmönkesto

Lämmöneristeiden stabiilius lämpötilan noustessa sekä kriittiset lämpötilarajat ovat tärkeitä suunniteltaessa tiettyjä sovelluksia. Näissä tapauksissa lämmön vaikutuksen kesto on erityisen tärkeää. Tietyn materiaalin käyttölämpötilaraja voi ilmetä monin eri tavoin, kuten materiaalin mittojen muuttumisena, sen muodon ja stabiiliuden katoamisena sekä hajoamisena.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristeiden lämmönkesto on suuri ja niiden muodonmuutosominaisuudet ovat hyvät. Tiheydestä ja pinnoitteesta riippuen polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja rakennuksissa käytettäviä eristemateriaaleja voi käyttää



Kuva 11: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristyslevyjen lämmönkestävyys.

pitkääkautisesti lämpötila-alueella -30...+90 °C. Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristemateriaalit kestävät lyhyitä aikoja jopa 250 °C lämpötilaa ilman negatiivisia vaikutuksia. Mineraalikuuduilla päällystetty tai päällystämätön polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu eriste kestää kuumaa bitumia, joten sitä voidaan käyttää tasakattojen bitumikermikatteissa. Polyuretaani (PUR/PIR) on lämpökovettuvaa muovia (kertamuovi), joka ei sula tulella.

Lisäksi monia erikoispolyuretaanituotteita voidaan asentaa eristykseksi tasoitettuihin valettuihin asfalttilattioihin, koska ne kestävät +200 °C lämpötiloja ilman erillistä lämpösuojaa. Niitä voidaan käyttää myös kylmätiloissa -180 °C saakka.

2.10 Kemiallinen ja biologinen stabiilius

Kemikaalien kanssa kosketuksiin joutuminen voi muuttaa eristemateriaalin ominaisuuksia. Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristyslevyt kestävät kuitenkin rakennuksissa yleisimmin käytettäviä kemikaaleja, kuten useimpia liimoissa käytettäviä liuottimia, bitumimateriaaleja, puunsuojakemikaaleja ja tiivistysaineita. Lisäksi ne eivät ole alttiita tiivistyskalvoissa käytettävien pehmentimien tai polttoaineiden, mineraaliöljyjen, laimennettujen happojen ja emästen, pakokaasujen tai aggressiivisten teollisten ympäristöjen vaikutuksille. Polyuretaani (PUR/PIR) ei lahoa, kestää hometta ei ime itseensä hajuja eikä emittoi hajuja.

UV-säteily muuttaa polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen päällystämättömien eristyslevyjen tai eristyslevyjen leikattujen pintojen väriä ja saattaa ajan myötä jonkin verran kuluttaa pintaa. Tämä ei kuitenkaan ole tekninen, vaan ainoastaan esteettinen haitta. Kuluneen pinnan voi poistaa seuraavissa työvaiheissa. Pinnoittamattoman polyuretaanin (PUR/PIR) rakennusmateriaalien ja kemikaalien kestävyys on määritetty testilämpötilassa, 20 °C.

Rakennusmateriaalit / kemialliset aineet	Polyuretaanin (PUR/PIR) käyttäytyminen
Kalkki, kipsi (laasti), sementti	+
Bitumi	+
Kylmä bitumi ja vesipohjaiset bitumimentit	+
Kylmät bitumia sisältävät liima-aineet	+/-
Kuuma bitumi	+/-
Kylmä bitumi ja liuotteita sisältävät bitumimentit	+/-
Silikoniöljy	+
Saippuat	+
Merivesi	+
Suolahappo, rikkihappo, typpihappo, natriumhydroksidi (10-prosenttiset seokset)	+
Ammoniumhydroksidi (tiiviste)	+
Ammoniakkivesi	+
Normaali bensiini/diesel tai niiden sekoitus	+
Tolueeni/klooribentseeni	+/-
Monostyreeni	+/-
Etyylialkoholi	+/-
Asetoni/etyyliasetatti	+/-

Taulukko 3. Polyuretaanin (PUR/PIR) kemikaalien kestävyys.

2.11 Polyuretaanin (PUR/PIR) palokäyttäytyminen

2.11.1 Eurooppalaisten standardien mukainen eristetuotteen palokäyttäytyminen

Eurooppalaiset testistandardit määrittävät käytettävät testauslaitteet ja -järjestelyt sekä sen, miten testi tulee suorittaa ja arvioida. Luokkiin A2-D – lattiapinnoitteita lukuun ottamatta – kuuluvien tuotteiden tärkein testausmenetelmä on EN 13823 -standardin mukainen SBI-testi (Single Burning Item). SBI-testi suoritetaan kaasupolttimella, jonka palokuorma vastaa palavan jätöpaperikorin palokuormaa. Määritettävät parametrit ovat tulen kasvuvauhti, kokonaislämmönluovutus, liekkien leviäminen sivuttaissuunnassa materiaalin pinnalla, savunmuodostus ja palavat pisarat. SBI-testi korvaa aikaisemmin käytetyt kansalliset testimenetelmät.

Luokkien B, C ja D tuotteille vaaditaan lisäksi toisen pienellä polttimella suoritettun testin tekemistä EN ISO 11925-2 -standardin mukaisesti (liekehtimisen kesto 30 sekuntia). Euroclass E:n mukaiset tuotteet testataan vain EN ISO 11925-2 -standardin mukaisesti (liekehtimisen kesto 15 sekuntia). Testitulosten arviointia helpottamaan on kehitetty luokitusstandardeja. Rakennustuotteet on jaettu Euroclass-luokkiin EN 13501-1 -standardin ”Rakennustuotteiden ja rakennusosien paloluokitus. Osa 1: Palokäyttäytymiskokeiden tuloksiin perustuva luokitus” mukaisesti. Tällä hetkellä paloluokituskategorioita on neljä: rakennustuotteet lattiapäällysteitä lukuun ottamatta, lattiapäällysteet, putkieristeet ja kaapelit.

Yhdenmukaistettujen eurooppalaisten standardien mukaisesti rakennustuotteet on jaettu seitsemään Euroclass-luokkaan, jotka ovat A1, A2, B, C, D, E ja F. Eurooppalainen luokitusjärjestelmä ottaa huomioon myös muut toissijaiset paloon liittyvät reaktiot, kuten savunmuodostuksen ja palavat pisarat/partikkelit. Rakennusmateriaaleille on määritetty kolme savunmuodostusluokkaa (s1–s3) ja kolme palavia pisaroita/partikkeleita koskevaa luokkaa (d0–d2). Nämä on aina ilmoitettava yhdessä paloluokan (A2–D) kanssa. Luokan E tuotteiden kohdalla palavia pisaroita koskeva luokitus on ilmoitettava, jos suodatinpaperi syttyy pienimmällä liekillä suoritettavassa testissä, jolloin tuotteen luokitus on E, d2. Polyuretaani (PUR/PIR) on lämpökovettuvaa muovia (kertamuovi), joka ei sula tulella eikä siitä synny palaessa palavia pisaroita.

2.11.2 Polyuretaanin (PUR/PIR) sisältävien eristeiden rakennuselementtien palonkestävyys

Rakennustuotteet luokitellaan EN 13501 -standardin ”Rakennustuotteiden ja rakennusosien paloluokitus. Osa 2: Palokäyttäytymiskokeiden tuloksiin perustuva luokitus” mukaisesti. EU-jäsenmaiden rakennusvalvontaviranomaiset tarkastelevat parhaillaan kansallisia vaatimuksia, jotta voidaan määrittää, minkälainen eurooppalainen rakennusosien palonkestävyysluokitus on tarpeen tulevaisuudessa. Tämä on melko helppoa palonkestävyystestien ja niiden perusteella määritettävien rakennusmateriaalien paloluokkien suhteen, sillä kansalliset testit poikkeavat vain vähän uusista eurooppalaisista testistandardeista.

2.11.3 Polyuretaanipohjaisten (PUR/PIR) tuotteiden paloluokitus

Muodosta ja päällystetyypistä riippuen yleisimmin käytettyjen PUR/PIR-eristyslevyjen paloluokitus vaihtelee luokituksesta C, s2, d0 luokitukseen F. Samaten muodosta ja päällystetyypistä riippuen PUR/PIR-putkieristeiden luokitus vaihtelee luokituksesta BL, s1, d0 luokitukseen F. Metallipintaisten PUR/PIR-pohjaisten sandwich-elementtien luokitus voi olla niinkin hyvä kuin B, s2, d0.



3 Polyuretaani (PUR/PIR) ja kestävä kehitys

YK:n Rio de Janeirossa vuonna 1992 järjestetystä ympäristöhuippukokouksesta lähtien termi kestävä kehitys on ollut kaikkien tiedossa. Kestävä kehitys ei kuitenkaan tarkoita samaa kuin ekologisuuks, vaan kestävän kehityksen periaatteissa otetaan huomioon yhtäläisesti ympäristöasiat, taloudelliset asiat ja sosiaaliset asiat. Lähestymistavan on oltava holistinen eli siinä on otettava yhtäläisesti huomioon ympäristönsuojelu, sosiaaliset tarpeet ja kestävä liiketoimintatavat. Energiansäästö on yksi tärkeimpiä asioita, ja koska maapallon väkiluku on jo yli kuusi miljardia, ruokavarojen säästäminen on yhtä tärkeää.

Kestävän kehityksen mukainen rakentaminen ei tarkoita pelkästään yksittäisten rakennusmateriaalien ympäristövaikutusten arvioimista, vaan kestävän kehityksen mukaisen lähestymistavan on oltava monimuotoisempi ja otettava huomioon rakenteiden ja käytettyjen materiaalien koko elinkaari. Huomioon on otettava seuraavat asiat:

- ympäristöön liittyvät tavoitteet, kuten luonnonvarojen ja energian säästäminen
- hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja kierrättämiseen liittyvät taloudelliset tavoitteet, kuten rakennus- ja käyttökustannusten pienentäminen käyttämällä suorituskykyprofiililtaan hyviä rakennustuotteita
- sosiaaliset ja kulttuuriset asiat sekä terveys ja asumis-/käyttökavuuksien eli rakennusten, joissa ihmiset elävät ja työskentelevät, on vastattava käyttäjien tarpeisiin ja taattava heidän hyvinvointinsa.

Tässä raportissa keskitytään PUR/PIR-tuotteiden kestävän kehityksen mukaisiin ympäristöasioihin.

3.1 Energiankulutuksen ja päästöjen vähentäminen

Rakennukset kattavat yli 40 prosenttia koko EU:n energiankulutuksesta. Maapallon energialähteet ovat kuitenkin rajalliset. Rajallisten luonnonvarojen ja kasvavan kulutuksen yhteensovittamisessa tärkeintä on energiatehokkuuden lisääminen eli energian säästäminen ja sen käyttäminen optimaalisella tavalla.

Kasvihuonekaasupäästöjen ja energiankulutuksen välillä on selvä yhteys. Rakennuksia lämmitetään ja jäädytetään fossiililla polttoaineilla, ja lisäksi niitä käytetään kuljetusalalla ja teollisuudessa. Maapallon keskilämpötilan nousun voidaan katsoa johtuvan fossiilisten polttoaineiden käyttöä nopeasta kasvusta. Yli 80 prosenttia kaikista kasvihuonekaasupäästöistä on hiilidioksidia (CO₂). Nämä päästöt nopeuttavat kasvihuoneilmiötä ja näin lämmittävät ilmastoa. YK:n Kioton ilmastosopimuksen mukaisesti EU-jäsenmaat ovat sitoutuneet vähentämään kokonaiskasvihuonekaasupäästöjään kahdeksalla prosentilla vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. Tämä tavoite voidaan saavuttaa parantamalla rakennusten energiatehokkuutta.

3.2 Elintarvikehygieniä ja säilöntäaineet

Koska maapallon väestö on tuplaantunut 50 vuodessa ja sen odotetaan kasvavan 8 miljardiin vuoteen 2030 mennessä, maailmassa on koko ajan kasvava määrä ihmisiä, jotka tarvitsevat suojaa ja varsinkin ruokaa.

Polyuretaanin (PUR/PIR) eristystehokkuus on tärkeä ominaisuus, jota voidaan hyödyntää alhaista lämpötilaa vaativien elintarvikkeiden tuotannossa, varastoinnissa ja jakelussa kuluttajille. Sen avulla voidaan säästää jopa 50 prosenttia arvokkaista elintarvikkeista, jotka muutoin pilaantuisivat ennen kuin ne ehditään käyttää.

Hygieniä on tärkeä asia elintarvikkeita käsitellessä. Sandwich-elementit, joissa on polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu ydin, estävät

kylmäsilat ja takaavat, että pintaan tai välitiloihin ei tiivisty kosteutta. Tiivistyvä kosteus edesauttaa bakteerien muodostusta ja homeen kasvua. Sandwich-elementeissä on helposti puhdistettavat elintarvikealalle suunnitellut turvalliset pinnat, jotka suunnitellaan aina vallitsevien säännösten mukaisesti.

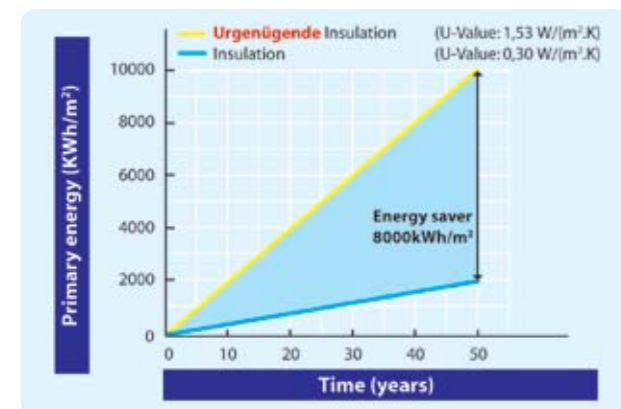
Kylmäkuljetuksessa käytettävän eristeen paksuutta rajoittavat rekka-auton enimmäislevyys ja vakiokokoisten kuormalavojen vähimmäisisämitat. Tutkimuksissa on osoitettu, että paneelit, joissa on polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettu ydin, vähentävät hiilidioksidipäästöjä.

Hygienia on yhtä tärkeää muissa puhdasta ympäristöstä vaativissa prosesseissa, kuten elektroniikka- ja lääketieteellisyydessä. Nämä ovat kasvavia teollisuudenaloja nykyään, kun teknologia-ala kasvaa koko ajan ja lääkkeitä vaaditaan koko ajan pidempää käyttöikää.

3.3 Polyuretaanin (PUR/PIR) elinkaarianalyysi ja energiatase

Hyvien rakenteellisten ominaisuuksien lisäksi ympäristöön liittyvät kriteerit ovat erityisen tärkeitä eristysmateriaaleja valittaessa. Ekotasetta määritettäessä on erityisen tärkeää käyttää kattavia tietoja, jotka koskevat lämmöneristeiden koko käyttöikää. Näitä tietoja ovat muun muassa energiaan, raaka-aineisiin, valmistukseen, päästöihin sekä ilmaan, veteen ja maaperään päätyviin saasteisiin liittyvät tiedot. Pitkä käyttöikä ja materiaalien pitkä elinaika ovat tärkeitä tekijöitä arvioinnissa, sillä ne parantavat ekotasetta selvästi.

Energiatase on tärkeä elinkaarianalyysin osa. Siinä verrataan tuotteen valmistamiseen kulunutta energiaa sen käyttöä aikana säästettyyn energiaan. Tutkimuksissa on todistettu, että polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut lämmöneristeet säästävät yli 50 vuoden odotetun käyttöikänsä aikana moninkertaisesti sen määrän energiaa, joka niiden valmistukseen kuluu. Yleensä polyuretaanin (PUR/PIR) valmistukseen kulunut energia saadaan takaisin jo ensimmäisen lämmityskauden jälkeen. 80 mm paksun polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetun alumiinilaminaatilla päällystetyn yhden neliömetrin kokoisen eristyslevyn valmistamiseen kuluu 100 kWh energiaa. Kun vanhan vinokattoisen rakennuksen lämmöneristystä parannetaan asentamalla siihen 24 polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettua alumiinilaminaatilla päällystettyä 80 mm paksua eristyslevyä, voidaan säästää jokaista katonneliometriä kohden 160 kWh energiaa vuosittain eli energiaa säästyy tuotteen odotetun 50 vuoden käyttöä aikana yhteensä 8 000 kWh. [6 ja 7]



Kuva 12: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetun lämmöneristysenergian säästö 50 vuoden aikana.

3.4 Polyuretaanin (PUR/PIR) kierrätys ja energiakäyttö

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut lämmöneristeet ovat erittäin stabiileja ja kestäviä. Ne kestävät yleensä koko rakennuksen käyttöajan. Rakennuksen purkamisen jälkeen polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristemateriaalit voidaan kierrättää.

Puhtaat ja vaurioitumattomat polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristyslevyt voidaan käyttää uudelleen rakennusten yläpohjien tai ullakoiden eristämiseen.

Puhdas polyuretaanista (PUR/PIR) syntyvä jäte voidaan murskata ja siitä voidaan puristamalla valmistaa lastulevyn kaltaista kierrätettyä polyuretaanilevyä. Kierrätettyjä levyjä käytetään erikoiskäyttökohteissa, kuten lattiarakenteissa, joihin tarvitaan lisäkosteusaristystä.

Lisäksi murskattua polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettua eristystä voidaan käyttää öljynsitojana tai sementin kanssa sekoitettuna eristävänä muurauslaastina.

Jos jättemateriaalin koostumus tiedetään eikä siinä ole epäpuhtauksia, yksi raaka-ainekomponenteista voidaan ottaa talteen glykolyysin avulla.

Jos polyuretaanijätteessä (PUR/PIR) on epäpuhtauksia tai jos siihen on jäänyt kiinni jäämiä muista rakennusmateriaaleista, se voidaan polttaa muun kotitalousjätteen mukana jätteenpolttolaitoksessa, jossa on lämmöntalteenottojärjestelmä. Tällaisesta uusiokäytöstä ei aiheudu mitään negatiivisia ympäristövaikutuksia. Tässä prosessissa eristemateriaaliin sitoutunut energia muutetaan primäärienergiaksi.

Tuotantojäte	Rakennusjäte	Rakennusjäte purkamisen jälkeen	
Puhdas	Puhdas	Puhdas	Epäpuhdas
Materiaalin kierrätys		Energiakäyttö	
Glykolyysi	Puristuslevyn raaka-aineena	Kierrätetty	Jätteenpolttolaitoksessa, jossa on lämmöntalteenottojärjestelmä
Raaka-aine	Lastulevy Öljynsitoja Eristävä muurauslaasti	Esimerkiksi eristyslevynä ylimmässä kerroksessa tai ullakolla	Energiakäyttö

Taulukko 4: Polyuretaanijäte (PUR/PIR) – materiaalin kierrätys ja energiakäyttö.

Polyuretaani (PUR/PIR) saa aikaan kahdenlaisia säästöjä: käytettäessä polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettua eristettä vanhoissa rakennuksissa lämmityskustannuksissa säästetään jopa 80 prosenttia 50 vuoden ajanjaksolla, ja sen jälkeen, kun polyuretaania (PUR/PIR) ei enää käytetä eristeenä, sen avulla voidaan saada aikaan lisäsäästöjä, sillä sitä voidaan polttaa energiakäytössä jätteenpolttolaitoksissa, joissa on lämmöntalteenottojärjestelmä, joten se vähentää uusien energialähteiden (öljyn tai kaasun) käyttötarvetta. Tämä hyödyttää ympäristöä, ihmisiä, kasveja ja eläimiä.



4 Polyuretaanin (PUR/PIR) valmistaminen

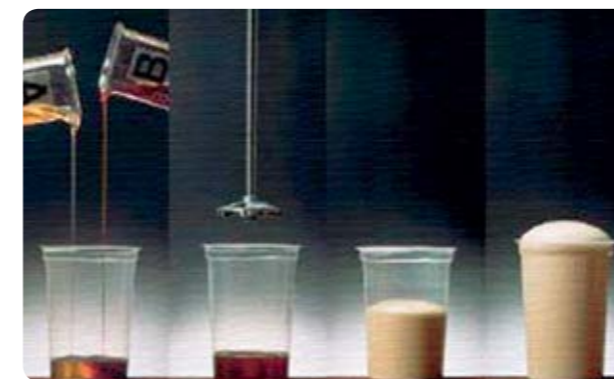
Polyuretaania (PUR/PIR) valmistetaan saamalla aikaan reaktio kahden nestemuodossa olevan peruskomponentin ja kiehumispisteeltään alhaisen ponneaineen, kuten pentaanin tai hiilidioksidin, välillä.

Perusmateriaalit reagoivat heti sekoitettaessa, ja niistä syntyy polymeerimatriisi eli ne muuttuvat polyuretaniksi. Tässä reaktiossa syntyvä lämpö saa ponneaineen höyrystymään, mikä tekee polymeerimatriisista vaahtoa. Laajeneen vaahdon tilavuutta ja tiheyttä vaihdellaan muuttamalla lisättävän ponneaineen määrää. Vaahdon koostumusta voidaan muuttaa halutunlaiseksi erilaisten lisäaineiden avulla. [8]

Reagoineen seoksen pinta pysyy takertuvana jonkin aikaa vaahdotuksen jälkeen, jolloin pinnon voi kiinnittää vaahtoon tiukasti ja pysyvästi. Teollisessa valmistusprosessissa vaahdotusta hienosäädetään katalyyttien avulla. Ne helpottavat tuotantoklin ajanhallintaa.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetaan seuraavanlaisia eristemateriaaleja tehdasolosuhteissa:

- laminaattipintaisia eristyslevyjä
- muottivaluja, jotka leikataan haluttuihin muotoihin eristyslevyiksi tai -profiileiksi
- SW-elementtejä.



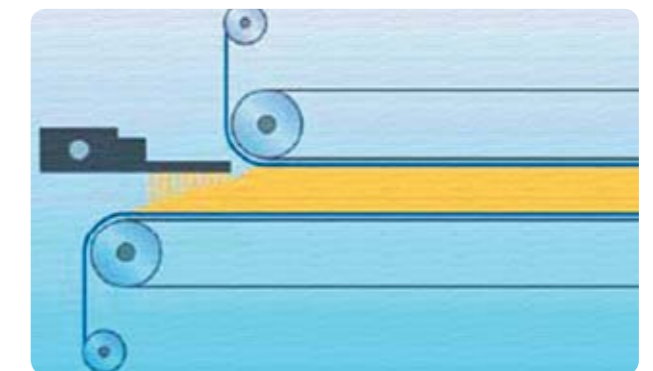
Kuva 13: Polyuretaanin (PUR/PIR) neljä laajenemistapausta dekanterilasissa.

4.1 Laminaattipintaisten eristyslevyjen valmistaminen polyuretaanista (PUR/PIR)

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut eristyslevyt valmistetaan jatkuvassa prosessissa jatkuvakäyttöisessä laminaattorissa. Tässä valmistusprosessissa reagoiva seos levitetään sekoituspään kautta laminaatista valmistetun alapinnan päälle. Tämä yhdistelmä vedetään laminaattoriin. Seos laajenee ja muodostaa sidoksen yläkautta laminaattoriin syötettävän yläpinnon kanssa laminaattorin painealueella. Laminaattorissa aihio kovettuu riittävästi, jotta sitä voidaan sahata ja profiloita. Tällä menetelmällä voidaan valmistaa eripaksuisia levyjä aina 250 millimetriin saakka.

Laminaattipinta on yleensä jotain seuraavista:

- mineraalikuitukangasta
- lasihuopaa
- alumiinifoliota
- komposiittikalvoa.



Kuva 14: Laminaattipintaisten eristyslevyjen valmistaminen polyuretaanista (PUR/PIR) jatkuvassa prosessissa.

Pinnoite valitaan eristyslevyjen aiotun käyttötarkoituksen mukaan. Pinnoitus voi toimia höyry- tai kosteussulkuna, optisena pintana tai suojana mekaanisilta vaurioilta. Eristyslevyillä on usein erilaisia reunaprofiileita. Ne voivat olla esimerkiksi erilaisia pontteja, porrastettuja profiileja tai suorareunaisia profiileja.

Laminaattipintaisia polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja eristyslevyjä valmistetaan myös yhdessä jäykkien pinnoitteiden kanssa. Näin valmistettuja levyjä kutsutaan komposiittilevyiksi. Komposiittilevyratkaisussa yleensä lämmöneristeen päälle on liimattu lastulevyä tai mineraalipohjaisista materiaaleista valmistettua levyä, kuten kipsilevyä.



Kuva 15: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja eristyslevyjä, joissa on alumiinilaminaatti tai muunlainen pinnoite.

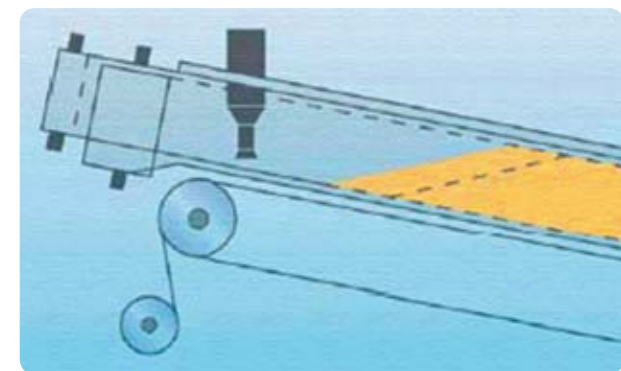
4.2 Polyuretaanin (PUR/PIR) valmistaminen muottivalutekniikalla

Polyuretaanista (PUR/PIR) voidaan valmistaa blokeja joko jatkuvan tai jaksottaisen prosessin avulla.

4.2.1 Jatkuvatoiminen valmistus

Blokivaahdon jatkuvatoimisessa valmistuksessa reaktioseos levitetään tasaisesti neliömäisen valutunnelin pohjan päällä olevan suojapaperin, muovikelman tai muun vastaavan päälle. Myös valutunnelin seinä- ja mahdollisia kattolevyjä suojaa suojapaperi.

Valutunnelin pohja voi olla valmistettu hitaasti eteenpäin kulkevista lamelleista tai se voi olla leveä hihna. Seinälevyinä toimivat lamellit kulkevat valutunnelin pohjan kanssa samaa nopeutta. Valutunnelin seinämät estävät kokoavan ja kovettuvan reaktioseoksen leviämisen valutunnelin sivuille.

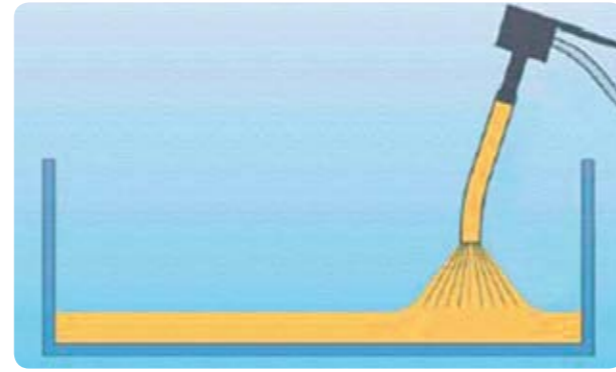


Kuva 16: Jatkuva valmistus muottivalutekniikalla.

Valutunnelin jälkeen muodostunut paksu polyuretaanikaistale sahaan varastointia varten lyhyempään mittaan, aihiksi. Varastoitu aihio sahataan lopputuotemittoihin muutaman päivän tai jopa muutaman viikon varastoinnin jälkeen.

4.2.2 Jaksottainen valmistus

Blokivaahdon jaksottaisessa valmistuksessa (ns. vapaa vaahdotus) reaktioseos levitetään etukäteen valmistettuun valumuottiin. Muotin seinämät on suojattu paperilla, muovilla tai pintakäsittelyaineella, jottei polyuretaani tartu muottiin.



Kuva 17: Jaksottainen valmistus muottivalutekniikalla.



Kuva 18: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja eristyslevyjä, ullakoilla käytettäviä kiilalevyjä ja putkieristeitä.

Muottiin levitetty reaktioseos kohoaa muodostaen polyuretaania, joka täyttää muotin. Reaktioseoksesta muodostuneen polyuretaanin kovettua muotti voidaan poistaa ja muodostunut polyuretaaniaihio viedään varastoon odottamaan sahausta lopullisiin tuotemittoihin.

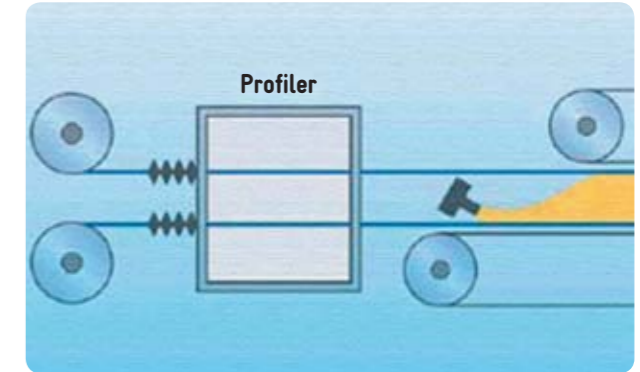
4.3 SW-elementtien valmistus

Polyuretaanista (PUR/PIR) voidaan valmistaa sandwich-elementtejä joko jatkuvan tai jaksottaisen prosessin avulla.

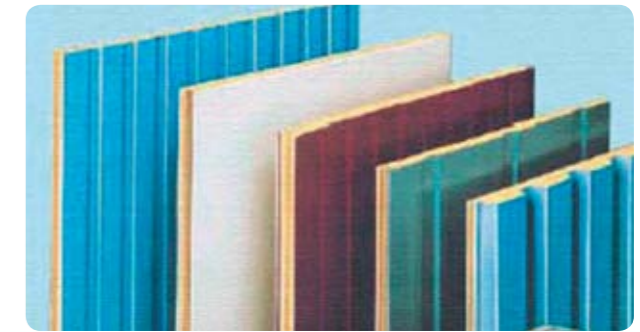
4.3.1 Jatkuvatoiminen SW-elementtien valmistus

Polyuretaanista (PUR/PIR) voidaan valmistaa sandwich-elementtejä joko jatkuvan tai jaksottaisen prosessin avulla. Reagoiva seos kaadetaan laminaattorin alemmalla kuljetinhihnalla olevan teräs- tai alumiinilevyn päälle. Jotta elementeistä tulisi jäykempiä, metallipinnat profiloitetaan yleensä ennen vaahdotusta. Laminaattorissa laajentuva massa tarttuu kiinni ylemmällä kuljetinhihnalla kulkevaan teräs- tai alumiinilevyyn. Laminaattorista tulleet sandwich-elementit leikataan halutun pituisiksi. Sandwich-elementtien pitkiin sivuihin tehdään yleensä ponttiliitokset, jotta tehdasvalmisteiset elementit on helppoa ja nopeaa asentaa. Tehdasvalmistetuissa elementeissä on usein myös tiivisteet, joten ne ovat ilmatiiviitä.

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistetut sandwich-elementit ovat itsekantavia tehdasvalmisteisia rakennuselementtejä. Niiden pinta on terästä, alumiinia tai muuta jäykkää materiaalia. Niitä on saatavilla 800–1 250 mm:n paksuisina ja enintään 24 metrin pituisina. Niiden kokonaispaino on melko pieni, mutta ne ovat siitä huolimatta erittäin vahvoja ja vakaita. Ne on helppo kuljettaa ja asentaa.



Kuva 19: Metallipintaisten sandwich-elementtien jatkuva valmistus laminaattorissa.



Kuva 20: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettuja sandwich-elementtejä.

4.3.2 SW-elementtien muottivalmistus

Jaksottaisessa valmistuksessa sandwich-elementtien pinnoitus kiinnitetään tukikehykseen asetettuun muottiin. Muotti täytetään reagoivalla polyuretaaniseoksella. Oikein suunnitelluissa tukimuoteissa voidaan valmistaa yhtä aikaa useampia sandwich-elementtejä.

4.4 Yhteenveto

Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen eristemateriaalien käyttökohteet ja valmistustavat esitellään taulukossa 5.

Käyttökohteet	Tehdasvalmisteiset eristyslevyt	Tehdasvalmisteinen harkkovahto	Rakennuspaikalla ruiskutettava/kaadettava vahto	
	Laminaattipintaiset eristyslevyt	Jäykkäpintaiset eristyslevyt / teräspintaiset sandwich-elementit	Eristyslevyt, leikatut profiilit/listat, komposiittipaneelit	Rakennuspaikalla valmistettava vahto
Rakennuksen ulkokuori	EN 13165	EN 14509	EN 13165	DIN 18159-1
Rakennuksen laitteistot Eristys	prEN 14308	-	prEN 14308	DIN 18159-1

Taulukko 5: Polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristeiden käyttökohteet ja valmistustavat.



5 Lämmöneristeiden yhdenmukaistaminen Euroopassa – polyuretaanista (PUR/PIR) valmistettujen lämmöneristetuotteiden merkitseminen

Eurooppalaisten rakennusalaan koskevien säädösten tarkoituksena on luoda yhtenäinen markkina-alue ja varmistaa, että tuotteet pääsevät vapaasti liikumaan EU-alueella, jotta eurooppalaisesta teollisuudesta tulisi kilpailukykyisempää. Rakennustuotteita koskevien teknisten säädösten yhdenmukaistaminen ja alan vapaan liiketoiminnan esteiden poistaminen ovat yhtenäisen eurooppalaisen markkina-alueen kulmakiviä.

5.1 Rakennustuotteita koskevan EU-direktiivin määräykset

EU:n rakennustuotedirektiivissä on rakennusalan yhdenmukaistamista koskevia säännöksiä. Direktiivissä määritetään rakennustuotteiden markkinoille tuomista ja myyntiä koskevia ehtoja. Tuotteiden on todistettava oltava tiettyjen suorituskykyvaatimusten mukaisia, jotta voidaan varmistua siitä, että rakennus, johon ne asennetaan, on kaikkien tärkeimpien vaatimusten mukainen. Oletuksena on, että rakennustyöt suunnitellaan ja suoritetaan asianmukaisesti ottaen huomioon

- mekaaninen kulutuskestävyys ja pitkäaikaiskestävyys
- paloturvallisuus
- hygienia, terveys ja ympäristö
- käyttöturvallisuus
- melusuojaus
- energiatehokkuus ja lämmöneristyskyky.

Rakennustuotteet ja niiden ominaisuudet kuvataan yhdenmukaistetussa eurooppalaisissa standardeissa (hEN) ja eurooppalaisissa teknisissä hyväksynnöissä (ETA). Euroopan standardointikomitea (CEN) laatii yhdenmukaistettuja standardeja Euroopan komission valtuuttamana rakennustuotedirektiivin pohjalta. Rakennustuotteen yhdenmukaistetun eurooppalaisen standardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaisuus osoitetaan CE-merkinnällä.

5.2 CE-merkintä

CE-merkintä on ainoa laissa vaadittava tuotteen vaatimustenmukaisuuden todistava merkintä.

CE-merkinnässä ovat seuraavat tiedot:

- CE-merkinnän symboli (eli kirjaimet CE)
- valmistajan tiedot (osoite) ja valmistustiedot (valmistusvuosi)
- koodattua tietoa tietyistä tuotteen ominaisuuksista
- valmistajan vaatimustenmukaisuusvakuutus.

CE-merkintä on eräänlainen ”tekninen passi”. CE-merkinnällä varustettuja eristetuotteita voi myydä EU:n yhteismarkkinoilla. CE-merkityt eristetuotteet ovat tiettyjen yleistä rakennusten lämmöneristykseen sopivuutta koskevien vähimmäisvaatimusten mukaisia. Valmistaja on vastuussa CE-merkinnän kiinnittämisestä tuotteeseen.

6 Viitteet

- [1] Albrecht, W., Cell-Gas Composition – An Important Factor in the Evaluation of Long-Term Thermal Conductivity in Closed-Cell Foamed Plastics In: Cellular Polymers, Vol. 19, No. 5, 2000
- [2] Prüfbericht Nr. F.2-421, 462, 630, 731, 840/98, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW München), 1998
- [3] Albrecht, W., Änderung der Wärmeleitfähigkeit von 10 Jahre alten PUR-Hartschaumplatten mit gasdiffusionsoffenen Deckschichten; Bauphysik 25, Heft 5, 2003
- [4] IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.), Aus Forschung und Technik; Nr. 2: Zeitstand-Druckverhalten von PUR-Hartschaum, 2002
- [5] Untersuchungsbericht "Sommerliches Temperaturverhalten eines Dachzimmers bei unterschiedlichem Dachaufbau", Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW München), 2000
- [6] IVPU, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.), Ökobilanz von PUR-Hartschaum-Wärmedämmstoffen – Energieverbrauch und Energieeinsparung, Stuttgart, 2002
- [7] IVPU, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.), Wärmeschutz im Altbau – Energetische Modernisierung mit PUR-Hartschaum nach Energieeinsparverordnung (EnEV), Stuttgart, 2002
- [8] Koschade, R., Die Sandwichbauweise, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000

