

TEKNINEN KATALOGI

PRP-Plastic Oy



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, Konetekniikan koulutusohjelma

Kevät, 2020

Jenna Stenström

Konetekniikan koulutus
Riihimäki

| | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Tekijä | Jenna Stenström | Vuosi 2020 |
| Työn nimi | Tekninen katalogi | |
| Työn ohjaaja | Teppo Syrjäaho | |

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tarkoituksena oli laatia PRP-Plastic Oy:lle tekninen katalogi. Katalogin tavoitteena oli esitellä toimeksiantajan valmistamia lasikuituvahvisteisiä kestopuoviputkiosia, niiden valmistuksen kannalta tärkeimpiä päämittoja sekä standardit, joita putket ja putkisto-osat noudattavat. Kestomuovin materiaaleina päädyttiin esittelemään yleisimmin käytetyt polypropeeni (PP), polyeteeni (PE) ja polyvinyylideenifluoridi (PVDF). Näiden tietojen toivottiin parantavan asiakkaille tarjottavaa palvelua, sillä muoviputkiosien mitat eroavat metallisten putkiosien mitoista.

Opinnäytetyön lähtökohtana oli tutustua alan standardeihin. Käytettyjä standardeja oli useita ja osa niistä oli hyvinkin laajoja. Kestomuovisten putkiosien valmistajan määrittelemät mitat sekä toimeksiantajan valmistamien tuotteiden mitat ja paineluokat tuli koota yhteen. Tietojen pohjalta tehtiin mittataulukot tuotteista. Tuotteista mallinnettiin 3D-kuvat ja piirustukset, joissa esitetään päämitat. Myös tuotteisiin vaikuttavat standardit listattiin.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi tekninen katalogi. Katalogin avulla asiakkaiden ja putkistosuunnittelijoiden on helpompi valita putkistoihin sopivat komponentit. Tuotteiden mitat ja muovimateriaalien käyttölämpötila-alueet kerrotaan. Näiden tietojen avulla voidaan helpommin pohtia käyttötarkoitukseen sopivaa materiaalia sekä putkiston muita komponentteja. Katalogi jää toimeksiantajan julkiseen käyttöön.

Avainsanat Katalogi, lujitemuovi, muoviputket, putkistot, yhdistelmä rakenteet

Sivut 56 sivua, joista liitteitä 28 sivua

Mechanical Engineering and Production Technology
Riihimäki

| | | |
|--------------------|-------------------|------------------|
| Author | Jenna Stenström | Year 2020 |
| Subject | Technical Catalog | |
| Supervisors | Teppo Syrjäaho | |

ABSTRACT

The purpose of this project was to create a technical catalog for PRP-Plastic Oy. The aim of the technical catalog was to introduce the dual laminate systems manufactured by PRP-Plastic Oy. The technical catalog was to compile the main dimensions of the products and the standards that the piping parts complied with. The most commonly used thermoplastics were decided to be introduced in this project as well. These included polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polyvinylidene fluoride (PVDF). This information was to improve the service provided to clients, as the dimensions of the plastic pipes differed from those of metal pipes.

The start of this project included exploring the standards in the industry. There were several standards and some of them were quite extensive. The dimensions of the thermoplastic pipefittings and the dimensions and pressure classes of the produced dual laminate products had to be compiled. Dimension tables for the products were made based on the data. 3D models and the main dimensions showing drawings were made from the products. Also, the standards affecting to the products were listed.

A technical catalog was created as a result of this project. The dimensions of the products and the operating temperature range of the plastic materials are stated in this catalog. This information makes it easier for the customers and designers to choose the correct materials and components for their pipelines. The catalog will remain for public use for PRP-Plastic Oy.

Keywords Catalog, dual laminate, plastic pipes, reinforced plastic

Pages 56 pages including appendices 28 pages

SISÄLLYS

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | TOIMEKSIANTAJA..... | 1 |
| 3 | MUOVIMATERIAALIT | 2 |
| 3.1 | Polyeteeni (PE) | 2 |
| 3.2 | Polypropeeni (PP)..... | 4 |
| 3.3 | Polyvinyylideenifluoridi (PVDF) | 6 |
| 3.4 | Kertamuovit..... | 8 |
| 4 | STANDARDIT | 9 |
| 4.1 | Kestomuoviosat..... | 9 |
| 4.2 | Lujitemuovivahvistus..... | 12 |
| 4.2.1 | Hartsit | 12 |
| 4.2.2 | Lujitteet | 13 |
| 4.3 | Irtolaipat ja kaulukset..... | 13 |
| 4.4 | Kannakkeet..... | 14 |
| 4.5 | Lujuuslaskut..... | 18 |
| 4.6 | Materiaalitodistukset | 22 |
| 5 | LOPPUTULOS | 23 |
| 6 | YHTEENVETO | 24 |
| | LÄHTEET | 26 |

Liitteet

Liite 1 Technical Catalog

1 JOHDANTO

Lujitemuovilla vahvistetut muoviputket korvaavat yhä enemmän metallisia putkistoja prosessiteollisuudessa. Muovit yleisesti kestävät hyvin erilaisia kemikaaleja, ovat korroosionkestäviä ja niiden ennustettu käyttöikä on pidempi, kuin vastaavilla teräsputkistoilla. Kulutuksenkestoa tärkeämpi tekijä on kuitenkin putkiston keveys ja hinta, joka muovilla on alhaisempi. Tämä tekee siitä kustannustehokkaamman, nopeamman sekä helpomman asentaa.

Lujitemuovilla vahvistetuissa putkissa kestumuoviputken ulkopinnalle laminoidaan lasikuitua ja hartsia sisältävä komposiittipinta. Tätä kutsutaan yhdistelmäarakenteeksi. Lujitemuovivahvistus parantaa merkittävästi muoviputken mekaanisia ominaisuuksia ja toimii suojaavana kerroksena. Jos muoviputki vaurioituu, estää lujitemuovi putken sisältöä valumasta suoraan ympäristöön. Tällöin kemikaalivuotoihin ehditään reagoimaan paremmin lujitemuovin värimuutosten vuoksi ja putken kuntoa on helpompi seurata. Tämä lisää merkittävästi työturvallisuutta, varsinkin prosessiteollisuudessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on koostaa toimeksiantajan valmistamat ja käyttämät yhdistelmäarakenteiset putket ja niiden osat tekniseen katalogiin. Katalogissa on tarkoitus myös esitellä standardit, joita toimeksiantajan tuotteet noudattavat. Katalogin tarkoituksena on parantaa toimeksiantajan tarjoamia palveluita asiakkaille sekä putkistosuunnittelijoille, sillä muoviputkiosien mitat eroavat teräsputkiosista. Yhdistelmäarakenteiset muoviputket noudattavat eri standardeja ja näin ollen eri valmistajien välillä voi esiintyä eroja tuotteiden joissakin mitoissa. Yksi tällainen esimerkki on putken sisähalkaisija. Putkien koot ilmoitetaan ulkohalkaisijan mukaan ja eri materiaaleilla on eri seinämävahvuudet. Tämä luo variaatiota sisähalkaisijaan. Sisähalkaisijalla on suuri vaikutus putkistokomponenttien, kuten venttiilien hankintaan. Väärin valittu venttiili ei pääse liikkumaan vapaasti putkiliitoksessa, jolloin sen sulkemisessa tai avaamisessa voi esiintyä ongelmia.

2 TOIMEKSIANTAJA

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi PRP-Plastic Oy, joka on perustettu vuonna 1990. Yritys on osa Indutrade-konsernia, joka omistaa itsenäisiä, teknistä kauppaa tekeviä yrityksiä. Nykyinen toimipaikka sijaitsee Mäntsälässä ja se työllistää 19 henkilöä. PRP-Plastic valmistaa korkealaatuisia putkistoja sekä prosessilaitteita kestumuovista, lujitemuovista sekä näiden

yhdistelmistä. Laadukkaan työn takaa sertifioitu laatu järjestelmä ISO 9001-standardin mukaan. (PRP-Plastic Oy, 2019).

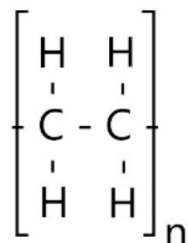
PRP-Plastic Oy:llä on vankka kokemus teollisuuden putkistojen ja prosessilaitteiden, kuten säiliöiden valmistamisesta sekä asennuksesta. Toimeksiantajan työntekijät on pätevoidetty eri muovimateriaalien hitsauksiin sekä lujitemuovin laminointiin. Toimeksiantajan omiin tuotteisiin kuuluvat lasikuituvahvisteiset kestumuovikaulukset sekä pultruusio- ja filamenttikelatut putket. Näistä käytetään nimikettä yhdistelmä rakenteet. Toimeksiantajan asiakkaita ovat pääsääntöisesti prosessiteollisuuslaitokset ja tuotteita valmistetaan kotimaahan sekä vientiin.

3 MUOVIMATERIAALIT

Yrityksen pääasialliset kestumuovimateriaalit putkistoissa ovat polyeteeni (PE), polypropeeni (PP) ja polyvinyylideenifluoridi (PVDF). Putkistoja valmistetaan myös muista muovimateriaaleista, mikäli asiakas niin haluaa tai käyttökohde sitä vaatii. Materiaalivalinta tehdään aina yhdessä asiakkaan kanssa ja tarvittaessa voidaan konsultoida kestumuoviputkia ja -osia valmistavaa yritystä. Näiden kolmen materiaalin kemikaalinkestot kuitenkin kattavat melko laajan kirjon erilaisia prosessiteollisuuslaitosten virtoja.

3.1 Polyeteeni (PE)

Polyeteeni on ehkä tunnetuin muoviraaka-aine, sillä se on yksi vanhimmista ja käytetyimmistä muoveista ja siitä valmistetaan hyvin monenlaisia tuotteita. Polyeteeniin törmää arjessa hyvin usein, sillä siitä on valmistettu muun muassa muovipussit, kalvot, kelmut ja kanisterit. Polyeteeni onkin yksi monikäyttöisimmistä muoveista. Kuvassa 1 on esitetty polyeteenin kemiallinen rakenne.

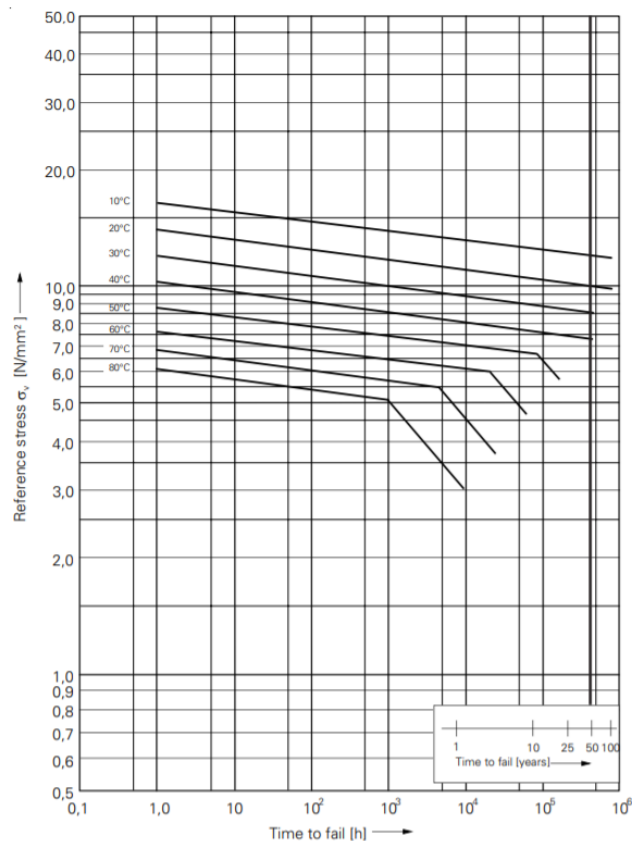


Kuva 1. Polyeteenin kemiallinen rakenne (Kurri, Malen, Sandell & Virtanen, 2002, s. 27).

Polyeteeni jaetaan usein kolmeen eri luokkaan, jotka perustuvat materiaalin tiheyteen. Näitä ovat alhaisen tiheyden PE-LD, keskitiheyksinen PE-MD ja korkean tiheyden PE-HD, joista PE-HD on yleisimmin käytetty materiaali putkistoissa, mutta myös PE-MD materiaalia käytetään. Paineputkissa

tästä jaottelusta on luovuttu ja siirrytty käyttämään MRS-luokkaa, joka tulee sanoista minimum required strength, eli vaadittu vähimmäislujuus. Tavallisimmin teollisuusputkistoissa käytetyt polyeteenin luokat ovat PE80 ja PE100, joista jälkimmäistä käytetään yrityksen valmistamissa yhdistelmä-rakenneputkissa. (AGRU, 2019a, s. 103.)

MRS-luku materiaalin tunnuksen perässä kertoo, monenko baarin paineessa putken ennustettu elinikä on 50 vuotta, kun putken käyttölämpötila on 20°C ja käytettävä väliaine on vettä. Kuvassa 2 on esitetty PE100:n vaaditut vähimmäislujuusarvot, jotka perustuvat standardiin SFS-EN 15494 (2018, s. 39).



Kuva 2. PE100 vaadittu vähimmäislujuus (Agru, 2019a, s. 114).

Kuvasta voidaan nähdä, miten lämpötilan nousu vaikuttaa materiaalin ennustettuun eliniän- ja paineenkestoon. Valmistajan (AGRU, 2019b) suosittelema käyttölämpötila-alue polyeteenillä on -40°C - +60°C, mutta jo +60°C vaikuttaa materiaaliin heikentävästi, eikä ennustettu elinikä yllä edes kymmeneen vuoteen. Väliaine, eli putkiston sisällä virtaava aine, yleensä kemikaali, voi myös lyhentää putken odotettua elinikää merkittävästi. Tämän vuoksi ei kuvan taulukosta voi suoraan olettaa putken todellista elinikää, vaan kaikki ulkoiset tekijät tulee ottaa myös huomioon.

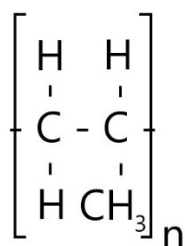
Kuvasta voisi helposti päätellä polyeteeniputken eliniän olevan maksimisensa noin 50 vuotta. Se voi todellisuudessa yltyä jopa sataan vuoteen, kun olosuhteet ovat otolliset. Tätä ei kuitenkaan voida vielä täysin todistaa, sillä polyeteeni on melko nuori materiaali ja ennusteet perustuvat lähinnä

laboratorioissa tehtyihin tutkimuksiin. (Teppfa, 2014, s. 7.) Alhaisen tiheyden polyeteeniä on valmistettu 1930-luvulta ja korkean tiheyden polyeteeniä 1950-luvulta lähtien (Barnetson, 1997, s. 10). Materiaalin todellinen elinkaari ei näin ollen vielä edes yllä niin pitkälle.

Polyeteeniä on käytetty kaasuputkistoissa jo vuosia sen hyvän diffuusiokestävyyden vuoksi. Materiaali kestää myös melko laajaa kirjoa erilaisia kemikaaleja ja sen UV-kesto on erittäin hyvä mustan värinsä vuoksi. Se on myös hyvin hygieeninen materiaali, jolloin sitä voidaan käyttää elintarviketeollisuudessa tai vedenjakelussa. (AGRU, 2019a, s. 103.)

3.2 Polypropeeni (PP)

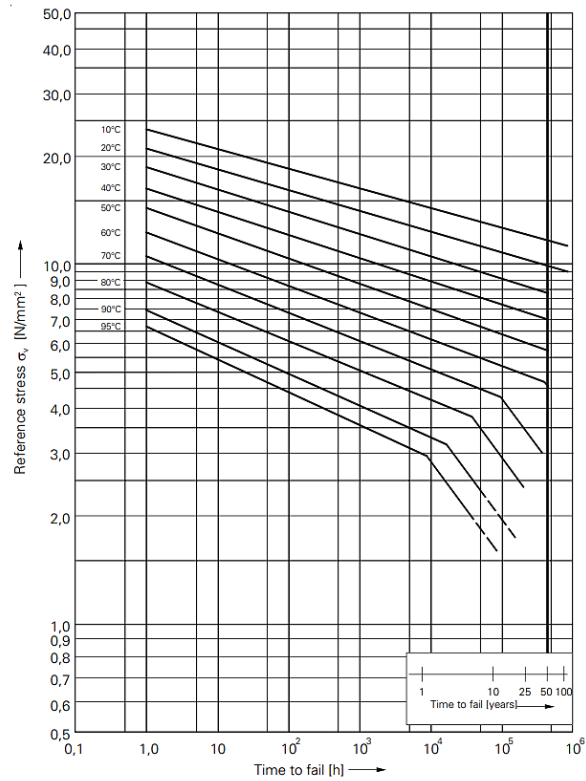
Polypropeeni kuuluu jokaiseen arkeen, sillä muun muassa margariinirasiat, pakastusrasiat ja hammaslanka on yleisimmin valmistettu juuri polypropeenista. Myös muoviset leipäpussit ja karkkipaperien kääreet ovat polypropeenia. Polypropeeni onkin polyeteenin lisäksi yksi käytetyimmistä muoveista ja taipuu myös moneksi. Kuvassa 3 on esitetty polypropeenin kemiallinen rakenne.



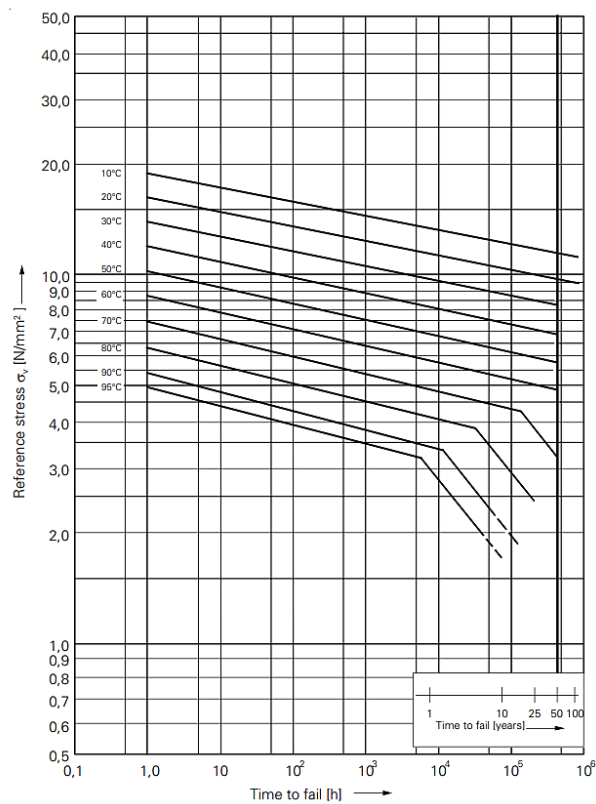
Kuva 3. Polypropeenin kemiallinen rakenne (Kurri ym., 2002, s. 27).

Polypropeenit jaetaan kolmeen erilaiseen tyyppiin. Näitä ovat homopolymeerit (PP-H), kopolymeerit (PP-C) ja random eli satunnaiskopolymeerit (PP-R). Polypropeenin pääraaka-aineena on propeeni, mutta kopolymeerien valmistuksessa käytetään myös jonkin verran eteeniä. Eteenin määrällä voidaan vaikuttaa polypropeenin joihinkin ominaisuuksiin, kuten paineenkesto, kimmomoduuliin ja iskulujuuteen. Polypropeenin tiheyteen tällä ei kuitenkaan ole vaikutusta, vaan se on aina sama. (AGRU, 2019b).

Putket ja putkiosat ovat pääasiassa valmistettu PP-H ja PP-R materiaaleista. Materiaaleilla on korkea lämmön- ja kemikaalinkesto ja ne soveltuvat erinomaisesti paineputkistoissa käytettäväksi. (AGRU, 2019a, 104.) Polypropeeniputkien yleisimpiä käyttökohteita ovat peittauslaitokset, kemianteollisuus ja jätevesijärjestelmät, joissa käytetään kemikaaleja korkeissa lämpötiloissa. Polypropeenin valmistajan suosittelema käyttölämpötila-alue on $-5^{\circ}\text{C} - +95^{\circ}\text{C}$. (AGRU, 2019b). Polypropeenin vaaditut vähimmäislujuusarvot on esitetty kuvissa 4 ja 5, jotka perustuvat standardiin SFS-EN 15494 (2018, s. 78, 80).



Kuva 4. PP-H vaadittu vähimmäislujuus (AGRU, 2019a, s. 116).



Kuva 5. PP-R vaadittu vähimmäislujuus (AGRU, 2019a, s. 118).

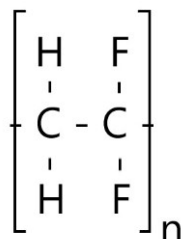
Kuvista voidaan huomata polypropeenin parempi lämmönkesto verrattuna polyeteeniin. +70°C:ssa polypropeenin odotettu elinikä on edelleen

50 vuotta, mutta sen paineenkesto on merkittävästi heikentynyt. Vasta +90°C heikentää materiaalin kestoja merkittävästi. Tällöin ennustettu elinikä ei yllä edes kymmeneen vuoteen. Myös polypropeenin elinikään vaikuttaa käytetty väliaine, sillä taulukon arvot ovat laskettu vedelle. Selvää kuitenkin on, että polypropeeni on polyeteeniä parempi materiaali korkeammassa lämpötiloissa.

Myös polypropeenin elinikä saattaa ylittää sataan vuoteen, mutta näyttö perustuu lähinnä laboratorioissa tehtyihin tutkimuksiin (Teppfa, 2014, s. 7). Polypropeenin historia materiaalina on tätä lyhyempi sijoittuen 1950-luvulle (Barnetson, 1997, s. 63), jolloin todellista näyttöä sen kestosta ei vielä ole saatavilla.

3.3 Polyvinyylideenifluoridi (PVDF)

Polyvinyylideenifluoridi kuuluu fluoripolymeereihin, eli arkisemmin fluorimuoveihin. Materiaaliin harvemmin tietoisesti törmää arjessa, mutta todellisuudessa sitä käytetään kohtalaisen paljon. Polyvinyylideenifluoridi on omiaan lentokone- ja elektroniikkateollisuudessa sekä hyvin erilaisissa prosessiteollisuussovelluksissa. Se on materiaaliominauksiltaan valta muoveja kestävämpää ja luokitellaan erikoismuoviksi. Siinä yhdistyvät hyvät mekaaniset, lämpö- ja sähköominaisuudet. Materiaalilla on lisäksi hyvä säteilynkestävyys. Polyvinyylideenifluoridin pintajännitys on alhainen, kuten fluorimuoveilla yleisesti on, ja siksi sen pintaan ei helposti tartu mitään. Pintajännityksen takia nesteillä on taipumus pyrkiä minimoimaan pinta-alansa, jolloin neste yrittää palata takaisin pallomaiseen muotoon. Alhainen pintajännitys estää nestettä tarttumasta pintaan. Tämä mahdollistaa putkiston tyhjentämisen käytännössä jäännösvapaasti, jolloin puhdistus on erittäin helppoa. Polyvinyylideenifluoridi sopiikin erinomaisesti puhtaisiin tuotantoprosesseihin, kuten lääke- ja biotieteiden teollisuuteen sekä sovelluksiin, joissa käytetään erittäin puhdasta vettä ja puhdistettuja kemikaaleja. (AGRU, 2019b). Kuvassa 6 on esitetty polyvinyylideenifluoridin kemiallinen rakenne.



Kuva 6. Polyvinyylideenifluoridin kemiallinen rakenne (Ebnesajjad, 2013, s. 133).

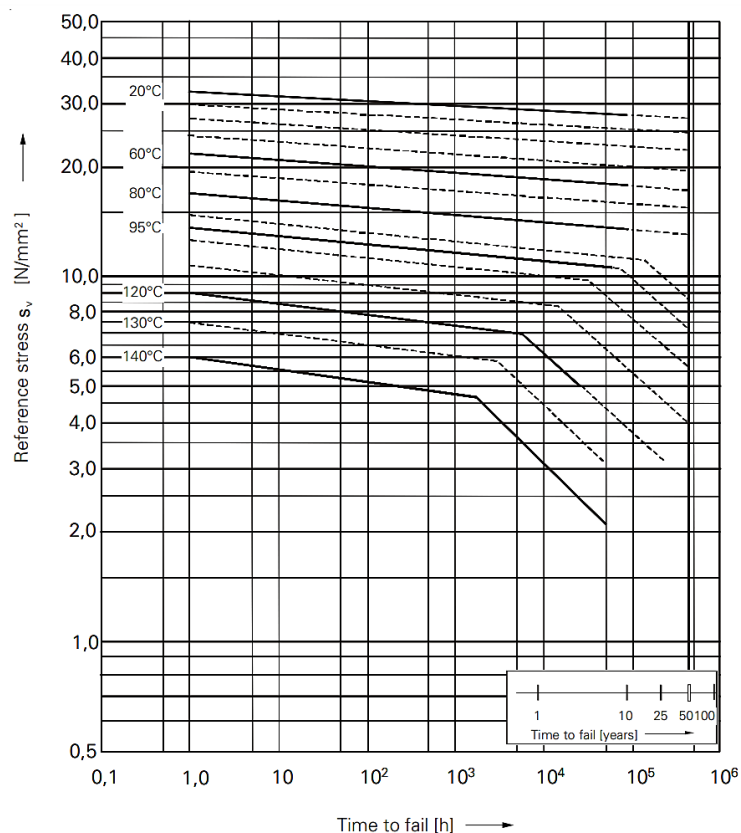
Polyvinyylideenifluoridin hyvät ominaisuudet tulevat esiin sitä hitsattaessa. Fluorimuovit palaessaan vapauttavat ilmaan myrkyllisiä yhdisteitä. Yhdisteet koostuvat mikrohiukkasista sekä karbonyylifluoridista ja/tai

vetyfluoridista. Tutkimuksissa on todettu, että polyvinyylideenifluoridia hitsattaessa kumpaakaan fluoridia ei vapaudu ilmakehään. Ainoastaan mikrohiukkasia vapautuu. Tällöin siitä ei ole ihmisen terveydelle suoranaista vaaraa. Yksi tällainen tutkimus on Health and Safety Laboratory:n tekemä vuodelta 2007.

Yhdisteille altistuminen aiheuttaa hetkellisen, vuorokaudesta kahteen kestävän influenssamaisen kuumeen, jonka aikana voi kärsiä pahoinvoinnista ja/tai päänsärystä (HSL, 2007, s. 1). Tälle oireelle löytyy monta nimeä, joista yleisimmin käytetty on teflonkuume. Nimi on kuitenkin melko harhaanjohtava, sillä ainoastaan teflon ei tätä aiheuta. Tällöin itse puhuisin yleisemmin fluorimuovikuumeesta.

Vaikka polyvinyylideenifluoridin hitsaamisen yhteydessä ei ihmiselle haitallisia yhdisteitä merkittävästi irtoa, on materiaalista valmistettavien tuotteiden yhteydessä kuitenkin hyvä huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta. Tuotteiden valmistuksessa lämpötilat nousevat hitsauslämpötiloja korkeammiksi ja näin ollen niistä helpommin vapautuu näitä yhdisteitä. (AGRU, 2019c.)

Kuvassa 7 on esitetty polyvinyylideenifluoridin vaadittu vähimmäislujuusarvot, joista voidaan nähdä materiaalin erinomaisuus korkeissa lämpötiloissa. Arvot perustuvat standardiin SFS-EN 10931 (2006, s. 17).



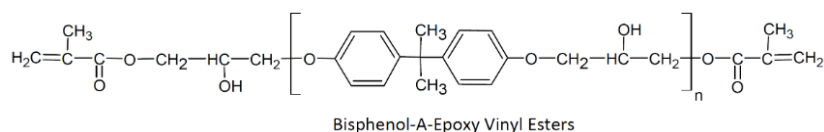
Kuva 7. PVDF vaadittu vähimmäislujuus (AGRU, 2019a, s. 120)

Materiaalin ennustettu elinikä on edelleen 50 vuotta käyttölämpötilan ollessa +80°C. Vasta yli +110°C heikentää materiaalin keston alle tämän. Myös paineenkestoltaan materiaali on kahta edellistä muovia parempi. Valmistajan suosittelema käyttölämpötila-alue polyvinyylideenifluoridille on -20°C - +120°C (Gruber, E., 2018). Vaikka polyvinyylideenifluoridi kestää erittäin laajasti erilaisia kemikaaleja, vaikuttaa käytetty väliaine materiaalin odotettuun elinikään ja lämmönkestoon. Kuten muillakaan muoveilla, ei polyvinyylideenifluoridinkaan todellisesta eliniästä ole vielä tarkkaa tietoa, sillä sen historia ulottuu 1960-luvun loppuun, tehden siitä näistä kolmesta esitetystä kestumuovista nuorimman (Coleman & Painter, 2009, s. 34).

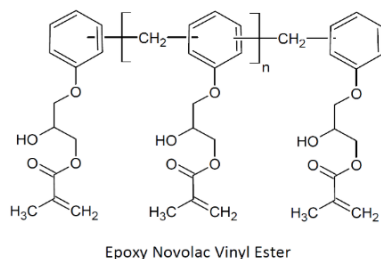
3.4 Kertamuovit

Kertamuoveilla tarkoitetaan sellaisia muovimateriaaleja, joita ei kovettamisen jälkeen voi enää muovata lämmön avulla uudelleen. Yritys käyttää tuotteissaan kertamuovina vinyyliesterihartseja, yleisimmin vinyyliesteereitä. Koska kertamuovit eivät yksistään ole riittävän lujia ja jäykkiä materiaaleja, lujitetaan niitä lasikuiduilla (Saarela ym., 2003, s. 35).

Prosessiputkistoissa yleisimmin käytettyä bisfenoli-A-pohjaista vinyyliesteriä (VE) saadaan lisäämällä bisfenoli-A- ja epikloorihydridi-pohjaiseen epoksihartsiin etyleenisesti tyydyttymättömiä karboksyylihappoja, eli metakryylihappoa. Kun halutaan parempaa kemiallista kestävyyttä ja lämmönkestoa, käytetään novolakka-pohjaista vinyyliesteriä (VEN). Tämä valmistetaan lisäämällä novolakka-pohjaiseen epoksihartsiin metakryylihappoa. Kumpikin sekoite liuotetaan vinyylibentseeniin, eli styreeniin, joka toimii hartseissa ristosilloittajana. Pitoisuus vaihtelee 40-45% välillä. (Saarela ym., 2003, s. 44.) Kuvissa 8 ja 9 on esitetty vinyyliestereiden kemialliset rakenteet.



Kuva 8. Bisfenoli-A-pohjaisen vinyyliesterin kemiallinen rakenne (Polymer properties database, 2015)



Kuva 9. Novolakka-pohjaisen vinyyliesterin kemiallinen rakenne (Polymer properties database, 2015)

Vinyyliesterit sietävät erittäin hyvin erilaisia kemikaaleja, varsinkin happoja, jonka vuoksi ne soveltuvatkin erilaisiin prosessiteollisuuden putkistoihin ja laitteisiin. Vinyyliesterit ovat myös sitkeitä ja kestävät hyvin lämpöä. Bisfenoli-A-pohjaisen vinyyliesterin maksimikäyttölämpötila on noin +100°C ja lämmönkestävämmän, novolakka-pohjaisen vinyyliesterin noin +150°C. (Saarela ym., 2003, s. 44-45.)

Hartsit ovat muiden muovien tavoin melko tuoreita materiaaleja ja niiden historia yltää 1930-luvulle, jolloin polyesteri- ja epoksihartsit kehitettiin. Tällöin myös lasikuitujen kaupallinen tuotanto on aloitettu. Varsinainen massatuotanto näillä on kuitenkin aloitettu vasta 1940-luvulla, kun tähän soveltuvat valmistusmenetelmät kehittyivät. (Saarela ym., 2003, s. 13.) Vinyyliestereiden tulo tapahtui tätä myöhemmin, 1950-luvun lopussa ja sen käyttö yleistyi vasta 1960-luvun loppupuolella (Kulshreshtha & Vasile, 2002, s. 366).

4 STANDARDIT

Standardit ohjaavat monenlaista toimintaa. Niin myös putkistoja. Hankalaksi alalla kuitenkin tekee se, ettei selkeitä, yhtenäisiä standardeja yhdistelmärakenteille välttämättä löydy. Tällöin usein sovelletaan lujitemuovi-putkistojen tai teräsputkistojen standardeja. Yhtenäisen standardin puute luo variaatioita valmistajien välille. Valmistajat soveltavat eri standardeja tai ovat pätevöittäneet omat menetelmänsä ulkopuolisella tarkastuslaitoksella. Tämä taas tuo haasteita putkiston suunnitteluun. Tässä luvussa on kerrottu katalogin tuotteisiin vaikuttavat standardit.

4.1 Kestomuoviosat

Kestomuovisia putkia ja putkiosia ohjaa selkeimmin standardit, joita valmistajan tulee noudattaa. Niissä määritellään melko tarkasti, millaisia tuotteiden tulee olla ja minkälaisia raaka-aineita saa käyttää. Polyeteeniä ja polypropeenin ohjaa standardi SFS-EN ISO 15494 (2018) ja polyvinyylideeni-fluoridia SFS-EN ISO 10931 (2006). Standardit määrittelevät putkien ja putkiosien materiaaliominaisuuksia, jotka ovat tarkoitettu teollisuuskäyttöön. Vaikka materiaaleja ohjaa eri standardit, käsitellään niissä samoja asioita.

Polyeteenin ja polypropeenin standardi määrittelee kummankin materiaalin värin. Polyeteenillä värin tulee olla musta ja polypropeenilla RAL 7032. Mikäli muita värejä käytetään, sovitaan niistä erikseen toimittajan ja tilaajan kesken. Polyvinyylideeni-fluoridin standardi ei määrittele materiaalille mitään tiettyä väriä. Materiaali on luonnostaan valkoista, hieman läpikuultavaa.

Standardit määrittelevät kohdassa 5.4, että tuotteissa saa käyttää ainoastaan neitsytmateriaaleja. Kierrätysmuovin käyttö on kiellettyä. Neitsytmateriaalin käyttö perustuu pääasiassa kierrätetyn muovin heikentyneisiin materiaaliominaisuuksiin, mutta myös materiaalin puhtauteen. Kierrätetyn muovin polymeeriketjut ovat pilkkoutuneempia. Tällöin materiaalille ei voida laskea kestävyysominaisuuksien kannalta samoja arvoja, kuin neitsytmateriaalille. (Kurri ym., 2002, s. 204-205.) Myös kontaminaatoriski on mahdollinen, sillä kierrätettyä materiaalia ei välttämättä saada riittävän puhtaaksi (OECD, 2018). Tällöin putki voi reaktiosta vaurioitua tai väliaine saastua, pilaten näin ollen prosessin tai osan siitä. Materiaalin jäljitettävyys samalla heikkenee.

Standardi määrittelee joitain päämittoja ja toleransseja tuotteille, jättäen mainitsematta jääneiden mittojen päätöksen valmistajalle. Putkien toleranssitaulukot määrittelevät nimellisulkohalkaisijan lisäksi seinämäpaksuutta ja ovaaliutta. Seinämäpaksuus on ilmoitettu SDR-luokan ja koon mukaan. Annettu nimellisulkohalkaisija on minimivaatimus seinämäpaksuudelle ja toleranssi on positiivinen luku. Putkiosat noudattavat samoja seinämäpaksuuksia ja toleransseja. Putken ovaaliutta mitataan ulkohalkaisijan mukaan. Ovaaliuden maksimiarvo voidaan laskea polyeteenillä ja polypropeenilla kaavan 1 mukaisesti. Polyvinyyliideenifluoridille ei ole annettu laskukaavaa. Maksimiarvot esitetään standardissa.

$$\leq 75\text{mm} (0,008d_n + 1,0\text{mm}); 90\text{mm} \leq d_n \leq 250\text{mm} (0,02d_n > 250\text{mm} (0,035d_n)) \quad (1)$$

missä

- d_n on putken nimellisulkohalkaisija

Putket voidaan jakaa kolmella tapaa eri luokkiin. SDR-luokka (vakiomittasuhte), PN-luokka (paineluokka) ja S-sarja. Näistä yleisimmin kemian- ja prosessiteollisuuden putkistoissa käytetään SDR- ja PN-luokkaa. Laskenta-kaavat on esitetty kaavojen 2-6 mukaisesti.

$$SDR_{PE,PP} = \frac{d_n}{e_n} \quad (2) \quad SDR_{PVDF} = 2S + 1 \quad (3)$$

missä

- d_n on putken nimellisulkohalkaisija (mm)
- e_n on putken minimeinämäpaksuus (mm)

$$S_{PE,PP} = \frac{(SDR-1)}{2} \quad (4) \quad S_{PVDF} = \frac{d_n - e_n}{2e_n} \quad (5)$$

missä

- d_n on putken nimellisulkohalkaisija (mm)
- e_n on putken minimeinämäpaksuus (mm)

$$PN = \frac{10\sigma_s}{[S]} = \frac{20\sigma_s}{SDR-1} \quad (6)$$

missä

- σ_s on suunnittelupaine (MPa)

Suunnittelupaine lasketaan kaavan 7 mukaan.

$$\sigma_s = \frac{MRS}{C} \quad (7)$$

missä

- MRS on vaadittu vähimmäislujuus
- C on suunnittelukerroin

Standardit määrittelevät miten valmistajan tulee merkitä tuotteensa. Merkin voi tehdä joko suoraan tuotteeseen muotoiltuna tai painettuna. Merkin tulee tehdä maksimissaan metrin välein, vähintään yksi merkintä putkea tai osaa kohden. Mikäli merkin painetaan, tulee värin erottua selkeästi tuotteen omasta väristä. Tuotteissa tulee näkyä standardi, valmistaja tai tuotemerkki, nimellisulkohalkaisija, putkiluokka (S, SDR tai PN) ja materiaali. Putkiosissa tulee lisäksi näkyä DN-luokka. Poikkeuksen tekee putkiosat, joiden nimellisulkohalkaisija on ≤ 32 mm. Näiden tuotteiden osalta minimivaatimuksena on ilmoittaa valmistaja, ulkohalkaisija, materiaali ja joko nimelliseinämäpaksuus tai putkiluokka (SDR, PN tai S).

Standardit sisältävät myös eri materiaalien MRS-arvot, jotka olen käsitellyt jokaisen materiaalin kohdalla erikseen. MRS-arvo kertoo materiaalin vaaditun vähimmäislujuuden, kun eliniänajanodote on 50 vuotta ja lämpötila $+20^\circ\text{C}$. MRS-arvon kertovassa menetelmässä tarkastellaan näin ollen kolme tekijää: aikaa, painetta ja lämpötilaa. Menetelmän tarkoituksena ei ole edellyttää materiaalin pitkää elinikää, vaikka usein MRS-arvo määräytyykin edellä mainitun mukaisesti. Se kertoo näiden kolmen tekijän vaikutuksista toisiinsa. Menetelmän tulisi vastata kahteen seuraavaan kysymykseen.

1. Mikä on materiaalin maksimipaine, jota se kestää annetussa lämpötilassa, annetun ajan?
2. Mikä on materiaalin ennustettu elinikä annetussa paineessa ja lämpötilassa?

Kysymyksistä voidaan huomata, että menetelmässä pääasiassa tutkitaan aikaa tai painetta, mutta kumpaankin vaikuttaa toisen lisäksi myös lämpötila. Testi tehdäänkin lämpötilan näkökulmasta, jolloin valitaan vähintään kaksi eri lämpötilaa. Lämpötilojen ero tulee olla vähintään 10°C ja enintään 50°C . Yhden lämpötilan on oltava $+20^\circ\text{C}$ tai $+23^\circ\text{C}$. Tämän jälkeen valitaan kullekin lämpötilalle testipaineet. Testikappaleita tulee olla useita jokaiselle lämpötilalle ja jokaiselle paineelle. Näin ollen, mitä laajemmin halutaan testata, sitä enemmän näytteitä tulee olla. Menetelmä sisältää ekstrapolointimenetelmän, jossa käytetään testitietoja eri lämpötiloissa. Näitä analysoidaan usean muuttujan lineaarisella regressioanalyysillä. (SFS 9080/2012, s. v.)

4.2 Lujitemuovivahvistus

Lujitemuovivahvistusta ohjaa standardi SFS 5162 (2000). Se käsittelee lujitemuoviputkien ja -putkiosien rakennetta, käytettäviä hartseja sekä lasikuituja. Standardia noudatetaan katalogin tuotteiden rakenteissa hieman soveltaen. Tämä tulee esille standardin määrittelemässä rakenteessa, joka koostuu neljästä eri kerroksesta. Nämä kerrokset ovat suojakerros, joka koostuu sisä- ja sulkukerroksesta, tukikerros sekä ulkokerros. Katalogin tuotteissa suojakerros on korvattu kestopuovilla. Suojakerroksen tehtävänä on suojata tukikerrosta putkiston sisällä virtaavalta aineelta. Kestomuovit yleisesti kestävät hyvin kemikaaleja, joten niiden voidaan katsoa täyttävän tämän ehdon. Suojakerrokselle ei lasketa mitään mekaanisia rasituksia. Tällöin se oli myös hieman turha yhdistelmä rakenteissa, kestopuovin ajaessa saman asian.

Tukikerroksen tarkoituksena on ottaa vastaan putkistoissa esiintyvät mekaaniset ja lämpötiloista johtuvat rasitukset. Rakenteita laskettaessa kaikki voimat lasketaan tukikerrokselle, jolloin se on putkien ja putkiosien tärkein rakenne. Tukikerroksen lujuusominaisuuksiin vaikuttaa lasikuitupitoisuus ja jäykkyyteen käytetyt apuaineet (Kurri ym., 2000, s. 135). Lasikuitupitoisuuden kasvaessa mekaaniset ominaisuudet paranevat, mutta liian korkea lasipitoisuus heikentää näitä ominaisuuksia. Korkea lasikuitupitoisuus tarkoittaa alhaisempaa hartsimäärää. Liian alhainen hartsimäärä ei välttämättä imeydy kunnolla kuituihin ja näin ollen ei koveta lujitetta riittävästi. (Kurri ym., 1999, s. 142.) Standardi määrittelee tukikerroksen lujitepitoisuudelle 35-75 painoprosenttia. Lujitepitoisuus saa poiketa valmistajan antamasta arvosta ± 10 painoprosenttia. Tukikerroksen päälle laminoidaan ulkokerros, jonka tarkoituksena on suojata tukikerrosta ulkopuoliselta korroosiolta. Ulkokerroksen tulee olla vähintään 0,2 mm paksu hartsikerros.

4.2.1 Hartsit

Standardissa esitetään hartsien ominaisuuksia ja niiden laadunvarmistukseen sovellettavia standardeja, joita valmistajan tulee noudattaa. Tällaisia laadullisia mittareita ovat hartsin viskositeetti, hyytymisaika, taipumalämpötila (HDT) sekä happoluvun ja monomeerin määrittely. Vinyyliesterien väriksi standardi ilmoittaa vihreän.

Viskositeetti vaikuttaa hartsin juoksevyyteen, joka vaikuttaa hartsin käsiteltävyyteen. Pienen viskositeetin hartsi on juoksevampaa ja sitä voi olla vaikea saada pysymään pinnoilla valumatta. Korkean viskositeetin hartsi taas ei välttämättä imeydy riittävän tasaisesti lujitteisiin. Viskositeettiin voidaan vaikuttaa styreenin määrällä ja lämpötilalla. (Kulshreshtha & Vasilie, 2002, s. 401.) Hyytymisaika vaikuttaa hartsin työskentelyaikaan. Se on myös riippuvainen työympäristön lämpötilasta. Mitä lyhyempi hyytymisaika hartsilla on tai mitä lämpimämpi työympäristö on, sen vähemmän on työskentelyaika. Valmistajat usein ilmoittavatkin hyytymisaikat eri lämpötiloissa. Hyytymisaikaa voidaan myös säädellä kovettimien ja kiihdyttimien

erilaisilla annostuksilla. (Kurri ym., 1999, s. 137.) Taipumalämpötila (HTD) tarkoittaa lämpötilaa, jossa kertamuovin ominaisuudet muuttuvat merkittävästi. Tämä ei kuitenkaan tarkoita kertamuovin suurinta sallittua käyttölämpötilaa. Suurin sallittu lämpötila riippuu hyvin monesta tekijästä. Se määritellään melko usein noin 20°C – 30°C alle HDT-lämpötilan. (Saarela ym., 2003, s. 235.) Happoluku määritetään titraamalla ja se tehdään osana esteröintireaktiota. Happoluku ilmaisee karboksyyliyhdyntien määrän reaktioseoksessa. Reaktioseos koostuu esteristä ja alkoholista, jossa vinyylies-terien valmistuksessa esterinä toimii metakryylihapo, eli tyydyttymätön karboksyylihapo. Tämän jälkeen seos sekoitetaan styreeniin, eli monomeeriin. Kovetusreaktiossa styreeni toimii kertamuovin ristosilloittajana. Se yhdistyy toisten monomeerien kanssa, muodostaen verkkomaisen polymeerin. (Saarela ym., 2003, s. 39, 44.)

4.2.2 Lujitteet

Standardi käy läpi käytettävien lujitteiden, eli lasikuitujen ominaisuuksia sekä laatua määritteleviä standardeja. Materiaaliltaan nämä yleisimmin ovat E-lasia, ECR-lasia tai C-lasia ja rakenteeltaan katkottua kuitua, roving-lankaa, kudosta tai mattoa. Lasikuitujen tulisi olla pintakäsitellyjä silaaniyhdisteillä tai tähän verrattavilla, yhtä hyvän tartunnan antavilla aineilla. Pintakäsittelyn, eli tartunta-aineen tehtävänä on toimia yhdistävänä tekijänä lasin pinnan ja hartsin välillä (Saarela ym., 2003, s. 78). Roving-langasta tulee ilmoittaa pituusmassa, jonka yksikkönä toimii tex. Mattojen ja kudosten kohdalla käytetään pinta-alamassaa, jonka yksikkö on g/m². Näiden lisäksi lujitteiden osalta tärkeimpiä laadullisia mittareita ovat sen kustaus ja hehkutushäviö.

Kosteuden määrittäminen perustuu lasikuidun ominaisuuteen imeä hartsia huomattavasti enemmän, mitä kostempaa se on. Kosteus mitataan punnitsemalla lasikuituerä ennen ja jälkeen lämpökaapissa tehtävän kuivatuksen. Painoerosta saadaan lasikuidun kosteusprosentti. Kosteaa lujitetta saattaa muodostaa kovettumisen yhteydessä kuplia ja pahimmillaan estää laminaatin kovettumisen tai aiheuttaa delaminoitumista. Hehkutushäviön avulla tarkastellaan materiaalista poistuvien pinnoiteaineiden määrää. Testissä lasikuitua punnitaan ja sitä hehkutetaan erittäin kuumassa, laboratorioon tarkoitettussa uunissa. Hehkutuksen jälkeen paino punnitaan uudelleen ja vertaillaan painoeroa ennen testiä tehtyyn punnitukseen. (Saarela ym., 2003, 290, s. 401.)

4.3 Irtolaipat ja kaulukset

Irtolaippojen mitat tulevat pääosin standardeista SFS 5174 (2000), SFS 5175 (2000) ja SFS 5176 (2000). Ero näiden standardien välillä on kaulusten ja irtolaippojen PN-luokassa, jonka mukaan irtolaippojen mitat on määritetty. Muuten standardit käsittelevät samoja asioita ja vaatimuksia.

Joidenkin irtolaippojen sisähalkaisija tulee standardista SFS 3128 (1982). Standardin käyttö perustuu yrityksen valmistamien kaulusten lujitemuovi-vahvistuksen ulkohalkaisijaan. Irtolaipan tulisi istua kauluksen juureen mahdollisimman tiiviisti. Muiden mittojen osalta irtolaipat noudattavat standardeissa ilmoitettuja.

Isot kaulukset koosta DN350 ylöspäin noudattavat standardin SFS 5173 (2000) mittoja. Muiden kauluskokojen paineluokat ja laippapinnan halkaisijat noudattavat samoja standardeja irtolaippojen kanssa. Kaulusten muut mitat jäljittelevät standardeissa esitettyjä mittoja, mutta eivät täysin vastaa niitä. Tämän vuoksi kaulusten osalta ei näihin standardeihin viitata. Kaulusten rakenteet on valittu kokemuksen perusteella ja rakenteelle on haettu hyväksyntä ulkopuoliselta tarkastuslaitokselta.

Standardit ohjeistavat irtolaippojen merkintätapaa. Niistä tulee ilmetä tuotteen nimi, standardi, jota se noudattaa, nimellisulkohalkaisija millimetreissä, nimellispaine sekä käytettävän rakenneaineen tunnus. Standardi määrittelee rakenneaineeksi joko S235 JRG2 teräksen tai lujitemuovin. Toimeksiantaja listaa katalogissaan ainoastaan epoksilla maalatut teräksiset irtolaipat. Tämä perustuu niiden yleisempään käyttöön erilaisissa kohteissa.

4.4 Kannakkeet

Yhdistelmä rakenneputkien kannakeväliä ohjaa standardi PSK 7370 (2019). Standardissa esitetään yleisimmät kannaketyypit. Yhdistelmä rakenneputkistoilla näitä ovat pääsääntöisesti liukukannake sekä kiinteä kannake, joista liukukannake on yleisimmin käytetty.

Kannakevälit lasketaan käyttäen kaksitukista palkkiteoriaa, jossa otetaan huomioon putken lujuus ja jäykkyys. Näihin vaikuttavat tukikerroksen rakenne, lasipitoisuus, lasin suuntaukset ja seinämän paksuus. Muita kannakeväliin vaikuttavia asioita on putken sisällä virtaavan aineen tiheys, sisäinen paine ja käyttölämpötila. Sisällä virtaava aine ja sisäinen paine vaikuttavat kuormaan ja lämpötilan muutos vaikuttaa lujitteen kimmokertoimeen sekä lämpölaajenemiseen. Kiinteän kannakevälin laskentaan vaikuttaa lämpölaajenemis- tai kutistumisliikkeen aiheuttama jännitys putken aksiaalisessa suunnassa.

Liukukannakkeiden kannakeväli lasketaan sallitun taipuman, suhteellisen taipuman ja sallitun venymän mukaan ja näistä valitaan lyhin saatu kannakeväli. Sallitun taipuman laskenta on esitetty kaavassa 8, suhteellisen taipuman laskenta kaavassa 9 ja sallitun venymän laskenta kaavassa 10. (PSK 7370/2019, s. 6-7.)

$$l = \sqrt[4]{\frac{384EI\delta}{5q}} \quad (8)$$

$$l = \sqrt[3]{\frac{384EI}{5 \cdot 600q}} \quad (9)$$

$$l = \sqrt{\frac{16EI\varepsilon_{Mt}}{qD}} \quad (10)$$

missä

- E on kimmokerroin (N/mm²)
- I on poikkipinnan neliömomentti (mm⁴)
- δ on sallittu taipuma (mm)
- q on tasainen kuorma (N/mm)
- ε_{Mt} on suhteellinen venymä taiputukselle (%)

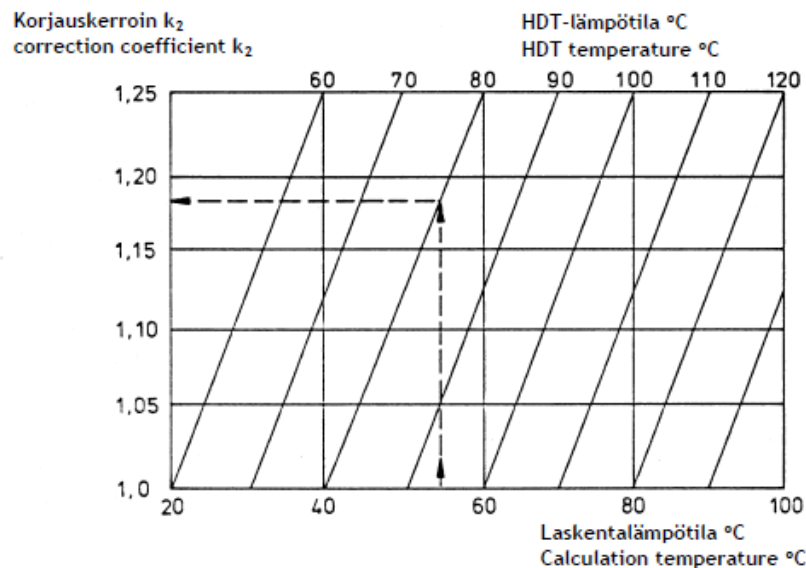
Suhteellinen venymä taiputukselle on esitetty kaavassa 11 (PSK 7370/2019, s. 7).

$$\varepsilon_{Mt} = \left(1 - \frac{p}{PN}\right) * \varepsilon \quad (11)$$

missä

- p on suunnittelupaine (MPa)
- PN on nimellispaine (bar)
- ε on suurin sallittu suhteellinen venymä (%)

Lämpötilan ja lujitteen muodonmuutoslämpötilan (HDT) vaikutus kimmo-
kertoimeen on esitetty kuvassa 10. Kuvan esimerkissä on käytetty lasken-
talämpötilana +55°C ja kertamuovin HDT-lämpötilana +80°C, jolloin kertoi-
meksi k₂ on saatu 1,18.



Kuva 10. Korjauskerroin k₂ määrittäminen (PSK 7370/2019, s. 6)

Korjauskertoimen avulla saadaan laskettua kaavalla 12 kannakeväliin vai-
kuttava laskentalämpötila (PSK 7370/2019, s. 7).

$$l_{sall} = \frac{l}{\sqrt{k_2}} \quad (12)$$

Suunniteltaessa putkiston kannakevälejä, tulee huomioida putken lämpö-
piteneminen riittävällä joustolla ja joustotilalla, joka saadaan laskemalla
kaavalla 13 (PSK 7370/2019, s. 9).

$$\Delta l = \alpha L \Delta T \quad (13)$$

missä

- α on pituuden lämpötilakerroin ($1/^\circ\text{C}$)
- L on suoran putkilinjan pituus (mm)
- ΔT on lämpötilaero ($^\circ\text{C}$)

Kertamuovilla ja lujitteella on erilaiset pituuden lämpötilakertoimet. Komposiittirakenteen pituussuuntaisen kertoimen saa laskettua kaavaa 14 käyttäen (Saarela ym., 2003, s. 325).

$$\alpha_1 = \frac{V_f E_{fL} \alpha_{fL} + V_m E_m \alpha_m}{V_f E_{fL} + V_m E_m} \quad (14)$$

missä

- V_f on lujitteen tilavuusosuus kerroksessa (%)
- E_f on lujitteen pituussuuntainen kimmokerroin (N/mm^2)
- α_{fL} on lujitteen lämpölaajenemiskerroin pituussuunnassa ($1/^\circ\text{C}$)
- V_m on kertamuovin tilavuusosuus kerroksessa (%)
- E_m on kertamuovin kimmokerroin (N/mm^2)
- α_m on kertamuovin lämpölaajenemiskerroin ($1/^\circ\text{C}$)

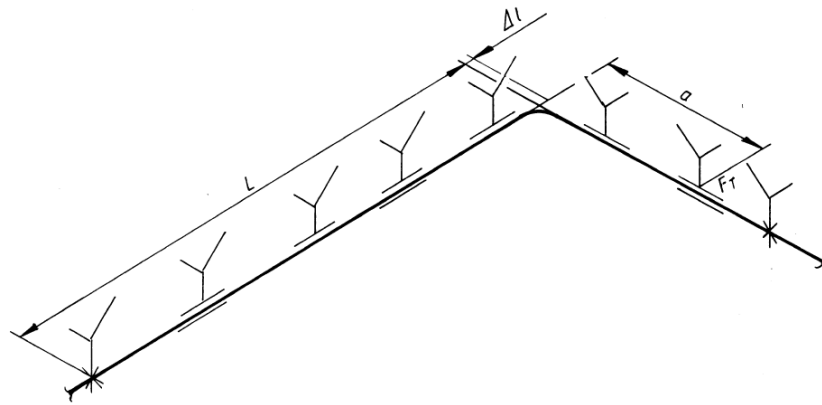
Yhdistelmä rakenteissa tulee ottaa myös kestopuovin pituuden lämpötilakerroin huomioon. Tämän laskemiseen voidaan käyttää samaa kaavaa. Tällöin lujitteen ja kertamuovin ainearvot korvataan komposiittirakenteen ja kestopuovin ainearvoilla.

Lämpöpiteneksen kautta saadaan putkelle joustava pituus, jonka laskenta on esitetty kaavassa 15 (PSK 7370/2019, s. 9). Joustoja saadaan tehtyä erilaisilla putkigeometrioilla, joita on esitetty kuvissa 11, 12 ja 13.

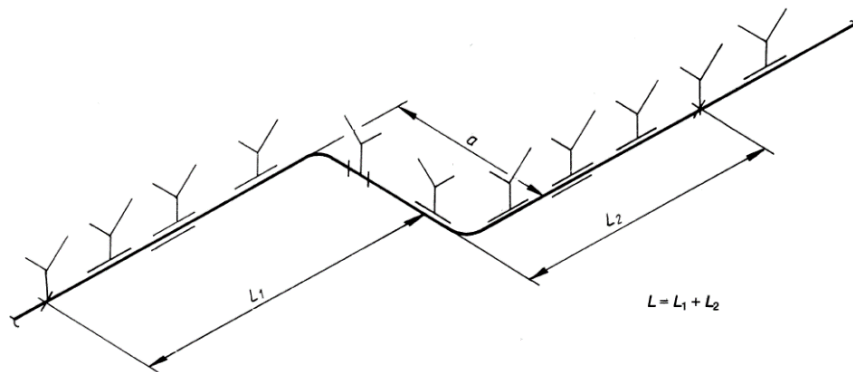
$$a = \sqrt{\frac{3 \Delta l D}{\varepsilon_{Mt}}} \quad (15)$$

missä

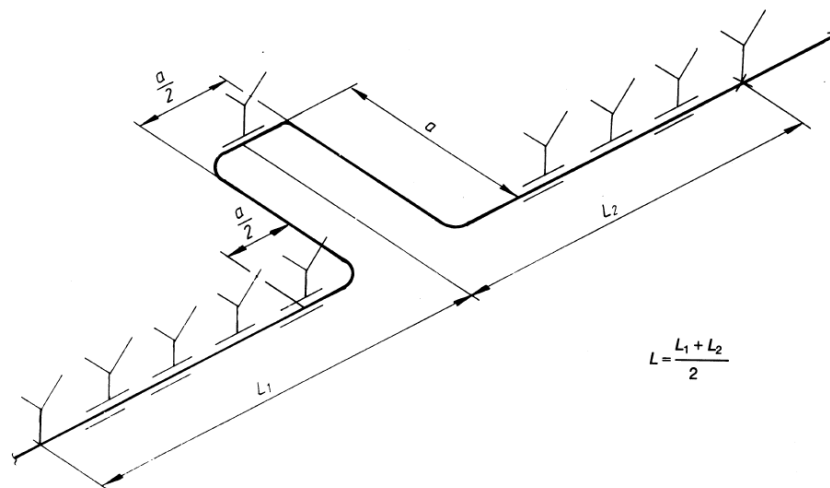
- Δl on putken lämpöpiteneksen (mm)
- D on tukikerroksen ulkohalkaisija (mm)
- ε_{Mt} on suhteellinen venymä taivutukselle (%)



Kuva 11. L-tasaaja (PSK 7370/2019, s. 10)



Kuva 12. Z-tasaaja (PSK 7370/2019, s. 10)



Kuva 13. U-tasaaja (PSK 7370/2019, s. 10)

Laskentakaavojen ja kuvien kautta voidaan nähdä putkiston muodon, pituuden ja lämpötilan vaikutus kannakeväleihin. Laskentojen kautta ei näin ollen saada yksiselitteistä kannakeväliä. Jokainen kannakeväli tulee laskea erikseen ja sovittaa putkistolle optimaaliseksi. Yhtä selkeää tapaa kannakesuunnittelussa ei ole, jolloin lopputulos riippuu hyvin paljon suunnittelijasta.

4.5 Lujuuslaskut

Putkia ja putkiosia tarkastellaan lujuuslaskujen kautta, jotta voidaan varmistua tuotteiden vaatimustenmukaisuudesta. Kestomuoville ei ole laskettu lujuuslaskujen osalta arvoa, sillä sen pääasiallinen tarkoitus on suojata lujitemuovipäällystettä putken sisällä virtaavalta aineelta. Kaikki laskut on suoritettu lujitemuovivahvistukselle, eli tukikerrokselle. Putkien ja muiden putkiosien, paitsi kaulusten, rakenteiden laskemiseen on käytetty teräsputkille tarkoitettua standardia SFS-EN 13480-3 (2017). Aiemmin ei kesto- ja kertamuoveille ole ollut tarjolla muuta standardia. Ala on kokenut ja kokee jatkuvasti muutosta ja nykyisin standardeja on hieman laajemmin tarjolla. Myös lujuuslaskuihin. Tuotteiden lujuuslaskut aiotaan uusia uuden standardin mukaisiksi, mutta prosessi on vielä kesken. Nykyiset laskut ovat edelleen päteviä. Rakenteet on testattu, tarkastettu ja hyväksytetty ulkopuolisella tarkastuslaitoksella, joten niiden riittävästä kestävydestä on varmistuttu.

Lujuuslaskuja varten tulee tietää rakenteen kimmokerroin ja suurin sallittu venymä. Kimmokerroin saadaan laskettua matriisilla, käyttäen kertamuovin ja lasikuidun ominaisuuksia ja tuotteen rakennetta. Näiden tietojen kautta saadaan laskettua suurin sallittu jännitys. Laskentaa varten on käytetty toimivia rakenteita, jotka on valittu kokemuksen perusteella ja joiden pitoisuudet perustuvat vastaavista tuotteista mitattuihin arvoihin.

Standardin 13480-3 kohdassa 6 käsitellään sisäisen paineen alaisten putkiston rakenneosien suunnittelua ja tarkemmin kohdassa 6.1 suoria putkia ja pienintä vaadittua seinämäpaksuutta. Standardi antaa seinämäpaksuuden laskentaan kaksi kaavaa. Kaavaa 16 käytetään, jos sisähalkaisijan suhde ulkohalkaisijaan on $\leq 1,7$. Suhteen ollessa tämän yli, käytetään kaavaa 17.

$$e = \frac{p_c D_o}{2fz + p_c} \quad (16) \qquad e = \frac{p_c D_i}{2fz - p_c} \quad (17)$$

missä

- p_c on laskentapaine (MPa)
- D_o on ulkohalkaisija (mm)
- D_i on sisähalkaisija (mm)
- f on suunnittelujännitys (MPa)
- z on liitoksen lujuuskerroin

Standardissa annetaan suunnittelujännitysten kaavat vain teräsputkille. Muoviputkien kohdalla käytetään sisäisestä paineesta aiheutuvaa kehän suuntaista jännitystä, joka saadaan kaavalla 18. Liitosten lujuuskerroin määräytyy standardin 13480-3 kohdan 4.5 mukaan. Kerroin määritellään sen mukaan, tehdäänkö rikkova tai rikkomaton aineenkoetus ($z = 1$), pistokokeina rikkomaton aineenkoetus ($z = 0,85$) vai pelkästään silmämääräinen tarkastus ($z = 0,7$).

$$f = \sigma = \frac{p(D_o - e)}{2e} \quad (18)$$

missä

- p on sisäinen paine (MPa)
- D_o on ulkohalkaisija (mm)
- e on seinämäpaksuus (mm)

Putkikäyrille lasketaan sisä- ja ulkosyrjän seinämäpaksuudet standardin kohdan 6.2.3.1 kaavoilla, joista sisäsyrjä saadaan kaavalla 19 ja ulkosyrjä kaavalla 20.

$$e_{sis} = e \frac{\frac{R}{D_o} - 0,25}{\frac{R}{D_o} - 0,5} \quad (19) \quad e_{ulk} = e \frac{\frac{R}{D_o} + 0,25}{\frac{R}{D_o} + 0,5} \quad (20)$$

missä

- e on suoran putken pienin vaadittu seinämäpaksuus (mm)
- R on putkitaivutuksen tai -käyrän säde (mm)
- D_o on ulkohalkaisija (mm)

Supistajalle, eli kartiolle lasketaan seinämäpaksuus kohdan 6.4.4 mukaan mielivaltaisesti joko kaavan 21 tai 22 mukaan.

$$e = \frac{p_c D_i}{2fz - p_c} \frac{1}{\cos \alpha} \quad (21) \quad e = \frac{p_c D_o}{2fz + p_c} \frac{1}{\cos \alpha} \quad (22)$$

missä

- p_c on laskentapaine (MPa)
- D_i on tarkasteltavan kohdan sisähalkaisija (mm)
- D_o on tarkasteltavan kohdan ulkohalkaisija (mm)
- f on suunnittelujännitys (MPa)
- z on liitoksen lujuuskerroin
- α on kartion kärkikulman puolikas (°)

Lujuuslaskujen kautta ei saada suoraa tietoa, miten seinämävahvuudet tulee rakentaa lujitemuoviputkistoissa. Tämä saadaan käytettävien kudosten pinta-alamassan ja lukumäärän avulla laskemalla.

Kaulusten koot tulevat pääasiassa kokemuksesta ja osittain standardeista. Tällöin niille ei varsinaisesti tarvitse laskea seinämävahvuuksia. Lujuuslaskujen kautta tulisi kuitenkin määritellä laippaliitokseen kohdistuvat maksimijännitykset. Näin varmistetaan, etteivät ne ylitä suurinta sallittua jännitystä. Nämä voimat saadaan laskettua standardin SFS-EN 1591-1 (2013) avulla. Mikäli suoria arvoja ei pystytä antamaan, tulisi vaadittavat arvot hakea iteratiivisen laskentamenetelmän kautta. Myös käytettävien materiaalien tarvittavat ominaisuudet tulee tuntea, jotta laskut voidaan suorittaa todenmukaisesti. Mitoitusperiaatteena käytetään suurinta sallittua venymää.

Jännitysten laskua varten tulee ensin tietää tiivisteiden pinta-alan keskihalkaisija, johon puristusvoima kohdistuu. Tämä saadaan karkeasti kaavalla 23, joka on tarkoitettu tasotiivisteiden laskemiseen (1591-1/2013, s. 31). Tasotiiviste on muoviputkistoissa yleisimmin käytetty tiivistemalli.

$$d_{Ge} = d_{G2} - b_{Ge} \quad (23)$$

missä

- d_{G2} on kauluksen ulkohalkaisija (mm)
- b_{Ge} on tiivisteiden tehollinen leveys (mm)

Tiivisteiden tehollinen leveys riippuu siihen kohdistuvista voimista, kuitenkin niin, että kaava 24 pätee (1591-1/2013, s. 30). Näin ollen tiivisteiden pinta-alan keskihalkaisija voi varioida tehollisen leveyden mukaan. Tehollisen leveyden variointi taas johtuu tiivisteiden tyypistä, ulottuuko se ruuviympyrän ulkopuolelle vai jääkö se ruuviympyrän sisään. Ja jos jää, miten paljon.

$$b_{Ge} = \min \{b_{Gi}; b_{Gt}\} \quad (24)$$

missä

- b_{Gi} on tiivisteiden säteittäinen leveys (mm)
- b_{Gt} on tiivisteiden teoreettinen säteittäinen leveys (mm)

Lisäksi tulee irtolaipan ja kauluksen välisen pinta-alan keskihalkaisija selvittää, johon puristusvoimat kohdistuvat. Tämä saadaan karkeasti kaavalla 25, jonka arvot määritellään kaavojen 26 ja 27 kautta.

$$d_{7min} \leq d_7 \leq d_{7max} \quad (25)$$

$$d_{7min} = d_6 + 2 * b_0 \quad (26)$$

$$d_{7max} = d_8 \quad (27)$$

missä

- d_{7min} on kauluksen ja irtolaipan välinen pienin keskihalkaisija (mm)
- d_{7max} on kauluksen ja irtolaipan välinen suurin keskihalkaisija (mm)
- d_6 on irtolaipan sisähalkaisija (mm)
- b_0 on irtolaipan viisteen leveys (mm)
- d_8 on kauluksen ulkohalkaisija (mm)

Tämän jälkeen voidaan laskea ruuvivoiman momenttivarret tiivisteelle kaavalla 28, kaulukselle kaavalla 29 ja irtolaipalle kaavalla 30. On huomiotava, että tiivisteiden pinta-alan keskihalkaisija voi varioida, jolloin myös tiivisteeseen kohdistuvat ruuvivoimat varioivat tämän mukaan. (1591-1/2013, s. 32.)

$$h_G = \frac{d_7 - d_{Ge}}{2} \quad (28) \quad h_H = \frac{d_7 - d_E}{2} \quad (29) \quad h_L = \frac{d_{3e} - d_7}{2} \quad (30)$$

missä

- d_7 on kauluksen ja irtolaipan välisen pinta-alan keskihalkaisija (mm)
- d_{Ge} on tiivisteeseen pinta-alan keskihalkaisija (mm)
- d_E on kaulusputken keskihalkaisija (mm)
- d_{3e} on irtolaipan reikäympyrän tehollinen halkaisija (mm)

Myös kokonaisruuvivoima tulee laskea. Tämä saadaan kaavalla 31, jonka laskennan apuna voidaan käyttää oletusta kaavassa 32 (1591-1/2013, s. 36).

$$F_{B0\ req} = F_{G0\ req} + F_{R0} \quad (31)$$

$$F_{G0\ req} = \max \{F_{G0\ min}; F_{G\Delta}\} \quad (32)$$

missä

- $F_{G0\ req}$ on vaadittu tiivistevoima (N)
- F_{R0} on ulkoisista kuormista johtuvat voimat (N)
- $F_{G0\ min}$ on pienin vaadittu tiivistevoima (N)
- $F_{G\Delta}$ on pienin vaadittu kokoonpanon tiivistevoima, joka takaa vaaditun tiivistevoiman (N)

Näiden kaavojen kautta pystytään laskemaan laippaliitoksen maksimijännitys, joka muodostuu maksimimomentin suhteesta laippavastukseen. Kauluksen osalta käytetään kaavaa 33 ja irtolaipan osalta kaavaa 34 (1591-1/2013, s. 39, 42).

$$\phi_F = \frac{|F_G * h_G + F_Q * (h_H - h_p) + F_R * h_H|}{W_F} \leq 1,0 \quad (33)$$

missä

- F_G on tiivistevoima (N)
- h_G on tiivisteeseen momenttivarsi (mm)
- F_Q on nesteen aksiaalinen voima (N)
- h_H on kauluksen seinämän ja aluslaatan välinen momenttivarsi (mm)
- h_p on momenttivarren korjauskerroin (mm)
- F_R on ulkoisista kuormista johtuva voima (N)
- W_F on kauluksen laippavastus (N*mm)

$$\phi_L = \frac{F_B * h_L}{W_L} \quad (34)$$

missä

- F_B on kokonaisruuvivoima (N)
- h_L on irtolaipan momenttivarsi (mm)
- W_L on irtolaipan laippavastus (N*mm)

Kauluksen laippavastus saadaan laskettua kaavalla 35 ja irtolaipan laippavastus kaavalla 36 (1591-1/2013, s. 42).

$$W_F = \left(\frac{\pi}{4}\right) * f_F * [(d_8 - d_0) * e_F^2 + (d_0 + e_s) * e_L^2] \quad (35)$$

$$W_L = \left(\frac{\pi}{2}\right) * f_L * b_L * e_L^2 \quad (36)$$

missä

- f_F on kauluksen suunnittelupaine (MPa)
- d_8 on kauluksen ulkohalkaisija (mm)
- d_0 on kaulusputken sisähalkaisija (mm)
- e_F on kauluksen laipan tehollinen paksuus (mm)
- e_s on kauluksen paksuus (mm)
- e_L on irtolaipan tehollinen paksuus (mm)
- f_L on irtolaipan suunnittelupaine (MPa)
- b_L on irtolaipan tehollinen leveys (mm)

Maksimijännitykset eivät saa ylittää materiaalien suurinta sallittua jännitystä. Mikäli näin tapahtuu, voi tiiviste menettää ominaisuutensa tai laipaliitos rikkoutua. Tällöin sisällä virtaava aine pääsee vuotamaan liitoksen kohdalta. Tästä syntyy työturvallisuusriski, mikäli virtaavana aineena on jotain vaarallista kemikaalia.

4.6 Materiaalitodistukset

Materiaalitodistukset noudattavat standardia SFS-EN 10204 (2004). Standardi on tehty metallituotteille, mutta sitä sovelletaan moneen muuhunkin materiaaliin. Standardin yleisen käytön tarkoituksena on yhtenäistää materiaalitodistuksia koskevia vaatimuksia, jolloin paremmin voidaan varmistua tuotteiden laadusta. Tämän tason materiaalitodistuksia käyttävät myös materiaalivalmistajat. Kemikaaliputkistoja ohjaava opas myös ohjeistaa tämän standardin käyttöä (TUKES, 2019, s. 7).

Materiaalitodistuksessa valmistajan tulee vähintään vakuuttaa tuotteensa standardin kohtien 2.1 ja 2.2 määrittelemällä tavalla. Tällöin vakuutetaan, että toimitetut tuotteet ovat tilauksen mukaisia sekä esitetään valmistusmenetelmäkohtaiseen tarkastukseen perustuvat koetulokset. Mikäli valmistetut putkistot kuuluvat PED luokkaan II-III, tulee vähintään noudattaa kohtaa 3.1, eli toimittaa menetelmäkohtaisen tarkastuksen lisäksi vastaanottotodistus, jossa esitetään kyseiseen tuotantoerään tehtyjen aineenkoetusten tulokset sekä kemiallinen koostumus siinä laajuudessa, kuin se on tarkoituksenmukaista. Tuote-erästä tehtävän aineenkoetuksen ja sen tulosten pohjalta materiaalitodistuksen tekee tuotannosta riippumaton henkilö, yleensä laatuosaston henkilö. Mikäli tilaaja vaatii, voidaan tähän käyttää myös kohdan 3.2 määrittelemää ulkopuolista tarkastajaa, joka varmistaa, että todistuksen testit tehdään oikein ja oikeasta erästä. (TUKES, 2019, s. 7.) Materiaalitodistuksessa täytyy myös tulla esille vahvistajan nimi ja asema (SFS-EN 10204/2004, s. 8).

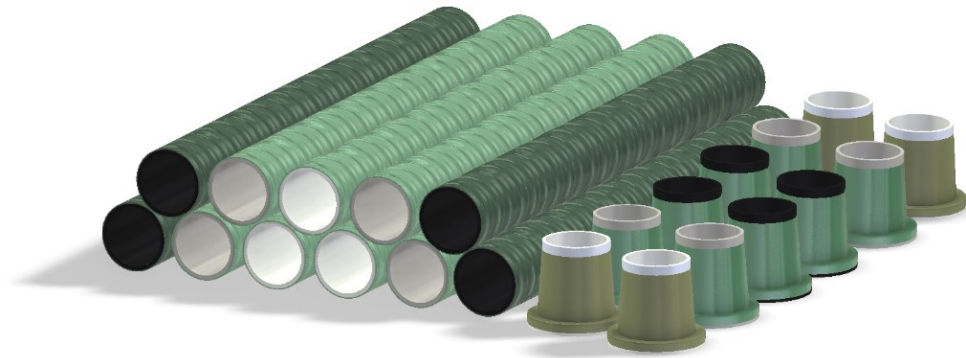
Vaikka yrityksen tuotteet pääasiassa menevätkin PED I-luokan alaisiin putkistoihin, toimitetaan tuotteista kohdan 3.1 mukaiset materiaalitodistukset. Tällöin ne suoraan täyttävät myös PED luokkien II-III materiaalitodistusten vaatimukset. Ulkopuolista tarkastajaa harvemmin käytetään ja vaa-ditaan.

5 LOPPUTULOS

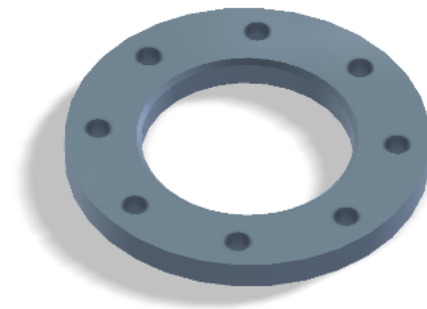
Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda toimeksiantajalle tekninen katalogi, johon tuli koota yleisimmin käytettävät putkimateriaalit. Katalogin lähtökohtana oli helpottaa suunnittelijoiden työtä sekä parantaa asiakkailta tarjottavaa palvelua. Katalogissa on kerrottu tuotteiden mitat sekä tarpeelliset materiaaliominaisuudet. Mitat ja materiaaliominaisuudet tulevat pääosin kestumuovisten putkien ja osien valmistajalta. Sarjavalmisteisten tuotteiden osalta esitetään myös lasikuituvahvistuksen mitat. Tällaisia tuotteita ovat putket ja kaulukset. Lasketut kannakevälit ilmoitetaan suuntaa antamaan sekä tuotteisiin vaikuttavat standardit kerrotaan. Katalogi tehtiin sekä suomeksi, että englanniksi. Tähän työhön olen liittännyt englanninkielisen version.

Katalogin värimaailma valikoitui täysin logon ja kotisivujen perusteella, joista poimin pääväreiksi mustan, sinisen ja harmaan. Katalogin ulkoasun halusin pitää mahdollisimman yksinkertaisena, jolloin sitä on miellyttävämpi lukea. Tämän perusteella valikoitui myös fontti. Katalogia varten uusittiin tuotteiden päämittoja esittävät piirustukset. Piirustuksissa on haluttu tuoda esille myös lasikuituvahvistus, vaikka sen mittoja ei kaikkien tuotteiden kohdalla esitetäkään. Kappaleiden leikkauksissa halusin seurata vanhoja piirustuksia, joissa leikkaus on toteutettu osittain. Tämä tuo mielestäni parhaiten esiin itse tuotteen rakenteen.

Ajatus katalogin kanteen lähti itse tuotteista. Monen valmistajan katalogin kanssa on valokuva jostain prosessista tai tuotteista tai kuvitettu kuva esimerkiksi logosta. Päädyin käyttämään 3D-malleja, sillä niiden käyttöoikeudet ovat toimeksiantajalla itsellään. Valokuvat oikeista tuotteistakin olisi ollut toimiva idea. Valokuvaustilan ja -ajan järjestäminen olisi kuitenkin ollut melko haastavaa, jotta kuvista olisi saanut mahdollisimman edustavat. Ehkä tämä ajan kanssa toteutetaan. En halunnut liikaa korostaa mallinnuksia kannessa, joten päätin tehdä siitä vesileimamaisen. Kuvissa 14 – 16 on esitetty toimeksiantajan tuotteista tehdyt 3D-mallit.



Kuva 14. PE100/VE, PP/VE ja PVDF/VEN putket ja kaulukset



Kuva 15. Epoksilla vuorattu teräsirtolaippa



Kuva 16. PE100/VE, PP/VE ja PVDF/VEN käyrät, supistajat ja T-haarat

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda toimeksiantajalle tekninen katalogi, jonka yhteydessä pääsin tutustumaan tuotteiden taustalla vaikuttaviin standardeihin sekä säädöksiin. Nämä olivatkin opinnäytetyön ehdottomasti vaikein kohta. Standardeja oli paljon ja osa niistä oli melko laajoja, joten lukemista ja selvittämistä riitti. Hankaluuksia toi varsinkin lujuuslaskut, sillä kauluksiin käytetty standardi oli vanhentunut. Uutta, korvaavaa standardia ei ollut ilmoitettu ja vanha standardi ei enää ollut saatavilla.

Uuden standardin etsiminen vei hieman aikaa, sillä jouduin samalla myös etsimään siitä vanhan standardin mukaiset laskut. Pääosin standardien tutkiminen oli kuitenkin melko mutkatonta.

Katalogin työosuus muodostui pääasiassa eri tiedon yhdistämisestä, sillä kestopuovisten tuotteiden mitat tulevat niitä valmistavalta yritykseltä. Tuotteille tuli kuitenkin tehdä 3D-mallit sekä uudet piirustukset. Toimeksiantajalla oli käytössään vanhoja piirustuksia, mutta katalogia varten ne päädyttiin uusimaan. Mallien teko oli yllättävän helppoa, vaikka olin kuvitellut, että laminaattikerroksen saaminen olisi jotenkin haastavaa. Tehtävää helpotti laminaattikerroksen yksinkertainen mallinnus. Kerroksia ei tarvinnut rakentaa juuri niin, kuten ne tehdään, vaan riitti, että laminaattikerros kuvasi kokonaisuutta. Mallinnuksessa haastavin osio oli värien valinta ja säätö, sillä halusin mallien muistuttavan mahdollisimman paljon oikeita tuotteita. Kuvien ottaminen malleista osoittautui myös vaikeaksi, sillä en millään tahtonut olla tyytyväinen lopputuloksiin. Kuvakulmien etsimiseen ja tuotteiden sommitteluun meni aikaa. Katalogin kannesta muodostui monta eri versiota, joista lopulta päädyin viimeisimpään versioon.

Opinnäytetyö oli hyvin ajankohtainen toimeksiantajalle. Aihe oli myös itseäni kiinnostava ja se kasvatti omaa ammattitietämystäni valtavasti. Etenkin standardien ja lujuuslaskujen osalta, mutta myös materiaalien vaatimusten osalta. Opinnäytetyön teoriaosuus osoittautui huomattavasti vaativammaksi, kuin itse katalogi. Se veikin suurimman osan ajasta, jonka käytin koko työn tekemiseen. Koska ala ei ole merkittävän suuri, oli luotettavia lähteitä välillä vaikea löytää. Niiden hakemiseen kului myös melko paljon aikaa. Alasta löytyy kohtuullisen hyvin kirjallisuutta, mutta näihin käsiksi pääseminen oli toisinaan haastavaa. Työtä helpotti teoriaosuuden pohjautuminen pääasiassa standardeihin, jotka olivat helposti saatavilla. Oma kriittisyyskin toi pieniä lisähaasteita ja tämän johdosta tuntui, että työn tekeminen venyi koko ajan. Lopputulokseen olen kuitenkin tyytyväinen.

LÄHTEET

AGRU (2019a). *AGRU Industrial Piping System*. Haettu 6.11.2019 osoitteesta AGRU Industrial Piping System: https://www.agru.at/fileadmin/user_upload/Prospekte/INDUSTRIEROHRSYSTEME/KAT-Industrial-piping-systems-technical-2017_WEBSC.pdf

AGRU (2019b). *AGRU Piping System*. Haettu 5.11.2019 osoitteesta AGRU Piping System: <https://www.agru.at/en/company/piping-systems/>

AGRU (2019c). *Tehdaskierros AGRU:lla*. Vierailu AGRU:n tehtaalla 25.4.2019, Bad Hall, Itävalta.

Barnetson, A. (1997). *Advances in Polymers: Market and Technical Trends*. Rapra's Industry Analysis Department.

Coleman, P. C. (2009). *Essentials of Polymer Science and Engineering*. Lancaster: DEStech Publications Inc.

Ebnesajjad, S. (2013). *Introduction to Fluoropolymers: Materials, Technology and Applications*. Kidlington: Elsevier Inc.

Gruber, E. (2018). *Muoviputkistojen suunnitteluperusteet (AGRU)*. Muoviputkistot seminaari 7.11.2018, Valkeakoski.

Health and Safety Laboratory (2007). *Products evolved during hot gas welding of fluoropolymers*. Sheffield: Health and Safety Executive. Haettu 21.11.2019 osoitteesta <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr539.pdf>

Kulshreshtha, A. K. & Vasile, C. (2002). *Handbook of Polymer Blends and Composites: Volume 1*. Shawbury: Rapra Technology Limited.

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. (2002). *Muovitekniikan perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.

OECD (2018). *Improving Markets for Recycled Plastics: Trends, Prospects and Policy Responses*. Pariisi: OECD Publishing. Haettu 15.1.2020 osoitteesta <http://dx.doi.org/10.1787/9789264301016-en>

Peacock, A. J. (2000). *Handbook of polyethylene: Structures, Properties, and Applications*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Polymer properties database (2015). *Epoxy vinyl ester resins*. Haettu 5.1.2020 osoitteesta <https://polymerdatabase.com/polymer%20classes/Epoxy%20Vinyl%20ester%20type.html>

PRP-Plastic Oy (2019). *PRP-Plastic Oy kotisivut*. Haettu 17.9.2019 osoitteesta <https://www.prpplastic.fi>

PSK 7370 (2019). *Putkiston kannakointi. LM- ja LM/KM-putken kannakointi. Suunnitteluohjeita*. PSK Standardisointiyhdistys ry. Haettu 15.12.2019 osoitteesta <https://psk-standardisointi.fi/>

Saarela, O., Airasmaa, I., Kokko, J., Skrifvars, M. & Komppa, V. (2003). *Komposiittirakenteet*. Helsinki: Muoviyhdistys ry.

SFS-EN 10204 (2004). *Metallituotteiden aineodistukset*. SFS Online. Haettu 6.1.2020 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 10931 (2006). *Plastics piping systems for industrial applications. Poly(vinylidene fluoride) (PVDF). Specifications for components and the system*. SFS Online. Haettu 12.10.2019 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 15494 (2018). *Plastics piping systems for industrial applications. Polybutene (PB), polyethylene (PE), polyethylene of raised temperature resistance (PE-RT), crosslinked polyethylene (PE-X), polypropylene (PP). Metric series for specifications for components and the system*. SFS Online. Haettu 21.10.2019 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 1591-1 (2014). *Flanges and their joints. Design rules for gasketed circular flange connections. Part 1: Calculation*. SFS Online. Haettu 5.1.2020 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 3128 (1982). *Muoviputket. Kestomuovisten paineputkien irtolaipat. Mitat*. SFS Online. Haettu 20.1.2020 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 5173 (2000). *Muoviputket. LM-putket ja putkenosat. Putkikaulus PN 6 irtolaipoin PN 10*. SFS Online. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 5174 (2000). *Muoviputket. LM-putket ja putkenosat. Putkikaulus PN 10 irtolaipoin PN 10*. SFS Online. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 5175 (2000). *Muoviputket. LM-putket ja putkenosat. Putkikaulus PN 16 irtolaipoin PN 16*. SFS Online. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 5176 (2000). *Muoviputket. LM-putket ja putkenosat. Putkikaulus PN 25 irtolaipoin PN 25*. SFS Online. Haettu 28.11.2019 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 9080 (2013). *Plastic piping and ducting systems. Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe*

form by extrapolation. SFS Online. Haettu 23.3.2020 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

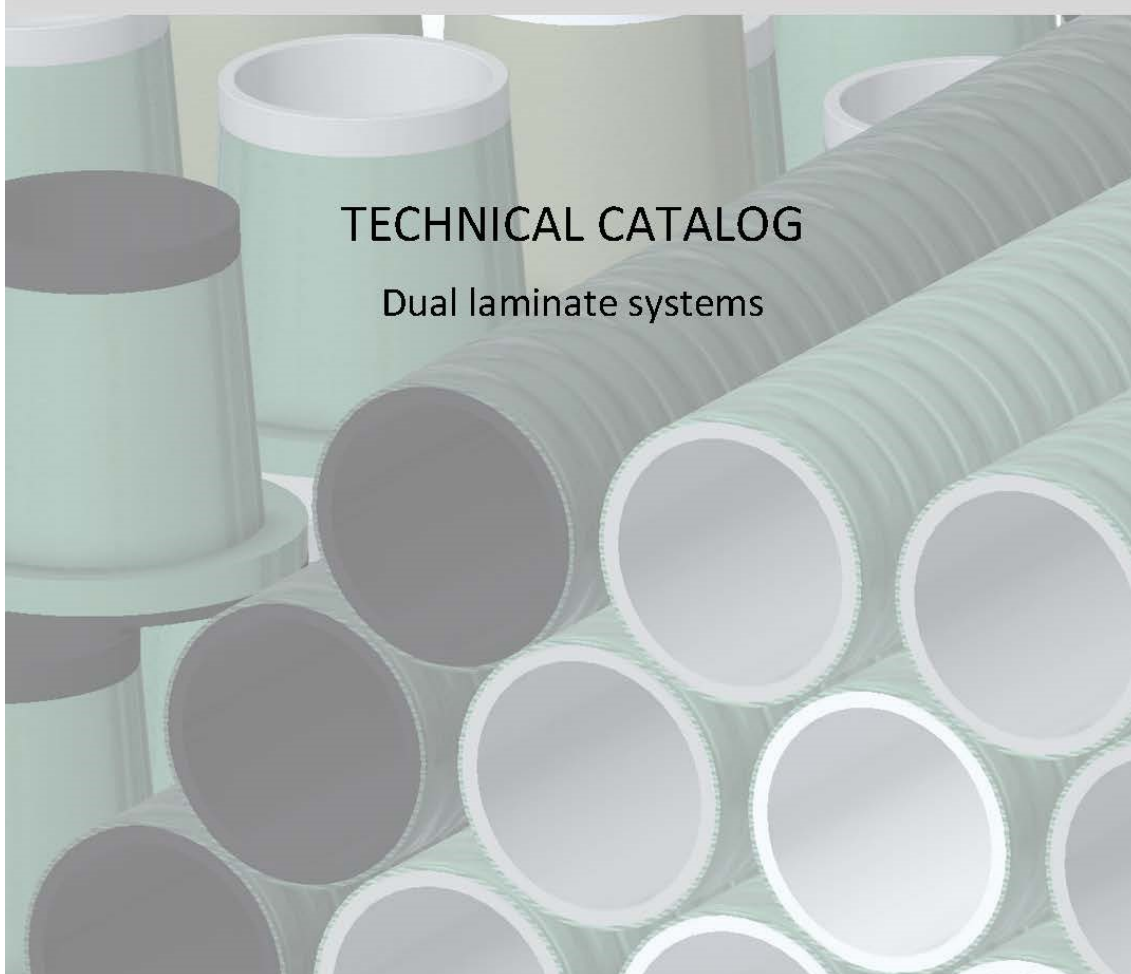
Teppfa (2014). *100 Year Service Life of Polypropylene And Polyethylene Gravity Sewer Pipes.* Bryssel: The European Plastic Pipe and Fittings Association. Haettu 22.12.2019 osoitteesta <https://plasticpipe.org/pdf/teppfa-european-plastic-pipe-fittings-association.pdf>

TUKES. (2019). *Kestomuoviset kemikaaliputkistot.* Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES). Haettu 29.12.2019 osoitteesta <https://tukes.fi/documents/5470659/11781251/Kestomuoviset+kemikaaliputkistot+2019/d681cbea-1cf2-fec7-08f4-0d45a0fe2cc1/Kestomuoviset+kemikaaliputkistot+2019.pdf/Kestomuoviset+kemikaaliputkistot+2019.pdf?version=1.1>

TECHNICAL CATALOG



TECHNICAL CATALOG
Dual laminate systems



PRP-PLASTIC OY – DUAL LAMINATE SYSTEMS

PRP-Plastic Oy dual laminate system pipes and flanges can be used in operating pressures PN10 (max. 10barg), PN16 (max. 16barg) and PN25 (max. 25barg). The PN classes are specified in the product specifications. The permissible buckling pressures for the PRP-Plastic Oy dual laminate systems are according Agru GmbH values.

Temperature range for PRP-Plastic Oy dual laminate system pipeline depends of the used thermoplastic. Temperature ranges for different thermoplastics are

| | |
|------|--------------|
| PE | 0°C - +65°C |
| PP | 0°C - +80°C |
| PVDF | 0°C - +120°C |

If system is used in temperature below 0°C, the system must have insulation and electric heat tracing to prevent the media from freezing. Freezing of the media might cause the system to break.

Pressure and temperature values apply to water. If the media in the system is different than water, the chemical resistance of the thermoplastic material needs to be verified.

Thermoplastic fittings used in PRP-Plastic Oy dual laminate systems must comply with the SDR classes set by Agru GmbH.

| | |
|--------|---|
| PE, PP | DN15...DN50 – SDR11 ja DN65...DN500 – SDR17 |
| PVDF | DN15...DN250 – SDR21 |

PRP-PLASTIC OY – STANDARDS OF THE DUAL LAMINATE SYSTEMS

PRP-Plastic Oy dual laminate systems comply with the following standards.

PE and PP pipes and fittings follow the standard SFS-EN ISO 15494 and PVDF pipes and fittings follow the standard SFS-EN ISO 10931. Pipes and fittings are manufactured by AGRU GmbH.

Fiberglass reinforced plastic structures follow the standard SFS 5162 where the thermoplastic replaces the protective layer. The standard covers used resins as well as glass fibers.

The dimensions of the backing rings mainly follow the standards SFS 5174, SFS 5175 and SFS 5176. PRP-Plastic Oy backing rings are mostly epoxy-lined steel. They are also available in PP-Fe, acid-proof steel and reinforced plastic. The inside diameter of the backing ring (d_6) and the outer diameter of the fiberglass reinforcement for stub end (d_k) should always be checked on a case-by-case basis by size.

The product's strength calculations have been carried out in accordance with SFS-EN 13480 and the products have undergone the required tests by the accredited inspection body to ensure the calculations.

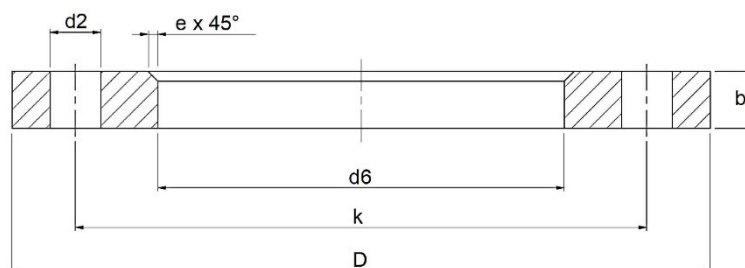
PRP-Plastic Oy provides material certificates in accordance with section 3.1 of standard SFS-EN 10204, which also covers PED II-III piping.

PRP-PLASTIC OY – SUPPORTING DISTANCES

The support distances for PRP-Plastic Oy dual laminate pipes are shown in the table. The support distances are indicative.

| DN | Supporting Distances (m) |
|-----|--------------------------|
| 20 | 2,5 |
| 25 | 2,5 |
| 32 | 2,5 |
| 40 | 2,5 |
| 50 | 3 |
| 65 | 3 |
| 80 | 3 |
| 100 | 3 |
| 125 | 3,3 |
| 150 | 3,5 |
| 200 | 4 |
| 250 | 4,5 |
| 300 | 5 |

PRP-PLASTIC OY – FE/EPOXY BACKING RING



| DN | D | k | d6 | d2 | Screws | b | e |
|-----------|-----|-----|-----|----|----------|----|---|
| 15 | 95 | 65 | 34 | 14 | 4 x M12 | 16 | 3 |
| 20 | 105 | 75 | 40 | 14 | 4 x M12 | 16 | 3 |
| 25 | 115 | 85 | 48 | 14 | 4 x M12 | 16 | 3 |
| 32 | 140 | 100 | 55 | 18 | 4 x M16 | 16 | 3 |
| 40 | 150 | 110 | 66 | 18 | 4 x M16 | 16 | 3 |
| 50 | 165 | 125 | 78 | 18 | 4 x M16 | 16 | 3 |
| 65 | 185 | 145 | 92 | 18 | 4 x M16 | 16 | 3 |
| 80 | 200 | 160 | 108 | 18 | 8 x M16 | 18 | 3 |
| 100 | 220 | 180 | 128 | 18 | 8 x M16 | 18 | 3 |
| 125 | 250 | 210 | 143 | 18 | 8 x M16 | 18 | 4 |
| 125 / 140 | 250 | 210 | 158 | 18 | 8 x M16 | 18 | 4 |
| 150 | 285 | 240 | 178 | 23 | 8 x M20 | 18 | 4 |
| 200 | 340 | 295 | 225 | 23 | 8 x M20 | 20 | 3 |
| 250 | 395 | 350 | 273 | 23 | 12 x M20 | 22 | 3 |
| 300 | 445 | 400 | 338 | 23 | 12 x M20 | 26 | 3 |
| 350 | 505 | 460 | 388 | 23 | 16 x M20 | 28 | 4 |
| 400 | 565 | 515 | 442 | 27 | 16 x M24 | 32 | 4 |

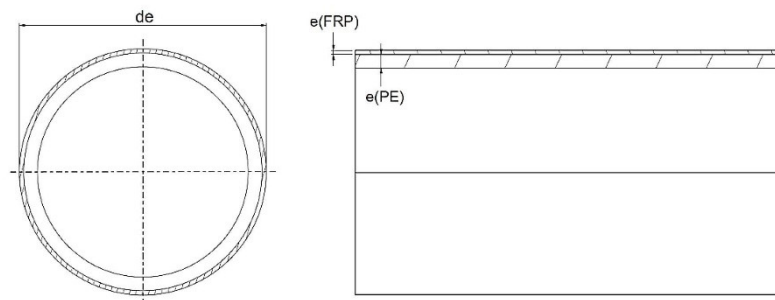
Surface treatment of loose flange:

Sandblasting: Sa 2,5

Epoxy coating: 180 μm

Color: RAL 7000

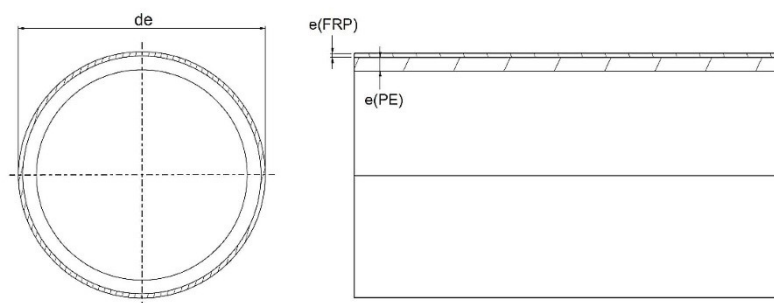
PULTRUSION WINDED PE/FRP(VE) -PIPE – PRP 1-03



| DN | de | e(FRP) | e(PE) | PN |
|-----|-----|--------|-------|----|
| 15 | 20 | 2 | 2 | 16 |
| 20 | 25 | 2 | 2,3 | 16 |
| 25 | 32 | 2 | 3 | 16 |
| 32 | 40 | 2 | 3,7 | 16 |
| 40 | 50 | 2 | 4,6 | 16 |
| 50 | 63 | 2 | 5,8 | 16 |
| 65 | 75 | 2 | 4,5 | 10 |
| 80 | 90 | 2 | 5,4 | 10 |
| 100 | 110 | 2 | 6,6 | 10 |

Pipe length 5m.

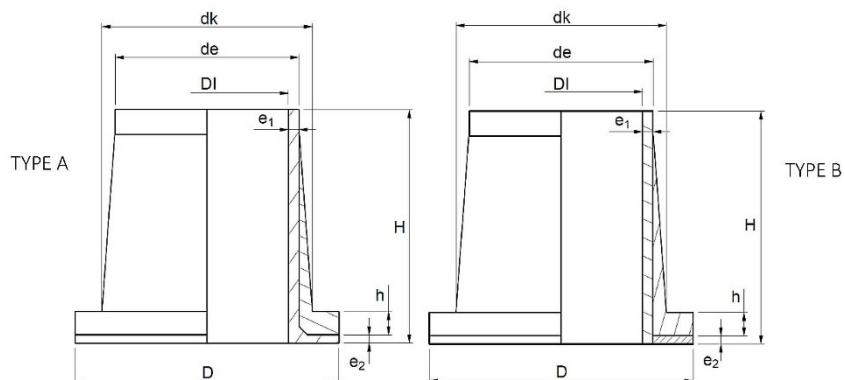
FILAMENT WINDED PE/FRP(VE) -PIPE – PRP 2-03



| DN | de | e(FRP) | e(PE) | PN |
|-----|-----|--------|-------|----|
| 80 | 90 | 2 | 5,4 | 10 |
| 100 | 110 | 2 | 6,6 | 10 |
| 125 | 125 | 2 | 7,4 | 10 |
| 125 | 140 | 2 | 8,3 | 10 |
| 150 | 160 | 2,5 | 9,5 | 10 |
| 200 | 200 | 2,7 | 11,9 | 10 |
| 250 | 250 | 3,3 | 14,8 | 10 |
| 300 | 315 | 4,2 | 18,7 | 10 |
| 350 | 355 | 5,2 | 21,1 | 10 |
| 400 | 400 | 6,5 | 23,7 | 10 |

Pipe length 5m.

PE/FRP(VE) – STUB END – PRP 4-03



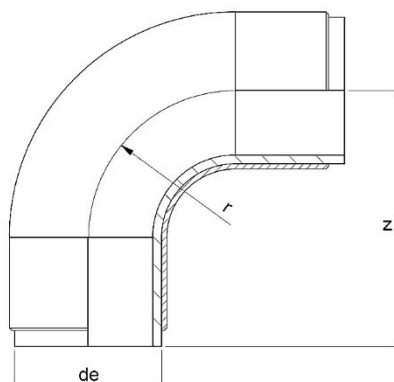
| DN | de | e ₁ | e ₂ | dk | D | h | H | ID | Type | PN |
|------|-----|----------------|----------------|-----|-----|----|-----|-------|------|------|
| 15 | 20 | 1,9 | 5-6 | 31 | 45 | 12 | 120 | 16,2 | B | 25 |
| 20 | 25 | 2,3 | 5-6 | 37 | 58 | 12 | 120 | 20,4 | B | 25 |
| 25 | 32 | 3 | 5-6 | 46 | 68 | 12 | 120 | 26 | B | 25 |
| 32* | 40 | 3,7 | 4-5 | 53 | 78 | 12 | 120 | 32,6 | A | 25 |
| 40* | 50 | 4,6 | 4-5 | 64 | 88 | 13 | 120 | 40,8 | A | 25 |
| 50 | 63 | 5,8 | 4-5 | 76 | 102 | 13 | 120 | 51,4 | A | 25 |
| 65 | 75 | 4,3 | 4-5 | 90 | 122 | 13 | 125 | 66,4 | A | 16 |
| 80 | 90 | 5,1 | 4-5 | 106 | 138 | 13 | 140 | 79,8 | A | 16 |
| 100 | 110 | 6,3 | 4-5 | 126 | 158 | 14 | 140 | 97,4 | A | 16 |
| 125* | 125 | 7,4 | 4-5 | 141 | 188 | 14 | 180 | 110,2 | A | 10 |
| 125* | 140 | 8,3 | 4-5 | 156 | 188 | 14 | 180 | 123,4 | A | 10 |
| 150 | 160 | 9,5 | 4-5 | 176 | 212 | 16 | 180 | 141 | A | 10 |
| 200 | 200 | 11,9 | 4-5 | 223 | 268 | 19 | 180 | 176,2 | A | 10 |
| 250 | 250 | 14,2 | 5-6 | 271 | 274 | 20 | 220 | 221,6 | B | 10 |
| 300 | 315 | 18,7 | 5-6 | 336 | 370 | 28 | 220 | 277,2 | B | 10 |
| 350 | 355 | 21,1 | 5-6 | 385 | 430 | 20 | 300 | 312,8 | B | 6-10 |
| 400 | 400 | 23,7 | 5-6 | 439 | 482 | 22 | 300 | 352,6 | B | 6-10 |

*Pipe length continued by butt welding

TYPE A: mechanical fixing form machined on PE flange.

TYPE B: fiber backed PE sheet welded on PE pipe for FRP fixing.

PE/FRP(VE) - ELBOW – PRP 5-03

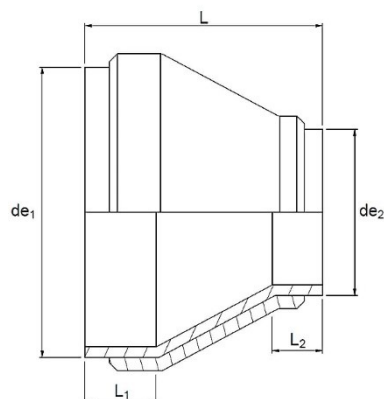


| DN | de | z | r | PN |
|----------|-----|-------|-----|----|
| 15 | 20 | 60 | 20 | 10 |
| 20 | 25 | 68,5 | 25 | 10 |
| 25 | 32 | 79 | 32 | 10 |
| 32 | 40 | 92,5 | 40 | 10 |
| 40 | 50 | 108,5 | 50 | 10 |
| 50 | 63 | 129,5 | 63 | 10 |
| 65 | 75 | 150 | 75 | 10 |
| 80 | 90 | 168 | 90 | 10 |
| 100 | 110 | 189 | 110 | 10 |
| 100* | 110 | 120 | 110 | 10 |
| 125 | 125 | 218 | 125 | 10 |
| 125* | 125 | 140 | 125 | 10 |
| 125/140 | 140 | 241 | 140 | 10 |
| 125/140* | 140 | 150 | 140 | 10 |
| 150 | 160 | 260 | 160 | 10 |
| 150* | 160 | 180 | 160 | 10 |
| 200 | 200 | 318,5 | 200 | 10 |
| 200* | 200 | 220 | 200 | 10 |
| 200/225 | 225 | 353 | 225 | 10 |
| 200/225* | 225 | 245 | 225 | 10 |

*Short spigot

Fittings sold without the FRP structure.

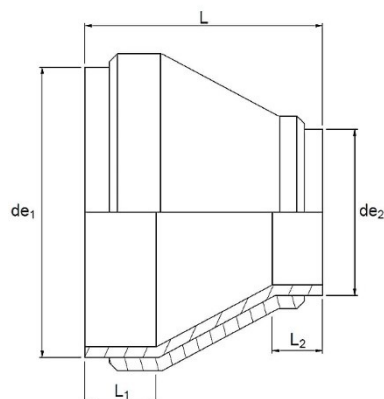
PE/FRP(VE) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|--------|-----------------|-----------------|-----|----------------|----------------|----|
| 20/15 | 25 | 20 | 33 | 14 | 14 | 10 |
| 20/20 | 25 | 20 | 40 | 14 | 14 | 10 |
| 20/25 | 25 | 25 | 40 | 14 | 14 | 10 |
| 32/15 | 40 | 20 | 42 | 14 | 14 | 10 |
| 32/20 | 40 | 25 | 42 | 14 | 14 | 10 |
| 32/25 | 40 | 32 | 39 | 14 | 14 | 10 |
| 40/20 | 50 | 25 | 47 | 14 | 14 | 10 |
| 40/25 | 50 | 32 | 41 | 14 | 14 | 10 |
| 40/32 | 50 | 40 | 47 | 14 | 14 | 10 |
| 50/25 | 63 | 32 | 57 | 18 | 14 | 10 |
| 50/32 | 63 | 40 | 52 | 18 | 14 | 10 |
| 50/40 | 63 | 50 | 57 | 18 | 14 | 10 |
| 65/25 | 75 | 32 | 70 | 19 | 14 | 10 |
| 65/32 | 75 | 40 | 70 | 19 | 14 | 10 |
| 65/40 | 75 | 50 | 63 | 19 | 14 | 10 |
| 65/50 | 75 | 63 | 59 | 19 | 18 | 10 |
| 80/40 | 90 | 50 | 76 | 22 | 14 | 10 |
| 80/50 | 90 | 63 | 70 | 19 | 14 | 10 |
| 80/65 | 90 | 75 | 65 | 22 | 19 | 10 |
| 100/40 | 110 | 50 | 90 | 28 | 14 | 10 |
| 100/50 | 110 | 63 | 88 | 28 | 18 | 10 |
| 100/65 | 110 | 75 | 85 | 28 | 19 | 10 |
| 100/80 | 110 | 90 | 85 | 28 | 22 | 10 |
| 125/50 | 125 | 63 | 100 | 32 | 18 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

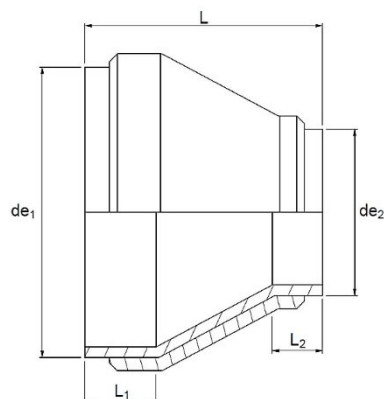
PE/FRP(VE) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|---------|-----------------|-----------------|-------|----------------|----------------|----|
| 125/65 | 125 | 75 | 100 | 32 | 19 | 10 |
| 125/80 | 125 | 90 | 86 | 32 | 22 | 10 |
| 125/100 | 125 | 110 | 89 | 32 | 28 | 10 |
| 125/65 | 140 | 75 | 110 | 35 | 19 | 10 |
| 125/80 | 140 | 90 | 110 | 35 | 22 | 10 |
| 125/100 | 140 | 110 | 100 | 35 | 28 | 10 |
| 125/125 | 140 | 125 | 95 | 35 | 32 | 10 |
| 150/80 | 160 | 90 | 101,5 | 40 | 22 | 10 |
| 150/100 | 160 | 110 | 101,5 | 40 | 28 | 10 |
| 150/125 | 160 | 125 | 118 | 40 | 32 | 10 |
| 150/125 | 160 | 140 | 118 | 40 | 35 | 10 |
| 200/125 | 200 | 140 | 137 | 50 | 35 | 10 |
| 200/150 | 200 | 160 | 131,5 | 50 | 40 | 10 |
| 200/150 | 200 | 180 | 137 | 50 | 45 | 10 |
| 200/125 | 225 | 140 | 162 | 55 | 35 | 10 |
| 200/150 | 225 | 160 | 137 | 55 | 40 | 10 |
| 200/150 | 225 | 180 | 162 | 55 | 45 | 10 |
| 200/200 | 225 | 200 | 162 | 55 | 50 | 10 |
| 250/150 | 250 | 160 | 151 | 60 | 40 | 10 |
| 250/150 | 250 | 180 | 177 | 60 | 45 | 10 |
| 250/200 | 250 | 200 | 148 | 60 | 50 | 10 |
| 250/200 | 250 | 225 | 142 | 60 | 55 | 10 |
| 250/200 | 250 | 200 | 202 | 70 | 50 | 10 |
| 250/200 | 250 | 225 | 202 | 70 | 55 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

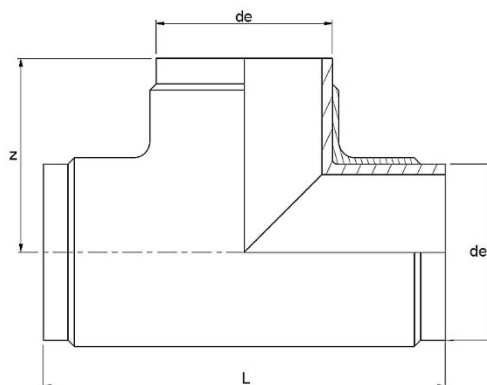
PE/FRP(VE) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|---------|-----------------|-----------------|-------|----------------|----------------|----|
| 250/250 | 280 | 250 | 165,5 | 70 | 60 | 10 |
| 300/200 | 300 | 200 | 195 | 80 | 50 | 10 |
| 300/200 | 300 | 225 | 208 | 80 | 55 | 10 |
| 300/250 | 300 | 250 | 185 | 80 | 60 | 10 |
| 300/250 | 300 | 280 | 198 | 80 | 70 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

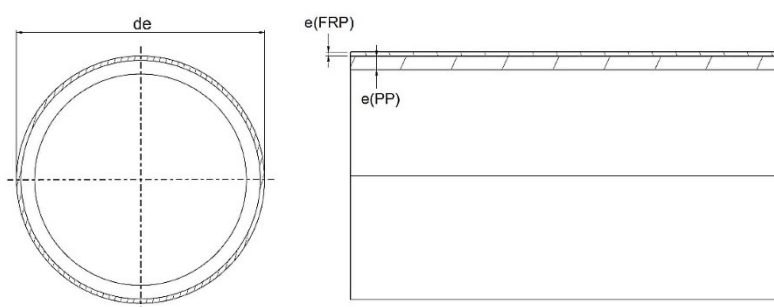
PE/FRP(VE) TEE – PRP 9-03



| DN | de | z | L | PN |
|-----|-----|-----|-----|----|
| 15 | 20 | 34 | 68 | 10 |
| 20 | 25 | 40 | 80 | 10 |
| 25 | 32 | 45 | 90 | 10 |
| 32 | 40 | 50 | 100 | 10 |
| 40 | 50 | 60 | 120 | 10 |
| 50 | 63 | 72 | 144 | 10 |
| 65 | 75 | 72 | 145 | 10 |
| 80 | 90 | 107 | 210 | 10 |
| 100 | 110 | 121 | 251 | 10 |
| 125 | 125 | 135 | 270 | 10 |
| 125 | 140 | 150 | 300 | 10 |
| 150 | 160 | 170 | 340 | 10 |
| 200 | 200 | 200 | 400 | 10 |
| 200 | 225 | 220 | 440 | 10 |
| 250 | 250 | 235 | 464 | 10 |
| 250 | 280 | 267 | 534 | 10 |
| 300 | 315 | 275 | 546 | 10 |
| 350 | 355 | 340 | 680 | 10 |
| 400 | 400 | 345 | 695 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

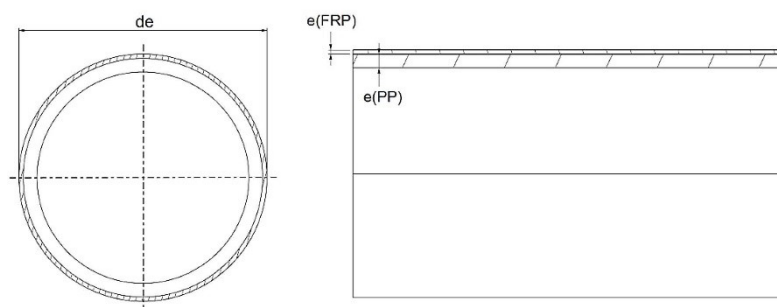
PULTRUSION WINDED PP/FRP(VE) -PIPE – PRP 1-03



| DN | de | e(FRP) | e(PP) | PN |
|-----|-----|--------|-------|----|
| 15 | 20 | 2 | 1,9 | 16 |
| 20 | 25 | 2 | 2,3 | 16 |
| 25 | 32 | 2 | 2,9 | 16 |
| 32 | 40 | 2 | 3,7 | 16 |
| 40 | 50 | 2 | 4,6 | 16 |
| 50 | 63 | 2 | 5,8 | 16 |
| 65 | 75 | 2 | 4,3 | 10 |
| 80 | 90 | 2 | 5,1 | 10 |
| 100 | 110 | 2 | 6,3 | 10 |

Pipe length 5m.

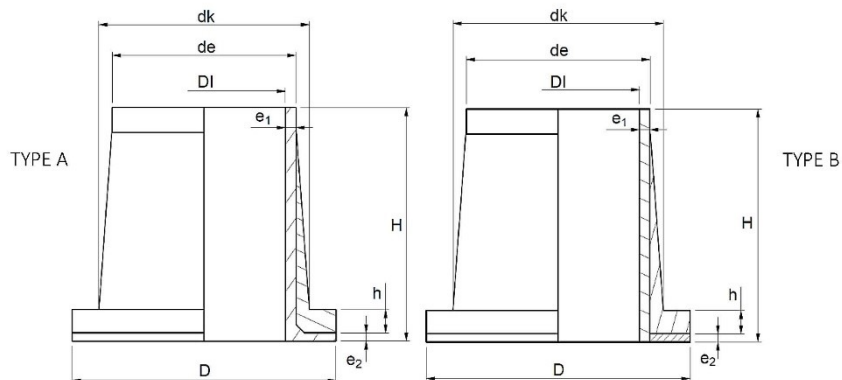
FILAMENT WINED PP/FRP(VE) -PIPE – PRP 2-03



| DN | de | e(FRP) | e(PP) | PN |
|-----|-----|--------|-------|----|
| 80 | 90 | 2 | 5,1 | 10 |
| 100 | 110 | 2 | 6,3 | 10 |
| 125 | 125 | 2 | 7,1 | 10 |
| 125 | 140 | 2 | 8 | 10 |
| 150 | 160 | 2,5 | 9,1 | 10 |
| 200 | 200 | 2,7 | 11,4 | 10 |
| 250 | 250 | 3,3 | 14,2 | 10 |
| 300 | 315 | 4,2 | 17,9 | 10 |
| 350 | 355 | 4,7 | 20,1 | 10 |
| 400 | 400 | 5,2 | 22,7 | 10 |
| 500 | 500 | 6,5 | 28,3 | 10 |

Pipe length 5m.

PP/FRP(VE) – STUB END – PRP 4-03



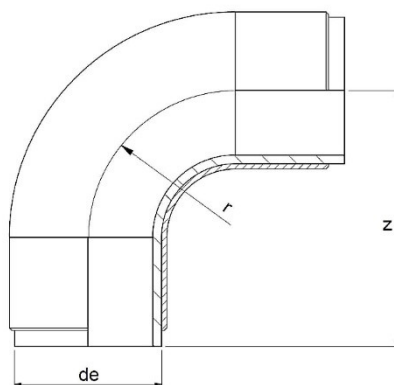
| DN | de | e ₁ | e ₂ | dk | D | h | H | ID | Type | PN |
|-----|-----|----------------|----------------|-----|-----|----|-----|-------|------|------|
| 15 | 20 | 1,9 | 5-6 | 31 | 45 | 12 | 120 | 16,2 | B | 25 |
| 20 | 25 | 2,3 | 5-6 | 37 | 58 | 12 | 120 | 20,4 | B | 25 |
| 25 | 32 | 2,9 | 5-6 | 46 | 68 | 12 | 120 | 26,2 | B | 25 |
| 32 | 40 | 3,7 | 5-6 | 53 | 78 | 12 | 120 | 32,6 | B | 25 |
| 40* | 50 | 4,6 | 4-5 | 64 | 88 | 13 | 120 | 40,8 | A | 25 |
| 50 | 63 | 5,8 | 4-5 | 76 | 102 | 13 | 120 | 51,4 | A | 25 |
| 65 | 75 | 4,5 | 4-5 | 90 | 122 | 13 | 125 | 66 | A | 16 |
| 80 | 90 | 5,4 | 4-5 | 106 | 138 | 13 | 140 | 79,2 | A | 16 |
| 100 | 110 | 6,6 | 4-5 | 126 | 158 | 14 | 140 | 96,8 | A | 16 |
| 125 | 125 | 7,4 | 5-6 | 141 | 188 | 14 | 180 | 110,2 | B | 10 |
| 125 | 140 | 8 | 4-5 | 156 | 188 | 14 | 180 | 124 | A | 10 |
| 150 | 160 | 9,5 | 4-5 | 176 | 212 | 16 | 180 | 141 | A | 10 |
| 200 | 200 | 11,9 | 4-5 | 223 | 268 | 19 | 180 | 176,2 | A | 10 |
| 250 | 250 | 14,2 | 5-6 | 271 | 274 | 20 | 220 | 221,6 | B | 10 |
| 300 | 315 | 17,9 | 5-6 | 336 | 370 | 28 | 220 | 279,2 | B | 10 |
| 350 | 355 | 20,1 | 5-6 | 385 | 430 | 20 | 300 | 314,8 | B | 6/10 |
| 400 | 400 | 22,7 | 5-6 | 439 | 482 | 22 | 300 | 354,6 | B | 6/10 |

*Pipe length continued by buttwelding

TYPE A: mechanical fixing form machined on PP flange.

TYPE B: fiber backed PP sheet welded on PP pipe for FRP fixing.

PP/FRP(VE) - ELBOW – PRP 5-03

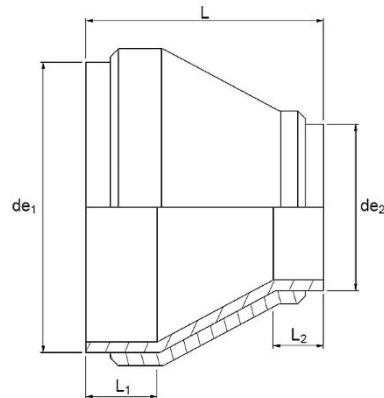


| DN | de | z | r | PN |
|----------|-----|-------|-----|----|
| 15 | 20 | 60 | 20 | 10 |
| 20 | 25 | 68,5 | 25 | 10 |
| 25 | 32 | 79 | 32 | 10 |
| 32 | 40 | 92,5 | 40 | 10 |
| 40 | 50 | 108,5 | 50 | 10 |
| 50 | 63 | 129,5 | 63 | 10 |
| 65 | 75 | 150 | 75 | 10 |
| 80 | 90 | 168 | 90 | 10 |
| 100 | 110 | 192 | 110 | 10 |
| 100* | 110 | 120 | 110 | 10 |
| 125 | 125 | 218 | 125 | 10 |
| 125* | 125 | 140 | 125 | 10 |
| 125/140 | 140 | 241 | 140 | 10 |
| 125/140* | 140 | 150 | 140 | 10 |
| 150 | 160 | 261,5 | 160 | 10 |
| 150* | 160 | 180 | 160 | 10 |
| 200 | 200 | 318,5 | 200 | 10 |
| 200* | 200 | 220 | 200 | 10 |
| 200/225 | 225 | 353 | 225 | 10 |
| 200/225* | 225 | 245 | 225 | 10 |

*Short spigot

Fittings sold without the FRP structure.

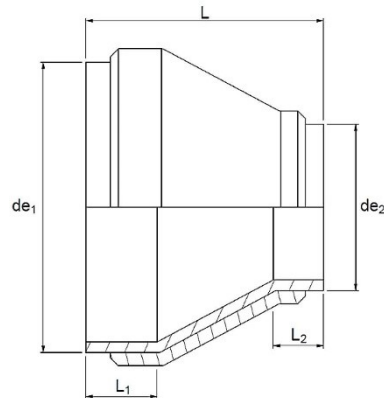
PP/FRP(VE) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|--------|-----------------|-----------------|----|----------------|----------------|----|
| 20/15 | 25 | 20 | 38 | 14 | 14 | 10 |
| 25/15 | 32 | 20 | 40 | 14 | 14 | 10 |
| 25/20 | 32 | 25 | 40 | 14 | 14 | 10 |
| 32/15 | 40 | 20 | 43 | 14 | 14 | 10 |
| 32/20 | 40 | 25 | 43 | 14 | 14 | 10 |
| 32/25 | 40 | 32 | 37 | 14 | 14 | 10 |
| 40/20 | 50 | 25 | 47 | 14 | 14 | 10 |
| 40/25 | 50 | 32 | 41 | 14 | 14 | 10 |
| 40/32 | 50 | 40 | 42 | 14 | 14 | 10 |
| 50/25 | 63 | 32 | 57 | 18 | 14 | 10 |
| 50/32 | 63 | 40 | 51 | 18 | 14 | 10 |
| 50/40 | 63 | 50 | 52 | 18 | 14 | 10 |
| 65/25 | 75 | 32 | 70 | 18 | 14 | 10 |
| 65/32 | 75 | 40 | 70 | 19 | 14 | 10 |
| 65/40 | 75 | 50 | 59 | 19 | 14 | 10 |
| 65/50 | 75 | 63 | 60 | 19 | 18 | 10 |
| 80/40 | 90 | 50 | 76 | 22 | 14 | 10 |
| 80/50 | 90 | 63 | 66 | 22 | 18 | 10 |
| 80/65 | 90 | 75 | 66 | 22 | 19 | 10 |
| 100/40 | 110 | 50 | 90 | 28 | 18 | 10 |
| 100/50 | 110 | 63 | 90 | 28 | 19 | 10 |
| 100/65 | 110 | 75 | 85 | 28 | 22 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

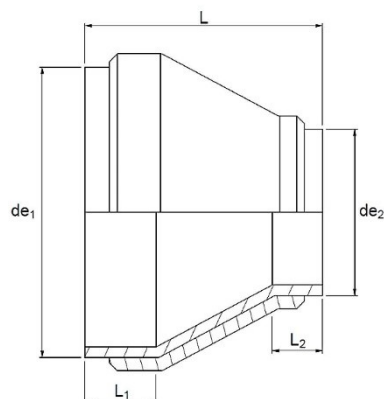
PP/FRP(VE) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|---------|-----------------|-----------------|-----|----------------|----------------|----|
| 100/80 | 110 | 90 | 85 | 32 | 18 | 10 |
| 125/50 | 125 | 63 | 100 | 32 | 18 | 10 |
| 125/65 | 125 | 75 | 100 | 32 | 19 | 10 |
| 125/80 | 125 | 90 | 90 | 32 | 22 | 10 |
| 125/100 | 125 | 110 | 90 | 32 | 28 | 10 |
| 125/65 | 140 | 75 | 110 | 35 | 19 | 10 |
| 125/80 | 140 | 90 | 110 | 35 | 22 | 10 |
| 125/100 | 140 | 110 | 100 | 35 | 28 | 10 |
| 125/125 | 140 | 125 | 100 | 35 | 32 | 10 |
| 150/80 | 160 | 90 | 115 | 40 | 22 | 10 |
| 150/100 | 160 | 110 | 115 | 40 | 28 | 10 |
| 150/125 | 160 | 125 | 110 | 40 | 32 | 10 |
| 150/125 | 160 | 140 | 110 | 40 | 35 | 10 |
| 200/125 | 200 | 140 | 137 | 50 | 35 | 10 |
| 200/150 | 200 | 160 | 132 | 50 | 40 | 10 |
| 200/150 | 200 | 180 | 137 | 50 | 45 | 10 |
| 200/125 | 225 | 140 | 162 | 55 | 35 | 10 |
| 200/150 | 225 | 160 | 140 | 55 | 40 | 10 |
| 200/150 | 225 | 180 | 162 | 55 | 45 | 10 |
| 200/200 | 225 | 200 | 162 | 55 | 50 | 10 |
| 250/150 | 250 | 160 | 149 | 60 | 40 | 10 |
| 250/150 | 250 | 180 | 177 | 60 | 45 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

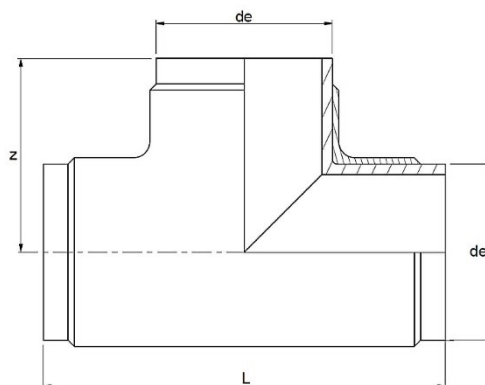
PP/FRP(VE) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|---------|-----------------|-----------------|-----|----------------|----------------|----|
| 250/200 | 250 | 200 | 144 | 60 | 50 | 10 |
| 250/200 | 250 | 225 | 144 | 60 | 55 | 10 |
| 250/200 | 280 | 200 | 202 | 70 | 50 | 10 |
| 250/200 | 280 | 225 | 202 | 70 | 55 | 10 |
| 250/250 | 280 | 250 | 165 | 70 | 60 | 10 |
| 300/200 | 315 | 200 | 196 | 80 | 50 | 10 |
| 300/200 | 315 | 225 | 207 | 80 | 55 | 10 |
| 300/250 | 315 | 250 | 200 | 80 | 60 | 10 |
| 300/250 | 315 | 280 | 198 | 80 | 70 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

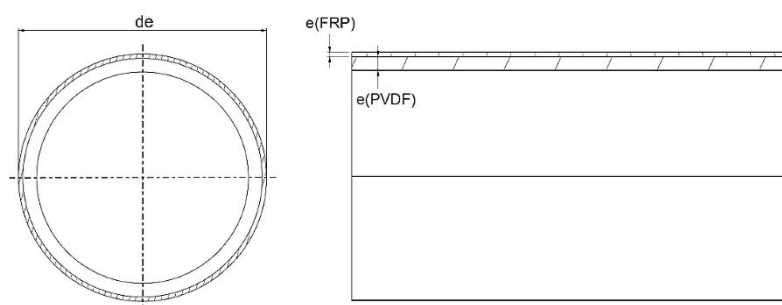
PP/FRP(VE) TEE – PRP 9-03



| DN | de | z | L | PN |
|-----|-----|-------|-----|----|
| 15 | 20 | 34 | 68 | 10 |
| 20 | 25 | 40 | 80 | 10 |
| 25 | 32 | 45 | 90 | 10 |
| 32 | 40 | 50 | 100 | 10 |
| 40 | 50 | 60 | 120 | 10 |
| 50 | 63 | 72 | 144 | 10 |
| 65 | 75 | 75 | 152 | 10 |
| 80 | 90 | 107 | 212 | 10 |
| 100 | 110 | 121 | 251 | 10 |
| 125 | 125 | 140 | 280 | 10 |
| 125 | 140 | 150 | 304 | 10 |
| 150 | 160 | 173 | 346 | 10 |
| 200 | 200 | 202,5 | 405 | 10 |
| 200 | 225 | 222,5 | 445 | 10 |
| 250 | 250 | 235 | 470 | 10 |
| 250 | 280 | 272 | 543 | 10 |
| 300 | 315 | 275 | 550 | 10 |
| 350 | 355 | 340 | 680 | 10 |
| 400 | 400 | 352,5 | 705 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure.

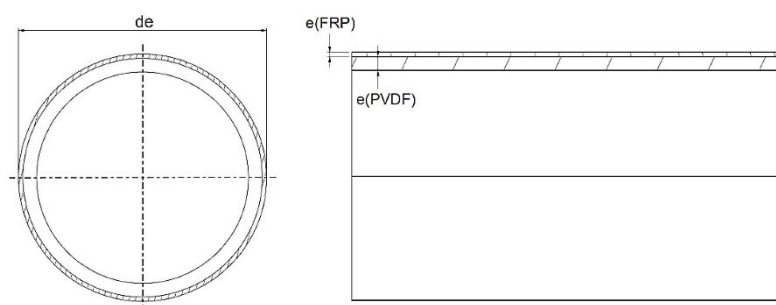
PULTRUSION WINDED PVDF/FRP(VEN) -PIPE – PRP 1-03



| DN | de | e(FRP) | e(PVDF) | PN |
|-----|-----|--------|---------|----|
| 15 | 20 | 2 | 1,9 | 16 |
| 20 | 25 | 2 | 1,9 | 16 |
| 25 | 32 | 2 | 2,4 | 16 |
| 32 | 40 | 2 | 2,4 | 16 |
| 40 | 50 | 2 | 3 | 16 |
| 50 | 63 | 2 | 3 | 16 |
| 65 | 75 | 2 | 3 | 10 |
| 80 | 90 | 2 | 2,8 | 10 |
| 100 | 110 | 2 | 3 | 10 |

Pipe length 5m. HV Liner surface treated pipe.

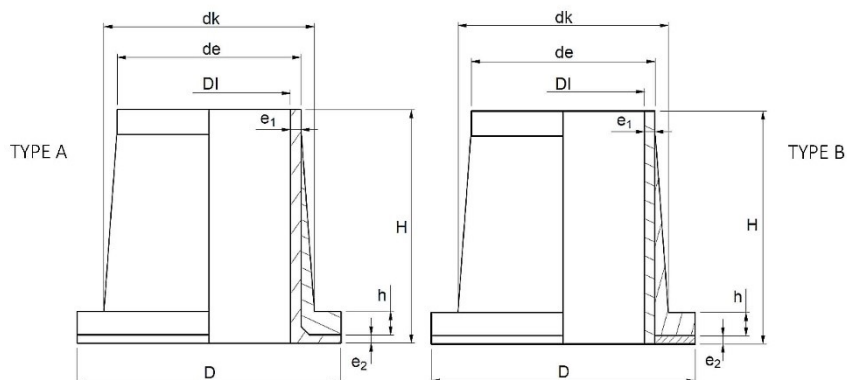
FILAMENT WINDED PVDF/FRP(VEN) -PIPE – PRP 2-03



| DN | de | e(FRP) | e(PVDF) | PN |
|-----|-----|--------|---------|----|
| 80 | 90 | 2 | 2,8 | 10 |
| 100 | 110 | 2 | 3 | 10 |
| 125 | 125 | 2 | 3 | 10 |
| 125 | 140 | 2 | 3 | 10 |
| 150 | 150 | 2,5 | 3 | 10 |
| 200 | 200 | 2,7 | 3 | 10 |
| 250 | 250 | 3,3 | 3 | 10 |
| 300 | 315 | 4,2 | 4 | 10 |
| 350 | 355 | 4,7 | 4 | 10 |
| 400 | 400 | 5,2 | 5 | 10 |

Pipe length 5m. HV Liner surface treated pipe.

PVDF/FRP(VEN) – STUB END – PRP 4-03

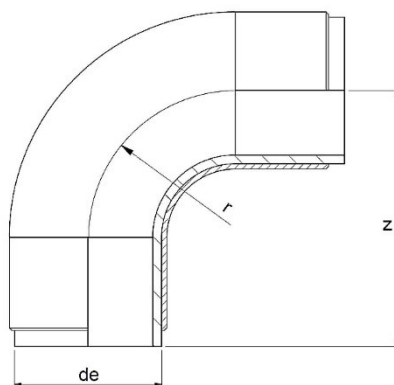


| DN | de | e ₁ | e ₂ | dk | D | h | H | ID | Type | PN |
|-----|-----|----------------|----------------|-----|-----|----|-----|------|------|------|
| 15 | 20 | 1,9 | 5-6 | 31 | 45 | 12 | 120 | 16,2 | B | 25 |
| 20 | 25 | 1,9 | 5-6 | 37 | 58 | 12 | 120 | 21,2 | B | 25 |
| 25 | 32 | 2,4 | 5-6 | 46 | 68 | 12 | 120 | 27,2 | B | 25 |
| 32 | 40 | 2,4 | 5-6 | 53 | 78 | 12 | 120 | 35,2 | B | 25 |
| 40 | 50 | 3 | 3 | 64 | 88 | 13 | 120 | 44 | A | 25 |
| 50 | 63 | 3 | 3 | 76 | 102 | 13 | 120 | 57 | A | 25 |
| 65 | 75 | 3 | 3 | 90 | 122 | 13 | 125 | 69 | A | 16 |
| 80 | 90 | 2,8 | 2,8 | 106 | 138 | 13 | 140 | 84,4 | A | 16 |
| 100 | 110 | 3 | 3 | 126 | 158 | 14 | 140 | 104 | A | 16 |
| 125 | 125 | 3 | 3 | 141 | 188 | 14 | 180 | 119 | A | 10 |
| 125 | 140 | 3 | 3 | 156 | 188 | 14 | 180 | 134 | A | 10 |
| 150 | 160 | 3 | 3 | 176 | 212 | 16 | 180 | 154 | A | 10 |
| 200 | 200 | 3 | 3 | 223 | 268 | 19 | 180 | 194 | A | 10 |
| 250 | 250 | 3 | 3 | 271 | 274 | 24 | 220 | 244 | A | 10 |
| 300 | 315 | 4 | 5-6 | 336 | 370 | 28 | 220 | 307 | B | 10 |
| 350 | 355 | 4 | 5-6 | 385 | 430 | 20 | 300 | 347 | B | 6-10 |
| 400 | 400 | 5 | 5-6 | 439 | 482 | 22 | 300 | 390 | B | 6-10 |

TYPE A: stub ends made of PVDF HV Liner pipe by thermoforming.

TYPE B: fiber backed PVDF sheet welded on PVDF HV Liner pipe for FRP fixing.

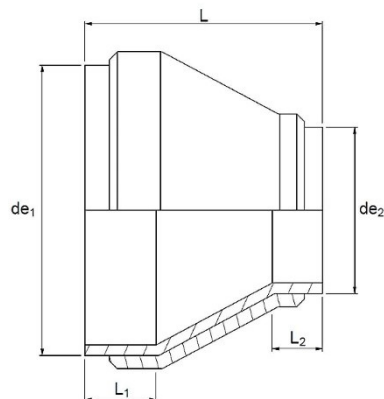
PVDF/FRP(VEN) ELBOW – PRP 5-03



| DN | de | z | r | PN |
|-----|-----|-----|-----|----|
| 15 | 20 | 51 | 20 | 10 |
| 20 | 25 | 56 | 25 | 10 |
| 25 | 32 | 63 | 32 | 10 |
| 32 | 40 | 72 | 40 | 10 |
| 40 | 50 | 84 | 50 | 10 |
| 50 | 63 | 97 | 63 | 10 |
| 65 | 75 | 100 | 75 | 10 |
| 80 | 90 | 123 | 90 | 10 |
| 100 | 110 | 142 | 110 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure. Also available with HV Liner surface treatment.

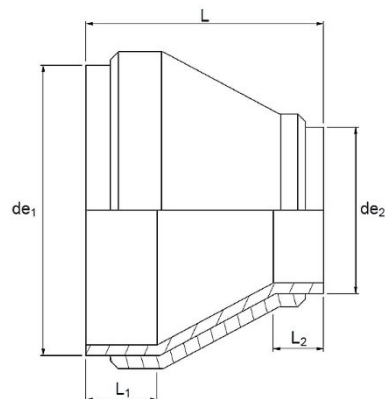
PVDF/FRP(VEN) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|--------|-----------------|-----------------|-----|----------------|----------------|----|
| 20/15 | 25 | 20 | 50 | 20 | 20 | 10 |
| 25/15 | 32 | 20 | 50 | 18,5 | 19 | 10 |
| 25/20 | 32 | 25 | 50 | 20 | 20 | 10 |
| 32/15 | 40 | 20 | 55 | 20 | 20 | 10 |
| 32/20 | 40 | 25 | 55 | 20 | 20 | 10 |
| 32/25 | 40 | 32 | 55 | 20 | 20 | 10 |
| 40/15 | 50 | 20 | 60 | 23 | 20 | 10 |
| 40/20 | 50 | 25 | 60 | 24 | 20 | 10 |
| 40/25 | 50 | 32 | 60 | 25 | 20 | 10 |
| 40/32 | 50 | 40 | 60 | 25 | 22 | 10 |
| 50/20 | 63 | 25 | 75 | 25 | 20 | 10 |
| 50/25 | 63 | 32 | 65 | 25 | 18 | 10 |
| 50/32 | 63 | 40 | 65 | 26 | 22 | 10 |
| 50/40 | 63 | 50 | 65 | 25 | 24 | 10 |
| 65/40 | 75 | 50 | 148 | 63 | 57 | 10 |
| 65/50 | 75 | 63 | 149 | 65 | 60 | 10 |
| 80/40 | 90 | 50 | 90 | 30 | 25 | 10 |
| 80/50 | 90 | 63 | 160 | 70 | 59 | 10 |
| 80/65 | 90 | 75 | 162 | 75 | 62 | 10 |
| 100/50 | 110 | 63 | 103 | 30 | 33 | 10 |
| 100/65 | 110 | 75 | 95 | 33 | 33 | 10 |
| 100/80 | 110 | 90 | 90 | 30 | 35 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure. Also available with HV Liner surface treatment.

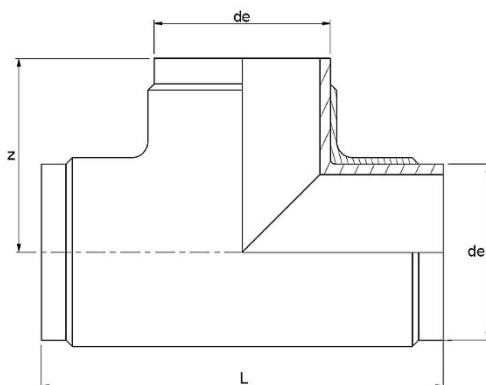
PVDF/FRP(VEN) - REDUCER – PRP 7-03



| DN | de ₁ | de ₂ | L | L ₁ | L ₂ | PN |
|---------|-----------------|-----------------|-----|----------------|----------------|----|
| 125/50 | 140 | 63 | 133 | 38 | 27 | 10 |
| 125/100 | 140 | 110 | 110 | 42 | 40 | 10 |
| 150/100 | 160 | 110 | 230 | 95 | 89 | 10 |
| 150/125 | 160 | 140 | 226 | 95 | 96 | 10 |
| 200/150 | 225 | 160 | 160 | 32 | 35 | 10 |
| 250/150 | 250 | 160 | 179 | 36 | 36 | 10 |
| 250/200 | 250 | 225 | 180 | 43 | 28 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure. Also available with HV Liner surface treatment.

PVDF/FRP(VEN) TEE – PRP 9-03



| DN | de | z | L | PN |
|-----|-----|-----|-----|----|
| 15 | 20 | 38 | 75 | 10 |
| 20 | 25 | 42 | 84 | 10 |
| 25 | 32 | 46 | 90 | 10 |
| 32 | 40 | 58 | 116 | 10 |
| 40 | 50 | 64 | 126 | 10 |
| 50 | 63 | 70 | 140 | 10 |
| 65 | 75 | 89 | 178 | 10 |
| 80 | 90 | 92 | 185 | 10 |
| 100 | 110 | 110 | 221 | 10 |
| 125 | 125 | 139 | 279 | 10 |
| 125 | 140 | 154 | 308 | 10 |
| 150 | 160 | 140 | 279 | 10 |
| 200 | 200 | 223 | 446 | 10 |
| 200 | 225 | 246 | 496 | 10 |
| 250 | 250 | 250 | 500 | 10 |
| 250 | 280 | 248 | 495 | 10 |

Fittings sold without the FRP structure. Also available with HV Liner surface treatment.