



Väylävirasto
Trafikledsverket

Väyläviraston ohjeita
46/2023

SILKO 1.202

Polymeerit sillankorjausmateriaalina
(sisältö vastaa versiota 9/90)

siltojen
SILKO
korjaus





Väylävirasto
Trafikledsverket

Ohje

19.3.2024

VÄYLÄ/7861/06.04.01/2023

Vastaanottaja	Korvaa
-	SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina (9/90)
Säädösperusta	Voimassa
-	1.4.2024
Väylämuoto	Kohdistuvuus
taitorakenteet	suunnittelu, rakentaminen, kunnossapito
Asiasanat	Käyttäjryhmät
polymeerit	suunnittelijat, urakoitsijat, kunnossapitäjät

SILKO 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina (sisältö vastaa versiota 9/90)

Tässä ohjepäivityksessä on täsmennetty Väyläviraston roolia. Sisällöllisesti ohje on muuttumaton. Väylävirasto ei toimi ohjeessa mainittujen tuotteiden hyväksyjänä, vaan Väylävirasto tilaajana asettaa tuotteille vaatimuksia ja arvioi tuotteiden vaatimustenmukaisuuden.

Tiehallitus, tuotanto-osasto, tekniset palvelut 1990

- Tieinsinööri Kari Moijanen, pj. TIEH/Tt
- Silko betonityöryhmä

Erikoisasiantuntijat:

- Diplomi-insinööri Pentti Eloniemi, VTT/RAM
- Erikoistutkija, DI Eva Häkkä-Rönnholm, Tekniikan Sanastokeskus ry
- Terminologi, FM Lari Kauppinen, VTT/RAM
- Vt. professori Liisa Rautiainen, VTT/RAM
- Tutkija, DI Leena Sarvaranta, VTT/RAM
- Johtaja, DI Heidi Suonuuti, Tekniikan Sanastokeskus ry
- Työsuojeluinsinööri Seija Vilander, TIEH/He

Konsultti:

- Insinööritoimisto Jorma Huura Ky

Piirroksat:

- Tekn. yo Kai Tattari, FM Lari Kauppinen

Valokuvat:

- Kuva 26: Heikki Alarautalahti
- Kuvat 9, 19: Kurt Engblom
- Kuvat 8, 10, 11, 14, 15, 21, 23, 24, 25, 27, 28: Jorma Huura
- Kuva 12: Jorma Lampinen
- Kuva 17: Esko Mäenpää
- Kuva 18: Kyösti Piironen
- Kuva 20: Jarmo Saarikko
- Kuva 30: Voitto Valtonen
- Kuva 16: Raimo Vessonen
- Kuva 13: Osmo Viljanen
- Kuva 29: Esko Yrjölä

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö	Minna Torkkeli
Rautatiejohtaja	Jukka Ronni
Tieliikennejohtaja	Jarmo Joutsensaari
Asiantuntija, sillat	Jari Nikki

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää tienpidon ja rautatietoimintojen osalta.

Voit antaa palautetta ohjeesta ohjeen yhteyshenkilölle (etunimi.sukunimi@vayla.fi) tai Väyläviraston teknisten ja turvallisuusohjeiden palautteenantokanavaan (teknisetjaturvallisuusohjeet@vayla.fi).

Dokumentin sisältö ei ole kaikilta osin saavutettava.

LISÄTIETOJA

Jari Nikki

Väylävirasto

www.vayla.fi

PL 33, 00521 Helsinki

Puhelin 0295 34 3000

etunimi.sukunimi@vayla.fi

Opastinsilta 12 A, 00520 Helsinki

Faksi 0295 34 3700

kirjaamo@vayla.fi

Sisällys

1	YLEISTÄ.....	6
1.1	OHJEEN KÄYTTÖALUE.....	6
1.2	TERMIT JA MÄÄRITELMÄT.....	6
2	POLYMEERIEEN OMINAISUUDET JA VALMISTUS.....	24
2.1	POLYMEERILAJIT.....	24
2.2	POLYMEERIMATERIAALIEN OMINAISUUDET.....	26
2.3	MUOVIT.....	29
2.4	ELASTOMEERIT.....	30
2.5	POLYMEERITUOTTEIDEN VALMISTUS JA SÄILYTYS.....	31
3	POLYMEERIEEN KÄYTTÖ SILLOISSA.....	32
3.1	BETONIN KORJAUSAIINEET.....	32
3.1.1	BETONIMUOVI.....	33
3.1.2	POLYMEERIPITOISET BETONIT JA LAASTIT.....	35
3.1.3	KUITULAASTI JA -BETONI.....	37
3.1.4	MUUT BETONIN POLYMEERISET LISÄAIINEET.....	38
3.1.5	INJEKTOINNISSA KÄYTETTÄVÄT AIINEET.....	39
3.1.6	IMPREGNOINTIAIINEET.....	40
3.2	MAALIT JA JOUSTOPINNOITTEET.....	40
3.2.1	ALKYDIMAALIT.....	42
3.2.2	KLOORIKAUTSUMAALIT.....	43
3.2.3	VINYYLIMAALIT.....	44
3.2.4	EPOKSIMAALIT.....	44
3.2.5	POLYURETAANIMAALIT.....	44
3.2.6	SINKKIPÖLYMAALIT.....	45
3.2.7	AKRYLAATIT.....	45
3.2.8	JOUSTOPINNOITTEET.....	46
3.3	VEDENERISTEET JA PÄÄLLYSTEET.....	46
3.3.1	ESISIVELYAIINEET.....	47
3.3.2	ERISTYSKERMIT.....	47
3.3.3	ERISTYSMASTIKSIT.....	48
3.3.4	ERISTYSMASSAT.....	48
3.3.5	ASFALTIT.....	49
3.3.6	OHUTKERROSPÄÄLLYSTEET.....	49
3.4	SAUMAUSMASSAT.....	50
3.4.1	POLYURETAANIMASSAT.....	52
3.4.2	SILIKONIMASSAT.....	52
3.4.3	POLYSULFIDIMASSAT.....	53
3.4.4	KUMI- JA MUOVIBITUMIT.....	53
3.5	MUUT TARVIKKEET.....	54

3.5.1	LIIKUNTASAUMALAITTEET JA LAAKERIT	54
3.5.2	MUOVIPUTKET JA SALAOJAT	55
3.5.3	LÄMMÖNERISTEET	56
3.5.4	SIDONTAVERKOT JA -KANKAAT	57
4	TYÖSUOJELU.....	58
4.1	TERVEYDELLE VAARALLISTEN AINEIDEN TUNNISTUS- JA MERKINTÄJÄRJESTELMÄ (TVATM).....	58
4.2	TERVEYSVAIKUTUKSET	59
4.2.1	KERTAMUOVIEEN TERVEYSVAIKUTUKSET	59
4.2.2	KESTOMUOVIEEN TERVEYSVAIKUTUKSET	60
4.2.3	ELASTOMEERIEEN TERVEYSVAIKUTUKSET	60
4.2.4	LISÄAINEIDEN TERVEYSVAIKUTUKSET	60
4.3	KULJETUS JA VARASTOINTI.....	61
4.4	AINEIDEN SEKOITUS.....	61
4.5	AINEIDEN KÄSITTELY.....	61
4.5.1	TELA-, SIVELLIN- TAI LASTALEVITYS.....	61
4.5.2	RUISKUTUS.....	62
4.5.3	VALU JA PURISTUS.....	62
4.5.4	TYÖVÄLINEIDEN PUHDISTUS.....	62
4.6	HENKILÖKOHTAISET SUOJAIMET.....	62
4.6.1	IHON SUOJAAMINEN.....	62
4.6.2	HENGITYSELINTEN SUOJAAMINEN.....	63
4.6.3	SILMIEN SUOJAAMINEN.....	63
4.6.4	SUOJAINTEN HOITO.....	63
5	YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	63
5.1	AINEIDEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET.....	63
5.1.1	PÖLY.....	64
5.1.2	MAALISUMU.....	64
5.1.3	KIIINTEÄT AINEET.....	64
5.2	JÄTEHUOLTO.....	65
5.3	ONGELMAJÄTTEET.....	65
6	LAADUNVARMISTUS.....	65
6.1	TARVIKKEIDEN HYVÄKSYNTÄ.....	66
6.1.1	VÄYLÄVIRASTON LAATUVAATIMUKSET.....	66
6.1.2	LAKISÄÄTEINEN TYYPIHYVÄKSYNTÄ.....	66
6.2	ENNAKKOKOKEET.....	66
6.3	KELPOISUUSKOKEET.....	67
7	TÄYDENTÄVÄT OHJEET.....	67

LIITTEET

LIITE A: POLYMEEREISTÄ AIHEUTUVIA TERVEYSHAITTOJA

1 Yleistä

1.1 Ohjeen käyttöalue

Ohje on laadittu osana siltojen korjausohjejärjestelmää, mutta sitä voidaan käyttää muussakin rakentamisessa, sillä ohjeeseen on kerätty uudis- ja korjausrakentamisessa käytettävien polymeerien perustiedot.

Ohje on sijoitettu betonirakenteita koskevaan osaan, koska pääosa asiasisällöstä liittyy betonirakenteisiin. Ohjeessa on esitetty kuitenkin myös muut SILKO-ohjeiston osat, kuten teräsrakenteiden pintakäsittely sekä vedeneristeet ja päällysteet.

Ohjeen tarkoituksena on

- kertoa, mitä polymeerit ovat
- esitellä sillankorjaustöissä käytettävät polymeerit
- toimia Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävien tuotteiden taustatiedostona
- antaa keskitetysti työsuojelu- ja ympäristönsuojeluohjeet.

Tuotekohtaisia tietoja on saatavissa SILKO-ohjeiston tarviketiedostosta (kansio 3) ja SILKO-projektiin liittyvistä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tutkimusraporteista.

1.2 Termit ja määritelmät

Sana polymeeri tulee kreikasta (poly' = paljon, meros = osa) ja se kuvaa hyvin sitä, että polymeerien osat muodostuvat sadoista tai tuhansista pienistä molekyyleistä, joita ei voi havaita edes mikroskoopilla. Kun näihin polymeereihin sekoitetaan erilaisia lisäaineita, saadaan polymeerimateriaaleja, mm. kumeja ja muoveja. Polymeerejä käytetään myös side- ja lisäaineina betonissa sekä maaleissa.

Polymeerilajeja kuvaava käsitejärjestelmä on kuvassa [1 Polymeerilajeja kuvaava käsitejärjestelmä](#).

Termitietueet

Termit, määritelmät ja selitteet on sanastossa esitetty käsitteittäin ns. termitietueina.

Ei-sanalla on merkitty hylättävät, mieluummin kuin -merkinnällä toissijaiset, mutta ei kuitenkaan täysin hylättävät ja myös -sanalla lähinnä arkityyliin kuuluvat synonyymit.

Suomenkielisten termien vastineet muissa kielissä on merkitty standardin ISO 639 mukaisin kielten tunnuksin:

sv

ruotsi

en	englanti
enUS	amerikanenglanti (merkitty vain, jos vastine poikkeaa brittienglannin vastineesta)
de	saksa

Jos termitietueessa kielen tunnuksen kohdalla on tyhjää, se merkitsee, ettei vastinetta ole löytynyt. Vastineissa on käytetty myös seuraavia lyhenteitä ja merkintöjä:

m	maskuliini
f	feminiini
n	neutri. ruotsin ett-suku
pl	monikko
~	vastaa lähes samaa käsitettä

Määritelmän jälkeinen kapeammalla rivinleveydellä kirjoitettu osa on selite, joka antaa mm. lisätietoja termin käytöstä.

Käsitejärjestelmäkaaviot

Sanaston kuvat ovat käsitejärjestelmäkaavioita, jotka kuvaavat erilaisin diagrammein käsitteiden välisiä suhteita.

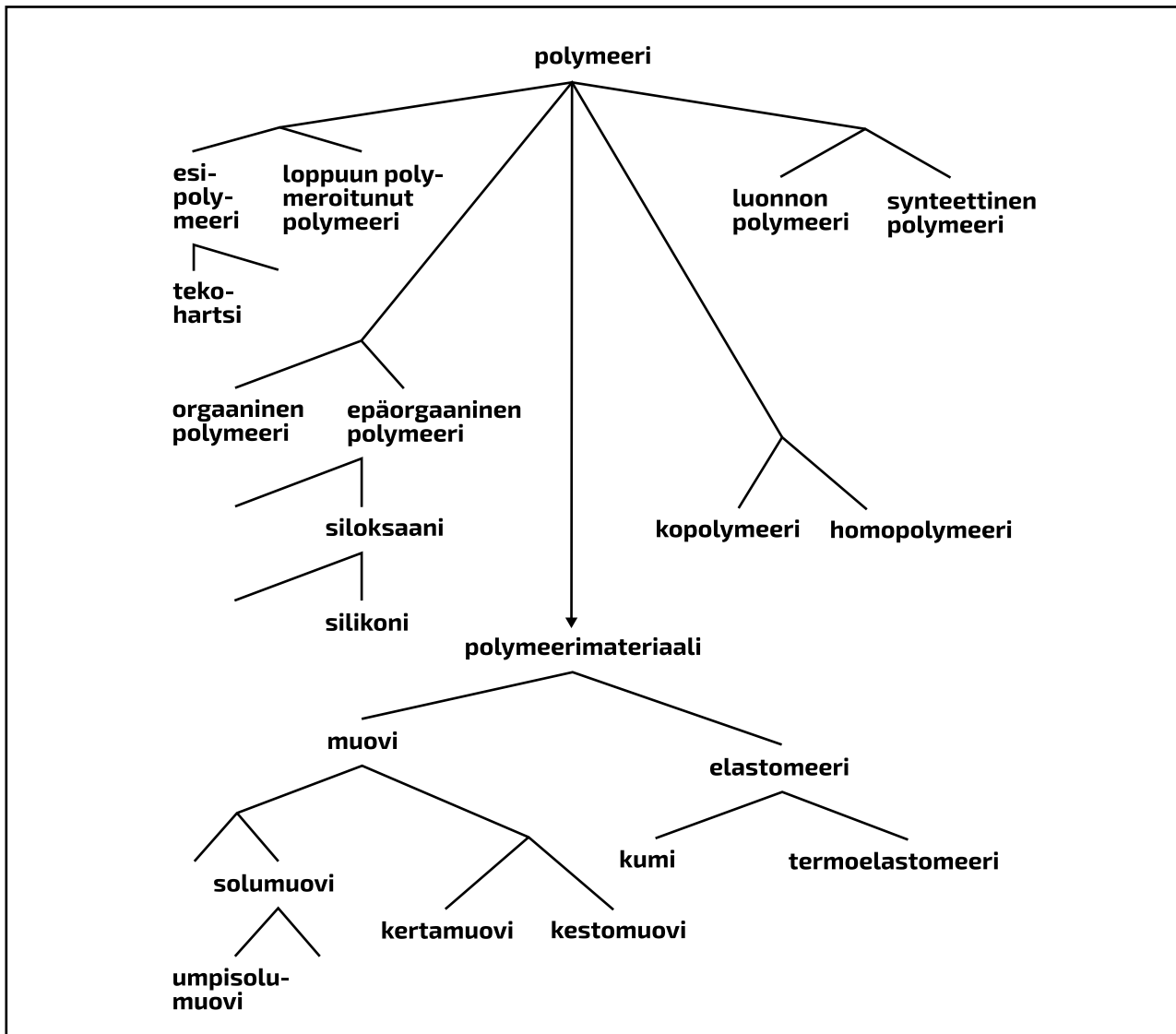
1. Puudiagrammina esitettävässä hierarkkisessa käsitejärjestelmässä edetään laajemmasta yläkäsitteestä suppeampaan alakäsitteeseen; esim. kuvassa polymeerimateriaalit jakautuvat muoveihin ja elastomeereihin, elastomeerit edelleen kumeihin ja termoelastomeereihin.

Hierarkkinen käsitejärjestelmä on usein moniulotteinen, sillä yläkäsitteet voidaan jakaa alakäsitteisiin monin erilaisin perustein. Esimerkiksi kuvassa [1 Polymeerilajeja kuvaava käsitejärjestelmä](#) polymeerit on jaettu (a) polymeerireaktion asteen mukaan esipolymeereihin ja loppuunpolymeroituneisiin polymeereihin, (b) molekyylien rungon koostumuksen mukaan orgaanisiin ja epäorgaanisiin polymeereihin, (c) rakenneyksiköiden mukaan kopolymeereihin ja homopolymeereihin sekä (d) alkuperän mukaan synteettisiin ja luonnonpolymeereihin. Yksittäinen polymeeri kuuluu kullakin neljällä ulottuvuudella jompaankumpaan luokkaan.

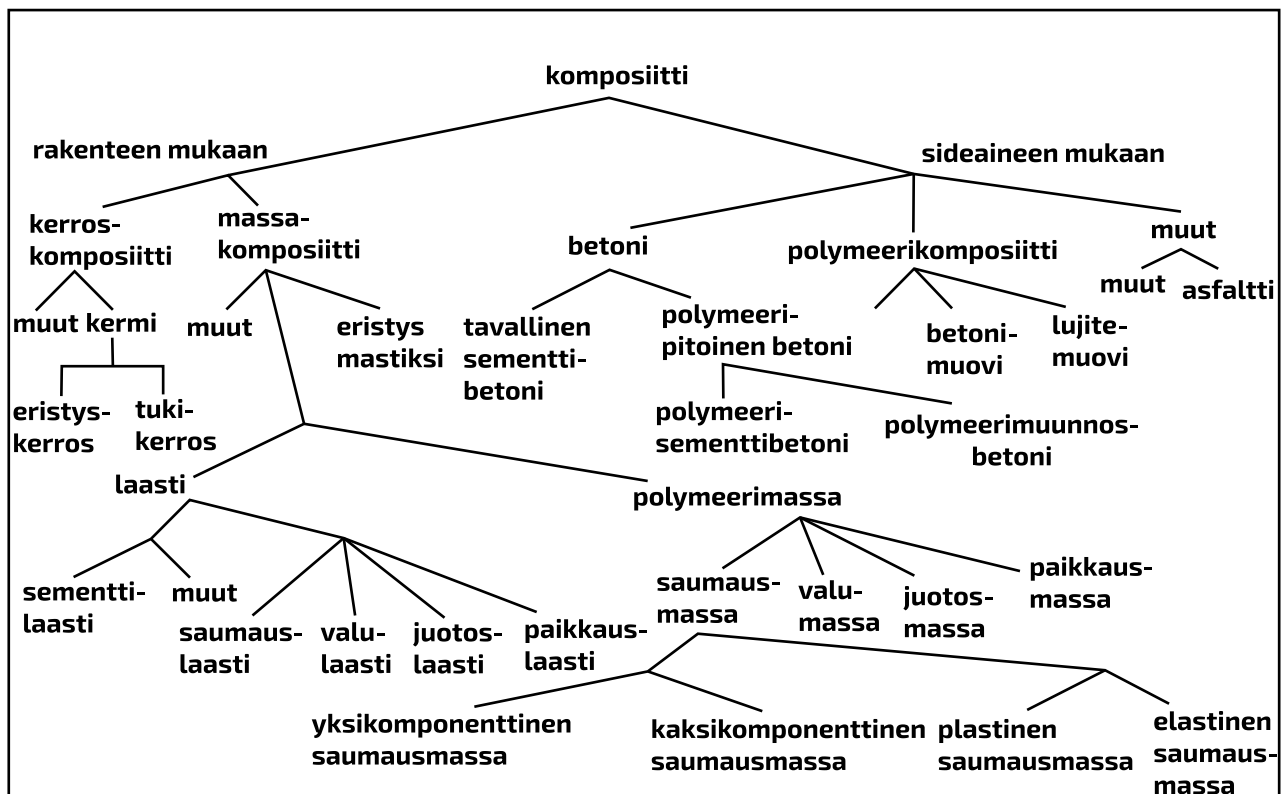
Samoin on muovit jaettu toisaalta kerta- ja kestopuoveihin, toisaalta solumuoveihin ja muihin muoveihin; solumuovin vieruskäsite on kuitenkin jouduttu jättämään ilman nimeä, sillä käsitteellä ei ole terminomaista kielellistä ilmausta. Samanlaisia puudiagrammin tyhjiä oksia on kuvassa [1 Polymeerilajeja kuvaava käsitejärjestelmä](#) myös tekohartsin, silikonin ja siloksaanin vieressä

2. Koostumussuhde, jota kuvataan kampadiagrammilla, kuvaa kokonaisuuksia ja niiden osia. Esimerkiksi kuvan [4 Maalityyppejä kuvaava käsitejärjestelmä](#) mukaan maali koostuu pigmentistä, sideaineesta sekä lisäaineista. Lisäaineen kohdalle on piirretty kaksi viivaa sen merkiksi, että maali voi sisältää useanlaisia lisäaineita.

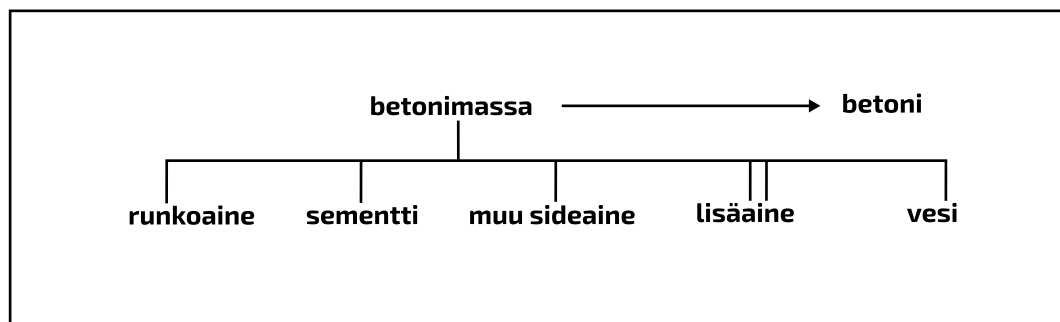
3. Funktiosuhdetta kuvataan nuolidiagrammilla, ja se kuvaa esimerkiksi syyn ja seurauksen tai raaka-aineen ja siitä valmistetun tuotteen välistä suhdetta. Jälkimmäisen kaltainen funktiosuhde on kyseessä esimerkiksi kuvassa 1 [Polymeerilajeja kuvaava käsitejärjestelmä](#) polymeerin ja polymeerimateriaalin välillä, kuvassa 3 [Betonin koostumusta kuvaava käsitejärjestelmä](#) puolestaan betonimassan ja betonin välillä.



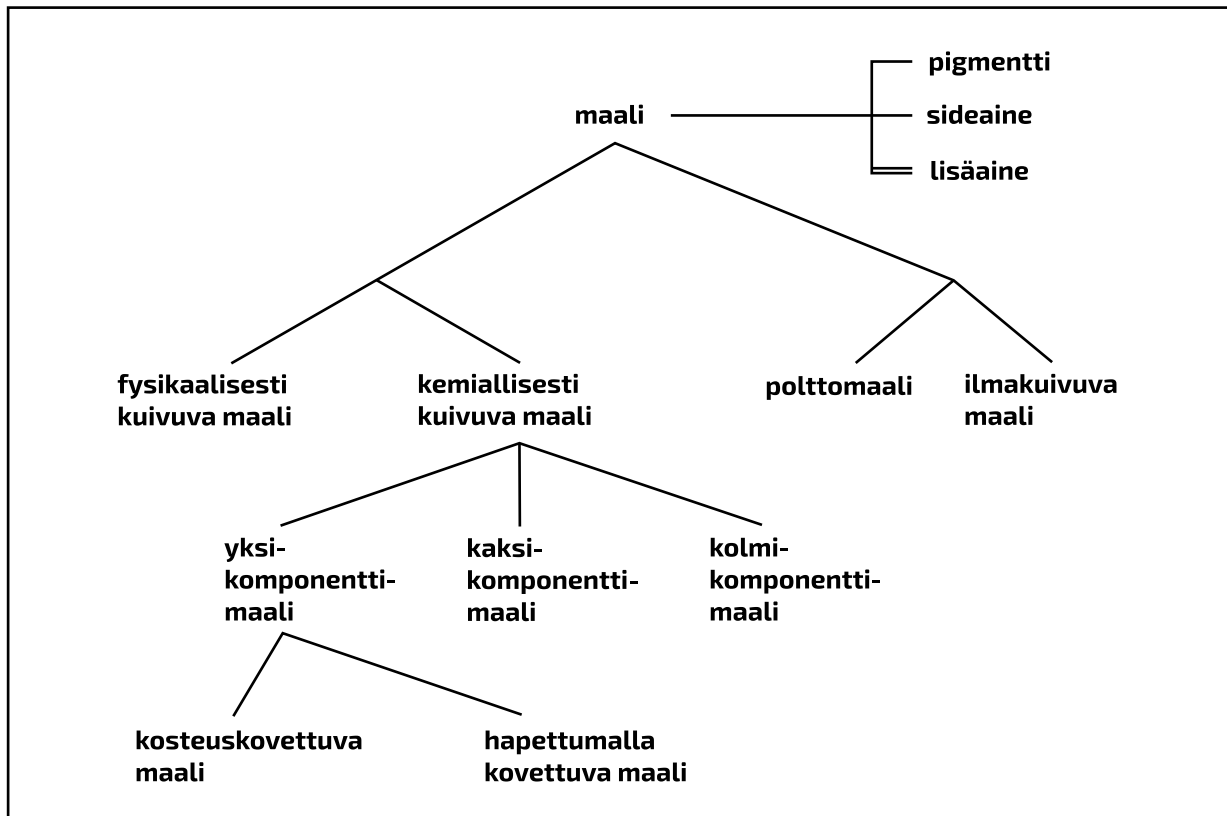
Kuva 1. Polymeerilajeja kuvaava käsitejärjestelmä



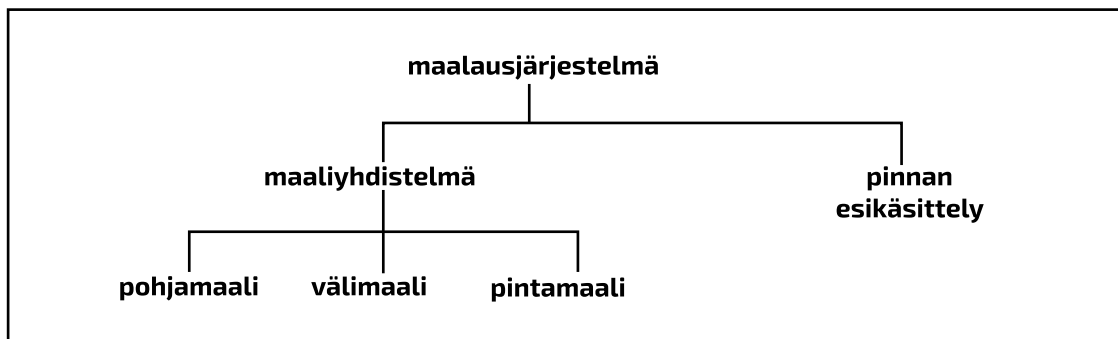
Kuva 2. Komposiittilajeja kuvaava käsitejärjestelmä



Kuva 3. Betonin koostumusta kuvaava käsitejärjestelmä



Kuva 4. Maalityyppejä kuvaava käsitejärjestelmä



Kuva 5. Maaliyhdistelmän ja maalausjärjestelmän koostumusta kuvaava käsitejärjestelmä

Polymeeri

sv polymer

en polymer

de Polymer n

Aine, jonka molekyylit pieniä epäsäännöllisyyksiä lukuunottamatta koostuvat monesta yhteen liittyneestä pienimolekyylisestä rakenneyksiköstä, joiden lukumäärä on niin suuri, että muutaman yksikön lisäys tai vähennys ei enää vaikuta aineen ominaisuuksiin.

Alkuperänsä mukaan polymeerit jaetaan toisaalta luonnonpolymeereihin ja keinoitekoisiin eli synteettisiin polymeereihin, toisaalta epäorgaanisiin

(esim. silikonipolymeerit) ja orgaanisiin polymeereihin. Polymeeri voi koostua keskenään samanlaisista rakenneyksiköistä, jolloin kyseessä on homopolymeeri, tai useantyyppisistä rakenneyksiköistä, jolloin kyseessä on kopolymeeri.

Polymeerien nimet johdetaan usein niiden rakenneosien kemiallista koostumusta kuvaavista systemaattisista nimistä, esimerkiksi polyakrylaatti (rakenneosat akrylaattia), polypropeeni (rakenneosat propeenaa) tai polyeteeni (rakenneosat eteenä).

Monomeeri

sv monomer

en monomer

de Monomer n

Aine, jonka molekyylit kykenevät reagoimaan keskenään tai toisten samalla tavoin reagoivien molekyyliden kanssa niin, että syntyy polymeerejä.

Meeri

sv mer; mieluummin kuin: basenhet; ei: monomer enhet

en monomeric unit, mer, monomer unit

de Mer n

Yhdestä monomeerimolekyylistä muodostunut polymeerimolekyylin osa.

Polymeroituminen

sv polymerisation

en polymerization

de Polymerisation f

Kemiallinen reaktio, jossa monomeeri tai monomeerien seos muuttuu polymeeriksi.

Kopolymeeri; mieluummin kuin: yhteispolymeeri, sekapolymeeri

sv sampolymer; ei: kopolymer

en copolymer

de Mischpolymer n, Copolymer n

Polymeeri, jonka rakenneyksikköinä on kahden- tai useammanlaisia meerejä.

Kopolymeerien nimet voidaan muodostaa kaikkien rakenneosien nimistä, esimerkiksi akryylnitriili-butadieeni-styreeni, fenoli-formaldehydi tai isobuteeni-isopreeni. Näin saadut nimet ovat usein pitkiä ja sen vuoksi niistä käytetään yleensä standardisoituja tunnuksia.

Orgaaninen polymeeri

sv organisk polymer

en organic polymer

de organisches Polymer n

Polymeeri, jonka molekyylin runko muodostuu pääasiassa toisiinsa liittyneistä hiiliatomeista.

Hiilirunko voi olla suora tai haarainen ketju tai muodostua toisiinsa liittyneistä renkaista. Siihen liittyy edelleen muita atomeja, tavallisimmin vetyä, typpeä tai happea.

Silikonipolymeeri

sv silikonpolymer

en silicone polymer

de Silikonpolymer n

Polymeeri, jonka molekyylin runko muodostuu ketjusta, jossa on vuorotellen happi- ja piiatomeja.

Silikonipolymeerin runko on epäorgaaninen, sillä se ei sisällä hiiltä, mutta runkoon voi liittyä myös orgaanisia (eli hiiltä sisältäviä) ryhmiä.

Esipolymeeri

sv prepolymer; ei: förpolymer

en prepolymer

de Prepolymer n, Vorpolymer n, Voraddukt n

Polymeeri, joka ei ole vielä polymeroitunut loppuun.

Harts

sv harts n

en resin

de Harz n

Kiinteä tai puolikiinteä, usein suurimolekyylinen, paineen alaisena valuvaksi muuttuva orgaaninen aine, joka voidaan useita kertoja sulattaa ja palauttaa kiinteäksi.

Hartsit voivat olla joko luonnonhartseja tai tekohartseja. Luonnonhartsit ovat kasveista, varsinkin havupuista, sekä lakkakilpikirvojen iholta erittyviä sitkeitä nesteitä (esim. pihkaharts, mirhami, kumilakka). Tekohartsit ovat synteettisesti valmistettuja esipolymeereja.

Lateksi

sv latex

en latex

de Latex m

Polymeerin ja veden muodostama seos.

Polymeerihiukkasten koko vaihtelee lateksissa tavallisesti välillä 0,000001–0,0001 mm. Lateksit ryhmitellään polymeerin kemiallisen koostumuksen mukaan, esimerkiksi elastomeerilateksi.

Polymeerimateriaali

sv polymermaterial n; mieluummin kuin: makromolekylärt material n

en polymeric material

de Polymermaterial n

Lisäaineita sisältävä polymeeriseos.

Polymeerimateriaalien tärkeimmät lajit ovat muovit ja elastomeerit.

Muovi

sv plast; ei: konstharts, plastic

en plastics pl

enUS plastic

de Kunststoff m, Plast m

Vain rajallisesti venyvä polymeerimateriaali, jota voidaan muovata halutun muotoiseksi kappaleeksi paineen ja lämmön avulla; vrt. elastomeeri.

Muovit jaetaan kerta- ja kestopuoveihin.

Kertamuovi

sv hårdplast

en thermosetting plastic, thermoset plastic, thermosets

de wärmehärtbarer Kunststoff m

Muovi, jota voidaan lämmön avulla muovata vain kerran, koska käsittelyn uusinminen johtaa aineen kemialliseen hajoamiseen; vrt. kestopuovi.

Kertamuovi hajoaa, koska se on ensimmäisessä käsittelyssä silloittunut.

Kestomuovi

sv termoplast

en thermoplastic

de Thermoplast m

Muovi, jota voidaan sulattaa ja muovata enemmän kuin yhden kerran; vrt. kertamuovi.

Kestomuovi ei lämmitettäessä silloitu.

Solumuovi

sv cellplast; mieluummin kuin: lättplast, porplast, skum, skumplast

en cellular plastic, expanded plastic, foamed plastic

de Zellkunststoff m, Schaumstoff m, Schaumkunststoff m

Muovi, joka on tehty solumaiseksi esimerkiksi vaahdottamalla tai paisuttamalla joko fysikaalisesti tai kemiallisesti.

Jos muovin solut eivät ole avoimessa yhteydessä keskenään, muovia kutsutaan umpisoluliseksi.

Elastomeeri, elasti

sv elast; ei: elastomer

en elastomer

de Elastomer n

Polymeerimateriaali, jonka venyvyys on suuri tai lähes rajaton; vrt. muovi.

Elastomeerikappale voidaan venyttää katkeamatta vähintään kaksinkertaiseen pituuteen ja kuormituksen loputtua se palautuu lähes entiseen muotoonsa. Elastomeerit jaetaan termoelastomeereihin ja kumeihin.

Kumi

sv gummi

en rubber

de Gummi n, Kautschuk m

Vain vaikeasti lämmöllä uudelleen muovautuva elastomeeri, jota valmistetaan kautsukasvien maitiaisnesteestä tai synteettisesti; vrt. termoelastomeeri.

Kumin polymeerit ovat silloittuneita tai ne voidaan silloittaa vulkanoimalla.

Termoelastomeeri, termoplastinen elastomeeri, termoelasti

sv termoelast, TPE; mieluummin kuin: termoplastisk elast; ei: termoplastisk gummi

en thermoplastic elastomer

de thermoplastisches Elastomer n

Lämmöllä helposti uudelleen muovautuva elastomeeri, jonka muodonpitävät voimat ovat fysikaalisia; vrt. kumi.

Termoelastomeereja ei tarvitse vulkanoida, vaan silloittuminen saadaan aikaan lähtöaineen valinnalla.

Silloittuminen; ei: riistiinsilloittuminen

sv tvärbinding; myös: förnätning; ei: bryggbildning

en cross linking

de Vernetzung f, Querbinding f, Querverbindung f

Polymeerien ketjumaisten molekyylien yhdistyminen toisiinsa poikittaisia sidoksia eli siltoja muodostamalla.

Vulkanointi

sv vulkning; mieluummin kuin: vulkanisation, vulkanisering

en vulcanization, cure

de Vulkanisation f, Heizung f, Vulkanisierung f

Käsittely, jolla kumin joustavuutta ja kestävyyttä parannetaan muodostamalla ristisidoksia raaka-aineen molekyylien välille.

Luonnonkumi vulkanoidaan kuumentamalla ja lisäämällä siihen rikkiä 1–3 % kumin määrästä.

Komposiitti, komposiittimateriaali

sv kompositmaterial, komposit

en composite material, composite

de Kompositwerkstoff m

Materiaali, joka koostuu kahdesta tai useammasta selvästi erottuvasta faasista, joista toinen, tavallisesti yhtenäinen faasi, on sideaineena ja toinen, esimerkiksi rakeinen tai kuitumainen, runkoaineena.

Komposiitit jaetaan massakomposiitteihin ja kerroskomposiitteihin.

Massakomposiitti

Komposiitti, joka koostuu eri materiaalien sekoituksesta.

Esimerkiksi betoni ja lujitemuovi ovat massakomposiitteja.

Kerroskomposiitti

Komposiitti, joka koostuu erillisistä materiaalikerroksista.

Esimerkiksi vaneri ja eristyskermi ovat kerroskomposiitteja.

Laasti

sv bruk

en mortar

de Mörtel m

Yhden tai useamman sideaineen, hienojakoisen runkoaineen sekä veden muodostama massakomposiitti, joka saattaa sisältää myös lisäaineita.

Runkoaineen raekoko laasteissa on yleensä alle 4 mm. Laastit ryhmitellään toisaalta sideaineen mukaan – esimerkiksi sementtilaastissa sideaineena on sementti, kalkkilaastissa sammutettu kalkki – toisaalta käyttötarkoituksensa mukaan – esim. juotos-, paikkaus-, saumaus- ja valulaastit.

Polymeerimassa

Massakomposiitti, jonka pääasiallisena sideaineena on polymeeri.

Polymeerimassat jaetaan käyttötarkoituksensa mukaan juotos-, valu-, paikkaus- ja saumausmassoihin.

Saumausmassa

sv fogmassa, foggjutmassa

en jointing compound, sealing compound

de Fugenvergussmasse f, Fugenfullmasse f

Polymeerimassa, jota käytetään tiivistämään eri rakennusosien tai -elementtien välejä ja eristämään välit kosteudelta ja haitallisilta kemikaaleilta.

Sen mukaan kuinka hyvin massa palautuu entiseen muotoonsa vedon tai puristuksen jälkeen, saumausmassat jaetaan plastisiin ja elastisiin saumausmassoihin. Toisaalta kovettumistapansa mukaan saumausmassat voidaan jakaa yksikomponenttisiin, jotka kovettuvat sideaineen reagoiessa ilman kanssa, ja kaksikomponenttisiin, jotka kovettuvat sideaineen reagoiessa kovetteen kanssa; vrt. yksi- ja kaksikomponenttimaalit.

Eristysmastiksi

sv isoleringsgjutasfalt

en sandfilled waterproofing mastic asphalt

de feinkörniger Gussasphalt m fur Abdichtungen

Eristämisessä käytettävä pehmeä, kittimäinen massakomposiitti, jonka sideaineena on yleensä bitumi tai polymeeri.

Eristysmastiksi on saanut nimensä luonnossa tavattavasta mastiksista, joka on *Pistacia lentiscus* -pensaalla sisältämää vaaleankeltaista tai vihertävää luonnonhartsia.

Kermi

sve ~ membran

en ~ sheet

Vettä läpäisemätön kerroskomposiitti, joka koostuu eristyskerroksesta ja tukikerroksesta.

Eristyskerroksena voi olla esimerkiksi muovi- tai kumibitumi, tukikerroksena esimerkiksi polyesteri- tai lasikuituhuopa.

Betoni

sv ~ betong

en ~ concrete

de ~ Beton m

Rakennusaineena käytettävä, betonimassasta kovettumalla syntyvä massakomposiitti.

Betonimassa

sv betongmassa

en fresh concrete, freshly mixed concrete, unset concrete

de Frischbeton m, frischer Beton m

Kovettuva sementin, runkoaineen sekä veden seos, joka saattaa sisältää myös lisäaineita ja muita sideaineita kuin sementtiä.

Polymeeripitoinen betoni

Betoni, jonka sideaineena on sementin lisäksi polymeeriä.

Polymeeri-sementtibetoni

en polymer cement concrete

Polymeeripitoinen betoni, jossa on polymeeriä yli 5 % sementin painosta.

Polymeeri vaikuttaa polymeeri-sementtibetonissa materiaalin ominaisuuksiin.

Polymeerimuunnosbetoni

en polymer modified concrete

Polymeeripitoinen betoni, jossa on polymeeriä alle 5 % sementin painosta.

Polymeeri toimii polymeerimuunnosbetonissa lähinnä lisäaineena.

Polymeerikomposiitti

Komposiitti, jonka pääasiallisena sideaineena on polymeeri.

Betonimuovi; ei: muovibetoni, polymeeribetoni

en polymer concrete

Betonin kaltainen polymeerikomposiitti, jossa sideaineena on polymeeri.

Betonimuovi ei sisällä lainkaan sementtiä.

Lujitemuovi

sv armerad plast, AP
en reinforced plastic
de verstärkter Kunststoff m
Polymeerikomposiitti, joka koostuu muovista ja lujitteesta.

Runkoaine

sv ballast
en aggregate
de Zuschlag m, Zuschlagstoß m
Massakomposiitin rakeinen tai kuitumainen ainesosa.

Betonimassan runkoaineena käytetään tavanomaisia luonnon kiviaineita, raskaita malmipitoisia kiviaineita tai kevytsoraa. Laastin runkoaineena käytetään luonnonhiekkaa tai murskattua kiviainesta, jonka raekoko on yleensä alle 4 mm.

Sideaine

sv bindemedel n
en binder, binding agent
de Bindemittel n, Binder m
Massakomposiitin yhtenäinen ainesosa, joka pitää runkoaineen koossa.

Betonimassan sideaineena käytetään sementtiä, jonka lisäksi sideaineena voi olla myös polymeerejä.

Lisäaine

sv tillsatsmedel n, tillsatsämne n; polymeerimateriaaleissa myös: blandning-singrediens, blandningskomponent
en compounding ingredient, compounding material (polymeerimateriaaleissa), additive (maaleissa), admixture, agent (betonissa)
de Mischungsbestandteil m (polymeerimateriaaleissa), Additiv n, Hilfsmittel n, Zusatzmittel n (maaleissa), Zusatzmittel n (betonissa)
Fysikaalisesti tai kemiallisesti aineen ominaisuuksiin vaikuttava ainesosa, joka ei ole aineen perusominaisuuksien kannalta välttämätön.

**Notkiste; mieluummin
kuin: notkistin**

sv plasticerande tillsatsmedel n
en plasticizer, water reducing agent, workability agent, wetting agent
de Betonverflüssiger m, Plastifizierungsmittel n
Lisäaine, jonka avulla voidaan vähentää veden määrää betonissa sen muovautuvuuden huonontumatta.

Notkisteen avulla vettä voidaan vähentää 5 –15 %, tehonotkisteen avulla jopa 30 %.

Nesteyte; mielummin kuin: nesteytin	en fluidifier, superplasticizer Lisäaine, jolla parannetaan betonin työstettävyyttä. Nesteyte voi toimia samalla myös notkisteena.
Huokoste	sv luftporbildande tillsatsmedel n, luftporspreparat en air-entraining agent de Luftporenbildner m, Belüftungsmittel n, luftporenbildendes Zusatzmittel n Lisäaine, joka muodostaa betoniin pieniä ilmakuplia; vrt. paisute. Huokostettu betoni kestää halkeilematta toistuvia jäätymisiä ja sulamisia, sillä huokosteen muodostamissa ilmakuplissa vesi voi laajeta aiheuttamatta halkeilua.
Täyteaine	sv fyllmedel n; ei: fyllnadsmedel n en filler, extender de Fullstoff m, Fuller m. Streckmittel n Kiinteä, hienojakoinen lisäaine, jonka tarkoituksena on joko parantaa komposiitin tai maalin ominaisuuksia tai alentaa niiden valmistuskustannuksia. Betonin täyteaineista yleisin on filleri; maalien täyteaineina käytetään muun muassa liitua, mikrokalsiittia, raskassälpää sekä talkkia.
Pehmeite; mielummin kuin: pehmitin; ei: pehmittäjä	sv mjukningsmedel n, mjukmedel n; ei: mjukare, mjukgörare, mjukgöringsmedel n, plasticeringsmedel n en plasticizer de Weichmacher m Lisäaine, jota käytetään polymeerin pehmittämiseen polymeerimateriaalin valmistuksessa.
Kovete; mielummin kuin: kovetin; ei: kovettaja	sv härdare; ei: härdningsmedel n en hardener, hardening agent, setting agent, curing agent de Härter m, Härtungsmittel n, Härtemittel n Lisäaine, joka edistää tai ohjaa polymeerin kovettumisreaktiota polymeerimateriaalissa tai maalissa.
Kiihdyte; mielummin kuin: reaktiokatalyytti	sv accelerator; mielummin kuin: promotor en accelerator, promoter de Beschleuniger m, Promotor m Lisäaine, joka nopeuttaa kemiallista reaktiota. Kiihdytteitä käytetään mm. nopeuttamaan komposiittien kovettumista.

Hapetuksenestoaine, antioksidantti; ei: vastahapetin	sv antioxidant; ei: konservator, antioxideringsmedel n, antioxidationsmedel n en antioxidant de Antioxydant m, Antioxydationsmittel n Aine, joka estää tai hidastaa hapettumista. Hapetuksenestoaineet hidastavat esimerkiksi kumien vanhenemista, joka aiheutuu lämmöstä, valosta ja taivutuksesta.
Paisute; mielummin kuin: solustusaine, huokoistusaine	sv jäsmedel n; ei: blåsmedel n, cellformningmedel n en blowing agent, expanding agent, inflating agent de Treibmittel n, Blähmittel n, Porenbildner m Polymeerimateriaalin lisäaine, joka kehittää kaasua tai kaasuuntuu lämmön tai muiden lisäaineiden vaikutuksesta; vrt. huokoste. Paisutteita käytetään mm. solumuovin valmistuksessa.
Stabilointiaine	sv stabilisator, stabiliseringsmedel n en stabilizer de Stabilisator m, Stabilisiermittel n Lisäaine, joka vaikuttaa materiaalin fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien säilymiseen muuttumattomina työstön ja käytön aikana.
Lujite; mielummin kuin: vahvike	sv armering en reinforcement, reinforcing agent de Verstärkung f, Armierung f Polymeerimateriaaliin lisättävä aine, jonka tarkoituksena on parantaa kuormituksen- tai kulutuksenkestävyyttä.
Initiaattori	sv initiator en initiator de Reaktionseinleiter m Lisäaine, joka käynnistää polymeroitumisen.
Silloite; mielummin kuin: silloitusaine; ei: silloittaja, poikkisitoja	sv tvärbindningsmedel n; mielummin kuin: bryggbildare, förnättningsmedel n en cross-linking agent de Vernetzungsmittel n, Vernetzer m Lisäaine, joka nopeuttaa tai ohjaa polymeerin molekyylien silloittumista.
Injektointi	sv injektering en grouting, injection de Injektion f, Injizieren n, Einpressen n, Verpressen n

	Kiinteässä materiaalissa olevien halkeamien ja onkaloiden täyttäminen juokse- valla, kovettuvalla materiaalilla.
Impregnointi	sv impregnering en impregnation de Imprägnierung f, Durchtränkung f, Durchdringung f Nesteen imeyttäminen syvälle huokoiseen aineeseen, esim. betonipintaan.
Jälkihoito	sv härdning en curing, concrete curing, curing of concrete de Lagerung f, Nachbehandlung f, Schutzbehandlung f Betonin tai polymeerikomposiitin valun jälkeen tehtävät toimet haluttujen omi- naisuuksien, mm. lujuuden, aikaansaamiseksi.
Amorfinen aine	sv amorft ämne n en amorphous material de amorpher Stoff m Kiinteä aine, jonka atomit tai molekyylit eivät ole järjestäytyneet kiteiksi. Kiinteässä olomuodossa aineet ovat yleensä kiteisiä, eli aineen atomit tai molekyylit ovat järjestäytyneet säännöllisesti, ja aineella on selvä sula- mispiste. Amorfiset aineet – kuten lasi ja useat polymeerit – ovat kuiten- kin ulkoisesti kiinteinäkin erittäin jähmeän nesteen kaltaisia, sillä ne eivät pysty kiteytymään suuren viskositeettinsa takia. Niillä ei myöskään ole selvää sulamispistettä, vaan ne muuttuvat vähitellen notkeasti juokseviksi lämpötilan noustua lasittumislämpötilan yläpuolelle.
Alifaattinen hiilivety	sv alifatiskt kolväte n en aliphatic hydrocarbon de aliphatischer Kohlenwasserstoff m Hiilivety, jossa hiiliatomit ovat järjestyneet avoimiksi – joko suoriksi tai haarau- tuneiksi – ketjuiksi; vrt. aromaattinen hiilivety. Alifaattisia hiilivetyjä ovat mm. rasvat, rasvahapot sekä tavalliset alkoho- lit.
Aromaattinen hiilivety	sv aromatiskt kolväte n en aromatic hydrocarbon de aromatischer Kohlenwasserstoff m Hiilivety, jossa hiiliatomit ovat järjestyneet kuuden hiilen muodostamiksi ns. bentseenirenkaiksi; vrt. alifaattinen hiilivety.

Aromaattisia hiilivetyjä ovat bentseeni sekä sen kaltaiset hiilivedyt (mm. naftaleeni, antraseeni) johdannaisineen.

**Lasittuminen; mie-
luummin kuin: lasisiir-
tymä**

sv glasövergång
en glass transition
de Glasubergang m

Amorfisen aineen palautuva muuttuminen kumimaisesta tai sitkeästä olomuodosta kovaksi ja hauraaksi.

**Lasittumislämpötila;
mieluummin kuin: lasi-
siirtymälämpötila**

Lämpötila, jossa lasittuminen tapahtuu.

Lasitila

Amorfisen aineen olotila, kun lämpötila on lasittumislämpötilan alapuolella.

Lasitilassa amorfinen aine on kovaa, jäykkää ja lasimaista.

**Viskositeetti; mie-
luummin kuin: sisäi-
nen kitka**

sv viskositet
en viscosity
de Viskosität f

Nesteen tai kaasun sisäisistä rakenneominaisuuksista johtuva molekyylien välinen virtausvastus.

Mitä pienempi aineen viskositeetti on, sitä juoksevampaa se on.

**Työstettävyyss aika;
mieluummin kuin: pot
life**

sv brukstid; ei: livslängd
en pot life, working life
de Topfzeit f, Standzeit f

Aika, jonka kovettuva, tavallisesti kaksikomponenttinen seos säilyy käyttökel-
poisena.

Maali

sv färg, målningsfärg
en paint
de Farbe f, Anstrichfarbe f

Pintakäsittelyaine, joka muodostaa kovettuessaan alustaan tarttuvan, peittä-
vän kalvon.

Maali koostuu sideaineesta (yleensä polymeeri) sekä pigmenteistä ja voi
sisältää myös liuotteita, ohenteita, kovetteita sekä muita lisäaineita.

**Fysikaalisesti kuivuva
maali**

sv tysikaliskt torkande färg
en physically drying paint

Maali, joka kovettuu ilman kemiallista reaktiota liuotteen haihtuessa.

Fysikaalisesti kuivuva maali liukenee kovetuttuaankin uudelleen liuotteen seensa ja pehmenee lämmössä.

Kemiallisesti kuivuva maali, reaktiomaali

Maali, joka kovettuu kemiallisessa reaktiossa sideaineen verkkoutuessa.

Kemiallisesti kuivuva maali ei kovetuttuaan liukene uudestaan liuotteisiin eikä pehmene lämmössä. Kemiallisesti kuivuvat maalit jaetaan yksikomponentti- ja kaksikomponenttimaaleihin.

Yksikomponenttimaali

sv enkomponentfärg

en one-pack paint, one-can paint, one-component coating

de Einkomponentfarbe f

Kemiallisesti kuivuva maali, joka kovettuu sideaineen reagoiessa ilman kanssa; vrt. kaksikomponenttimaali.

Yksikomponenttimaaleissa ei tarvita kovetetta. Ne jaetaan kosteuskovettuviin ja hapettumalla kovettuviin maaleihin.

Kosteuskovettuva maali

sv fukthärdande färg

en moisture curing paint

de feuchtigkeitshärtende Farbe f

Yksikomponenttimaali, joka kovettuu sideaineen reagoiessa ilman kosteuden kanssa.

Hapettumalla kovettuva maali

sv oxidativt torkande färg

en oxidatively drying paint

Yksikomponenttimaali, joka kovettuu sideaineen reagoiessa ilman hapen kanssa.

Kaksikomponenttimaali

sv tvåkomponentfärg

en two-pack paint, two-can paint, two-component coating

de Zweikomponentenfarbe f

Kemiallisesti kovettuva maali, joka kovettuu sideaineen reagoiessa kovetteen kanssa; vrt. yksikomponenttimaali.

Ilmakuivuva maali

sv lufttorkande färg

en air drying paint

de lufttrocknende Farbe f

Maali, joka kovettuu huoneenlämmössä; vrt. polttomaali.

Polttomaali

sv ugnslackfärg, brännlackfärg

en stoving enamel

enUs baking enamel

de Einbrennlackfarbe f, ofentrocknender Lackfarbe f

Maali, joka vaatii kovettuakseen korkean lämpötilan; vrt. ilmakeuivuva maali.

Polttomaalit kovetetaan polttouunissa 120 –200 °C:n lämpötilassa, polttoaika vaihtelee välillä yhdestä minuutista yhteen tuntiin.

Pigmentti

sv pigment

en pigment

de Pigment n

Kiinteä hienoksi jauhettu väriaine, jota käytetään massakomposiiteissa ja maaleissa antamaan väriä ja peittämään (väripigmentti) tai suojaamaan pintaa korroosiolta (korroosionestopigmentti).

Liute; mieluummin kuin: liuotin

sv lösningsmedel n

en solvent

de Lösemittel n, Lösungsmittel m

Neste, joka pystyy liuottamaan toista ainetta.

Liute on tavallisesti haihtuva orgaaninen (esim. alkoholi, tärpätti, bensii-ni) tai epäorgaaninen (esim. vesi, rikkihappo) aine. Liuotteeksi ei joskus, esim. maalien lisäaineena, lasketa vettä.

Ohenne; mieluummin kuin: ohennin

sv förtunning, förtunningsmedel n

en thinner, reducer

de Verdunnungsmittel n, Verdunner m

Lisäaine, jota käytetään vähentämään maalin viskositeettia.

Maalausjärjestelmä

sv målningssystem

en painting system

Esikäsitellylle pinnalle levitetty maaliyhdistelmä.

Pinnan esikäsitely

sv ~ förbehandling

en surface preparation

Pinnalle ennen pintakäsittelyä tehtävät toimet.

Pinnan esikäsitely sisältää pinnan puhdistuksen sekä toimia, jotka suojaavat puhdistettua pintaa tai edistävät pintakäsittelyaineen, esim. maalin, tarttuvuutta ja kestävyyttä.

Maaliyhdistelmä

Pohja-, väli- ja pintamaalin kovettunut maalikalvo.

Joustopinnoite

Maalinkaltainen pinnoite, jonka sideaineena on termoelastomeeri tai jonka elastisuutta on muuten parannettu.

Elastisuutta voidaan parantaa mm. lisäämällä pinnoitteeseen kumirouhetta.

Liituuntuminen

sv kritning

en chalking

de Kreidung f, Kreiden n

Irtonaisen jauheen muodostuminen maalipintaan maalin sideaineen hajotessa ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta.

2 Polymeerien ominaisuudet ja valmistus

2.1 Polymeerilajit

Polymeerit jaetaan alkuperänsä mukaan luonnonpolymeereihin ja synteettisiin polymeereihin. Luonnonpolymeereja on kasveissa ja eläimissä – näitä ovat mm. tärkkelys, ligniini, selluloosa, silkki, luonnonkumi sekä proteiinit eli valkuaisaineet. Synteettiset polymeerit puolestaan valmistetaan pääasiassa öljynjalostuksen tuotteista; synteettisiä ovat mm. polyeteenit, polyakrylaatit, epoksit, polyesterit ja polyuretaanit.

Kemiallisen koostumuksensa mukaan polymeerit jaetaan orgaanisiin ja epäorgaanisiin. Orgaaniset polymeerit koostuvat toisiinsa liittyvien hiiliatomien rungosta, johon on liittynyt orgaanisia ryhmiä. Niistä valmistetaan muoveja, kumeja, kuituja, liimoja ja maaleja.

Silikonipolymeerien runko on epäorgaaninen – piitä ja happea – mutta runkoon on liittynyt myös orgaanisia ryhmiä. Ero orgaanisiin polymeereihin on kuitenkin selvä: esimerkiksi silikonipolymeerien lämmönkestävyys on parempi (n. 250–300 °C) kuin orgaanisten (n. 80–150 °C). Silikonipolymeereja käytetään mm. eristeinä, tiivisteinä ja laitteiden komponentteina (Erä 1988).

Polymeerien käyttö sellaisinaan on harvinaista. Pelkkää polymeeriä sisältäviin seoksiin sekoitetaan yleensä lisäaineita, jolloin seosta kutsutaan polymeerimateriaaliksi. Polymeerimateriaalit voidaan jakaa kahteen pääryhmään: muoveihin ja elastomeereihin. Muovit jaetaan edelleen kesto- ja kertamuoveihin, elastomeerit kumeihin ja termoelastomeereihin. Kuhunkin ryhmään kuuluu useita yksittäisiä materiaaleja, joilla on tarkat, orgaanisen kemian mukaiset systemaattiset nimet, mutta ne ovat pitkiä ja hankalia. Usein käytetäänkin lyhenteitä, tunnuksia ja kauppanimiä. Eräitä tavallisia polymeereja tunnuksineen on lueteltu taulukossa [1 Tavallisia polymeerityyppejä](#).

Taulukko 1. Tavallisia polymeerityyppejä

Tunnus	Kemiallinen nimi	Kiteisyys max. %	Lasittumislämpö °C	Sulamispiste °C
A KESTOMUOVIT				
ABS	akryylnitriili/ butadieeni/styreeni	0	+100	
HOPE	suuritiheyspolye-teeni	90	-110	135
LOPE	pienitiheyspolye-teeni	65	-90	115
PA	polyamidi	65		265
PC	polykarbonaatti	0	+149	
PET	polyeteeniterefta-laatti	65	+67	
PMMA	polymetyyli-me-takrylaatti	0	+100	
POM	polyoksimeteeni-polyasetaaali, poly-formaldehydi	85	-75	175
PP	polypropeeni	75	-27	176
PPSU	polyfenyleenisul-foni	0	+180–220	
PTFE	polytetrafluorie-teeni	75	(+20)	327
PS	polystyreeni	0	+100	
PVC	polyvinyylikloridi	10	+80	
B KERTAMUOVIT				
PF	fenoliformaldehydi	0	hajoaa	
UF	ureaformaldehydi	0	hajoaa	
MF	melamiiniformal-dehydi	0	hajoaa	

Taulukko jatkuu...

Tunnus	Kemiallinen nimi	Kiteisyys max. %	Lasittumislämpö °C	Sulamispiste °C
UP	tyydyttymätön polyesteri			
EP	epoksi	0	+120-190	
PUR	polyuretaani	0		
C SILLOITTUVAT KUMIT				
NR	cis-polyisopreeni, luonnonkumi	0	-70	
SBR	styreenibutadienikumi	0	-55	
PB	polybuteeni-1	0	-85	
CR	polykloropreeni, kloropreenikumi	0	-50	
IIR	isobuteeni-isopreenikumi, butyylikumi	0	-79	
Q	silikonikumi	0	-110	

* lasittumislämpö ja sulamispiste ovat viitteellisiä lukuja, niitä voidaan muunnella jonkin verran polymeerin formuloinnilla

2.2 Polymeerimateriaalien ominaisuudet

Polymeerimateriaalit ovat yleensä lujia painoonsa nähden ja niiden ominaisuuksia voi muunnella. Ominaisuudet vaihtelevat suuresti polymeerien kemiallisen koostumuksen ja mikrorakenteen mukaan, esimerkiksi kiinteiden polymeerien vetokimmokertoimet vaihtelevat välillä 1 – 50 000 MN/m². Myös erilaisilla lisäaineilla voidaan vaikuttaa polymeerimateriaalin ominaisuuksiin, esimerkiksi käyttöikään ja kestävyYTEEN.

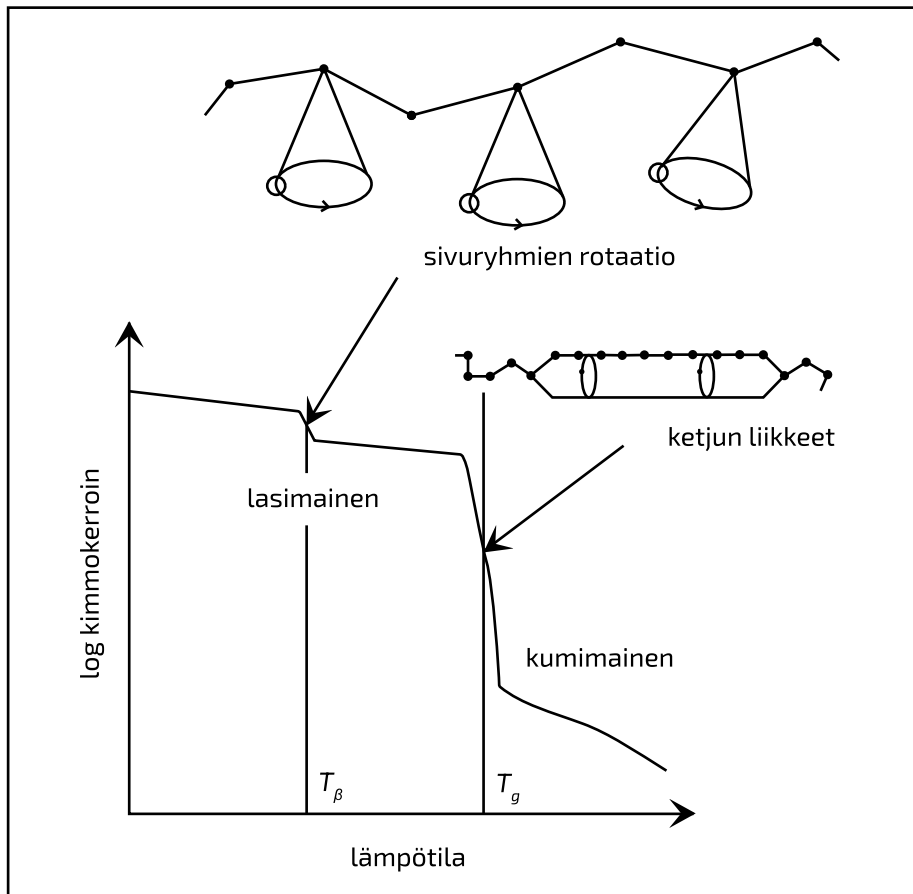
Koska orgaaniset polymeerit ovat hiilivetyjä, niitä sisältävät polymeerimateriaalit eivät ole kovinkaan tiheitä (yleensä n. 1 000 kg/m³). Ne johtavat lämpöä melko huonosti (0,1 W/mK) ja niiden pituuden lämpötilakertoimet ovat suuruusluokaltaan 50 – 200 • 10⁻⁶K⁻¹. Sulaneen polymeerin suuri viskositeetti (usein yli 100 Ns/m²) johtuu ennen kaikkea pitkistä molekyyliketjuista. Taulukossa [2 Eri materiaalien fysikaalisia ominaisuuksia \(Jokela ym. 1980; Valmet 1984\)](#) on esitetty suuntaa antavia tietoja polymeerimateriaalien, teräksen ja betonin tärkeimmistä ominaisuuksista.

Taulukko 2. Eri materiaalien fysikaalisia ominaisuuksia (Jokela ym. 1980; Valmet 1984)

Ominaisuus	Polymeerit	Teräs	Betoni
Tiheys	800–2000 kg/m ³	7800 kg/m ³	2300–2400 kg/m ³
Kimmokerroin	1–50000 MN/M ²	200000 MN/m ²	30000–40000 MN/m ²
Lämmonjohtavuus	0,1–0,9 W/mK	15–65 W/mK	0,6–2,3 W/mK
Pituuden lämpötilakerroin	50–200 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹	12–17 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹	7–10 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹

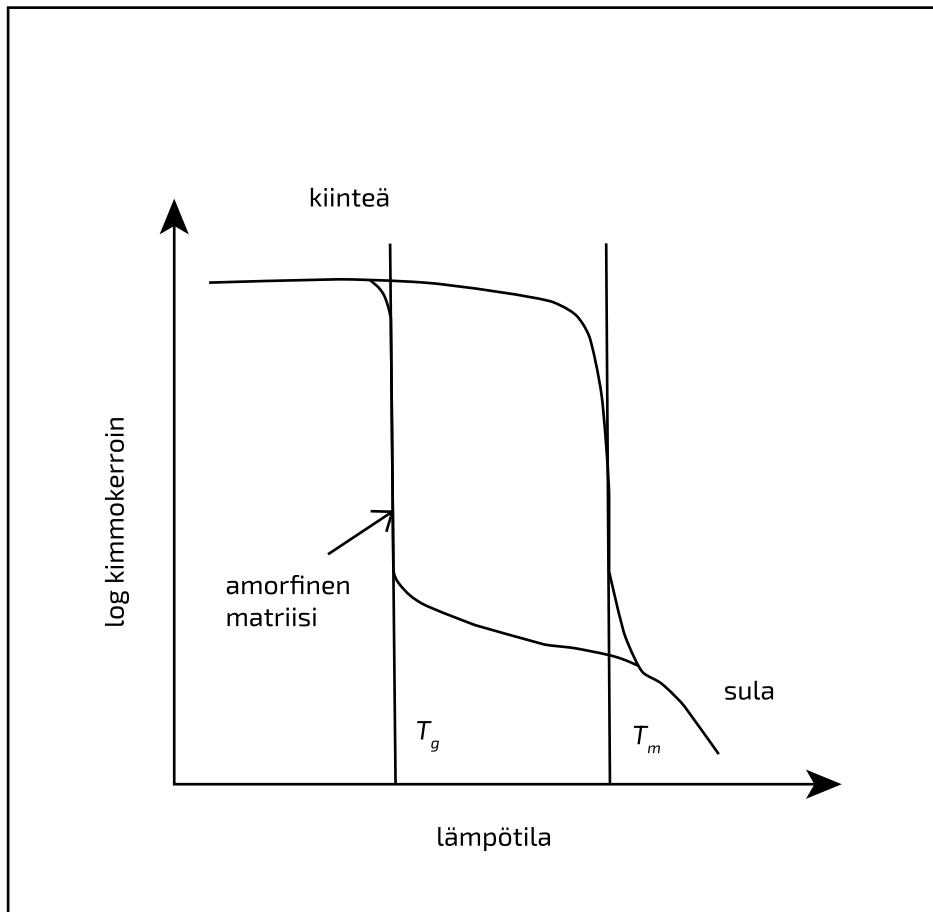
Polymeerien kiteisyysaste vaihtelee suuresti, toiset ovat miltei täysin amorfisia (ei-kiteisiä), toisissa on runsaasti kiteisiä alueita. Kiteisyysasteella samoin kuin kiteiden rakenteella on suuri vaikutus polymeerimateriaalien mekaanisiin ominaisuuksiin: mitä kiteisempää polymeeri on, sitä korkeampia ovat mm. polymeerimateriaalin kimmokerroin ja sulamispiste.

Kullakin polymeerillä on sille ominainen ns. lasittumislämpötila, T_g (engl. glass transition temperature), jota voidaan pitää tärkeimpänä polymeerimateriaalien mekaanisten ominaisuuksien tunnusmerkkinä. Kun lämpötila on T_g:n alapuolella, polymeerimateriaali on lasitilassa: se on kovaa, jäykkää ja lasimaista. Lähestyttäessä T_g:tä mekaaniset ominaisuudet muuttuvat nopeasti. Esimerkiksi kimmokerroin saattaa pienentyä tuhannesosaan lämpötilan ylittäessä lasittumislämpötilan. Myös pituuden lämpötilakerroin, lämpökapasiteetti ja sähköiset ominaisuudet muuttuvat tällöin nopeasti. Kun lämpötila on T_g:n yläpuolella, polymeerit ovat pehmeitä ja joustavia.



Kuva 6. Lämpötilan vaikutus amorfisen (ei-kiteisen) polymeerin molekyyliliikkeeseen ja kimmokertoimeen

Kun lämpötila on tarpeeksi alhainen, mitkään polymeeriketjun osat eivät kykene liikkumaan eli polymeeri on jähmettynyt jäykkään lasimaiseen tilaan. Hitaasti lämmitettäessä saavutetaan ns. 8-transitiolämpötila, T_α , jossa molekyyliketjujen sivuryhmät pystyvät liikkumaan saamansa termisen energian vaikutuksesta. Kimmokerroin laskee tällöin hieman. Edelleen lämmitettäessä saavutetaan ns. lasittumislämpötila, T_g , jossa molekyylin osat pääsevät liikkumaan suhteellisen vapaasti – tämä voidaan havaita kimmokertoimen selvänä pienentymisenä jopa tuhannesosaan. Samalla materiaali laajenee (pituuden lämpötilakerroin n. $60 - 80 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$).



Kuva 7. Lämpötilan vaikutus osittain kiteisen polymeerinkimmokertoimeen

Kylmä, osittain kiteinen polymeeri on jäykkää ja lasimaista. Tultaessa β -transitiolämpötilaan, T_β , molekyylien liikkuvuus lisääntyy ainoastaan hieman amorfisiin polymeereihin verrattuna, koska kiteinen osa rajoittaa liikkuvuutta. Lasittumislämpötilassa, T_g , amorfisen komponentti muuttuu kumimaiseksi, mutta kiteinen komponentti pitää materiaalin jäykkyyttä yllä. Lämpötilan edelleen noustessa materiaali vähitellen pehmenee ja lopulta kiteet sulavat sulamispisteessä, T_m . Sulamispisteen yläpuolella materiaali muuttuu jäykkäliikkeiseksi ja viskositeetti vähenee lämpötilan noustessa. T_g :tä korkeammissa lämpötiloissa osittain kiteisten polymeerien lämpötilakerroin on $100 - 200 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, mikä merkitsee mm. sitä, että osittain kiteiset polymeerit kutistuvat amorfisia polymeerejä (vrt. kuva [6 Lämpötilan vaikutus amorfisen \(ei-kiteisen\) polymeerin molekyyliliikkeeseen ja kimmokertoimeen](#)) enemmän, kun ne jäähtyvät sulasta kiinteään tilaan (Powell 1988).

2.3 Muovit

Muovit ovat rajallisesti venyviä polymeerimateriaaleja, joita voidaan muokata halutun muotoisiksi kappaleiksi paineen ja lämmön avulla. Muokattavuuden perusteella muovit jaetaan kesto- ja kertamuoveihin. Kestomuoveja voidaan muovata useita kertoja peräkkäin muoviaiineen siitä kärsimättä ja niitä voidaan liittää toisiinsa hitsaamalla, sillä niiden molekyylit pystyvät liikkumaan toisiinsa nähden katkeamatta. Kertamuoveja voidaan sen sijaan muovata vain kerran, koska käsittelyn uusiminen johtaa aineen kemialliseen hajoamiseen.

Yli 80 % muoveista on kestumuoveja; tärkeimpiä ovat polyeteeni (PE), polypropeeni (PP), polyvinyylikloridi (PVC) sekä polystyreeni (PS), jotka kattavat yhteensä n. 90 % kestumuovimarkkinoista. Amorfisia kestumuoveja käytetään yleensä niiden ollessa lasitilassa (Tg:n alapuolella). Ne ovat melko hauraita. Osittain kiteisistä kestumuoveista joitakin käytetään Tg:tä korkeammissa lämpötiloissa, joitakin sitä alhaisemmissa lämpötiloissa. Tg:n yläpuolella materiaalin mekaaniset ominaisuudet saattavat olla erittäin hyvät, mutta ne riippuvat voimakkaasti ajasta ja lämpötilasta. Tg:n alapuolella ajan ja lämpötilan vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin on vähäisempää, mutta mekaaniset ominaisuudet ovat myös huonommat.

Kertamuovien osuus muoveista on vajaat 20 %. Niiden polymeerit ovat tiheään verkkoutuneita eli silloittuneita ja molekyyliketjut yhdistyvät toisiinsa hiili- tai happisidosten avulla. Ne ovat usein kaksikomponenttisysteemejä, joiden komponentteja ja niiden välisiä suhteita vaihtelemalla voidaan saada hyvin erilaisia tuotteita, vaikka ne periaatteessa kuuluvatkin samaan ryhmään. Kertamuoveja ovat esimerkiksi tyydyttymättömät polyesterit, polyuretaanit ja epoksit. Ne ovat yleensä amorfisia, lasimaisia ja hauraita (vetokimmokerroin on samaa suuruusluokkaa kuin agiorfisissa kestumuoveissa eli n. 1 000 MN/m²). Muut ominaisuudet, kuten jäykkyys, lujuus, kovuus ja sitkeys, riippuvat molekyyliketjun rakenteesta, silloitteen luonteesta sekä siltojen määrästä. Esimerkiksi epoksit ja polyuretaanit voivat reagoida kemiallisesti erilaisten silloittavien aineiden (ns. kovetteiden) kanssa, jolloin saadaan toisistaan huomattavan paljon poikkeavia polymeerimateriaaleja, minkä vuoksi niiden tyyppillisten ominaisuuksien luetteleminen on mahdotonta.

2.4 Elastomeerit

Elastomeereilla tarkoitetaan joustavia polymeerimateriaaleja, jotka normaaleissa käyttölämpötiloissa suhteellisen alhaisen rasituksen alaisena venyvät vähintään 100 % ja palautuvat nopeasti joko täysin tai ainakin lähes alkuperäiseen muotoonsa rasituksen loputtua. Elastomeerit ovat amorfisia ja niiden vetokimmokerroin on noin 1 MN/m². Hyvin kylmässä, lasittumislämpötilan alapuolella, molekyylien liike kuitenkin estyy ja tuotteesta tulee jäykkä, hauras ja lasimainen; vetokimmokerroin on 2 000 – 3 000 MN/m².

Elastomeerit jaetaan kumeihin ja termoelastomeereihin. Kumit, jotka voivat olla luonnonkumia (sisältää kumipuusta saatavaa kautsua), synteettistä luonnonkumia (sisältää synteettisesti valmistettua kautsua) tai synteettistä kumia, ovat kemiallisesti pysyvästi silloittuneita eli niitä ei voida toistuvasti muokata lämmön ja paineen avulla. Venyvyys- ja palautuvuusominaisuudet saadaan aikaan vulkanointikäsittelyllä, jossa vulkanointiaineet muodostavat ristisidoksia raaka-aineen molekyylien välille. Perinteisesti luonnonkumi on vulkanoitu rikillä kuumennuskäsittelyssä. Synteettisten kumien vulkanoitumis- ja silloittumisreaktiot vaihtelevat eri kumilaaduilla.

Termoelastomeerit eli termoplastiset elastomeerit sijoittuvat ominaisuuksiltaan muovien ja kumien väliin. Ne ovat lämpömuovautuvia kuten kestumuovit, mutta kimmoisia kuten kumit. Molekyylien välinen kevyt silloittuminen saadaan aikaan lähtöaineiden valinnalla, joten niitä ei tarvitse vulkanoida. Termoelastomeerejä on neljä pääryhmää: styreenibutadienistyreeniblokkipolymeerit, eräät polyolefiinit, termoplastiset polyuretaanit sekä termoplastiset polyesterit.

2.5 Polymeerituotteiden valmistus ja säilytys

Vain pieni osa polymeeriseoksista on nestemäisiä huoneenlämmössä ja normaalipaineessa. Näitä ovat mm. kumilateksit, tyydyttymättömät polyesterit, eräät polyuretaanisysteemit sekä eräät valettavat hartsit kuten epoksit. Näitä on helppo muovata normaalipaineessa ja tuotteiden energiantarve on siten kohtuullinen. Useimmat polymeerit ovat kuitenkin normaalioloissa joko kiinteitä tai erittäin jäykkäliikkeitä nesteitä. Siksi suurin osa polymeerituotteista valmistetaan lämmittämällä polymeeriä, kunnes se on jäykkäliikkeistä sulaa, ja muotoilemalla sitä halutun mukaisesti.

Etenkin polymeeriä sisältävien rakennusaineiden ja -tarvikkeiden säilytys- ja käyttöoloihin on kiinnitettävä huomiota, sillä rakennustöiden aikana ne joutuvat alttiiksi sään vaikutukselle, erityisesti lämpötilan vaihtelulle (kuva 8 [PVC-putket voivat haurastua pakkasella](#)) ja vedelle (ilman kosteutena, sateenaja lumena) (Rautiainen 1982). Yleensä rakennusmateriaaleja voidaan käyttää ja varastoida, jos lämpötila on vähintään $+5\text{ °C}$, mutta eräät materiaalit on hyvä siirtää huoneenlämpöön ennen asennusta (ns. tasapainottuminen). Kylmässä työskenneltäessä polymeerit kovettuvat hitaasti tai eivät kovetu lainkaan. Lisäksi koska polymeerien pituuden lämpötilakertoimet ovat melko suuria ($50 - 200 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), kylmässä asennetut materiaalit saattavat pullistella ja irtoilla lämpimämmällä säällä. Esimerkiksi muovituote, jonka pituuden lämpötilakerroin on $70 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, laajenee $2,1 \text{ mm/m}$, jos lämpötila nousee -10 °C :sta (kuviteltu asennuslämpötila) $+20\text{ °C}$:seen (kuviteltu käyttölämpötila).



Kuva 8. PVC-putket voivat haurastua pakkasella

Toisaalta auringon säteily nostaa materiaalien pinnan lämpötilan auringonpaisteessa ilman lämpötilaa korkeammaksi ($+40 - 70\text{ °C}$ väristä riippuen). Korkeissa lämpötiloissa työskenneltäessä polymeerit saattavat kovettua liian nopeasti tai puutteellisesti esimerkiksi liuotteen nopean haihtumisen vuoksi. Seurauksena voi olla huonosti kovettunut tuote, jonka lujuus ja kestävyys ovat suunniteltua heikommat.

Polymeerituotteiden työstettävyyssika (ns. pot life) saattaa vaihdella muutamasta sekunnista (nopeasti kovettuvat liimat) useisiin tunteihin (polymeerilateksit). Siksi onkin erittäin tärkeää noudattaa tuotteen valmistajan antamia ohjeita. (Kuva 9 [Epoksimassan kovettuminen astiassa \(kuva a\)](#) on huomattavasti nopeampaa kuin ohuessa liimasaumassa (kuva b))



Kuva 9. Epoksimassan kovettuminen astiassa (kuva a) on huomattavasti nopeampaa kuin ohuessa liimasaumassa (kuva b)

3 Polymeerien käyttö silloissa

3.1 Betonin korjausaineet

Betonin korjausaineina käytetään orgaanisia polymeerituotteita (esimerkiksi epoksihartseja injektoinnissa) sekä polymeerin ja laastin seoksia. Korjausaineissa polymeeri voi toimia joko varsinaisena sideaineena tai sitä voidaan käyttää lisäaineena haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Taulukossa 3 Tyypillisten betonin korjausaineiden fysikaalisia ominaisuuksia (Shaw 1984) on vertailtu betonin korjausaineina käytettävien materiaalien fysikaalisia ominaisuuksia.

Taulukko 3. Tyypillisten betonin korjausaineiden fysikaalisia ominaisuuksia (Shaw 1984)

	Betonimuovit sekä juotos- ja paikkausmassat	Betonit ja laastit	Polymeeripitoiset betonit ja laastit
Puristuslujuus N/mm ²	55–110	20–70	10–80
Puristuskimmokerroin kN/mm ²	0,5–20	20–30	1–30
Taivutuslujuus N/mm ²	25–50	2–5	6–15
Vetolujuus N/mm ²	9–20	1,5–3,5	2–8
Murtovenymä %	0–15	0	0–5
Pituuden lämpötilakerroin 1/K	25 – 30 · 10 ⁻⁶	7 – 12 · 10 ⁻⁶	8 – 20 · 10 ⁻⁶

Taulukko jatkuu...

	Betonimuovit sekä juotos- ja paikkausmassat	Betonit ja laastit	Polymeeripitoiset betonit ja laastit
Veden imeytyminen (7 vrk, 25 °C) %	0–1	5–15	0,1–0,5
Korkein käyttölämpötila rasituksessa °C	40–80	n. 300 (riippuu betonin koostumuksesta)	100–300
Lujuuden kehittyminen 20 °C:ssa	6–48 h	1–4 vko	1–7 vrk

3.1.1 Betonimuovi

Betonin korjausaineena käytettävä polymeereillä sidottu kiviaines eli betonimuovi ei sisällä sementtiä, vaan kiviaines sidotaan orgaanisella polymeerillä, useimmiten epoksilla, polyuretaanilla tai polymetyylimetakrylaatilla. Esipolymeeri toimitetaan nesteinä, joka kiviaineksen ja kovetteen lisäämisen jälkeen reagoi valmiiksi tuotteeksi.

Tuotteesta on käytetty nimityksiä polymeeribetoni ja muovibetoni (PC, engl. polymer concrete), jotka ovat kuitenkin harhaanjohtavia, sillä se ei sisällä lainkaan sementtiä. Tilalle pyritäänkin vakiinnuttamaan nimitys betonimuovi, josta käy selville paremmin, että kyseessä on betoninkaltainen muovi.

Kiviaineksen raekoko ja polymeerin määrä seoksessa riippuvat käyttötarkoituksesta. Karkeimpia kiviaineksia sisältäviä tuotteita käytetään yleensä kulutuksenkestävyyttä vaativissa kohteissa. Raekoko vaihtelee 4 mm:stä yli 20 mm:iin käyttötarkoituksen mukaan. Tarpeen vaatiessa voidaan käyttää lisänä hienompiakin kiviaineksia. Polymeerin määrä on 100–300 kg/m³.

Sementtilaastin asemesta käytettävissä betonimuovisissa paikkausmassoissa hiekan raekoko on alle 4 mm ja polymeeripitoisuus 250–600 kg/m³.

Yleisimmin paikkausmassoissa käytetään sideaineena epoksihartsia tai akrylaattia, joka sekoitetaan kovetteen ja runkoaineen kanssa työmaalla juuri ennen käyttöä. Juotosmassoina ja ohutkerrospäällysteinä käytettävissä materiaaleissa kiviaineksen raekoko on alle 4 mm ja polymeeripitoisuus 600–900 kg/m³.

Betonimuovia tehtäessä on kiviaineksen samoin kuin alustankin oltava kuiva. Vähäinenkin kosteus saattaa häiritä polymeroitumisreaktiota, jolloin materiaali ei kovetu kunnolla tai siihen ilmestyy kuplia. Kuivattu kiviaines, polymeeri ja kovete sekoitetaan koneellisesti. Ympäristön lämpötilan on oltava lähellä huoneen lämpöä, mieluiten vähintään +15 °C, ehdottomasti yli +5 °C. Massan työstettävyyss aika saattaa olla vain muutamia minutteja, kovettumisvaihe voi puolestaan kestää puolesta tunnista vuorokauteen – tähän vaikuttaa erityisesti rakenteen paksuus. Kovettumisen aikana materiaalin lämpötila nousee jonkin verran ja samalla se myös kutistuu. Jälkikovettuminen kestää muutamasta tunnista pariin viikkoon.

Betonimuovin hyviä ominaisuuksia ovat mm. seuraavat:

- kovettuu nopeasti
- tarttuu hyvin kiviainekseen, tavalliseen betoniin ja metalleihin

- hyvät lujuus-, iskulujuus- ja kulutuksenkestävyysominaisuudet
- pölyämätöntä
- hylkii vettä
- kestää hyvin suolaliuosten, öljyjen ja happojen vaikutusta
- tiivistä
- ulkonäköä voidaan muunnella pigmenteillä ja koristerakeilla.

Seuraaviin seikkoihin on kiinnitettävä erityistä huomiota:

- lämpötila vaikuttaa mekaanisiin ominaisuuksiin (käytännön yläraja saavutetaan usein jo +50–70 °C:ssa)
- vaikka polymeerikomposiitit syttyvät vaikeasti kiviainespitoisuutensa ansiosta, ne palavat suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa ja tuottavat haitallisia palokaasuja
- pituuden lämpötilakerroin on moninkertainen betoniin verrattuna, minkä vuoksi rakenteen halkeiluvaara lämpötilan vaihdellessa on suuri
- polymeerit ovat sementtiä kalliimpia
- polymeerit vaativat erityisiä työsuojelutoimia ja työvälineiden puhdistus on vaikeampaa.

Betonimuovin käyttökohteita siiloissa ovat

- liikuntasaumojen tukikaistat (kuva [10 Liikuntasaumalaitteen tukikaistan yläosa on valettu betonimuovista](#))
- ohutkerrospäällysteet
- laakerien alustavalut
- paikkausmassat (kuva [11 Kolon paikkausta polymeerimassalla](#)).



Kuva 10. Liikuntasaumalaitteen tukikaistan yläosa on valettu betonimuovista



Kuva 11. Kolon paikkausta polymeerimassalla

3.1.2 Polymeeripitoiset betonit ja laastit

Polymeeripitoiset betonit ja laastit sisältävät aina polymeerin lisäksi myös sementtiä. Materiaalien polymeeripitoisuudet vaihtelevat paljon: polymeerin määrä voi olla 1–25 % sementin painosta eli polymeeri-sementtisuhde (p/c) vaihtelee välillä 0,01–0,25 (Chandra ym. 1986). Jos polymeeriä on yli 5 % sementin painosta, polymeeri vaikuttaa materiaalin ominaisuuksiin, jolloin tuotetta kutsutaan polymeeri-sementtibetoniksi (PCC). Jos polymeeriä on vähemmän kuin 5 %, polymeeri toimii lähinnä lisäaineen tavoin. Tällöin siitä käytetään nimitystä polymeerimuunnosbetoni (PMC).

Periaatteessa mitä tahansa polymeeriä, joka on sekoitettavissa veteen lateksiksi, voidaan käyttää seoksessa. Polymeerin pitää kuitenkin olla stabiili siinä ympäristössä, johon materiaali asennetaan (kosteus, lämpötila, emäksisyys, ultraviolettisäteily). Polymeerilatekseja valmistetaan sekoittamalla veteen kiinteää, hienojakoista (1–5 µm) polymeeriä. Pinta-aktiiviset aineet estävät näiden polymeeripartikkeleiden tarttumista toisiinsa ja pitävät siten lateksin homogeenisenä. Lateksit sisältävät yleensä noin 50 % polymeeriä.

Latekseja on kahta päätyyppiä, elastomeerilatekseja ja kestumuovilatekseja. Elastomeerilatekseissa polymeerinä voi olla luonnonkumi tai synteettinen elastomeeri kuten styreenibutadieeni. Kestumuovilatekseissa polymeerinä on yleisimmin polyvinyyliasetaatti tai sen kopolymeeri; lisäksi on käytetty erilaisia akrylaatteja ja niiden kopolymeerejä. Valittu polymeeri vaikuttaa luonnollisesti lopputuotteen ominaisuuksiin. Yleensä kestumuovit antavat paremman puristuslujuuden ja jäykkyyden, kun taas kumien avulla saavutetaan parempia taivutusvetolujuuksia. Kestumuovilateksit yleensä lisäävät komposiitin kutistumaa tavalliseen betoniin verrattuna, kun taas elastomeerilateksit saattavat jopa pienentää kutistumaa.

Polymeeripitoiset paikkauslaastit voivat olla valmislaasteja tai kaksikomponenttilaasteja. Valmislaastien kuiva-aines sisältää myös polymeerin, joten työmaalla tarvitsee lisätä vain vettä. Kaksikomponenttilaasteissa sekoitetaan kuiva-aines (sementti ja runkoaine) työmaalla

polymeerin vesiliuokseen eli lateksiin. Lisäksi on tuotteita, joissa nestemäinen polymeeri tai kaksi polymeerikomponenttia sekoitetaan valmiiseen kuivalaastiin ja veteen. Useita komponentteja yhdistettäessä sekoitusvirheen mahdollisuus kasvaa, mutta tiettyjä ominaisuuksia vaativiin kohteisiin on syytä joskus valita tämä vaihtoehto. Runkoaineen, vesi-sementtisuhteen ja polymeerien määrät vaihtelevat eri tuotteissa. Yleisimmin paikkauslaasteissa käytetään styreenibutadieenikumia (SBR), akrylaatteja ja epokseja.

Polymeeripitoista betonia valmistettaessa käytetään tavanmukaisia betonin ja laastin sekoitusmenetelmiä. Betoniin tarvittava vesi saadaan lateksista. Monet lateksit notkistavat massaa ja parantavat siten työstettävyyttä, eikä vettä tarvitse lisätä niin paljon. Latekseissa käytetyt pinta-aktiiviset aineet muodostavat vaahtoa seosta sekoitettaessa. Siksi lateksiin on lisätty usein ilmaa poistavia aineita, jottei seokseen jää kuplia, jotka vähentäisivät lopputuotteen lujuutta. Jälkihoito tehdään tarkasti tuotekohtaisia ohjeita noudattaen.

Polymeeripitoiset betonit kestävät hyvin kulutusta ja kestävät myös pakkasta tavallista betonia paremmin, koska ne imevät vain vähän vettä itseensä. Toisaalta polymeerit saattavat olla erityisen herkkiä joissain olosuhteissa. Esimerkiksi elastomeerit paisuvat helposti happojen ja polyvinyylikloridikalkkipitoisten liuosten vaikutuksesta. Polyvinyyliasetaatti reagoi kemiallisesti alkalien kanssa veden läsnä ollessa, ja akrylaatit menettävät lujuuttaan kosteudessa vaikkakin saavuttavat alkuperäisen lujuutensa ympäristön kuivuttua. Polymeeripitoinen betoni on myös herkkä lämpötilan vaihteluille: sen kimmokerroin ja taivutusvetolujuus saattavat pienentyä jopa puoleen, kun lämpötila nousee noin 60 °C:een. Polymeeripitoista betonia valittaessa tuleekin tarkasti selvittää kohteen olosuhteet, jotta voidaan valita oikean tyyppinen materiaali.

Polymeeripitoisten laastien ja betonien käyttökohteita silloissa ovat

- liikuntasaumojen tukikaistat
- korjausvalut ja muotoilut (kuva [12 Paikkauslaastista muotoiltu pulloholkka](#))
- vedenalaiset valut
- paikkaukset ja juotosvalut (kuva [13 Kaidepylvään kiinnitysvalu on tehty juotoslaastilla](#)).



Kuva 12. Paikkauslaastista muotoiltu pulloholkka



Kuva 13. Kaidepylvään kiinnitysvalu on tehty juotoslaastilla

3.1.3 Kuitulaasti ja -betoni

Sementtipohjaisten materiaalien sitkeyttä voidaan lisätä polypropeeni- tai muilla muovikuiduilla (kuva [14 Ohuiden muotoiluvälujen halkeilu voidaan estää kuiduilla](#)). Kuitujen täytyy olla hyvin sekoittuneita, jotta ne voivat kunnolla pysäyttää sisäisten halkeamien etenemisen ja saada aikaan stabiileja mikrohalkeamia. Kuitujen sekoittaminen laastiin ja betoniin vaatii taitoa, sillä seos ei saa paakkuuntua. Myös komponenttien sekoitusjärjestyksellä, kuitujen koolla sekä itse laastin tai betonin koostumuksella on suuri merkitys. Betonin paikkauksia varten on kehitetty myös valmiita kuitulaasteja.



Kuva 14. Ohuiden muotoiluvalujen halkeilu voidaan estää kuiduilla

3.1.4 Muut betonin polymeeriset lisäaineet

Betonin lisäaineita käytetään vaikuttamaan fysikaalisesti ja kemiallisesti betonimassan tai kovettuneen betonin ominaisuuksiin (Häkkinen 1985; kuva [15 Tehonotkistettua betonimassaa on helppo työstää](#)). Useat lisäaineet ovat vesiliukoisia polymeerejä, esimerkiksi notkisteina ja nesteytteinä käytettävät melamiini- ja naftaleenihartsit sekä huokosteena käytettävä polyglykolieetterisulfonaatti. Polymeeristen lisäaineiden määrä on yleensä alle 1 % sementin määrästä.

Betonin lisäaineita on varastoitava oikein, ja nestemäisiä lisäaineita on sekoitettava tarvittavin väliajoin sakkautumisen estämiseksi. Yli vuoden vanhojen nestemäisten lisäaineiden käyttö ei ole suositeltavaa. Betonin lisäaineita käsitellään ohjeessa *SILKO 1.201 Betoni sillankorjausmateriaalina*.



Kuva 15. Tehonotkistettua betonimassaa on helppo työstää

3.1.5 Injektoinnissa käytettävät aineet

Halkeamien injektoinnissa käytetään epoksia ja polyuretaania, jotka sekoitetaan kovetteen kanssa työmaalla juuri ennen käyttöä (kuva [16 Injektoituja maatuen kutistumishalkeamia](#)). Polyesterihartseja ei siltatyömaalla saa käyttää, sillä kovettumattoman polyesterihartsin kosteudenkestävyys on huono.



Kuva 16. Injektoituja maatuen kutistumishalkeamia

3.1.6 Impregnointiaineet

Siltojen reunapalkkeja ja muita betonipintoja suojataan impregnoimalla (kuva [17 Reunapalkin impregnointia ruiskulla](#)). Impregnointiaineet tunkeutuvat betonin huokosiin ja muodostavat näkymättömän, suojaavan kerroksen rakenteen pintaan. Tavallisesti impregnointiaineet ovat silaani-, siloksaani- tai silikonihartsiyhdisteitä, jotka luokitellaan epäorgaanisiin polymeereihin.



Kuva 17. Reunapalkin impregnointia ruiskulla

Impregnointiaineiden tehokkuus perustuu lähinnä niiden vedenhylkimisominaisuuteen. Koska ne estävät pintavesiä pääsemästä betoniin, pakkasvauriot vähenevät ja kloridien tunkeutuminen rakenteeseen hidastuu.

3.2 Maalit ja joustopinnoitteet

Orgaanisia maaleja käytetään silloissa erityisesti teräsosien, mutta myös betonipintojen suojaukseen (kuva [18 Maali levitetään yleensä ruiskuttamalla](#)). Osa soveltuu käytettäväksi sekä betonin että teräksen kanssa, vaikka niiden pinnat ovatkin maalausaluistoina täysin erilaisia.



Kuva 18. Maali levitetään yleensä ruiskuttamalla

Betonipinta on epähomogeeninen, huokoinen ja hauras sekä kemiallisesti aktiivinen. Sen huokosissa on kosteutta ja suoloja, minkä takia se halkeilee helposti. Betonipintojen maaleilta vaaditaankin alkalinkestävyyttä, tunkeutuvuutta, hyvää tarttuvuutta ja joustavuutta.

Teräs ei ole maalauslupina yhtä herkkä. Teräspinnan maalauksen kestävyys edellyttää puhdasta ja kuivaa pintaa sekä sopivaa pinnan karheutta. Korroosion estämiseksi pohjamaalissa on oltava korroosionestoaineita tai maalikerroksen on oltava niin paksu, että sen eristyskyky on riittävä.

Orgaanisten maalien ohella käytetään betonin suojaukseen sementtipohjaisia maaleja, joissa on polymeerisiä ainesosia. Teräsrakenteiden suojaamiseen käytetään etyyliisinkkisilikaattimaaleja, jotka ovat luonteeltaan lähellä epäorgaanisia sinkkimaaleja.

Siltojen suojaukseen käytettävät maalit ovat lähes yksinomaan nestemäisiä tuotteita, joiden nimitys muodostuu tavallisesti sideaineen mukaan. Tehdashalleissa voidaan joskus maalata myös jauhemaaleilla (esimerkiksi betoniteräksiä suojataan epoksijauhemaalilla). Maalien ryhmittely kuivumistavan mukaan esitetään taulukossa [4 Maalien jaottelu kuivumistavan mukaan](#).

Taulukko 4. Maalien jaottelu kuivumistavan mukaan

Kuivuminen	Liuteohenteiset	Vesiohenteiset	Liutoteettomat
1. Fysikaalinen (liutoteettomille uuni- kuivatus) Liute ja vesi haihtuvat	kloorikautsu (KK) vinyyli (V) vinyyliterva (VT)	akryylilateksi (AY)	PVC-plastisolit kestomuovijauheet • polyamidi • polyuretaani • PVC

Taulukko jatkuu...

Kuivuminen	Liuteohenteiset	Vesiohenteiset	Liutoteettomat
2. Kemiallinen 2.1. 1-komponenttiset • hapettumalla kuivuvat (reagoivat ilman kanssa) • lämmössä kovettuvat (polttonaaliset)	alkydi (A) epoksiesteri uretaaniöljy alkydi-amino (AP) akryyli-amino (AYP) polyesteri (SP)	alkydidispersio alkydilateksi akryyli-amino (AYP) alkydi-amino (AP) polyesteri (SP)	epoksi (EP)-, akryyli (AYP)- ja polyesteri (SP) -jauhemaaliset
2.2. 2-komponenttiset • muoviosa + kovete • maali + katalyytti • jauhe tai pasta + neste	epoksi (E) epoksiterä (ET) polyuretaani (PUR) wash primer (PVB) etyyliisilikaatti (sinkki SS-)	epoksi (vesiohenteinen) (E) akryyli (AY) / katalyytti alkalisisilikaatti (sinkki-)	epoksi (E)- ja polyuretaani (PUR) -pinnoitteet akryyli/peroksidi polyesteri/peroksidi polysulfidi polyesterikitit

Teräspintojen suojaukseen käytetään yleensä maaliyhdistelmiä, jotka yhdessä pinnan esikäsittelyn kanssa muodostavat maalausjärjestelmän. Terässilloissa käytettävät maalausjärjestelmät on koottu sillanrakennustöiden teräsrakenteita koskevassa yleisessä työselityksessä (SYT) taulukkoon, jossa esitetään maalausjärjestelmät rasioluokittain ja käyttökohteittain.

Betonipintojen suojaus polymeerisillä maaleilla (yleensä epoksilla) voidaan tehdä joko ilman esisivelyä tai esisively tehdään silaani-, polymeeri- tai sementtipohjaisella tuotteella.

3.2.1 Alkydimaaliset

Alkydimaaliset ovat hapettumalla kovettuvia. Niiden sideaine koostuu kovasta alkydihartsista ja pehmeästä kuivuvasta öljystä, jotka muodostavat keskenään nk. estereitä. Alkydihartsit ei ole varsinainen polymeeri, mutta koska alkydimaaliset ovat yleisimmin käytettyjä maaleja ja ne ovat luonteeltaan orgaanisia, mainitaan ne myös tässä. Alkydimaalien ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa hartsiosan ja öljyn laadulla sekä pitoisuudella.

Jos alkydimaali sisältää kuivuvia öljyjä yli 50 %, se liukenee tavalliseen lakkabensiiniin. Nämä alkydimaaliset ovat nk. hitaita eli pitkäöljyisiä alkydejä, ja ne soveltuvat hyvin kenttämaalaukseen. Teollisuuden tuotantomaalauksessa käytettävät nopeat alkydit ovat lyhytöljyisiä alkydimaaleja, jotka vaativat aromaattisen liuotteen, tavallisesti käytetään ksyleeniä. Korroosionestoon käytettävissä alkydipohjamaaleissa käytetään aina aktiivisia korroosionestoaineita (bariummetaboraattia, fosfaatteja ja lyijymönjää).

Alkydimaaliset

- kuivuvat nopeasti
- tarttuvat alustaan
- kestävät säätä hyvin

- kestävät alifaattisia liuotteita
- ovat helppoja maalata.

Toisaalta ne

- eivät kestä upotusrasitusta
- liituuntuvat hieman vanhetessaan
- haurastuvat vanhetessaan (hapettumisreaktio jatkuu)
- kestävät kemikaaleja ja mekaanista kulumista rajallisesti
- ovat herkkiä alustan kosteudelle
- voivat aiheuttaa ongelmia vanhan kalvon päällemaalauksessa.

Sideaineen muuntelulla voidaan edellä mainittuja ominaisuuksia muuttaa jonkin verran. Modifioitaessa epoksihartsia rasvahapoilla saadaan epoksiesterimaaleja, jotka nimestään huolimatta ovat alkydimaalien kaltaisia, mutta niillä on tavallisiin alkydimaaleihin verrattuna parempi kemikaalinkestävyys. Epoksimaalien tavoin ovat myös epoksiesterit herkkiä liituuntumaan.

Alkydimaalien käyttökohteita silloissa ovat

- terässillat suolaamattomilla tai vähän suolatuilla tieosuuksilla
- siltojen kaiteet
- vanhat ristikkosillat, joissa on niitti- tai pulttiliitoksia (lyijymönjähajamaali).

3.2.2 Kloorikautsumaalit

Kloorikautsumaalit kuivuvat fysikaalisesti. Ne voivat olla joko puhtaita kloorikautsumaaleja tai niiden sideaine voi olla kloorikautsun ja muiden sideaineiden seos. Maalin ominaisuudet määräytyvät sideaineseoksen mukaan. Mekaanisen kestävyys ja säänkestävyyden parantamiseksi kloorikautsumaaleihin lisätään pigmenttejä. Esimerkiksi kloorikautsupohjamaaleissa käytetään korroosionestopigmenttejä.

Kloorikautsumaaleissa käytetään aromaattisia liuotteita. Maalattavuuden parantamiseksi voidaan apuna käyttää myös joitain hitaammin haihtuvia liuotteita.

Kloorikautsumaalit

- soveltuvat hyvin kenttämaalaukseen
- ovat päällemaalattavissa pitkänkin ajan kuluttua
- ovat yksikomponenttisia
- läpäisevät vesihöyryä vain vähän.

Toisaalta

- maalattujen kappaleiden kuljetus on hankalaa (pinnat tarttuvat kiinni toisiinsa)
- ne eivät kestä liuotteita
- ne halkeilevat ja liituuntuvat helposti.

Kloorikautsumaalien yleisimmät käyttökohteet silloissa ovat terässillat rasitusluokissa M2 ja M3. Niitä käytetään yleensä maaliyhdistelmissä, joissa pohjamaalina on sinkkipölymaali. Kloorikautsumaalit soveltuvat myös betonin suojaukseen.

3.2.3 Vinyylimaalit

Myös vinyylimaalit kuivuvat fysikaalisesti. Niiden sideaineena käytetään vinyylikloridin kemikaalinkestäviä kopolymeerejä, joissa pääkomponentteina voi vinyylikloridin lisäksi olla esimerkiksi vinyyliasetaattia, vinyylialkoholia tai akrylaattiesteriä. Jos osa sideaineesta korvataan kivihiilitervapiellä, saadaan vinyylitervamaaleja. Liuotteina käytetään ketoneita ja kloorattuja hiilivetyjä.

Vinyylimaalit muistuttavat ominaisuuksiltaan kloorikautsumaaleja. Tärkein ominaisuus on niiden hyvä vedenkestävyys. Vinyylakryylimaalien säänkestävyys on parempi kuin puhtaiden vinyylimaalien. Vinyylitervamaaleja Tielaitos käyttää ruiskusinkityillä pinnoilla veden alla. Vinyylimaalit soveltuvat myös betonin pinnoitukseen.

3.2.4 Epoksimaalit

Yleisimmin käytettävät epoksimaalit ovat kaksikomponenttimaaleja. Epoksihartsia sisältävä muoviosa ja koveteosa yhdistetään ennen käyttöä. Epoksihartsia muuntamalla saadaan hartsimodifioituja epoksimaaleja. Epoksiakryylimaalit esimerkiksi ovat vesiohenteisia epoksimaaleja, joilla on hyvä säänkestävyys. Epoksitervamaalien sideaine on epoksin ja kivihiilitervapien seos.

Kaksikomponenttisten epoksimaalien muoviosa sisältää epoksihartsin lisäksi maalin muita komponentteja (lisä- ja apuaineita, pigmenttejä jne.) Liuotteen määrän mukaan puhutaan niukkaluotteisista epokseista, liuote-epokseista sekä liuotteettomista epokseista. Betonin maaleina käytetään myös vesiohenteisia, kaksikomponenttisiä epoksimaaleja. Kovetteina käytetään eniten polyamidia ja amiiniadduktia.

Epoksimaalien ominaisuuksiin vaikuttavat hartsin koostumus ja kovetteen laatu. Niiden yleisiä ominaisuuksia ovat

- hyvä korroosionestokyky
- hyvä kemikaalien kestävyys
- voimakas liituuntuminen ilmastollisessa rasituksessa.

Epoksimaaleja käytetään terässiltojen korroosionestomaaliyhdistelmissä väli- ja pintamaaleina. Tällöin on pohjamaalina yleensä sinkkipölymaali. Epoksimaaleja voidaan käyttää myös betonipintojen suojaukseen; vesiohenteiset epoksimaalit soveltuvat yleensä myös kloridipitoisille betonipinnoille. Betoniteräksiä pinnoitetaan epoksijauhemaaleilla sähköstaattisen ruiskutusmenetelmän avulla.

3.2.5 Polyuretaanimaalit

Polyuretaanimaalit ovat kaksikomponenttisiä maaleja tai yksikomponenttisiä kosteuskovettuvia maaleja. Teräsrakenteiden korroosionsuojaukseen silloissa Suomessa käytetyt polyuretaanimaalit ovat toistaiseksi olleet kaksikomponenttisiä.

Kaksikomponenttisten ulkona käytettävien polyuretaanimaalien kovete on alifaattinen isosyanaatti. Kaupallisesti saatavilla olevat alifaattiset polyuretaanimaalit ovat liuotemaaleja. Yksikomponenttiset polyuretaanimaalit ovat yleensä kosteuskovettuvia maaleja, joissa kalvonmuodostus tapahtuu, kun esipolymeeri reagoi ilman kosteuden kanssa.

Polyuretaanimaalien käyttö perustuu niiden hyvään mekaaniseen, ilmastolliseen ja kemialliseen kestävyYTEEN. Niitä käytetään siiloissa pintamaaleina terässiltojen maaliyhdistelmissä silloin, kun pinnan ulkonäöllä on erityistä merkitystä.

3.2.6 Sinkkipölymaalit

Sinkkipölymaalit ovat maaleja, jotka sisältävät runsaasti metallista sinkkiä. Sideaine on tavallisesti epoksi tai etyyliisilikaatti. Sinkkipölymaalien käyttö perustuu sinkin hyvään korroosionestokykyyn. Katodisen suojauksen antamiseksi on kuivassa maalikalvossa oltava sinkkiä yli 90 %.

Sinkkiepoksimaalit ovat tavallisesti kaksikomponenttimaaleja, joiden koveteosa ja muoviosa sekoitetaan ennen käyttöä. Koveteena on yleensä polyamidi. Epoksi- eli muoviosa sisältää sinkkijauhetta tavallisesti yli 50 %, mutta sinkki voi olla myös erillisessä pakkauksessa. Liuotteena on esimerkiksi ksyleeni. Yksikomponenttisten sinkkiepoksimaalien hartsit on epoksiesteri.

Sinkkisilikaattimaalit ovat meillä Suomessa tavallisesti kaksikomponenttisiä etyyliisilikaattimaaleja, joiden sinkkiosa ja silikaattiosa yhdistetään ennen maalausta. Myös yksikomponenttisiä etyyliisinkkisilikaattimaaleja voidaan valmistaa. Etyyliisilikaattimaalit ovat liuteohenteisia.

Sinkkisilikaattimaalien edut sinkkiepoksimaaleihin verrattuina ovat

- parempi kulutuksenkestävyys
- parempi liuotteiden ja meriveden kestävyys
- parempi korroosionkestävyys käytettäessä ilman pintamaalia
- sietävät sadetta noin puolen tunnin kuluttua maalauksesta
- kuivuvat alhaisemmassa lämpötilassa.

Sinkkisilikaattimaalien haitat sinkkiepoksimaaleihin verrattuina ovat

- herkkyys pinnan orgaanisille epäpuhtauksille (öljyille, rasvoille)
- kosteuskovettuvuus; ne edellyttävät kovettuakseen vähintään 50 %:n suhteellisen kosteuden (suhteellinen kosteus ei kuitenkaan saa olla yli 90 %)
- kalvonpaksuuden ylitykset kriittisempiä (yli 100 µm:n kalvot halkeilevat).

Sinkkipölymaaleja käytetään Suomessa terässiltojen pohjamaaleina kloorikautsu-, epoksi- ja polyuretaaniyhdistelmissä kaikissa rasitusluokissa.

3.2.7 Akrylaatit

Ilmakuivuvat akrylaatit ovat vesiohenteisia maaleja, joissa akrylaatti on sekoittunut veteen ja kalvo muodostuu fysikaalisesti veden haihtuessa. Tuotantomaalauksessa käytetään myös akrylaattipolttomaaleja. Akrylaattimaaleilla voidaan saada hyvä säänkestävyys, mutta siltamaalauksissa niiden käyttö on vähäistä. Suomessa niillä on maalattu sateelta suojattuja betonirakenteita.

3.2.8 Joustopinnoitteet

Joustopinnoitteet ovat nimensä mukaisesti joustavia pinnoitteita, joita voidaan käyttää sekä teräs- että betonipintojen suojauksessa. Niiden joustavuus voidaan saavuttaa käyttämällä sideaineena termoelastomeeria tai lisäämällä tuotteeseen esimerkiksi kumirouhetta niin runsaasti, että joustopinnoitteelle saadaan elastisuutta (vertaa kohta [2.4 Elastomeerit](#)).

Joustopinnoitteina käytettävien termoelastomeerien sideaine voi olla kloorattu polyetyleni (PEC), kloorattu polypropeeni (PP), kloorisulfonoitu polyeteeni (CSM), polykloropreeni (CR, klooributadieeni) tai polyuretaani (PUR). Käytännön merkitystä on lähinnä vain termoplastisella polyuretaanilla, polykloropreenillä ja kloorisulfonoidulla polyetyleenillä.

Näiden tuotteiden ilmaston-, veden- ja kemikaalienkestävyys on hyvä. Lisäksi ne soveltuvat kohteisiin, joissa vaaditaan hyvää mekaanista kestävyyttä.

3.3 Vedeneristeet ja päällysteet

Vedeneristeen tehtävänä on estää sade- ja valumavesien pääsy sillan rakenteisiin. Eristyksen tulee siten olla vesitiivis. Vesitiiviydellä tarkoitetaan sitä, että eristyskerros kestää vuotamatta säänvaihtelut, vedenpaineen, liikenteen aiheuttaman rasituksen sekä lämpötilasta ja kutistumasta aiheutuvat rakenteiden muodonmuutokset. Päällysteen tehtävänä on suojata siltarakennetta ulkoisilta rasituksilta. Osa päällysteistä toimii myös vedeneristeinä. Vedeneristyksessä ja päällystyksessä käytettävät tuotteet voidaan ryhmitellä taulukon [5 Siltojen vedeneristyksessä ja päällystyksessä käytettäviä tuotteita](#) mukaisesti. Vedeneristeistä ja päällysteistä on annettu ohjeita ohjeissa *SILKO 1.801 Vedeneristykset* ja *SILKO 1.802 Päällysteet*.

Taulukko 5. Siltojen vedeneristyksessä ja päällystyksessä käytettäviä tuotteita

Tuotteen tyyppi	Tuotteen tehtävä
esisivelyaineet	siltakannen esikäsittele esim. tartunnan parantamiseksi
bitumit ja kumibitumit	vedeneristeiden liimaus
eristyskermit	vedeneriste
eristysmastiksi	vedeneriste
eristysmassat	vedeneriste
asfaltit	päällyste
ohutkerrospäällysteet	päällyste ja vedeneriste

3.3.1 Esisivelyaineet

Esisivelyaineita käytetään osassa vedeneristystyksiä lähinnä tartunnan parantamiseen (kemiallinen tartunta, pölynsidonta) tai väliaineena emäksisen betonin ja vedeneristeen välissä. Polymeerejä sisältäviä esisivelyaineita ovat kumibitumiemulsiot ja -liuokset, ohennetut polymeeriliuokset (epoksit, polyuretaanit jne.) tai muut kyseiseen vedeneristetarvikeyhdistelmään kuuluvat esisivelyaineet.

3.3.2 Eristyskermit

Polymeerejä sisältäviä eristyskermejä ovat kumibitumi- ja muovibitumikermi (kuva [19 Esisivelyaineen avulla kiinnitettävän vedeneristyskermin levitystä](#)). Ne ovat vettäläpäisemättömiä tuotteita, joiden eristysaineena on muovibitumi tai kumibitumi ja tukikerroksena yleensä polyesterikuituhuopa. Lasihuopaa ei siltaeristyksissä saa käyttää.



Kuva 19. Esisivelyaineen avulla kiinnitettävän vedeneristyskermin levitystä

Kumibitumi on massa, joka saadaan lisäämällä bitumiin elastomeeriä (SBS-kumia) niin paljon, että bitumin venyvyys ja taivutettavuus alhaisissa lämpötiloissa paranevat oleellisesti. Muovibitumi on massa, joka saadaan lisäämällä bitumiin muovia (APP-muovia) niin paljon, että bitumin venyvyys ja taivutettavuus alhaisissa lämpötiloissa ja lämmönkestävyys korkeissa lämpötiloissa paranevat. Kumibitumikermien etuna on niiden joustavuus myös alhaisissa lämpötiloissa. Murtovenymä -20 °C :n lämpötilassa on polyesteritukikerroksisella kumibitumikermillä yleensä yli 30 % ja muovikermillä tuotteesta riippuen 5–20 %.

Polyesteritukikerros on polyesterimuovikuiduista valmistettu joustava huopa, verkko tai matto, joka säilyttää joustavuutensa myös matalissa lämpötiloissa. Polyesterikuitukerros ei kestä korkeaa lämpötilaa kauan, mikä on otettava huomioon kuumabitumiliimauksissa.

Vedeneristys suojataan yleensä ns. suojakermillä, yleisimmin bitumikermillä PX, jossa tukikerroksena on vahvistettu lasi- tai polyesterihuopa.

3.3.3 Eristysmastiksit

Eristysmastiksi valmistetaan hiekasta, täyteaineesta (kalkkikivijauheesta) sekä sideaineesta. Sideaine on styreenibutadieenistyreenukumia sisältävää kumibitumia ja sitä on oltava vähintään 15 paino-%. Mastiksieristyksessä on kolme kerrosta: kumibitumi KB 100, eristysmastiksi ja tartuntasirote.

3.3.4 Eristysmassat

Siveltävät tai ruiskutettavat eristysmassat ovat yleensä polyuretaaneja (kuva [20 Pofyuretaanin ruiskutusta](#)), epokseja, tervaepokseja tai kumibitumeja. Eristysmassan paksuus on vähintään 2,5 mm. Käyttökohteina ovat sekä betoni- että terässillat.



Kuva 20. Pofyuretaanin ruiskutusta

Eristysmassojen etuja ovat

- yleensä hyvä tartunta alustaan
- hyvä leikkauslujuus
- kevyt rakenne
- hyvä vesitiiviys (tuote saumaton)
- osalla tuotteita hyvä joustavuus matalissa lämpötiloissa.

Eristysmassojen haittoja osassa tuotteita ovat

- kalleus
- vaativat hyvät työolosuhteet (lämpötila, kosteus)
- herkkyys työvirheille.

Tuotteiden ominaisuudet vaihtelevat. Laboratoriokokeissa polyuretaanit ja epoksit ovat osoittautuneet tervaepokseja ja kumibitumeja selvästi paremmiksi. Eristysmassat vaativat yleensä tuotekohtaisen tartuntasivelyn parantamaan tuotteiden tartuntaa alustansa. Eristysmassoja ei saa levittää liian märälle alustalle. Myös liian kostea ja viileä ilma häiritsevät eristysmassojen kovettumisreaktioita. Päällyste voidaan levittää suoraan useimpien eristysmassojen päälle.

3.3.5 Asfaltit

Siltakansien vedeneristyksen päälle levitetään yksi tai useampia päällystekerroksia, jotka suojaavat eristystä ulkoisilta rasituksilta. Yleensä siltapäällysteen kulutuskerros tehdään kumia sisältävästä asfaltista.

Polymeeriä sisältävissä asfalteissa käytetään sideaineena kumibitumia tavanomaisen bitumin asemesta. Silloilla käytettäviä kumiasfaltteja ovat kumiasfalttibetoni (KBAB), kumivaluasfaltti (KBVA) sekä splittmastix-asfalttibetoni (KBSMA). Viimeksi mainittu on epäjatkuvan rakeista kumiasfalttibetonia, joka sisältää myös kuituja.

Kumiasfalttien on todettu kestävän deformaatiota huomattavasti paremmin ja kulutusta jonkin verran paremmin kuin tavalliset asfaltit. Kumiasfaltin hyvät ominaisuudet perustuvat sideaineena käytetyn, SBS-polymeerillä (styreenibutadieenistyreenipolymeerillä) modifioidun bitumin hyvään tarttuvuuteen ja kylmäominaisuuksiin.

Kumiasfaltti valitaan siltapäällysteeksi taloudellisista syistä. Käyttöiän pitenemisestä koituvan korjauskustannusten säästön on oltava suurempi kuin ne lisäkustannukset, jotka aiheutuvat siitä, että kumiasfaltti on kalliimpaa kuin tavallinen asfaltti.

3.3.6 Ohutkerrospäällysteet

Ohutkerrospäällysteet ovat 5–15 mm paksuja polyuretaani-, epoksi- tai tervaepoksinpinnoitteita tai betonimuoveja (kuva [21 Epoksipohjaisen ohutkerrospäällysteen levitystä](#)). Ohutkerrospäällyste koostuu yleensä kahdesta nestemäisestä komponentista ja kiviaineksesta. Nestemäiset komponentit ovat yleensä hartsi ja kovete. Ohutkerrospäällysteen tarttumista alustaan parannetaan usein tartuntasivelyn avulla.



Kuva 21. Epoksipohjaisen ohutkerrospäällysteen levitystä

Ohutkerrospäällysteiden etuja ovat

- toimii päällysteenä ja eristeenä
- pieni oma paino
- hyvä tartunta alustaan
- hyvä suolankestävyys
- hyvä kulutuksenkestävyys.

Haittoja ovat

- kallis hinta
- kestävyys kylmissä olosuhteissa vaihtelee materiaaleittain
- vaurioituvat helposti talvikunnossapidon yhteydessä.

3.4 Saumaussmassat

Siltojen päällystesaumoissa ja pienissä liikuntasaumoissa käytetään saumaussmassoja pintarakenteiden laajenemis- ja kutistumisliikkeiden mahdollistamiseksi hallitusti sekä estämään veden ja muiden haitallisten aineiden pääsy saumarakoon ja rakenteeseen.

Tyypillisiä sillanrakennuksessa käytettäviä saumausmateriaaleja ovat plastiset kumibitumipohjaiset saumaussmassat ja elastiset polysulfidi-, polyuretaani- ja silikonimassat (kuva [22 Saumaussmassojen venyvyyseroja pakkasessa \(-25 °C\) betonirakenteen saumoissa](#)). Elastisten saumaussmassojen etuna on niiden hyvä joustavuus kylmässä, mutta ne asettavat työskentelyolosuhteille ja saumapintojen laadulle suuremmat vaatimukset kuin plastiset massat. Plastiset massasaumat täytetään yleensä pohjaa myöten. Elastisiin massasaumoihin asennetaan mahdollisuuksien mukaan umpisoluinen solumuovinauha (solupolyeteeninauha) hyvän sauman muodon aikaansaamiseksi.

Hyvän sauman muodon aikaansaamiseksi asennetaan saumausmassan alle pyöreä pohjanauha, joka on yleisimmin umpisoluisia polyeteeniä. Umpisoluisen polyeteeninauhan etuna on pieni vedenimukyky. Polyeteenin tartuntaa jossain määrin hylkivä pinta ja hyvä joustavuus myös alhaisissa lämpötiloissa ovat sauman esteettömän liikkuvuuden kannalta tärkeitä ominaisuuksia.

3.4.1 Polyuretaanimassat

Polyuretaanimassojen koostumus vaihtelee suuresti. Perusreaktiona voidaan pitää kahden komponentin välistä reaktiota, jossa toinen komponenteista on isosyanaatti (esim. TDI, MDI) ja toinen polyoli (polyeetteri, polyesteri). Massoihin voidaan myös lisätä erilaisia lisäaineita parantamaan massan tiettyjä ominaisuuksia kuten elastisuutta, lujuutta tai tartuntaominaisuuksia.

Polyuretaanimassoja toimitetaan sekä yksi- että kaksikomponenttisina. Kaksikomponenttituotteissa toinen komponentti sisältää isosyanaattiosan ja toinen polyolin. Oikeassa suhteessa sekoitettuna niistä muodostuu polyuretaani. Yksikomponenttisissä massoissa reaktion alkaminen on estetty ja kovettuminen lähtee käyntiin esimerkiksi kosteuden vaikutuksesta.

Massojen elastisuus vaihtelee paljon tyyppin mukaan (kuva [22 Saumausmassojen venyvyyseroja pakkasessa \(-25 °C\) betonirakenteen saumoissa](#)). Kovettuneen massan vedenkestävyys on hyvä, samoin laimeiden happojen ja emästen sekä liuotteiden kestävyys. Kovuus vaihtelee välillä 15–45 Shore A -astetta. Eräät polyuretaanit kellastuvat auringonvalossa. Tämä voidaan estää lisäämällä massaan tiettyjä UV-suoja-aineita tai maalaamalla pinta polyuretaanimaalilla.

3.4.2 Silikonimassat

Silikonimassojen sideaineet ovat polysiloksaaneja. Kovete voi olla kolmenlainen:

- emäksinen (amiini)
- neutraali (esim. bentsamiini, alkoksi)
- hapan (asetatti).

Happo- ja alkalikovettuvien silikonimassojen ominaisuudet eivät poikkea toisistaan kovinkaan paljon. Alkalikovettuvat massat kestävät emäksiä jonkin verran muita paremmin. Toisaalta neutraalit massat venyvät enemmän. Kovettumisreaktioiden erilaisuuden lisäksi silikonimassojen laatuun vaikuttavat valmistuksessa käytetyt lisäaineet (pehmitteet, täyteaineet).

Silikonimassat eroavat muista saumausmassoista siinä, että niiden elastiset ominaisuudet eivät merkittävästi muutu lämpötilavälillä -60 °C ... +180 °C. Massa kestää yleensä hyvin sekä pitkäaikaista venytystä että puristusta. Kovuus on yleensä välillä 20–35 Shore A -astetta riippuen massasta. Kovettunut massa kestää sekä emäksistä että hapanta vettä, mutta sen liuotteiden kestävyys on huonompi kuin esimerkiksi polysulfidimassoilla. Silikonimassat kestävät sekä auringonvalon että ilmassa olevan otsonin ja rikkidioksidin vaikutusta.



Kuva 23. Silikonimassasauman viimeistelyä

3.4.3 Polysulfidimassat

Polysulfidi on pitkäketjuinen orgaaninen alifaattinen yhdiste, joka sisältää disulfidisiltoja ja reaktiokykyisiä merkaptaaniryhmiä. Nestemäinen polysulfidi verkkoutuu hapettimen vaikuttaessa. Tuloksena on elastomeeri, polysulfidikumi, jota yleisesti kutsutaan polysulfidiksi tai tiokoliksi.

Kaksikomponenttisissa polysulfidimassoissa kovetteena toimivat metallioksidit tai -peroksidit, epäorgaaniset hapettimet tai orgaaniset happea luovuttavat yhdisteet. Yksikomponenttisissa polysulfidisauausmassoissa massa sisältää jo valmiina happea luovuttavan aineen, mutta vasta ilman kosteus saa aikaan reaktion alkamisen.

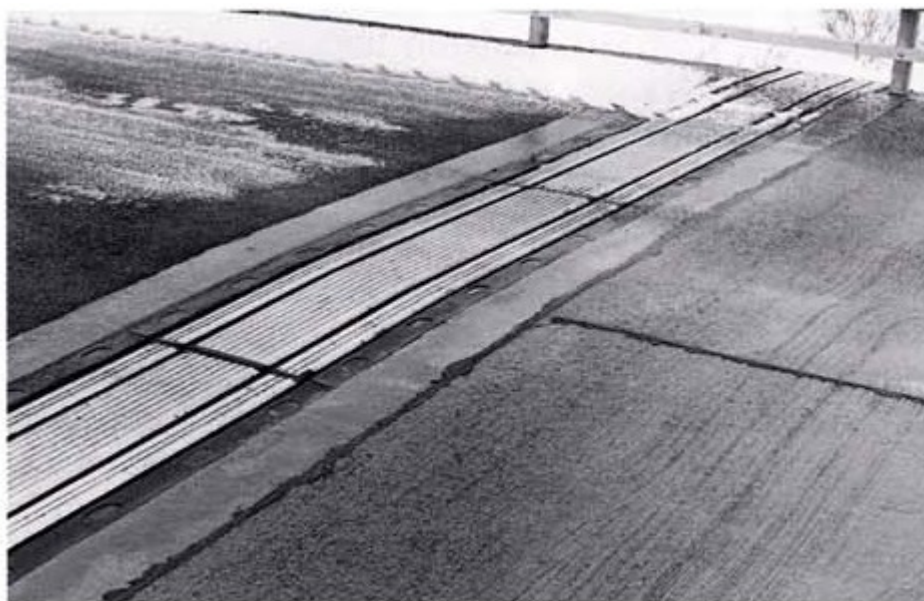
Polysulfidimassojen elastisia ominaisuuksia voidaan vaihdella hyvin laajoissa rajoissa (kuva [22 Sauausmassojen venyvyseroja pakkasessa \(-25 °C\) betonirakenteen saumoissa](#)) muuttamalla täyteaineiden ja pehmitteen määriä. Polysulfidimassat eivät ole täysin elastisia, vaan niissä esiintyy myös virumista. Kovettunut massa kestää estereitä, öljyjä, alkoholeja sekä orgaanisia happoja ja laimeita epäorgaanisia happoja. Massojen kovuus vaihtelee välillä 5–40 Shore A -astetta.

3.4.4 Kumi- ja muovibitumit

Kuumana valettavat, polymeerejä sisältävät massat ovat bitumin ja elastomeerien tai bitumin ja muovien seoksia. Elastomeereistä, joita sekoitetaan bitumiin, mainittakoon polyisobuteenikumi, butyylikumi ja SBS (styreenibutadieenistyreeni). Yleisin bitumiin sekoitettava muovi on APP (ataktinen polypropeeni).

Massat pehmenevät kuumassa, mikä osittain rajoittaa niiden käyttöä: massa, joka on käyttökelpoinen alhaisissa lämpötiloissa, ei aina sovellu korkeampiin lämpötiloihin.

Eri käyttötarkoituksia varten on kehitetty sekä plastisia (kuva [24 Plastisesta saumaussmassasta tehtyjä saumoja](#)) että elastisia (kuva [25 Elastisen massasauman tekoa](#)) polymeeribitumeita.



Kuva 24. Plastisesta saumaussmassasta tehtyjä saumoja

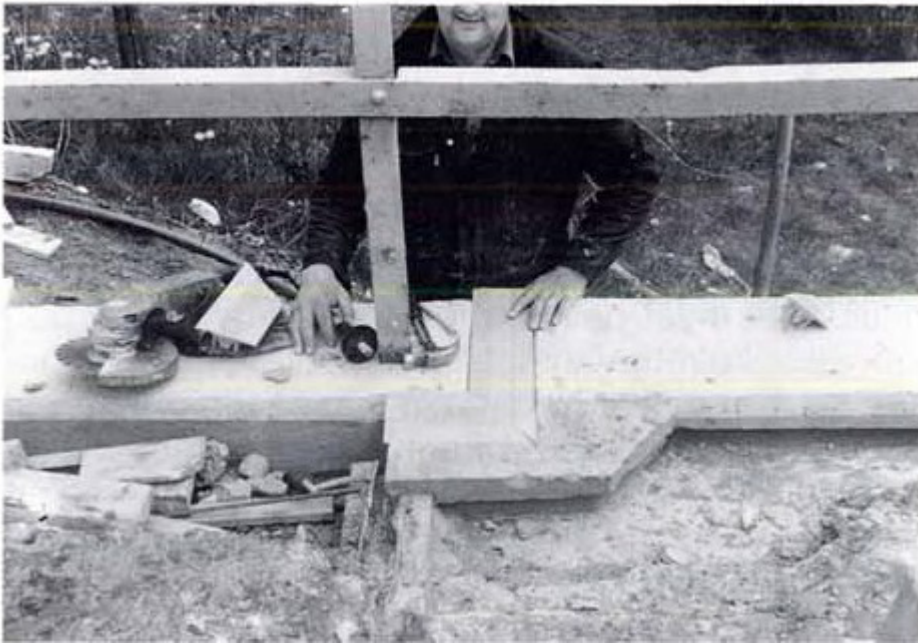


Kuva 25. Elastisen massasauman tekoa

3.5 Muut tarvikkeet

3.5.1 Liikuntasaumalaitteet ja laakerit

Pieniä liikuntasaumalaitteita valmistetaan epoksista (kuva [26 Epoksista valmistettu liikuntasaumaelementti](#)) ja liikuntasaumanauhoja polyvinyylikloridista (PVC). Keskisuurissa ja suurissa liikuntasaumalaitteissa ja kumilevy- ja kumipesälaakereissa on eri kumilaaduista valmistettuja osia.



Kuva 26. Epoksista valmistettu liikuntasaumaelementti

3.5.2 Muoviputket ja salaojat

Tärkeimmät putkimateriaalit ovat PVC (polyvinyylikloridi), HOPE (suuritiheyspolyeteeni), LOPE (pientiheyspolyeteeni), PP (polypropeeni), PS (polybuteeni), CPVC (jälkikloorattu PVC) ja PEX (silloitettu polyeteeni). Lujitemuoviputkista tärkeimmät ovat lasikuitulujitteiset polyesteri- ja epoksimuoviputket. Sillanrakennustöissä käytetään putkimateriaaleina pääasiassa PVC- ja PE-muoveja (kuvat [27 Polyeteeniputkista tehdyt syöksytorvet](#) ja [28 Salaojaputken asennusta maatuen taustatäyttöön](#)).



Kuva 27. Polyeteeniputkista tehdyt syöksytorvet



Kuva 28. Salaojaputken asennusta maatuen taustatäyttöön

PVC:n etuina ovat raaka-aineen hinnan suhteellinen alhaisuus, suhteellisesti korkea laskentajännitys, jäykkyys ja se, että se ei ylläpidä palamista. Pääkäyttöalueita ovat sisä- ja maaviemärit, salaojaputket sekä painejohdot. Muoviputkilla on monipuolinen koko- ja yhdevalikoima.

HOPE:n etuina ovat hyvä kemiallinen kestävyys, pakkasenkestävyys, putkien taipuisuus ja puskuhittettuna mahdollisuus pitkiin johtoihin. LOPE:n etuna on puolestaan putken taipuisuus, mikä tekee sen erityisen soveliaaksi pitkiin, keloilla toimitettaviin pienikokoisiin vesijohtoihin ja kasteluputkiin.

Muoviputkia voidaan liittää toisiinsa tai eri materiaaleihin hyvin monella tavalla. Liitostapoja ovat liimaliitos, muhviliiitos, puskuhittaus, sähkövastus- ja lämpöhittaus, mekaaninen liitos sekä laippaliitos. Jotkut liitokset ovat hyvin materiaaliikohtaisia, joten on aina syytä seurata putken valmistajan antamia ohjeita.

Muoviputkia käytetään siltarakenteissa sadevesiviemäreissä, salaojissa ja katulämmitysputkistoissa. Sadevesiviemäreissä yleisimmät muoviputkimateriaalit ovat PVC ja HOPE. Sadevesiviemäreitä ei Suomessa ole erikseen standardisoitu, vaan yleensä käytetään SFS-standardien 5102, 5103 ja 3900 mukaisia muoviputkia. Jos on perusteltua käyttää laatuominaisuuksiltaan muunlaisia putkia, lähinnä kun ei edellytetä verkoston pitkäaikaista tiiviyyttä, voidaan käyttää myös standardisoimattomia SV- tai ojaputkia.

Salaojaputkista valmistetaan Suomessa standardin SFS 5211 mukaisia PVC-aaltosalaojaputkia, kooltaan DN 40–200. Putket jaetaan jäykkyytensä perusteella lujuusluokkiin M ja T. Erikoistuote on erittäin lujatekoinen HOPE-kaksikerrospotki, joka on virtausominaisuuksiltaan hyvä.

3.5.3 Lämmöneristeet

Sillanrakennustöissä käytetään lämmöneristeitä routasuojaukseen. Solumuovieristeistä yleisimmät ovat PS (polystyreenisolumuovi) ja ExPS (suulakepuristettu polystyreenisolumuovi). Solumuovieristeiden lujuus, lämmöneristävyys ja vettyvyys riippuvat niiden tilavuuspainosta. Polystyreenisolumuovin (PS) normaalina lämmönjohtavuutena käytetään maakerrosten välissä arvoa 0,075 W/mK (30–60kg/m³) tai

0,080 W/mK (17–29,9 kg/m³) ja suulakepuristetun polystyreenieristeen lämmönjohtavuutena arvoa 0,045 W/mK (25–40 kg/m³) (Rakentamismääräyskokoelma C4).

3.5.4 Sidontaverkot ja -kankaat

Sidontaverkkoja ovat luiskakennot, kiviakorit, kiviakorimatot ja eroosionestomatot.

Luiskakennoja käytetään verhouksen sitomiseen esimerkiksi tieluiskilla ja siltapenkereillä. Ne valmistetaan pakkasenkestävästä muovista, esimerkiksi kovasta polyeteenistä (jäykkä rakenne) tai polyesterikuitunauhasta (kokoontaittuva rakenne). Sillanrakennuksessa käytetään mahdollisimman lähellä ruohonvihreää olevia sävyjä (kuva [29 Luiskakennojen asennusta](#)).



Kuva 29. Luiskakennojen asennusta

Kivikoreja ja kiviakorimattoja käytetään keilojen ja luiskien tukimuureissa (kuva [30 Muovipinnoitettuja kiviakoreja](#)) ja eroosionsuojauksissa. Ne valmistetaan kuumasinkitystä teräslangasta, joka pinnoitetaan muovipinnoitteella. Muovin pitää olla pakkasenkestävää polyeteeniä (PE) tai polyvinyylikloridia (PVC).



Kuva 30. Muovipinnoitettuja kivitöitä

Eroosionestomattoja käytetään sekä maanpäällisissä että vedenalaisissa kohteissa. Eroosionestomatot sitovat maapintaa ja kasvillisuutta sateen, tuulen ja virtaavan veden aiheuttamalta syöpymiseltä. Eroosionestomatot ovat jäykistä polyamidilangoista valmistettuja avorakenteisia mattoja, joiden paksuus on yleensä 10–20 mm. Vedenalaisiin virtaaviin kohtiin käytetään bitumilla sidotulla kiviaineksella esitäytettyjä mattoja.

Kuitukankaita käytetään perustettaessa rakenteita heikosti kantavalle perusmaalle ja erotettaessa eri materiaaleja toisistaan. Kuitukankaat valmistetaan polypropeenista (PP).

4 Työsuojelu

4.1 Terveydelle vaarallisten aineiden tunnistus- ja merkintäjärjestelmä (TVATM)

Työsuojelu on muodostunut enimmäkseen ennaltaehkäiseväksi, sillä pyrittäessä järjestelmälliseen työsuojeluun ja kustannusten säästöön suunnittelun osuus korostuu. Siksi ennakoivan työsuojelun merkitystä korostavat sekä nykyinen työturvallisuuslaki että Väyläviraston töissä sovellettavat rakennustyön järjestysohjeen määräykset (Valtioneuvoston päätös, joka sisältää rakennustyössä noudatettavat järjestysohjeet 274/69). Koska polymeerien käyttöön liittyy hyvin erilaisia työsuojeluongelmia, tapauksittain joudutaan perehtymään muihinkin työsuojeluohjeisiin ja -määräyksiin ([7 Täydentävät ohjeet](#)).

Kemikaalien aiheuttamien haittojen torjuminen työpaikoilla on mahdollista vain, jos työntekijöillä on riittävät tiedot aineista. Terveydelle vaarallisten aineiden tunnistus- ja merkintäjärjestelmän (TVATM) tavoitteena on helpottaa tiedon kulkua aineiden valmistajilta ja maahantuojilta niiden käyttäjille. Näin

käyttäjät saavat tiedot aineiden koostumuksesta, eri ainesosien ominaisuuksista, vaaroista, työntekijän altistumistavoista, tarvittavasta suojautumisesta jne.

Aineiden valmistajien, maahantuoja- ja välittäjien velvollisuus on toimittaa TVATM-järjestelmän mukaiset suomenkieliset käyttöturvallisuustiedotteet aineista niitä käyttäville työpaikoille. Työnantajan on puolestaan huolehdittava siitä, että aineita käyttävät työntekijät saavat nämä tiedot.

TVATM-järjestelmän mukaisesti terveydelle vaarallisen aineen myynti- ja käyttöpäällykseen on merkittävä mm. aineen kaupan nimi, valmistaja tai maahantuoja, terveydelle vaaralliset ainesosat ja niiden määrät painoprosenteina, pakkauksen tilavuus, varoitusmerkinnät sekä pakkauksen hävittämistapa, jos se edellyttää erityistoimia. Työpaikoilla käytettävä käyttöturvallisuustiedote sisältää yksityiskohtaisia tietoja mm. aineen koostumuksesta, ominaisuuksista, palo- ja räjähdysherkyydestä sekä aineen aiheuttamista terveysvaaroista ja niiden torjunnasta. Tuotteen valmistajan tai maahantuojan on laadittava käyttöturvallisuustiedote annettujen ohjeiden mukaan (Työsuojeluhallituksen päätös vaarallisten kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteesta 738/90).

4.2 Terveysvaikutukset

Vaikka polymeroitumattomat monomeerit ovat hyvin haitallisia terveydelle, loppuun asti reagoineet polymeerit ovat kuitenkin pysyviä ja enimmäkseen haitattomia myös ihmiselimistölle. Erilaisten polymeerituotteiden aiheuttamat vaivat ovat tavallisimmin ärsytys- ja allergisia ihottumia sekä hengitystieoireina ärsytys- ja tulehdusoireita sekä astmaa (ks. liite [A. Polymeereistä aiheutuvia terveyshaittoja](#)).

4.2.1 Kertamuovien terveysvaikutukset

Kertamuoveja käytettäessä tuote polymeroidaan ainakin osittain työpaikalla joko käyttäen kovetetta tai korkeaa lämpötilaa. Työssä joutuu ilmaan epäpuhtauksia, jotka voivat olla haihtuvia lähtöaineita tai lisäaineita – tai mikäli kovetuslämpötila on riittävän korkea, myös hajoamistuotteita. Kertamuoveista aiheutuvat terveyshaitat aiheutuvat usein hartsin komponenteista tai liuotteista. Niinpä terveysvaaroja voidaan vähentää valmistamalla hartseista esipolymeerejä.

Epoksimuoveja käytetään teräsiltojen korroosionestomaaliyhdistelmissä, betonipintojen suoja-aineissa sekä betonin korjausaineissa. Ne valmistetaan työmaalla kovettamalla epoksihartsi amiinilla. Epoksihartsit ovat tunnetuimpia allergisen ihottuman aiheuttajia, mutta ihottumaa aiheuttavat myös kovetteina käytetyt amiinit ja anhydritit, reaktiiviset liuotteet sekä mahdolliset hartsin epikloorihydriinijäämät. Lisäksi anhydridikovetteiden on todettu aiheuttavan astmaa.

Polyuretaania käytetään maaleissa, vedeneristysmassoissa, pinnoitteissa ja betonin korjausaineissa. Pääasiallisena ongelmana sen valmistuksessa ovat isosyanaatit, sillä ne ovat herkistäviä ja voivat aiheuttaa sekä astmaa että nuhaa. Isosyanaatteja tai niiden polymeereja voi esiintyä työpaikan ilmassa haihtuneina ja ruiskutustyössä myös aerosolina. Niitä syntyy myös polyuretaanien lämpöhajoamistuotteina kuumissa työvaiheissa tai palossa. Myös isosyanaattien amiinikovetteet voivat aiheuttaa astmaa ja allergista ihottumaa.

Aminomuoveja käytetään mm. liimoissa, maaleissa ja lakoissa. Niiden valmistukseen käytetään hartsia, joka sisältää formaldehydiä. Varsinkin kovetusvaiheessa muovista vapautuu formaldehydiä, joka on hengitysteitä ärsyttävä aine ja voi aiheuttaa lisäksi astmaa. Fenolimuvien valmistukseen käytetty

hartsit sisältää fenolia, joka on myrkyllinen yhdiste ja ärsyttää hengitysteitä. Lisäksi niin amino- kuin fenolimuuovienkin hartsit voivat aiheuttaa sekä allergista että ärsytysihottumaa.

4.2.2 Kestomuovien terveysvaikutukset

Kestomuovit valmistetaan yleensä kuumentamalla muovimassaa. Tällöin ilmaan pääsee käryä niin polymeeristä itsestään kuin lisäaineistakin niiden hajotessa ja haihtuessa. Yksittäisten aineiden osuus syntyneessä epäpuhtausseoksessa on pieni, mutta niiden yhteispitoisuus saattaa olla hyvinkin suuri.

Käry on ilmassa aerosolina, joten sen hiukkaskoko on hyvin pieni ja se kulkeutuu keuhkoissa keuhkorakkuloihin asti kuljettaen liuenneina mukanaan hajoamistuotteiden ärsyttäviä ja haitallisia aineita. Käry on pahanhajuista ja aiheuttaa nuhaa, kurkunpään ärsytystä, yskää ja limaneritystä.

Pitkäaikainen altistuminen hajoamistuotteiden pienillekin pitoisuuksille saattaa laukaista astmaoireita puuskittaisine yskänoireineen ja hengennahdistuksineen.

Astmaoireita esiintyy myös kestomuovien (polyolefiinien ja polyvinylikloridien) työstön yhteydessä. Lisäksi hienojakoinen polyvinylikloridipöly saattaa aiheuttaa muutoksia keuhkokudoksessa.

Metyylimetakrylaattia käytetään betoninkorjausaineena sekoittamalla hartsit ja kovete kiviainekseen. Sen monomeeri voi aiheuttaa allergista ihottumaa. Akrylaattia käytetään myös polymeeripitoisissa betoneissa ja laasteissa.

4.2.3 Elastomeerien terveysvaikutukset

Elastomeerit voivat aiheuttaa allergista ihottumaa sekä valmistuksen aikana että valmiina tuotteina. Allergisen kosketusihottuman aiheuttajina ovat tavallisesti kiihdytteet ja hapetuksenestoaineet. Kumipolymeeri ei yleensä aiheuta kosketusallergiaa. Luonnonkumipolymeeri saattaa kuitenkin aiheuttaa melko harvinaista kumiurtikariaa eli kuminokkosrokkia.

Kumiset suojakäsineet aiheuttavat suurimman osan kumista johtuvista ammattitauoista. Myös kumipäällysteiset johdot, tiivisteet sekä autonrenkaat ovat usein syynä työperäiseen kumi-ihottumaan.

4.2.4 Lisäaineiden terveysvaikutukset

Polymeerimateriaaleissa käytetään paljon lisäaineita, joista muutamien on todettu olevan terveydelle haitallisia. Niitä saattaa haihtua huomattavia määriä jo prosessilämpötiloissa. Pehmitteinä käytettävät ftalaatit kuten muutkin dikarbonihapojen anhydritit ärsyttävät ja herkistävät ihoa ja hengitysteitä sekä aiheuttavat astmaa. Atsokarbonamidia, joka aiheuttaa astmaa, käytetään tarvittaessa paisutteena mm. polyeteenissä, polyvinyliklorideissa ja styreenimuovissa. Pigmenteissä käytettävä kadmium ja stabilointiaineina käytetyt lyijysuolat ovat myrkyllisiä, samoin kuin useat palonestoaineina käytetyt halogeeniyhdisteet ja orgaaniset yhdisteet.

Lujitteina käytetyt asbesti- ja muut mineraalikulut tuottavat sekoitusvaiheessa ja hiontatyössä pölyä, joka voi aiheuttaa pölykeuhkosairauksia. Peroksideja käytetään muoveihin iniaattoreina ja silloitteina. Reaktiivisina aineina ne ovat ärsyttäviä, useat ovat myös herkistäviä. Maaleissa käytetyt liuotteet ovat ärsyttäviä ja huumaavia.

4.3 Kuljetus ja varastointi

Varastoitaessa polymeerituotteita on tarkastettava, että astiat ovat ehjiä ja varmistettava, että pakkaukset on merkitty TVATM-järjestelmän mukaisesti. Jollei aineista ole aiemmin hankittu käyttöturvallisuustiedotteita, ne on saatava ennen aineen käyttöönottoa. Aineen varastoinnissa on noudatettava käyttöturvallisuustiedotteen ja käyttöohjeen määräyksiä.

4.4 Aineiden sekoitus

Annostellessaan ja sekoittaessaan valmiin tuotteen raaka-aineita (esim. hartseja ja kovetteita) työntekijä altistuu yleisimmin vaarallisille aineille aineiden roiskuessa iholle ja silmiin sekä liuotteiden ja muiden höyryjen joutuessa hengityselimistöön. Siksi on noudatettava aineen toimittajan ohjeita annostelussa ja sekoituksessa sekä työskenneltävä huolellisesti niin, ettei aine roisku.

Altistumisvaaraa voidaan torjua mm. siten, että aineet annostellaan ja sekoitetaan erillään muista työntekijöistä, lähellä seoksen lopullista käyttöpaikkaa ja käytetään esim. roiskesuojia. Sekoitustyövälineitä ei pitäisi käyttää muuhun työhön, jottei kovettumattomia aineita leviä muualle työympäristöön.

Poikkeaminen annosteluohjeista johtaa siihen, että kaikki raaka-aineet eivät reagoi, jolloin lopputuote on vain osittain kovettunut. Tällöin tulos ei ole hyvälaatuinen ja tuote saattaa aiheuttaa vaaraa työympäristölle. Jos polymeerituotteiden lämpötila nostetaan korkeammalle kuin annostelu ja sekoitus sekä kovettuminen edellyttävät, haihtuvat aineet höyrystyvät voimakkaammin. Tällöin haitallisia aineita pääsee entistä enemmän työpaikan ilmaan ja altistumisriski kasvaa. Myös astiat on pidettävä huolellisesti suljettuina silloin, kun aineita ei käytetä. Tällä estetään esim. liuotteen turha haihtuminen. Annosteltaessa palavia nesteitä on estettävä myös staattisen sähkön muodostuminen maadoituksella.

4.5 Aineiden käsittely

Valmiiden kestopuovien käsittelystä ei yleensä ole haittaa. Joidenkin muovien työstössä syntyvä pöly aiheuttaa kuitenkin hengitysteiden ärsytystä. Kumituotteet voivat aiheuttaa allergista ihottumaa eli kosketusurtikariaa.

Jos lopullinen polymeeri muodostuu vasta työmaalla reaktion tuloksena, mahdollinen altistumistapa ja sen voimakkuus riippuvat paitsi käytötavasta, myös käytössä olevasta tuotteesta, sen raaka-aineista, käyttökohteista, käyttöolosuhteista sekä suojalaitteista. Seuraavassa esitellään eri käsittelytavat.

4.5.1 Tela-, sivellin- tai lastalevitys

Yleisimmät altistumistavat tässä työtavassa ovat roiskeet ja tahrat iholle ja silmiin sekä liuote- ym. höyryjen hengittäminen. Jos polymeeriä levitetään suurelle pinnalle, altistuminen voi olla huomattavaa. Myös hitaasti haihtuvien aineiden pitoisuus voi nousta suureksi, mikä lisää ilmanvaihdon tarvetta. Jollei altistumista voida estää teknisin toimin, on käytettävä henkilökohtaisia suojaimia (katso kohta [4.6 Henkilökohtaiset suojaimet](#)).

4.5.2 Ruiskutus

Ruiskutettaessa polymeerituotteita työntekijä altistuu haitallisille aineille erityisesti seuraavin tavoin:

- ruiskutussumu iholle ja silmiin
- ruiskutussumun hengittäminen
- liuotehöyryjen hengittäminen.

Haihtuminen on runsasta suuren haihtumispinnan takia. Polymeerituotteet onkin ruiskutettava aina hyvin ilmastoidussa työtilassa. Lisäksi on yleensä tarpeen käyttää henkilökohtaista hengityksensuojainta sekä suojata koko iho.

Ruiskutustöiden yhteydessä on usein palovaara. Tämä voidaan estää maadoituksella, mikä on tärkeää myös ruiskun pesussa. Työvaatetuksena on käytettävä mieluiten puuvillaa, joka ei aiheuta staattista sähköä.

4.5.3 Valu ja puristus

Polymeeripitoisissa betoneissa ja laasteissa polymeeri sekoitetaan veteen lateksiksi. Käytettäessä SBR:a polymeeri ei ole aktiivisessa muodossa, joten esim. styreeni ei haihdu. Sekoitus on kuitenkin tehtävä niin, ettei roiskeita synny. Samoin paikkauslaastien pääsy iholle on estettävä.

Betonimuoveja käytettäessä polymeerihartsin sekoitetaan työmaalla kovetteen ja kiviaineksen kanssa. Sekoitus on tehtävä hyvin ilmastoidussa työtilassa, ja hartsin pääsy iholle tai hengitykseen on estettävä.

4.5.4 Työvälineiden puhdistus

Monet polymeerituotteet kovettuvat pian sekoituksen ja käytön jälkeen. Työvälineet onkin puhdistettava mahdollisimman pian käytön jälkeen, tavallisimmin liuotteella, tilassa, jossa on hyvä ilmanvaihto. Voimakkaat liuotteet vaativat erityiset, niitä kestävät suojakäsineet. Liuotteita ei saa kaataa maahan tai vesistöön, vaan ne on hävitettävä ohjeiden mukaan.

4.6 Henkilökohtaiset suojaimet

4.6.1 Ihon suojaaminen

Polymeerituotteiden käsittelyssä ensisijainen suojauskohde on iho. Sen suojaamiseksi voidaan käyttää suojakäsineitä ja -vaatetusta sekä suojavoiteita.

Suojakäsineiden on oltava tarpeeksi tiiviit ja pitkävartiset. Käsineiden alla on käytettävä puuvillaistasuojakäsineitä. Käsinemateriaali on valittava niin, että se kestää käsiteltävän polymeerin. Lisätietoja saa julkaisusta *Työterveyslaitoksen ohjeita ja suosituksia 6: Käsien suojaus*.

Suojavaatetukseksi riittää yleensä tavallinen suojapuku. Jos työssä on suuri likaantumisen vaara, on parasta käyttää kertakäyttöhaalaria. Töissä, joissa on palo- ja räjähdysvaara, käytetään puuvillaista suojahaalaria. Tarvittaessa voidaan käyttää lisävarusteina myös esim. kyynärpää-, polvi- ja rannesuojia.

Suojavoiteet eivät estä altistumista, mutta ihon puhdistaminen on helpompaa, jos se on suojattu voiteella. Suojavoide estää myös ihon kuivumisen.

4.6.2 Hengityselinten suojaaminen

Hengityksensuojaimia on käytettävä, jos työssä ei teknisin toimenpitein voida riittävästi estää haitallisia pöly- tai kaasupitoisuuksia. Tarkoituksenmukaisia suojaimia ovat yleensä:

- pölysuodatinnaamari hiottaessa kovettuneita polymeerituotteita esim. epoksia
- kaasusuodatinnaamari esim. käytettäessä pesuliuoksia ja levitettäessä tuotteita siveltimellä tai telalla sekä sekoitettaessa hartsia ja kovetetta
- yhdistelmäsuodatinnaamari ruiskutuksessa
- paineilma- tai raitisilmanaamari tai huppu ruiskutuksessa.

Suodatinsuojainta käytetään vain lähinnä tilapäisessä lyhytaikaisessa suojauksessa. Suodattimen käyttöikä on rajallinen, joten se on vaihdettava tarpeeksi usein. Lisäksi se on varastoitava niin, ettei se menetä suojauskykyään varastossa.

Paineilmaverkostosta otettava ilma on suodatettava ennen kuin se johdetaan suojaimeen. Lisätietoja saa julkaisusta *Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 10: Paineilman tuottaminen hengityskäyttöön*.

4.6.3 Silmien suojaaminen

Silmien suojaamiseen käytetään silmiensuojaimia tai kasvojensuojainta.

4.6.4 Suojainten hoito

Kaikki henkilökohtaiset suojaimet on huollettava ja korjattava sekä puhdistettava riittävän usein, jotta ne suojaisivat hyvin. Altistumisen aiheuttamia haittoja voidaan vähentää myös hyvällä henkilökohtaisella hygienialla.

5 Ympäristönsuojelu

5.1 Aineiden ympäristövaikutukset

Väärin käytettyinä siltojen korjauksessa käytetyt aineet lisäävät ympäristön saastumista. Samat aineet, jotka aiheuttavat työturvallisuusriskin, aiheuttavat yleensä haittaa myös ympäristölle: ilmalle,

maalle sekä pohja- ja pintavesistölle. Vaikka pitoisuudet laimenevatkin luonnossa nopeasti, vähäisetkin saastepäästöt on estettävä.

Ympäristönsuojelunäkökohtia käsiteltäessä on otettava huomioon ainakin melu, pöly, maali- ja liuotesumujen sekä -höyryjen muodostuminen, paikkauksessa ja injektoinnissa käytettävien aineiden käsittely, rakennusjätteiden hävittäminen sekä öljyjen ja liuotteiden maahan pääsemisen estäminen.

5.1.1 Pöly

Suihkupuhdistustyössä ja betonin piikkauksessa muodostuu pölyä puhallushiekasta, irtoavasta maalijätteestä ja ruosteesta sekä betonista. Kokemusten mukaan pöly ei leiju ilmassa merkittävän laajalle alueelle mutta haittaa liikennettä, jos esimerkiksi puhallussuihku on ajoradalle päin. Tuulen suunta ja voima vaikuttavat oleellisesti epäpuhtauksien leviämiseen. Pölyn joutuessa veteen muodostuu lauttoja, jotka kulkeutuvat aallokon tai virran mukana yllättävänkin kauas. Kvartsihiekan käyttäminen puhallukseen on kielletty joillakin paikkakunnilla kokonaan sekä työturvallisuus- että ympäristönsuojelusyistä.

Lyijyä sisältävillä maaleilla maalattua pintaa suihkupuhdistettaessa tulee olla erityisen varovainen, sillä lyijypitoisen pölyn hengittäminen on vaarallista. Lyhytaikainenkin lyijyn hengittäminen aiheuttaa unettomuutta, päänsärkyä, maniaa ja kouristuksia.

Lähivuosina on odotettavissa, että ympäristönsuojelumääräykset tiukentuvat. Esimerkiksi siltojenkin suihkupuhdistuksen jätteitä alettaneen kerätä talteen.

5.1.2 Maalisumu

Ruiskumaalauksen ohimaalaussumu leijuu ilmassa tuulen mukana varsin kauas. Veteen joutuessaan se pisaroituu ja muodostaa lauttoja, jotka voivat ajelehtia satojen metrien päähän, ylävirtaankin. Maalilautat tahraavat rantoja, veneitä ja laitureita ja saastuttavat vettä. Maalilauttojen leviämistä vedessä voi estää käyttämällä öljypuomeja, missä se on mahdollista.

Lähivuosina on odotettavissa siirtyminen liuotteettomien maalien käyttöön myös siltojen maalauksessa.

Maalien käyttöturvallisuustiedotteissa on maininta maalien ympäristöhaitoista. Useimpia niistä ei saa päästää viemäriin eikä vesistöön. Käyttöturvallisuustiedotteessa annetaan myös erityisiä ohjeita tuotteen varastoinnista, korroosio-ominaisuuksista, puhdistuksesta, siivouksesta ja vaarattomaksi tekemisestä; ohjeita annetaan myös tulipalon varalta.

5.1.3 Kiinteät aineet

Useimpien paikkauksessa ja injektoinnissa käytettävien aineiden käyttöturvallisuustiedotteissa on ympäristöhaittojen kohdalla maininta, että niitä ei saa päästää vesistöön. Myös sementtiliiman pääsy vesistöön pitää mahdollisuuksien mukaan estää.

Piikattaessa siltoja ei irtoavia betonin, asfaltin tai raudoituksen kappaleita ja muita rakennusjätteitä saa pudottaa vesistöön, jos niistä on haittaa esim. alapuolisille teollisuuslaitoksille tai jos ne voidaan kohtuullisella vaivalla kerätä talteen. Ne on vietävä sovitulle kaatopaikalle, eikä niitä missään tapauksessa saa jättää maastoon.

Öljyjen ja liuotteiden pääsy maahan on estettävä, sillä ne saastuttavat maaperää ja jo pienetkin määrät voivat aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen. Niiden varastoinnissa ja käsittelyssä on oltava huolellinen ja noudatettava käyttöturvallisuustiedotteiden antamia ohjeita.

Myöskään lyijyä ja kromia, joita on usein siltojen maalaukseen käytetyissä maaleissa, ei saa päästää vesistöihin. Näitä aineita sisältävät maalijätteet on hävitettävä huolellisesti, sillä ne ovat vaarallisia varsinkin pikkulapsille, jos he pääsevät pistämään maalinpalasia suuhunsa tai hengittävät maalipölyä.

5.2 Jätehuolto

Jätehuollossa on noudatettava jätehuoltolakia 673/78 ja jätehuoltoasetusta 307/7 muutoksineen. Niiden mukaan yleisen tien pitäjän velvollisuus huolehtia jätteiden keräilyn järjestämisestä koskee tiealueen lisäksi myös tien vier- ja liitännäisalueita. Näille alueille ei saa siis jättää esimerkiksi käytöstä poistettuja esineitä tai aineita niin, että siitä aiheutuu haittaa esimerkiksi terveydelle tai viihtyisyydelle.

Muovijätteiden polttaminen työmaalla ei ole suotavaa, sillä niitä poltettaessa syntyy usein myrkyllistäkin savua. Käyttöturvallisuustiedotteiden maininta vaarattomaksi tekemisestä polttamalla valvotuissa olosuhteissa tarkoittaakin uunipolttoa ongelmajätelaitoksella.

5.3 Ongelmajätteet

Sisäasiainministeriön päätös ongelmajätteistä 576/79 luokittelee jätehuoltolaissa tarkoitetuiksi ongelmajätteiksi jätteet, jotka sisältävät esimerkiksi öljyä, liuotteita, syövyttäviä aineita, elohopeaa, hopeaa, epäorgaanisia tai orgaanisia syanideja tai isosyanaatteja, orgaanisia halogeeniyhdisteitä (esim. PCB:tä), fenoleja tai lääkeaineita.

Ongelmajätteen tuottajan on huolehdittava ongelmajätteen asianmukaisesta pakkaamisesta, säilyttämisestä ja jätteen merkitsemisestä sekä annettava sen käsittelyn vaatimat tarpeelliset tiedot.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös terveydelle vaarallisen jätteen merkitsemisestä 830/85 koskee myrkyn tai terveydelle vaarallisen aineen merkitsemistä silloin, kun se on jätehuoltolaissa tarkoitettua jätettä. Kemikaaliasetuksen 620/90 ja TVATM:n edellyttämät merkinnät tulee tehdä vaarallisen jätteen päällykseen. Tuotteen nimen sijasta tai ohella tulee kuitenkin olla merkintä siitä, että kyseessä on jäte.

Näitä merkintöjä ei kuitenkaan tarvitse tehdä päällykseen, jota käytetään ainoastaan jätteen kuljettamiseen. Jos jäte säilytetään aineen alkuperäisessä pakkauksessa eikä jäte olennaisesti poikkea siitä vaarallisesta aineesta, josta jäte suurimmaksi osaksi on muodostunut, voidaan käyttää pakkauksessa ennestään olevia varoitusmerkintöjä. Merkintöjä on kuitenkin täydennettävä merkinnällä jätteen tuottajasta ja siitä, että kyseessä on jäte.

Sisäasiainministeriön päätöksen ongelmajätteistä 576/79 mukaan edellä mainittuja jätteitä ei kuitenkaan pidetä ongelmajätteinä, jos ne esiintyvät vähäisinä määrinä, pieninä pitoisuuksina tai ympäristön kannalta haitattomassa muodossa ja ne voidaan vaaraa tai haittaa aiheuttamatta kerätä, kuljettaa ja käsitellä muun jätteen joukossa. Niinpä esimerkiksi maalipurkki, jonka sisältö on täysin kuivunut, voidaan toimittaa kaatopaikalle normaalina jätteenä, vaikka märkä maali sekä liuotteet ovatkin ongelmajätteitä.

6 Laadunvarmistus

6.1 Tarvikkeiden hyväksyntä

6.1.1 Väyläviraston laatuvaatimukset

Väyläviraston hankkeissa käytettävien tuotteiden tulee täyttää Väyläviraston laatuvaatimukset.

Väyläviraston laatuvaatimukset täyttävät rakennustarvikkeet on esitetty SILKO-ohjeiston tarviketiedostossa. Tarkempia tuotekohtaisia tietoja on saatavissa tuoteluettelon yhteystietojen avulla tilattavista esitteistä ja käyttöselosteista.

6.1.2 Lakisääteinen tyyppihyväksyntä

Rakennuslakiin perustuvan tyyppihyväksynnän tarkoituksena on rakennusvalvonnan yksinkertaistaminen ja yhtenäistäminen. Tyyppihyväksyntä osoittaa, että rakennustarvike on viranomaisten antamien määräysten mukainen ja siten käytettävissä koko maassa. Näin ei jokaisen rakennuskohteen yhteydessä tarvitse erikseen tutkia, onko tuote katsottava säännösten ja määräysten mukaiseksi. Tyyppihyväksyntä annetaan määrääjäksi, kuitenkin enintään viideksi vuodeksi.

Tyyppihyväksyntäpäätöksen saaja on velvollinen pitämään tuotteen sellaisena kuin se oli tyyppihyväksyntää myönnettäessä. Ennen tyyppihyväksyntäpäätöksen antamista onkin tehtävä laadunvalvontasopimus hakijan ja ympäristöministeriön hyväksymän testauslaitoksen kesken. Ympäristöministeriö julkaisee vuosittain voimassa olevista hyväksynnöistä tyyppihyväksyntäluettelon, jota saa Valtion Painatuskeskuksesta.

6.2 Ennakkokokeet

Sillankorjauksessa käytetään ensisijaisesti Väyläviraston laatuvaatimukset täyttäviä tarvikkeita tai SILKO-ohjeissa ja sillanrakennustöiden yleisissä työselityksissä (SYT) vakioituja materiaaleja. Tällä pyritään välttämään ennakkokokeiden tekoa, koska massamäärät ovat useimmiten niin pieniä, että ennakkokokeista aiheutuvat kustannukset nousevat kohtuuttomiksi.

Ennakkokoe on kuitenkin tarpeen, jos on varmistettava, ettei paikkaus erotu häiritsevästi vanhasta rakenteesta tai jos jostain aineen erikoisominaisuudesta ei ole riittävästi luotettavia tietoja. Tällaiset tapaukset ovat harvinaisia.

6.3 Kelpoisuuskokeet

Sen jälkeen kun materiaali on valittu oikein, laadunvarmistuksen kannalta on tärkeintä, että työssä noudatetaan tarkasti tuotekohtaisia ohjeita. Hyväkin tuote voidaan helposti pilata, jos työ tehdään huolimattomasti ja taitamattomasti.

Lopputulokset tarkistetaan kelpoisuuskokeiden avulla. Tarvittavat kelpoisuuskokeet on määritelty SILKO-yleisohjeissa, joiden ohjeita ja määräyksiä täydennetään tarvittaessa korjausohjeissa tai tarviketiedostossa olevilla tiedoilla. Polymeerien tuhoutuminen tai niiden ominaisuuksien muuttuminen voidaan selvittää työvaiheessa tai valmiista rakenteesta otettujen näytteiden avulla.

7 Täydentävät ohjeet

Seuraavat viiteasiakirjat ovat välttämättömiä, jotta tätä ohjetta voidaan soveltaa. Jos viittaus kohdistuu tiettyyn versioon, tätä ohjetta koskee vain kyseinen versio. Jos viittauksessa ei ole mainittu versiota, sovelletaan viimeisintä versiota. Ohjeiden ajantasaisuus tulee tarkistaa ennen niiden noudattamista. Ajantasaiset Väyläviraston ohjeet löytyvät [Väyläviraston ohjeluettelosta](#).

Väyläviraston ohjeet

- SILKO 1.801 Vedeneristykset
- SILKO 1.802 Päällysteet

Standardit

- SFS 3900 Muoviputket. LM-viemäriputket. Mitat ja yleiset ominaisuudet. 1978-06-06, 1. p. 8 s.
- SFS 5102 Muoviputket. Paineettomat PVC-viemäriputket ja putkiyhteet. 1985-09-25, 1. p. 25 s.
- SFS 5103 Muoviputket. Paineettomat PE-viemäriputket ja putkiyhteet. 1985-09-25, 1. p. 19 s.
- SFS 5211 Muoviputket. Salaojaputket ja putkenosat.

Muut ohjeet

- Erä, V. Silikonien valmistus, ominaisuudet ja käyttö. Vantaa 1988. Muoviyhdistyksen kirjasarja 14. 62 s.
- Jokela, J., Kukko, H., Metso, J., Pihlajavaara, S., Sarja, A., Vesikari, E., Virtanen, J. Kovettuneen betonin perusominaisuudet. Espoo 1980. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Betoni- ja silikaattitekniikan laboratorio, Tiedonanto 7 4.102 s.
- Raaka-ainekäsikirja 4. Muovit, kumit. Valmet Oy, Rautpohja 1984. 162 s.
- Powell, P. C. Engineering with polymers. London 1988, Chapman and Hall. 318 s.
- Rautiainen, L. Säärasitusten vaikutus rakennusmateriaaleihin ja vahingollisten vaikutusten estäminen. Espoo 1982. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Rakennetekniikan laboratorio, Esitelmä 16 s.
- Shaw, J. D. N. The Use of Polymers in Concrete Repair. Civil Engineering June/July 1983, August 1984. 9 s.

- Chandra, S. & Zu, Y. F. Polymer dispersions - a review of their use in concrete. Nordisk Betong 5 (1986), s. 31 - 33.
- Häkkinen, T. Lisäaineiden käyttö betonissa. Espoo 1985. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 418. 51 s.
- Sillanrakennuksen yleinen työnselitys. SYT3800: Teräsrakenteet. Tie- ja vesirakennuslaitos, Helsinki 1988. TVH 732211. 111 s.
- Työturvallisuuslaki 299/58, 27/87.
- Valtioneuvoston päätös, joka sisältää rakennustyössä noudatettavat järjestysohjeet 274/69.
- Kemikaalilaki 744/89.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 8. Isosyanaatit.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 11. Epoksituotteet.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 14. Työpaikkojen ilmastointi.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 25. HTP-arvot.
- Työterveyshuoltolaki 743/78.
- Valtioneuvoston päätös asbestityöstä 866/87.
- Valtioneuvoston päätös työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta 583/85.
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisestakäsittelystä ja varastoinnista 682/90.
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös palavista nesteistä 313/85.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuusmääräykset no 39: TVATM - Terveydelle vaarallisten aineiden tunnistus- ja merkintäjärjestelmä (1989).
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös maalituotteiden merkitsemisestä ja myrkkyluokituksesta 738/85.
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös syöpäsairauden vaaraa aiheuttavista aineista sekä niiden merkinnöistä ja myrkkyluokituksesta 477/88.
- Valtioneuvoston päätös vaarallisten kemikaalien luokituksesta, varoitusmerkinnöistä ja käyttöturvallisuustiedotteista 667 /90.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 24. Terveydelle vaaralliset aineet ja valmisteet, merkintöjen luokitus, R- ja S-lausekkeet.
- Työsuojeluhallituksen esite 11: Vaaralliset kemikaalit, luokitus, varoitusmerkinnät, käyttöturvallisuustiedotteet.
- Työsuojeluhallituksen päätös vaarallisten kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteesta 738/90.
- Työterveyslaitoksen ohjeita ja suosituksia 6. Käsien suojaus.
- Työsuojeluhallituksen turvallisuustiedote 10. Paineilman tuottaminen hengityskäyttöön.
- Jätehuoltolaki 673/78.
- Jätehuoltoasetus 307/7.
- Sisäasiainministeriön päätös ongelmajätteistä 576/79.
- Sosiaali- ja terveysministeriön päätös terveydelle vaarallisen jätteen merkitsemisestä 830/85.
- Kemikaaliasetus 620/90.

Liite A: Polymeereistä aiheutuvia terveyshaittoja

Huomaa: Tuotekohtaiset ominaisuudet on aina tarkistettava käyttöturvallisuustiedotteesta!

Taulukko 6. Polymeereistä aiheutuvia terveyshaittoja

Polymeeri	Käyttökohde	Altistuminen	Haitallisuus	Suojautuminen	Lämpöha- joamis- tuotteiden haitallisuus
Amino- muovit	liimat, maalit, lakat	höyryt, roiskeet	1, 3, 4, 5, 6	8, 9	1, 3, 5
Fenolimuov- it	liimat, maalit, lakat	höyryt, roiskeet	1, 3, 4, 5, 6	8, 9	1, 3, 5
Epoksit	maalit, liimat, esisive- lyaineet, eristysmassat, ohutkerrospäällysteet, betonimassat	höyryt, roiskeet	1, 2, 3, 4, 5, 6	8, 9	1, 3, 5
Polyeteeni	putket	työstöpölyn hengittämi- nen	1	8	2, 3, 4
Polyesteri	eristyskermissä tukiker- roksena				1, 3
Polymetyy- li, metakry- laatti	betonimuovi	roiskeet	5, 6	9	
Polypro- peeni	kuitubetoni, putket, kui- dut	työstöpölyn hengittämi- nen	1	8	2, 3, 4
Polysty- reeni	lämmöneristeet	työstöpölyn hengittämi- nen	1	8	1

Taulukko jatkuu...

Polymeeri	Käyttökohde	Altistuminen	Haitallisuus	Suojautuminen	Lämpöhaajoamis- tuotteiden haitallisuus
Polyuretaani	maalit, esisivelyaineet, eristysmassat, ohutkerospäällysteet, betoni-muovi, saumaussmassat, vaahto	roiskeet, höyryt, pölyt	1, 2, 3, 4, 5, 6,	8, 9	1, 2, 3
Polyvinyylikloridi	putket	työstöpölyn hengittäminen	3, 7	8	2, 3, 4
Silikoni, siloksaani	impregnointi, saumaussmassat	roiskeet, höyryt	1, 4	8, 9	
Styreeni-butadieeni	paikkauslaastit, eristysmastiksit, kumibitumit	roiskeet	6	9	1

Haitallisuus:

- | | |
|---|---|
| 1 Hengitysteitä ärsyttävä | 5 Ihoa herkistävä |
| 2 Herkistävä | 6 Voi aiheuttaa allergista ihottumaa |
| 3 Voi aiheuttaa astmaa | 7 Voi aiheuttaa muutoksia keuhkokudoksessa |
| 4 Voi aiheuttaa ärsytysihottumaa | |

Suojautuminen:

- | | |
|---|---|
| 8 Jollei työpaikalla ole hyvää ilmanvaihtoa, on käytettävä hengityssuojainta | 9 Hyvä ihon suojaus: suojakäsineet, suojahaalari, kasvojen suojaus |
|---|---|



Väylävirasto
Trafikledsverket

