



# Opiskelijan Kirja

## Osa 12

Muovikomposiittituotteiden  
valmistus

2021



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# Tekijät

Laimonas Bačkys

Povilas Čepulkovskis

Gintautas Dervinis

Laurent Daguet

Olivier Fortin

Olivier Fortier

Federica Gallicchio

Mika Heikkilä

Bastien Hervé du Penhoat

Sirkka-Helena Ilveskoski

Genė Jakubauskienė

Ritva Klaavu

Marc Manguin

Bilel Miled

Ari Mäkinen

Dmitrij Novikov

Mindaugas Petravičius

Raimundas Petravičius

Pirjo Pietikäinen

Marjan Ranogajec

Ari Rannisto

Christian Raelison

Jolanta Sakalauskiene

Živilė Šatienė

Edita Šidlauskaitė

Jarmo Tikka

Kęstutis Viselga

Gražina Žardalevičienė

## Johdanto

Talouden ja väestökehityksen ennakkoinnin mukaan monissa eurooppalaisissa muoviteollisuuden yrityksissä erikoisosaajien ja tarvittavien taitojen hankkiminen on haaste, alan osaajista on vakava pula Euroopan muovialalla.

Tähän haasteeseen yhtenä vastauksena valmistettiin koulutusmateriaali UPSKILL-projektin (Actions Upward: The Skills for the Digital Future of Plastics Factory, Erasmus +) tuloksena. Tavoitteena oli parantaa eurooppalaisten ammatillisten koulutusjärjestelmien kykyä vastata muovialan työmarkkinoiden erityistarpeisiin ja tarjota muovituotannon työntekijöille innovatiivinen opetussuunnitelma. Erityisesti painotuksina on digitaitoja, robotiikkaa ja muita älykkäitä valmistustekniikoita sekä vihreitä taitoja ja yrittäjyysosaamista.

Tämä koulutusmateriaali on laadittu yhteistyössä kansainvälisen verkoston kanssa oppilaitoksista, liike-elämästä ja Euroopan muovialan järjestöstä EuPC.

UPSKILL-projektikumppanien yhteisesti tuottamaa materiaalia voivat vapaasti käyttää ja materiaali on suunniteltu ammatilliseen koulutukseen kaiken ikäisille. Materiaali sopii käytettäväksi oppilaitoksissa sekä oppisopimusopiskelussa, alan teollisuusyritysten koulutuksessa, ammattia vaihtaville tai opiskeluun ilman aikaisempaa kokemusta teollisuudesta ja alalla tarvittavasta tiedosta.

Kehitettyssä koulutusmateriaalissa on kolme osaa: malli VET Curriculum, Opiskelijan kirja ja Opettajan kirja.

Ammattikoulutuksen malli täyttää EQF:n ja ECVET:n vaatimukset, koska sisältö suuntautuu oppimistuloksiin ja on jaettu oppimiskokonaisuuksiin. Opetussuunnitelmassa on tietoa tutkintoon sisältyvistä moduuleista ja opinnoista, arvioinnista ja opintojen suorittamisen järjestelyistä. Siinä esitetään tutkin-  
torakenne, moduulikohtaiset taitovaatimukset tai tavoitteet, ammatillisten aineiden arviointitavoitteet ja arviointikriteerit sekä ammattitaidon osoittamistapa ammatillisissa tutkinnon moduuleissa.

Sekä opiskelijan että opettajan materiaalit perustuvat muovituotannon työntekijän todellisiin osaamis-  
vaatimuksiin: ammatillinen osaaminen, joka sisältää muovin käsittelyä, muovin työstökoneiden tekniikkaa, ohjelmointia, modernia integroitua valmistusta, digitaalisia järjestelmiä ja nykytekniikkaa. Teknisen osaamisen lisäksi aineistossa on digitaalisten taitojen, vihreiden taitojen, sosiaalisen ja henkilökohtaisen osaamisen kehittämistä.

Opiskelijan kirja sisältää teoriaa, harjoituksia ja esimerkkiratkaisuja seuraaviin moduuleihin: Perustaidot muovituotteiden valmistuksessa; Ammatilliset taidot ruiskuvalusta / puhallusmuovauksesta / putkien, profiilien, levyjen ja kalvojen suulakepuristuksesta / lämpömuovauksesta / komposiittimuovin valmistuksesta / kumituotteiden valmistuksesta; Ohjelmointia ja digitekniikkaa; Robotiikkaa; Vihreän osaamisen (kiertotalous); LEAN-valmistus; Yrittäjämäisyys (ihmissuhdetaidot, työmotivaatio, viestintä, ryhmätyö, sopeutumiskyky, suunnittelu, ongelmanratkaisu jne.); Työterveys ja -turvallisuus.

Opettajan kirjan (mukana osaamistesti) tavoitteena on ohjata osaamisen kerryttäminen ketjutettuna oppimisprosessina. Materiaaleissa on samat moduulit, mutta opettajan kirjassa on vastauksia harjoituksiin.

Kaikki koulutusmateriaali on englannin, suomen, ranskan ja liettuan kielillä, ja niiden sähköiset versiot ovat vapaasti käytettävissä UPSKILL-projektin verkkosivuilla: <https://www.upskill-project.eu> ja kaikkien osallistuneiden ammatillisen koulutuksen järjestäjien opetus- / oppimislustoilla (APRC, Polyvia Formation, TREDU, VPM).

# Sisältö

Kappale 1: Tavoitteet	5
Kappale 2: Muovikomposiitteihin tutustuminen	6
Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen	9
Kappale 4: Käytännön tehtäviä	38
Kappale 5: Teoriaa	55
Kappale 6: Muistilista	68
Kappale 7: Harjoituksia	71

# Kappale 1: Tavoitteet

TAIDOT	TIEDOT
<b>TEKNINEN TAITO</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pintojen valmistelu</li> <li>2. Vikojen ja ongelmien tunnistus ja tarvittavat korjaavat toimenpiteet</li> <li>3. Muotin irrotusjärjestelmän asennus</li> <li>4. Muotin peittäminen</li> <li>5. Häätäpysäytystoimintojen tunteminen ja osaaminen</li> <li>6. Muovikomposiittistandardien noudattaminen johdonmukaisesti</li> <li>7. Materiaalien tunnistus (matriisi, vahvike, lisäaineet)</li> <li>8. Ongelmien tunnistus ja tarpeellisten toimintojen tekeminen</li> <li>9. Laitteiden toimintojen valvonta ja tuotteiden laadunvalvonta</li> <li>10. Tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely ja työhön liittyvien vaarojen ennakointi</li> <li>11. Häätäpysäytysmenettelyt, laitteiden pysäytys tai sammuttaminen myös ne epätavallisissa olosuhteissa</li> <li>12. Laitteiden toiminnan ja tuotteen laadun seuraaminen</li> <li>13. Laitteiden, materiaalien, prosessien ja menettelyjen valinta ja käyttö</li> <li>14. Asiaankuuluvien käyttöturvallisuustiedotteiden ja tehtäviin liittyvien varotoimenpiteiden noudattaminen, henkilönsuojainten käyttö, tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely</li> <li>15. Rutiininomaisten työtehtävien suorittaminen kirjallisia ohjeita noudattamalla</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Työhygienian merkitys tuotteen pinnan laatuun</li> <li>2. Laitetyypit, työkalut ja tarvikkeet eri muottipinnoille</li> <li>3. Eriytyypiset muotin vapautusjärjestelmät ja tyypilliset ongelmat</li> <li>4. Eri menetelmät muotin poistojärjestelmiin</li> <li>5. Muotin poistojärjestelmien mahdolliset ongelmat</li> <li>6. Materiaalien, epäpuhtauksien ja laitteiden aiheuttamien vikojen tunnistus</li> <li>7. Muovikomposiittien ja niissä käytettävien komponenttien valmistus</li> <li>8. Laitteiden, materiaalien, prosessien ja menettelyjen oikea käyttö</li> <li>9. Tuotannon työnkulkujaksot ja materiaalien kulutus</li> <li>10. Prosessin ohjaus ja lukemien tarkastelun avulla poikkeamien hallinta</li> <li>11. Raaka-aineiden ja laitteiden vaihteluiden mahdolliset vaikutukset tuotteen laatuun</li> <li>12. Jätehuolto ja materiaalien uudelleenkäyttö prosessissa</li> <li>13. Tuotteen laatuun ja tuotannon sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä</li> <li>14. Tyypillisimpien tuotantovirheiden mahdolliset syyt</li> <li>15. Materiaalien käsittelyssä, laitteiden käytössä ja puhdistuksessa vaadittavat riskien hallinta- ja turvallisuusmenettelyt sekä henkilönsuojainten käyttö</li> </ol>
<b>TYÖYHTEISÖOSAAMINEN</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oman työn suunnittelu, ennakointi ja mahdollisten parannusehdotusten tekeminen</li> <li>2. Työhön liittyvien asiakirjojen täyttäminen</li> <li>3. Tietoja kerääminen ja jakaminen työpaikan vaatimusten mukaan</li> <li>4. Käyttö- ja työohjeiden lukeminen ja tulkitseminen oikein</li> </ol>	
<b>VUOROVAIKUTUSTAIIDOT</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Työpaikan vuorovaikutustilanteisiin osallistuminen</li> <li>2. Tuotannon alku- ja loppupään viestintä oikea-aikaisesti ja tehokkaasti</li> </ol>	

# Kappale 2: Muovikomposiitteihin tutustuminen

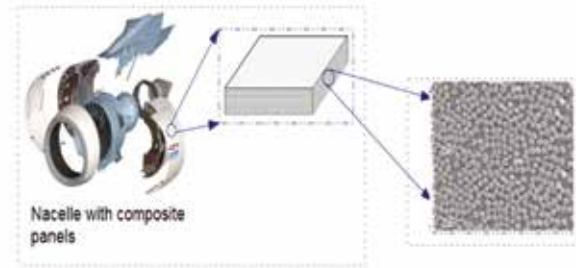
## MENETELMÄ

1. Muodostan oletuksen
2. Muodostan säännön
3. Hyväksytän sen opettajalla
4. Esitän tulokset ja tulkitseen niitä
5. Hyväksyn/hylkään oletuksen
6. Vastaan kysymykseen

### Kysymys 1

**Mistä osista komposiittituotteet rakentuvat?**

**Mikä on kunkin komponentin merkitys?**



Lähde: [1]

## Kysymys 2

Millä menetelmällä viereisten kuvien kappaleet on valmistettu?

Mitä eroa niiden valmistusprosesseilla on?



Lähde: [2]

## Kysymys 3

Työntekijä valmistaa komposiittituotetta.

Noudattaako hän kaikkia henkilökohtaiseen suojaukseen annettuja ohjeita?

Mitkä vaiheet edeltävät geelipinnoitekerroksen levittämistä?



Lähde: [3]

## Kysymys 4

Työntekijä levittää geelipinnoitetta.

**Onko työskentelyalue suojattava ennen tätä työvaihetta? Jos on, niin miksi?**





# Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

## I Komposiittimateriaalit

### 1. Määritelmä

Komposiitti on kahden tai useamman materiaalin yhdistelmä, jossa materiaalit toimivat yhdessä, mutta eivät ole liuenneet tai sulautuneet toisiinsa. Joskus materiaalit ovat tasavertaisia niin, että niiden tehtävää komposiitin muodostuksessa voi määritellä.

---

**Tutki 1:**

Etsi vastaukset esimerkiksi internet-videoista, hakuterminä:

---

Komposiitti rakentuu kahdesta eri osasta, joiden tehtävänä rakenteessa on:

---

▪ Vahvikemateriaali: tehtävä →

---

▪ Matriisi: tehtävä →

---

Komposiittirakenteiden käyttö autoteollisuudessa:

---

▪ Vaikutus massaan →

---

▪ Vaikutus energiankulutukseen →

---

Mikä erityisyys liittyy kestopuovin matriisirakenteeseen?

---

Luettele useita komposiittituotteita?

---

### 2. Komposiittituotteen rakentuminen

Komposiitin osat ovat yleensä materiaaliyhdistelmän kokonaisuudeksi sitova ainesosa matriisi sekä geelipinnoite, apuaineet ja tukimateriaali.

#### Matriisi

Matriisi on usein hartsi. Kovettuneena se toimii materiaalien yhdistäjänä. Lisäksi se välittää rasituksen tukimateriaaliin ja mahdollistaa halutun muodon pysymisen. Se myös suojaa tukimateriaalia ulkoiselta rasitukselta (korroosio jne.).

<b>Tutki 2:</b>	Tutustu kahteen eri matriisityyppiin (kerta- ja kestopuovi), joita on käytetään komposiittiosien valmistuksessa ja täytä taulukko käyttäen alla annettuja termejä:
-----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

lyhyt	kuitu tai säie	jatkuva
puhtaus	jatkuva lämmitys	viskoosinen neste
rajallinen	helppo	liuotinpäästöt
kiinteä	kierrätettävä	ei rajoitteita
vaikea	pitkä (polymeroituminen)	lämmitys + jäähditys
huono	hyvä	pitkä

MATRIISI	KERTAMUOVI	KESTOMUOVI
Lähtötilanne		
Varastointi		
Vahvikemateriaalin kustutus		
Muovaus		
Työkierto		
Lämpökäyttäytyminen		
Hukka tai jäte		
Työskentelyolosuhteet		

<b>Tutki 3:</b>	Jaottele polymeerit kerta- ja kestopuoveihin:
-----------------	-----------------------------------------------

epoksi	PEEK	polyamidi
vinyyliesteri	polykarbonaatti	polypropeeni
aminomuovit (MF ja UF)	fenoliformaldehydi	tyyydyttämätön polyesteri

**Termoplastiset polymeerit, kestopuovit:**

**Termoset-polymeerit, kertamuovit:**

**Geelipinnoite, gelcoat**

MÄÄRITELMÄ	Pinnoite, lämpökovettuva hartsi, joka ruiskutetaan muottiin sileän ja värillisen pinnan muodostamiseksi.
RAKENNE	Polyesterihartsi + täyteaineet+ pigmentit (värit).
TOIMINTA	Pinnalta vaadittavat: sileys ja kiiltävyys, kosteussuoja, halutut värit, sään ja kemiallisten aineiden kestävyys, kulutuksen kesto.
KÄYTTÖ (APLIKOINTI)	Laitetaan yleensä muotin pintaan joko sivelemällä tai ruiskuttamalla, paksuus 0,4 – 0,6 mm

<b>Tutki 4:</b>	Mikä on gelcoatin massa, kun tiheys on $\rho = 1300 \text{ kg/m}^3$ joka ruiskutetaan $1 \text{ m}^2$ pinnalle $e = 0,4 \text{ mm}$ kerrospaksuuteen ja kun otetaan työskentelyvaraksi 12 %?
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Muistin tueksi: tiheys = massa /tilavuus  $\rightarrow$  volume = area  $\times$  thickness

<b>Tutki 5:</b>	Etsi gelcoateista tietoa toimittajien materiaaleista, tutustu millaisia aineita ne ovat ja mitä ominaisuuksia niillä on (tiheys, viskositeetti)?
-----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Lisäaineet**

Lisäaineet ovat tuotteita, jotka yleensä liittyvät matriisiin. Ne ovat välttämättömiä hartsien polymerointiin (verkkoutumisreaktion aloitus, kiihdytys tai hidastus) ja vaikuttavat hartsin ominaisuuksiin (viskositeetin lisääminen, tiheyden pienentäminen, kustannusten alentaminen jne.) Ne voivat liittyä myös tiettyihin erityisominaisuuksiin (palon kesto tai iskulujuus, lämpötilan kesto, kutistuminen jne.)

<b>Tutki 6:</b>	Yhdistä lisäaine ja vaikutus.
-----------------	-------------------------------

Metallijauhe (alumiinijauhe)			viskositeetti kasvaa
Lasi (mikrorakeinen)			voimakasta valkoisuutta
Kolloidinen silika (hienojakoinen SiO <sub>2</sub> +vesi)			lämmönkestoa
Mineraalitäyteaine (kalsiumkarbonaatti)			alentaa hartsien tiheyttä
Mineraalitäyteaine(liuskekivi)			dielektrisyyttä
Titaanioksidi			tikstrooppinen aine (sekoituksen vaikutus viskositeettiin)

<b>Tutki 7:</b>	Lämpökovettuvan matriisin reagoiminen ympäristön lämpötilassa tarvitsee katalyyttijärjestelmän, joka koostuu katalyyttistä ja kiihdyttimestä.
-----------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


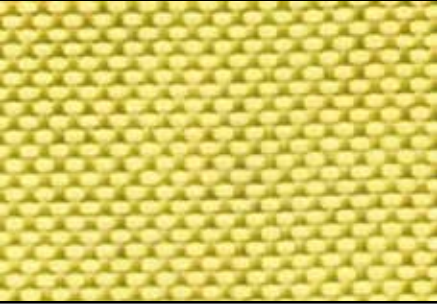


**Mitä vaikutuksia lisäaineilla on?**

**Millaisia prosenttiosuuksia näille aineille suositellaan tyydyttymättömään polyesterimatriisiin?**

**Tukimateriaalit, vahvikkeet**

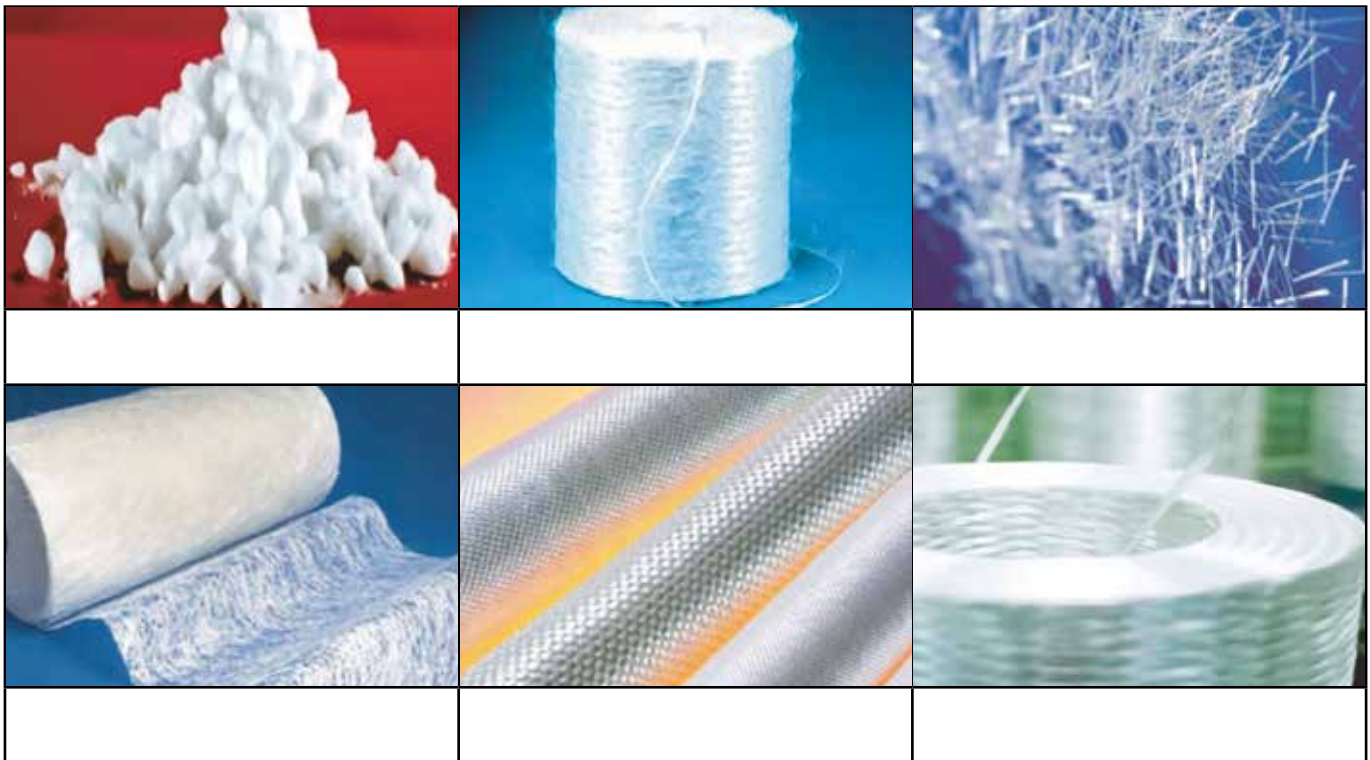
Vahvikkeet ovat yleensä kuituja, jotka lisäävät komposiittimateriaalien mekaanista lujuutta ja jäykkyyttä. Ne muodostavat tilavuusosuuden, joka on 30 - 70% komposiitin kokonaistilavuudesta.

Kuidut ovat usein eri vahvuisia filamentteja. Toivotut ominaisuudet ovat seuraavat: hyvät mekaaniset ominaisuudet, keveys, lämmönkestävyys, yhteensopivuus hartsien kanssa, soveltuvuus prosesseihin, alhainen hinta.

<b>Tutki 8:</b>	Kuvaile, millaisia kuvien kuitunäytteet ovat.
	
	

**Tutki 9:**

Etsi kaupallisista lähteistä tietoa alla oleviin lasikuitumateriaalien kuviin:



Lähde: [2]

## II Irrotusaineet

Polyesteri- tai vinyyliesterihartsit kiinnittyvät lujasti useimpiin aineisiin, joten muottituotteissa irrotusainesten käyttö on perusteltua.

### 1 Irrotusaineen valinta

- oveltavuus haluttuun pinnan laadun saavuttamiseen
- yhteensopivuus käytettyyn hartsiin
- sopivuus valulämpötilaan
- tukee muovautuvuutta

### 2 Irrotusaineiden tyypit



Lähteet: [5, 4, 3]

Etsi lähdeaineistosta vastaukset seuraaviin tehtäviin.

<b>Tutki 1:</b>	Nestemäinen irrotusaine
-----------------	-------------------------

1. Etsi esimerkki nestemäisestä irrotusaineesta.
2. Mitä etuja on nestemäisillä irrotusaineilla?

<b>Tutki 2:</b>	Irrotuskalvo
-----------------	--------------

1. Mistä materiaaleista kalvot voidaan valmistaa?
2. Mihin geometrisiin muotoihin kalvoja voidaan käyttää?
3. Hae esimerkki komposiittituotteesta, jossa valmistus edellyttää irrotuskalvoa?

<b>Tutki 3:</b>	Irrotusvaha
-----------------	-------------

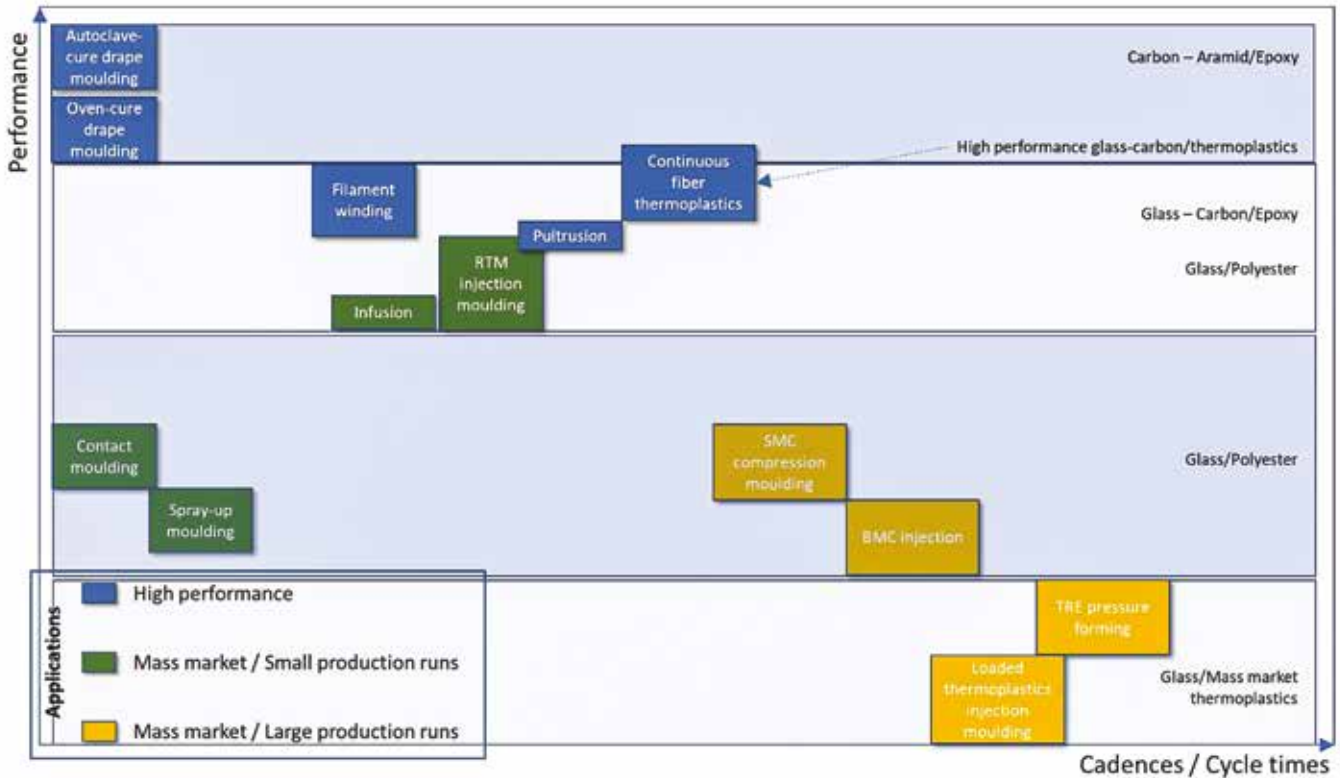
1. Tunnista vähintään 3 komposiittiosien valmistusprosessia, joissa käytetään vahamaista irrotusainetta?
2. Miten vahaa käytetään?
3. Mitä eroa on tavallisten ja korkea suorituskyisten vahojen (high performance) välillä?

# III Muovikomposiittituotteiden päävalmistusmenetelmät

## 1. Johdanto

### Menetelmien esittely kaaviona

Kuva 1: Komposiittien luokittelu



Lähde: [6]

### Menetelmävalintaan vaikuttavat tekijät

- osan tekniset ominaisuudet, mekaaniset, kemialliset, lämpö ja sähkö, pinnan laatu, muoto, mitat jne.
- materiaalityyppi (laatu ja kohde)
- tuotettavien kappaleiden määrä
- teknisesti vaativa kappale (large-scale, high-performance)
- ympäristövaatimukset ja työkalujen tarve
- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) poistaminen ja tuotannon jätteet
- tuotantotilat (eri toimintojen yhdistäminen)
- kustannukset



**Menetelmään liittyvät ympäristövaatimukset**

KOHDE	VAATIMUKSET	KUSTANNUKSET	KESTO
Ilmailu	hyvin korkea	ei olennainen	1-10 kpl/vrk
Autoilu	kohtalainen	olennainen	> 500 kpl/vrk
Rautatie	korkea	tärkeä	10-50 kpl/vrk
Rakennukset	kohtalainen	olennainen	50-500 kpl/vrk
Lääketieteellinen	hyvin korkea	ei prioriteetti	50-500 kpl/vrk
Sähkö	korkea	olennainen	> 500 kpl/vrk
Urheilu ja vapaa-aika	hyvin korkea	tärkeä	> 500 kpl/vrk

**2. Käytetyimmät menetelmät**

Tässä osassa keskitytään yleisimmin käytettyihin prosesseihin, lämpökovettuvien matriisikomposiittien valmistuksista: käsinlaminointi, ruiskulaminointi, kuitukelaus, prepreg-laminointi, paineinjektio (RTM), alipaineinjektio, HP / HT -paine-prosessi, alipaineinjektio/ autoklaavi säkitys (autoclave drapping), keskipakovalu ja pultruusio (suulakeveto). Kutakin prosessia varten esitetään prosessin periaate ja sovellukset.

Kappaleessa 5 teoriaa on kuvattu komposiittivalmistuksen eri vaiheet yksityiskohtaisesti: käsinlaminointi (kulhon valmistus), alipaineinjektio (levyn valmistus) ja RTM-hartsinsiirtomuovaus (suihkuallas).

<b>Tutki 1:</b>	Yhdistä tuote mahdolliseen valmistusmenetelmään:		
Säiliö			Ruiskuvalu
Veneen runko			Kuumapuristus / HT-compression
Lentokoneen siipi			Keskipakovalu / Centrifugal moulding
Auton osia			Autoklaavi
Imuputki			Infusio

## Käsinlaminointi/ Hand lay-up

Periaate:

- manuaalinen valmistus kertamuovista huonelämpötilassa ja paineessa
- vahvikkeet asetellaan muottiin, kostutetaan nestemäisellä hartsilla, kiihdytin ja katalyytti kovettamiseen
- hartsin kovettumisen jälkeen kappale poistetaan muotista

1. Gel-Coat spraying



2. Gel-Coat hardening



3. Application resin 1<sup>st</sup> layer



4. Application of reinforcement



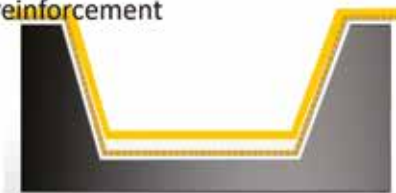
5. Adding resin



6. Debubbling



7. Application of second reinforcement



8. Adding resin



9. Debubbling



10. Polymerisation



11. Mould release and finishing



Lähde: [7]

Esimerkki:

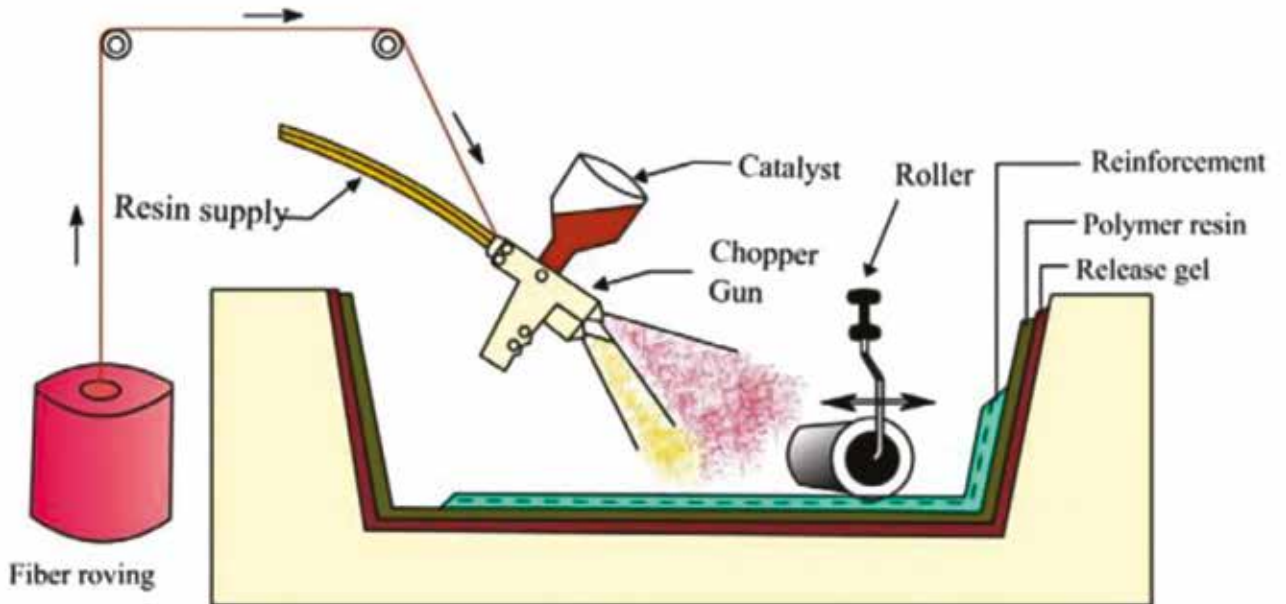


Lähde: [8]

## Ruiskutus/Spray-up

Periaate:

- manuaalinen tai robottiprosessi, kappale voidaan toteuttaa lämpökovettuvista hartseista huoneenlämmössä ja ilmanpaineessa
- raaka-aineen käyttö niin sanotun ”projektio” -koneen kanssa, joka käsittelee leikkauslaitteen - leikatun vahvikkeen projektion ja hartsin laitton ruiskutuspuistoolin avulla samanaikaisesti



Lähde: [9]

Esimerkki:



Lähde: [10]

**Tutki 2:**

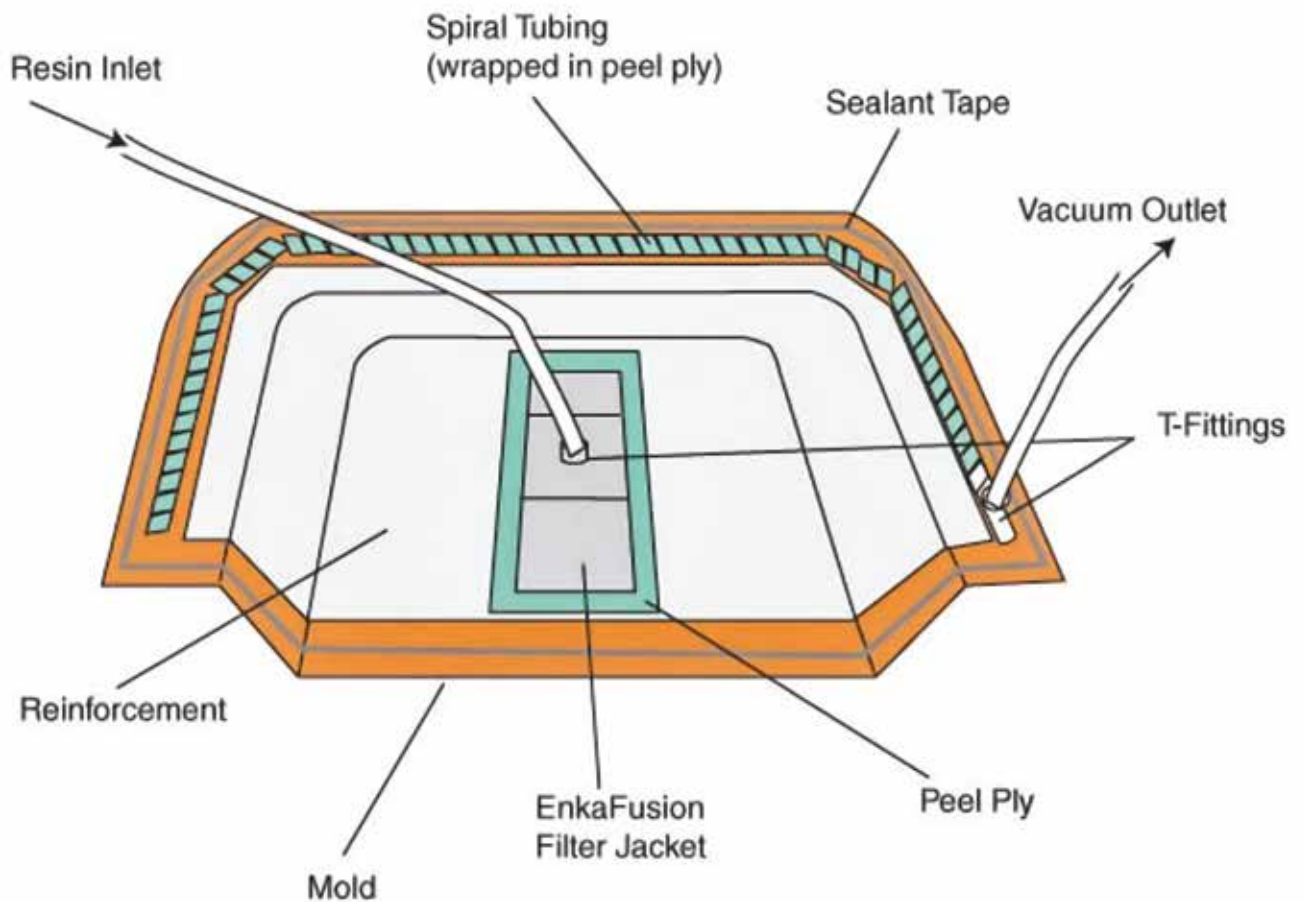
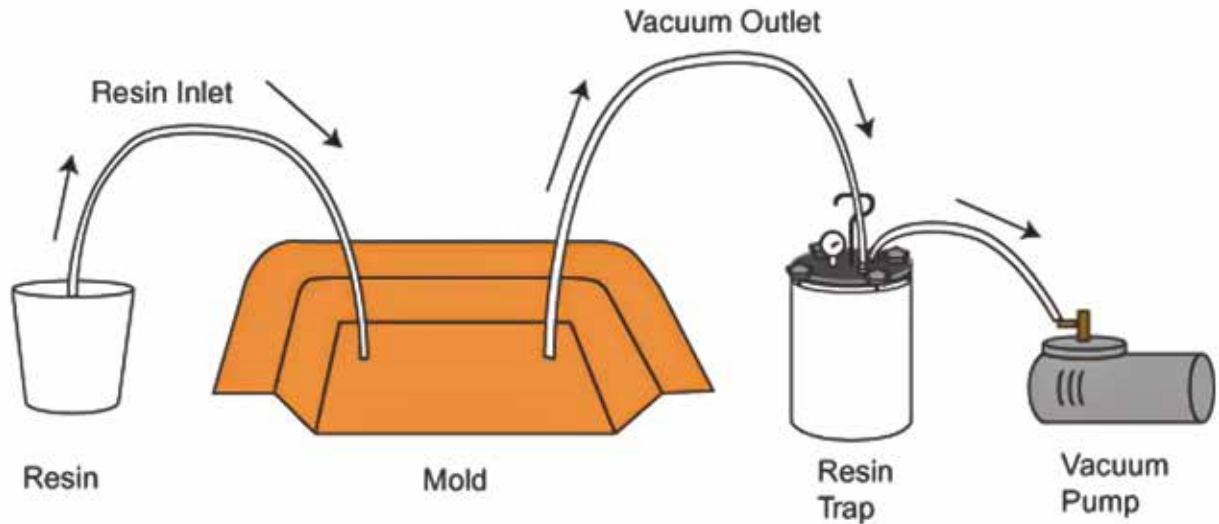
Kirjallisuushaun avulla käsinlaminoinnin ja ruiskutusvaluprosessin esittely:

1. Mitkä ovat näiden kahden prosessin edut ja haitat?
2. Mitkä ovat näiden kahden prosessin yhteisiä piirteitä?
3. Mitkä ovat näiden kahden prosessin erot?

## Alipaineinjektio/Infusion

Periaate:

- Periaate kuiville vahvikkeille (kankaat, matot jne.), kerrostaminen naarasmuotissa ja ilmatiivis järjestelmä /tyhjiö.
- Alipaineinjektio koostuu sitten hartsin ruiskuttamisesta tyhjiössä kuiviin kerrostettuihin kudoksiin



## Esimerkki:



Lähde: [12,13]

EDUT	HAITAT
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pienet liuotepäästöt (No VOC emission)</li> <li>• suurtenkin kappaleiden valmistus</li> <li>• erinomainen ominaisuuksien homogeenisuus</li> <li>• vahvikeaste 65 %</li> <li>• kerroslevyjen teko mahdollista</li> <li>• hyvä kostutus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• työn tarve suuri</li> <li>• ilmastointitarve</li> <li>• seinämävahvuuksien hallinta vaikeaa</li> <li>• kertakäyttöiset laitteet</li> <li>• yksi sileä pinta</li> <li>• hidas isoihin sarjoihin</li> </ul>

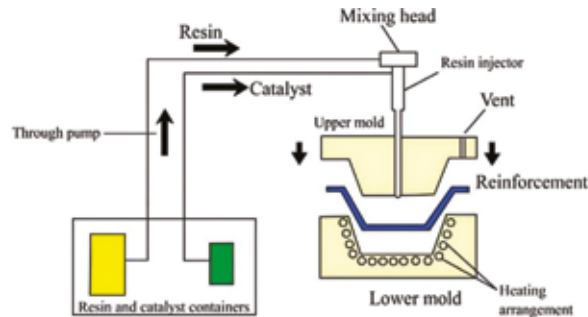
<b>Tutki 3:</b>	Yhdistä tarvikkeet päätoimintoon:
-----------------	-----------------------------------

Pintakerros			Mahdollistaa hartsin siirron vahvikkeen läpi
Rei'itetty kalvo			Ilmakuplien poisto
Tyhjennyskalvo			Liittyy vastamuottiin
Tyhjiöpussi			Mahdollistaa tarttumattomuuden laminaatin ja kulutusosien välillä

## Paineinjektio (RTM)

Periaate:

- Nestemäisen hartsin ruiskuvalu RTM (Resin Transfer Moulding) tapahtuu muotin ja vastamuotin välillä
- Vahvike asetellaan muottiin. Kun muotti on tiukasti kiinni, ruiskutetaan kiihdytettyä ja katalysoitua hartsia matalassa paineessa vahvikkeiden läpi, kunnes muotti on täysin täytetty



Lähde: [14]

Esimerkki:



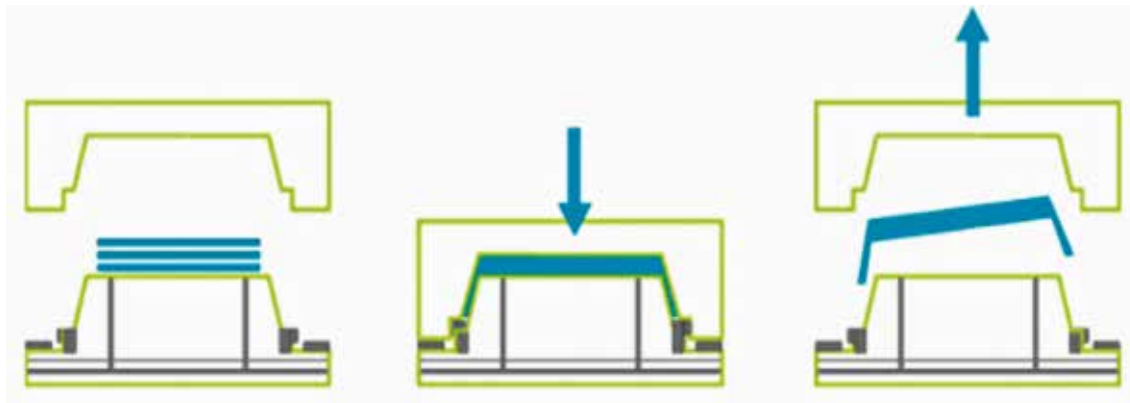
Lähde: [15]

Tutki 4:	RTM -menetelmän edut, valitse oikea(t) vastaukset:
	Kaksi sileää pintaa
	Vaativat työ- ja hygieniaolosuhteet
	Hyvin maltilliset investoinnit
	Suuret sarjat
	Erittäin suuret sarjat

## Puristusmuovaus /Compression of compounds

Periaate:

- Kappaleiden puristusmuovaus tapahtuu jäykkien (metalli) muottien ja vastamuottien välillä korkeassa lämpötilassa (HT) ja korkeassa paineessa (HP)
- Aihiot (muovattavat lähtöaineet) kerrostetaan manuaalisesti tai robotin avulla avoimeen muottiin. Muotti suljetaan tiukasti, sitten hartsin polymerointi. Lopuksi muotin avaus ja kappaleen poistaminen.



Aihion puristusmuovausmenetelmä, lähde: [16]

Esimerkki:



Lähde: [17]

### Tutki 5:

Tutustu eri puristusmenetelmiin ja vastaa kysymyksiin:

**Mitä puolivalmisteita voidaan valmistaa HT/ HP -menetelmällä?**

**Mitä eroa on ahtopuristus- ja paineinjektiomenetelmillä?**

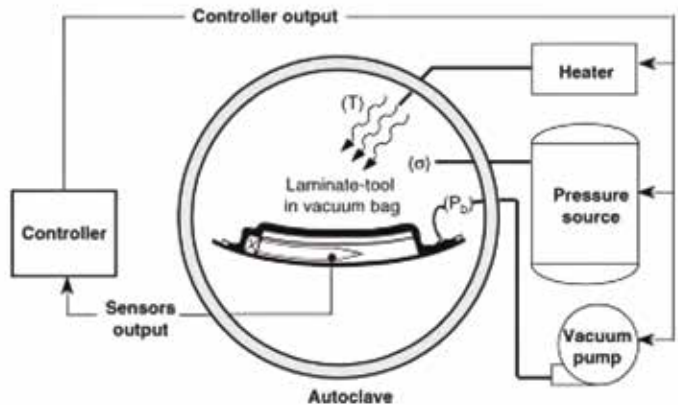
**Mitä etuja saadaan ahtopuristusmenetelmällä (compound compression)?**



## Alipaineinjektio, säkitys autoklaavissa

Periaate:

- Säkitys autoklaavissa, "high-performance" komposiittien valmistus on erittäin teollistettu (erityisesti ilmailutuotteet) kehittyneiden säkityslaitteiden ansiosta.
- Autoklaavi on lämmitettävä paineastia.
- Prosessi koostuu esikyllästetyn vahvikkeen kerrostamisesta muottiin, sen peittämisestä muovautuvalla kalvolla ja kokonaisuuden polymeroitumisesta autoklaavissa korkeassa lämpötilassa ja korkeassa paineessa.



Lähde: [18]

Esimerkki:



Lähde: [19]

### Tutki 6:

Tutustu autoklaavissa tehtävään säkitysmenetelmään, valitse alla olevista menetelmään liittyvät edut ja haitat.

valmistuksen hitaus

vahvikemateriaalin orientoituneisuus

suuri erikoisosajien tarve

high performance -komposiittituotteet

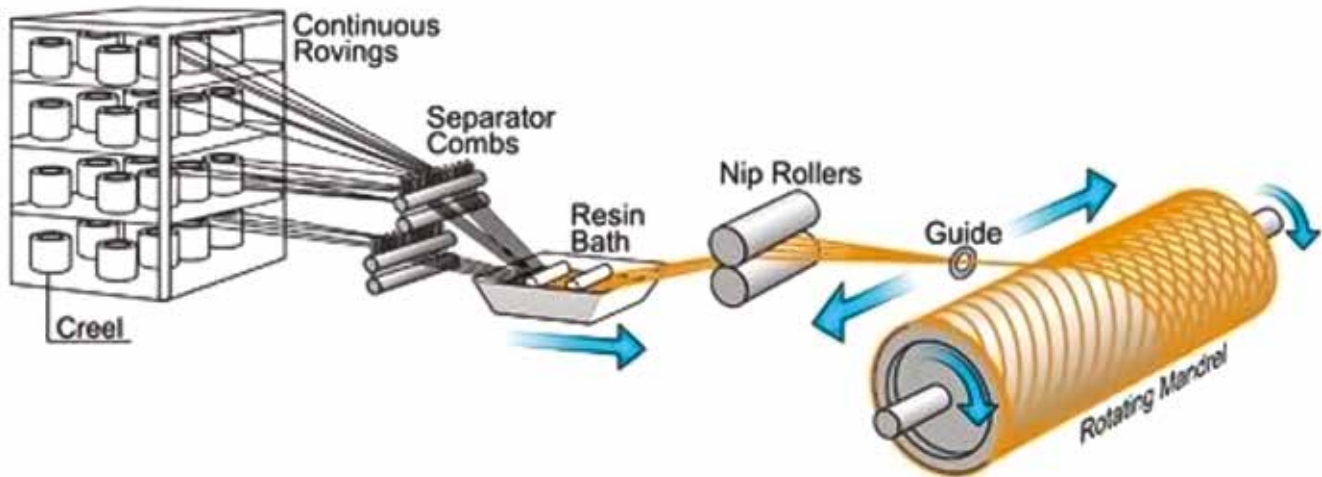
erittäin korkeat kustannukset

optimaalinen kuitu/hartsin suhde

## Kuitukelaus

Periaate:

- menetelmällä rajoitetut käyttömahdollisuudet eri muotoihin
- menetelmässä kelataan hartsiin kostutettua lasikuitulankaa tietyssä kulmassa pyörivän muotin päälle



Lähde: [20]

Esimerkki:



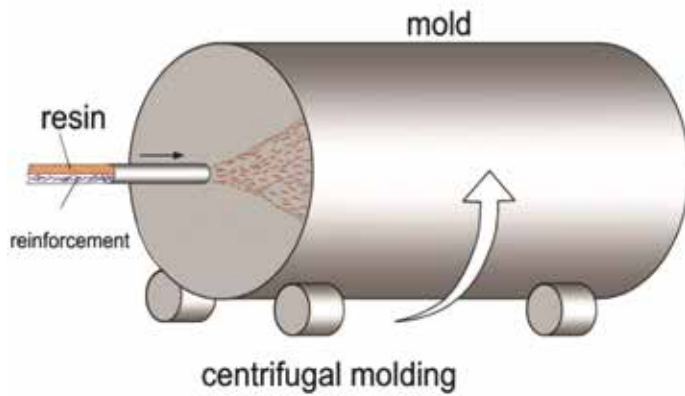
Lähde: [21]

## Keskipakovalu

Periaate:

- Prosessissa valmistetaan onttoja kappaleita siten, että vahvikkeet ja hartsin asetetaan muotin sisällä pyörimään suurella nopeudella.

Esimerkki:



Lähde: [23], Lähde: [22]

### Tutki 7:

Tutustu keskipakovaluun ja kuitukelaukseen, vastaa alla olevien kysymyksiin.

#### Mitä?

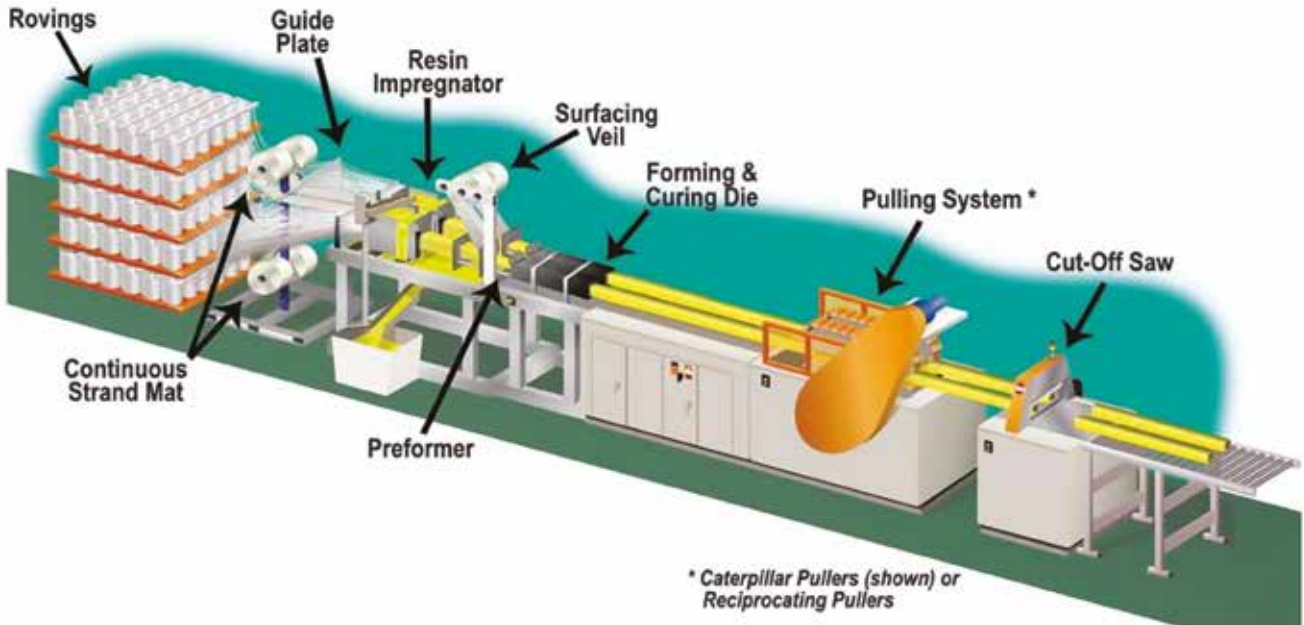
Missä kohdin menetelmät eroavat toisistaan?

Anna yksi tai useampi esimerkki kaupallisista muodoista, joiden valmistuksessa voidaan käyttää näitä prosesseja?

## Pultrusio

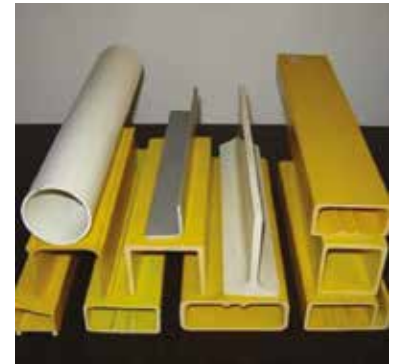
Periaate:

- Prosessi on tarkoitettu monimutkaisten kiinteiden tai onttojen profiilien jatkuvatoimiseen tuotantoon
- Prosessi koostuu tuotantolinjan päässä sijaitsevasta vetopenkistä, josta vetämällä päättymätöntä, hartsilla kostutettua vahviketta, sille annetaan haluttu muoto kuljettamalla se lämmitetyn suuttimen läpi hartsin kovettamiseksi.



Lähde: [24]

Esimerkki:



Erlaisia profileja, lähde: [25]

## 3. Komposiittikappaleiden virheitä

Komposiittimateriaaleja voidaan valmistaa käyttämällä prosesseissa erilaisia komposiittiyhdistelmiä. Prosesseissa voi syntyä vikoja, jotka aiheutuvat prosessointiparametreista (lämpötila, paine, tyhjiö...) tai käytetyistä materiaaleista (ainesosat ja valutusvaihe) tai niiden yhdistelmästä. Näiden vikojen esiintyminen ja niiden vaikutus valmistettujen osien mekaniisiin ominaisuuksiin on suuri ongelma, jolla on vaikutuksia asiakkaiden vaatimuksiin. Tässä esitetään havaittuja virheitä, niiden syitä ja mahdolliset korjaustoimenpiteet.

**Matriisiin ja lisäaineisiin liittyvät virheet**

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
<b>Sävyero</b>	Sävy erilainen kuin sovittu: joko verrattuna standardikappaleeseen tai sävyn epähomogeenisuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• huono esivalmistelu (ei gelcoatia)</li> <li>• aminokiihdyttimien käyttö</li> <li>• paikallinen eksotermisuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• seosten huolellinen valmistus</li> <li>• pienempi aminokiihdyttimien määrä</li> </ul>
<b>Valkoiset</b>	Valkeat jäljet tuotteen pinnalla	vahvikkeessa, täyteaineessa tai hartsissa ollut kosteus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eri ainesosien höyrytys</li> <li>• varastointi hyvissä kosteusolosuhteissa</li> </ul>
		täyteaineiden suodatus	täyteaineiden raekoko

**Vahvikkeisiin liittyvät virheet**

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
<b>Vääristymät</b>	Useita taittumia, halkeamia, raitoja muovatun osan pinnalla	Pintavahvikkeiden siirtyminen	vahvikkeiden peittäminen <ul style="list-style-type: none"> <li>• ompele, liimaa tai nido taitokset</li> </ul>
<b>Paikalliset kuituylimäärät</b>	Kuitujen kertyminen pinnalle tai läpikuultavuus	Vahvikkeiden huono sijoittelu tai siirtyminen muottia suljettaessa	vahvikkeiden sijainti (saumat ja vahvikkeiden päällekkäisyys)
<b>Näkyvät kuidut</b>	Yksittäiset tai useat kuidut näkyvät kohokuviona tai muovattavan esineen pinnalla	Vaihtoehtoinen menetelmä (ilman gelcoatia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gelgoatin käyttö</li> <li>• pintakalvon käyttö</li> </ul>

## Pinnan laatuun liittyvät virheet

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Reikä	pieni reikä valetun esineen pinnalla, poikkileikkaukseltaan pyöreä noin 1/10 mm	eksotermisyys	katalyyttisysteemin käyttö
		ilmataskuja materiaalin ja muotin välillä	<ul style="list-style-type: none"> <li>vahvikkeiden sijoittelun muutos</li> <li>tyhjiöjärjestelmän tarkistus</li> </ul>
		isot partikkelit	lisäaineiden tarkistus
Halkeamat	halkeilu vain valetun osan pintakerroksessa	liian eksotermien, erityisesti ruiskutusnesteessä	<ul style="list-style-type: none"> <li>katalyyttisysteemin käyttö</li> <li>työkalujen lämpötilan säätö</li> </ul>
		muotista poisto väärä	<ul style="list-style-type: none"> <li>muotista poistoon huomio</li> <li>lisää täyteaineiden määrää</li> <li>käytä taipuisaa hartsia</li> </ul>
Palojälki	paikallisia pintakerroksen murtumia irrotettaessa	puutteellinen suunnittelu, toteutus tai valmistelu	muovaustyökalujen huolellinen valmistelu
Halkeamat	osien paksuusero on lähtökohta rikkoutumiselle	liika eksotermisyys	katalyyttisysteemin käyttö
		lämpöshokki	asetusparametrien tarkistus
		märkä runko	vahvikkeen höyrytys
		Ilmavälin epäsäännöllisyys	työkalujen korjaus
Kappaleen	paksuusvaihtelut kappaleessa	lämpöolosuhteet (valussa, muotista irrotuksessa ja jäähtymyksessä)	massan lämpöolosuhteet homogeeniset koko paksuudessa
		materiaalin hitaan siirtymisen aiheuttamat huokoisuudet	materiaaliin kohdistuva mekaaninen kuormitus on homogeeninen ja tasainen
		vahvikkeen jakautuminen ja orientoituminen	kuituverkon jakautuminen ja suunta muotoilun aikana

## Huokoisuus ja delaminoituminen

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Huokoisuus	Pinnan huokoisuus (joka voi aiheuttaa suuria vikoja valuun) ja sisäiset huokoisuudet erotetaan toisistaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lämpötila (jos T nousee, huokoisuus laskee)</li> <li>Paine (jos p ei riitä, huokoisuus)</li> </ul>	Tarkista säätöparametrit (lämpötila, paine, tyhjiö)
		Ruiskutusjärjestelmä huono	Työvälineiden muutos
		Huono alipainetaso muotin sisällä (vuotoja tai alipainepumppujen huono säätö)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarkista muotin tiiviys</li> <li>Mukauta alipainetaso osan kokoon ja muotoon</li> </ul>
Delaminaatio	Koheesio kerrosten välillä tai matriisien ja vahvisteiden välillä	Ennenaikainen purku	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarkastele purkuaikoja</li> <li>Tarkista työolot</li> <li>Säädä muotin lämpötila</li> </ul>

## Puutteet kuitujen tai matriisin jakautumisessa

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Kuivat alueet	Riittämättömästi kyllästetyt alueet	Liian vähän hartsia	Lisää sekoitetta
		Huono materiaalin läpäisy	Lisää tyhjiön imua
		Katalysoidun hartsin ennenaikainen geeliytyminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarkista katalyyttijärjestelmä</li> <li>Säädä työkalun lämpötila</li> </ul>
Rakkulat	Rakenteet, joiden muoto ja paksuus vaihtelevat	Huono hartsin juoksevuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muuta suojausta tai vahvistusten järjestelyä</li> <li>Progressiivisempi tyhjiöveto</li> </ul>

## Vieraat esineet tai likaiset työvälineet

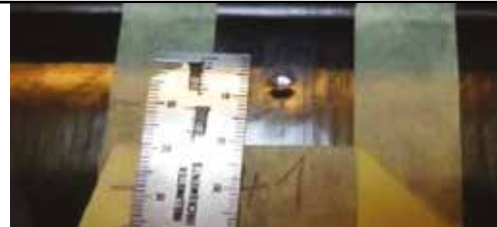
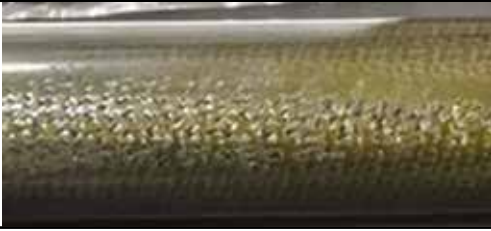
Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Mattaisuus	Kappaleen paikallinen kiillon häiriö	Työkalun likaantuminen	Työkalun puhdistus
		Sopimaton tai väärin käytetty irrotusaine	Tarkista irrotusaineen valinta tai käyttötekniikka
		Työkalujen ikääntyminen	Kunnosta työkalun pinta
Rakeisuus	Pieni kova, vaihtelevan muotoinen ulkonema osan pinnalla	Työkalujen kiinnitys	Korjaa työkalun pinnan olotila

## Viat paineen tai lämmön aiheuttamina

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Murtuminen	Valmistetun kappaleen vauriot	Liiallinen lämpötila	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alenna lämpötilaa</li> <li>Tarkista lämpötila-asetusten tarkkuus</li> </ul>
		Liiallinen pitoaika	Optimoi prosessi
		Lämmitysjärjestelmä liian heikko	Lisää lämmitystehoa tai lisää lämmitysvyöhykkeitä, jos mahdollista
		Liikaa ilmaa jäljellä muotissa	Tarkista tiiveys
Ilmakuplat ja kutistumat	Kutistumat ovat muodonmuutoksia, jotka ilmenevät reunoilla tai yleisemmin paksuuden vaihdella	Riittämätön paine jäähdytyksen aikana	Paineen lisäys
		Liialliset purseet	Tarkista muotin tiiveys
		Liian nopea jäähdytys	Säädä jäähdytysnopeus
		Paine ei pysy jäähdytysjakson aikana	Pidä paine

**Tutki 8:**

Määritä alla olevissa kuvissa näkyvät komposiittiosien tärkeimmät viat.





<b>Tutki 9:</b>	Mitä vikoja voi syntyä taulukossa luetelluissa komposiittien valmistusmenetelmissä?
-----------------	-------------------------------------------------------------------------------------

MENETELMÄ	VIKA
<b>Käsinlaminointi</b>	
<b>Ruiskulaminointi</b>	
<b>Alipaineinjektio (alipaineinjektio)</b>	
<b>Puristusmenetelmä (ahtopuristus)</b>	
<b>Autoklaavikövetus (säkitys)</b>	
<b>Paineinjektio RTM</b>	

## IV Terveys, turvallisuus ja ympäristö valmistuksen aikana

**Komposiittiteollisuuden prosesseihin liittyy vaaroja. Tuotanto perustuu kemiaan. On tärkeä tuntea käytettäviin ainesosiin liittyvät turvallisuustiedot.**

Aineisiin liittyviä riskejä voi esiintyä kaikissa komposiittien tuotantovaiheissa ja ne voivat olla luonteeltaan kohtalokkaita. Sanotaan, ettei koskaan voi olla liian varovainen ja että on erittäin suositeltavaa tai jopa pakollista käyttää turvallisuuteen liittyviä toimia. Opastus ja henkilösuojaimet on oltava käyttäjien saatavilla.

Tavarantoimittajien on merkittävä kemialliset aineet ja tuotteet asianmukaisin vaaraa aiheuttavin merkinnöin ja toimitettava käyttäjille käyttöturvallisuustiedotteet.

### 1. Vaaran aiheutuminen

**Henkilölle vaaraa voi aiheutua kolmella tavalla:**





- hengityksen kautta
- suun kautta
- ihokosketuksessa



<b>Tutki 1:</b>	Lajittele vaarojen syihin seuraavat:
Tuotteiden käsittely ilman suojavaatetusta	Osaamaton työstö
Elintarvikkeiden nauttiminen työpaikalla	Riittämätön ilmanvaihto
Jätteiden saastuttama ympäristö	Ihon puhdistus liuottimilla
Riittämätön hygienia	

### 2. Henkilösuojaimet /Personal Protective Equipment (PPE)

Niitä on lukuisia ja hyvin erilaisia. Ne suojaavat tutkitusti tehokkaasti.

<b>Tutki 2:</b>	Täydennä suojainten merkitykset:
-----------------	----------------------------------

Suojain	Tehtävä
	
	
	
	

### 3. Työskentelyalueen suojaus/ Collective Protective Equipment (CPE)

Tärkeimmät komposiittimateriaalien käsittelyyn liittyvät terveyst- ja turvallisuussäännöt koskevat:

Laite	Huomioitavaa
Poistoilmajärjestelmä / Suction system	Kaikkialla, jossa syntyy liuotin- ja pölypäästöjä
Koneet / Machines tools	Ainoastaan kannettavat pneumaattiset koneet ovat sallittuja työskentelyalueella
Sähkölaitteet	Pistorasioissa on oltava suojakannet
	Rajoita pistokkeiden määrää 380 V:ssa
	Sähkölaitteiden (valaistus, lämmitys jne.) on oltava räjähdysuojatut.
Työasemat	Koneistusasemien turvallisuus on varmistettava (häätäpysäytyspainike, 2-käden käynnistys, suojakannet jne.)
Materiaalin varastointi	Vaarallisten materiaalien (asetoni, orgaaniset peroksidit jne.) varastointi työskentelyalueella on kielletty. Säilytä näitä materiaaleja hyvin ilmastoidussa tilassa, valolta suojattuna ja korkeintaan 20 ° C:n lämpötilassa

**Tutki 3:**

Määritä edellisellä sivulla olevaa taulukkoa seuraamalla komposiittimateriaalien valmistukseen liittyvien tärkeimpien terveys- ja turvallisuusmääräysten soveltamisen perusteita:

Poistojärjestelmät

# Kappale 4: Käytännön tehtäviä

(käytössä olevan laitteiston mukaan)

## I Muottipinnan valmistelu

Välineet: henkilösuojaimet, tarvikkeet, irrotusaine

Tavoitteet: työtilan puhtaus, valun vaiheet, muotin puhdistus ja valmistelu

**Tehtävä: Miksi väärin valmisteltu muotin pinta voi aiheuttaa virheitä valmistetun kappaleen ulkonäköön?**

Valmisteluvaiheet voidaan yksinkertaisimmillaan jakaa kolmeen osaan: Muotti, materiaali ja välineet.

### 1. Muotti

Muotin valmistelu on toteutettava erittäin huolellisesti, jotta valmis kappale olisi koko pinta-alaltaan mukava ja helppo irrottaa.

MENETELMÄ	MUOTTI
Käsinlaminointi Ruiskutus Injektio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valetun kappaleen pinnan ulkonäkö riippuu muotin pinnan kunnosta</li> <li>Muotit käsitellään irrotusaineella, jolloin niitä voidaan käyttää yli kymmenen kertaa ilman mitään muita toimenpiteitä.</li> <li>Kevyt kiillotus ja uusi käsittely ovat välttämättömiä muovatun osan helpon irrotuksen ja hyvän ulkonäön varmistamiseksi.</li> </ul>
Siirto-/ahtopuristus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Oikea muotti, jonka kunto on hyväksytty työkaluosastolla, sijoitetaan ja kiinnitetään puristimille.</li> <li>Työntölaite on kiinnitetty välilevyihin tai poistosylintereihin.</li> </ul>

### Harjoitus 1:

Yhdistä eri menetelmiin käytetty irrotusaine:

Vaha			Puristus HT HP
Polyvinyylialkoholi			Käärintä
Polyteenikalvo			Käsinlaminointi

## Harjoitus 2:

Mihin kuvissa olevia aineita käytetään:

Lähteet: [1-6]

## 2. Laitteet

Työntekijän on tarkistettava, että tarvittavat laitteet ovat saatavilla jokaiselle komposiittivalmistusprosessille ennen siirtymistä tuotantovaiheeseen.

MENETELMÄ	LAITE
Käsinlaminointi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaaka</li> <li>• Annosteluvälineet (pipetit ja astiat)</li> <li>• Hartsille astia</li> <li>• Sakset vahvikkeiden leikkaamiseen</li> <li>• Geelikerroksen annostelumateriaali: harja, paineilma-maalipistooli tai erityinen ruisku geelipinnoitteelle</li> <li>• Kyllästysmateriaali: uurretut rullat tai tuulettimet</li> </ul>
Ruiskutus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projisointikone koostuu yleensä: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paineilmakäyttöinen lasileikkuri</li> <li>- Hartsin syöttöön pneumaattinen pumppu ruiskupistooli, joka varmistaa toisaalta kiihdytetyn hartsin ja toisaalta katalysaattorin annostelun</li> <li>- Liuotinsyöttö pistooliin puhdistamiseksi ruiskutuksen jälkeen</li> </ul> </li> <li>• Projisointikoneen käyttö edellyttää paineilman syöttämistä tietyn virtausnopeuden varmistamiseksi vakio paineessa.</li> <li>• Muiden laitteiden ohella käsityökalut.</li> </ul>

Injektio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alipainepumppu, jolla on riittävä kapasiteetti (noin 3 m<sup>3</sup>) puskuripullo samanaikaisesti useiden muottien syöttämiseen sekä ohjausmittareihin.</li> <li>• Tarvikkeet vahvikkeiden leikkaamiseen, hartsien ja lisäaineiden annosteluun ja sekoittamiseen, muottien käsittelyyn ja kappaleen viimeistelyyn.</li> </ul>
Puristusmenetelmä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarvittaessa lämmitin</li> <li>• Sekoittamiseen: vaaka, käsineet, paineilmapuhallin</li> <li>• Valmistus- ja valvontadokumentit työskentelyn avuksi</li> </ul>

## Harjoitus 3:

Tavoitteena on valmistaa veneen runko injektioprosessilla. Täytä seuraava taulukko työpaikan valmisteluvaiheesta (muotti, laitteet, materiaalit) käyttäen alla olevia käsitteitä:

Sakset, PMEC-katalyytti, karnaubavaha, kangas, maalipistooli, vaaka, hartsipurkki, tyydyttymätön polyesterihartsi, asteikollinen pipetti, gelcoat, tela, tyhjiöpussi, huokosten täyteaine, mikrorei'itetty kalvo, imeytysverkko, karhennuskangas, eristysnauha, väriaine, letku, spiraalivaippa, lasikuitukangas, tyhjiöpumppu, hartsiansa, puhdistusaine.

Muotti	Materiaali	Laitteet



### 3. Sähkö- ja hydraulikkaliitännät

MENETELMÄ	SÄHKÖ- TAI HYDRAULIIKKAYHTEET
Puristusmenetelmä	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokeron lämmitys → Varmista, että eristyslevyt on poistettu</li> <li>• Nestelämmitys → Liitä alueet määritettyihin öljylämmittimiin</li> <li>• Integroitu lämmitys → Vastukset on kytketty rinnakkain tai sarjaan. Tarkistaa jokaisen lämmityselementin kunto ohmimittarilla</li> <li>• Mittapää on asetettu → Varmista, että kotelon pohjassa on oikea alue ja poikkeama pyrometrin neulan nousevista asteista. Tarkista, että eristyslevyt ovat paikoillaan.</li> </ul>

## Harjoitus 4:


Veneen rungon valmistus injektio menetelmällä.

**1. Täydennä seuravilal sivuilla oleva taulukko.**

**2. Mitkä ovat seuraukset, jos irrotusainetta ei käytetä? (vaihe 2)?**

**3. Täytä tekninen protokolla käytetty aika kaikkiin vaiheisiin.**

Vaihe	Menetelmä	Tarvikkeet
	<p>Poista pöly muotista liinalla ja paineilmapistoolilla. Levitä puhdistusainetta, jos muotin pinnalla on jäämiä</p>	
<p><b>2. Muotin vahaus ja kiillotus</b></p>	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lint free cloth</li> <li>- Wax</li> <li>- Sponge</li> </ul>

<p><b>3. Tarkastus</b></p>	<p>Glue scotch on the waxed surface and check that the tape does not adhere to the prepared surface</p>	
	<p>Install mould in suction booth. Protect the edges of the mould cavity with strips of tape and paper carefully laid along the edge.</p> 	<p>- Tape</p>

## II Alipaineinjektiomenetelmä

**Välineet:** henkilösuojaimet, tarvikkeet, irrotusaine, tyhjiöpumppu

**Tavoitteet:** työtilan muotin valmistelu, gelcoatit laitto, vahvikkeiden asettelu ja injektointi

**Tehtävä: Miten kappale valmistetaan injektiomenetelmällä?**

Infuusioprosessin avulla voidaan valmistaa monimutkaisia, keskikokoisia ja suurikokoisia komposiittikappaleita. Prosessin periaate ja edut selitetään kappaleessa 3. Tämä prosessi on kuvattu yksityiskohdallisesti kappaleessa 5.

## Harjoitus 1:

Tehtävässä jatketaan edellisestä harjoituksesta ”muottipinnan valmistelu” veneen rungon valmistamiseen injektio menetelmällä. Täydennä taulukko:

### Kappale: Veneen runko



1. Kappaleen pinta-alan laskeminen:

2. Ainetilavuus = Surface x Thickness:

Pituus = 1.80 m  
Leveys = 0.60 m  
Paksuus = 2.5 mm



Vaihe	1. Vahaus, kiillotus ja peitto / Waxing, polishing and masking
Tarvittavat aineet ja työkalut	Puhdistusaine Vaha Kangaspala Teippi
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	2. Gelcoatin laitto	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,1 mm riittää 120 g/m<sup>2</sup></li> <li>• vähimmäispaksuus 0,4 mm</li> </ul>	
Tuotteiden ja työkalujen nimet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gelcoat: GCBLANPIS-5KG</li> <li>• P MEC Katalyytti: CATA5KG</li> <li>• ruisku</li> </ul>	
Gelcoat- massan laskeminen		
Työturvallisuus	Tunnista gelcoatin vaarat, KTT: Tuote on luokiteltu erittäin herkästi syttyväksi.	
	▪ Riski	
		
	R 36/38	
	R 20	
R 11		
Suunniteltu aika	30 min	
Käytetty aika		

Vaihe	3. Vahvikkeiden leikkaus ja asettelu muottiin
Tuotteiden ja työkalujen nimet	1. A fold of complex Rovicore® fabric with a surface mass 1080 g/m <sup>2</sup> . Density of the fiber $\rho_{\text{glass}} = 2540 \text{ kg/m}^3$ 2. A fold of Roving® twill fabric with a surface mass 300 g/m <sup>2</sup> . Density of the fiber $\rho_{\text{glass}} = 2540 \text{ kg/m}^3$ 3. Scissors
Vahvikkeen määrän laskeminen	1. Tarpeen laskeminen, valmistelu ja asettelu Rovicore® complex -materiaalista  2. Rovicore-kankaan tilavuuden laskeminen. Muistutus: Volume = mass / density Mass = surface * surface mass  3. Ruvinkin, twill-kankaan tarve, valmistelu ja asettelu  4. Roving Twill Volume Calculation Reminder: Volume = mass / density Mass = surface * surface mass
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	4. Työpisteen ja tarvikkeiden valmistelu
Tuotteiden ja työkalujen nimet	1. Peel Ply (PA 85) 2. Mikro-perforoitu kalvo (PE Splitter Film) 3. Drainage Grid 4. Vacuum bag 5. Butyyliitiiviste (tiivistysmateriaali), spiraalivaippa, yhdysletku tyhjiöön, hartsin annosteluletku, Hartsiansa, T-haaroitin 6. Sakset, kohdistusliima
Määrä- ja/tai massa-laskelmat	1. Calculation of requirement, preparation and installation of the delaminate fabric (peel ply):  2. Calculation of requirement, preparation and Installation of microperforated film :  3. Calculation of requirement, preparation and installation of drainage grid:  4. Calculation of requirement, preparation and installation of the vacuum bag: Length (3.20 m) × width (1 m)  5. Calculation of need, preparation and installation of different pipes: ▪ Spiral sheath for vacuum: Length:  Vacuum connection hose:
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	5. Rungon injektio
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Hartsi: Chemical name: Unsaturated polyester in solution in styrene Commercial name: NORESTER 822
Määrä- ja/tai massa-laskelmat	UP-hartsin tiheys: $\rho_{\text{hartsi}} = 1100 \text{ kg/m}^3$ hartsin tilavuus = Part volume – Fibre's volume
	Hartsin kokonaistilavuus =
	Hartsin massa = hartsin tilavuus $\times \rho_{\text{resin}}$
	Hartsin massa =
Työturvallisuus	Tunnista hartsin käyttöturvallisuustiedotteen avulla neljä olennaisinta vaaraa ja niiden seuraukset
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaiheet	6. Irrotus, purseenpoisto ja puhdistus
Tuotteen ja työkalujen nimet	Puhdistusaine, kangaspala, välilevyt, puhallin, timanttilevy
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Suunniteltu kokonaisaika: 3 h	Toteutunut kokonaisaika:
-------------------------------	--------------------------





## FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

### 1 - IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/PRÉPARATION ET DE LA SOCIÉTÉ/ENTREPRISE

#### Identification de la substance ou de la préparation :

- Nom: SUPCOAT
- Code du produit:

#### Identification de la société/entreprise :

- Raison Sociale: FOURNIER COMPOSITES.
- Adresse: 65, rue du Dauphiné 69800 SAINT PRIEST, France.
- Téléphone: +33 (0)437 85 18 70. Fax: +33 (0)437 85 18 71.
- Email : [info@fournier-france.fr](mailto:info@fournier-france.fr)
- <http://www.fournier-france.fr>

Numéro de téléphone d'appel d'urgence : +33 (0)1 45 42 59 59.

- Société/Organisme: INRS / ORFILA <http://www.centres-antipoison.net>.

### 2 - IDENTIFICATION DES DANGERS

- Ce produit est classé: Liquide facilement inflammable.
- Risque d'effets irritants pour les yeux et pour la peau.
- Risque d'effets nocifs avec des symptômes d'intoxication légère par inhalation.

#### Classement de la Préparation :



**Nocif**



**Facilement inflammable**

R 36/38	Irritant pour les yeux et la peau.
R 20	Nocif par inhalation.
R 11	Facilement inflammable.

# FICHE DE DONNEES DE SECURITE (selon EC 1907/2006)

## RUBRIQUE 1

## IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

### PRODUIT

Nom du produit: **ANDONOX KP-9**  
Utilisation/Usage : **Polymérisation de résines polyester insaturées**

### IDENTIFICATION DE LA SOCIETE

Fournisseur: **Syrgis Performance Initiators AB**  
Box 26083  
SE – 100 41 STOCKHOLM - SWEDEN

N° du fournisseur (standard) +46 8 545 121 60  
Courriel Info@fournier-france.fr – <http://www.fournier-france.fr>  
N° appel d'urgence ORFILA (France) : +33 1 45 42 59 59

## RUBRIQUE 2

## IDENTIFICATION DES DANGERS

Principaux dangers :



Comburant



Corrosif

### Phrases de risques :

R7 : peut provoquer un incendie  
R22 : nocif en cas d'ingestion  
R34 : Provoque des brûlures

### DANGERS POUR LA SANTE

Nocif par ingestion  
Irritant pour les yeux et les voies respiratoires  
nocif par ingestion

### DANGERS POUR L'ENVIRONNEMENT

Non connus

### DANGERS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Incendie ou explosion : peut provoquer un incendie

**SIR INDUSTRIALE**

Via Bellini, 35 - 20050 Macherio (MI) - ITALY  
 Tel. +390392072.1 Fax +390392072207



Fiche de Données de Sécurité: SIRESTER EC 0947/AMT/I  
 28/3/2011, revision 2

## 1. IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/PRÉPARATION ET DE LA SOCIÉTÉ

Dénomination commerciale: **SIRESTER EC 0947/AMT/I**  
 Dénomination chimique: polyester Insaturé en solution dans le Styrene  
 Type de produit et emploi: Production de plastique renforcée  
 Fournisseur:

SIR INDUSTRIALE S.p.A.  
 Via Bellini 35 - 20050 Macherio (MI) - ITALY  
 Tel. +39 0392072.1 Fax +39 0392072207  
 MSDS@sirindustriale.com  
 Numéro de téléphone de la société de consultation en cas d'urgence: +39 03920721

## 2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Le produit est un liquide qui s'enflamme à des températures supérieures à 21°C s'il est en contact avec une source d'ignition. Le produit est nocif en cas d'exposition aiguë et présente des risques graves pour la santé en cas d'inhalation. En cas de contact avec les yeux, le produit provoque des irritations importantes qui peuvent se prolonger pendant plus de 24 heures et, en cas de contact avec la peau, provoque une inflammation considérable. L'inhalation de concentrations élevées en vapeurs peut provoquer une dépression du système nerveux central (SNC), résultant en des étourdissements, des sensations d'ébriété, des céphalées, des nausées et une perte de coordination. Une inhalation poursuivie peut causer un vanouissement et la mort. Des conditions médicales préexistantes du ou des organe(s) ou groupe(s) d'organes suivant(s) peuvent être aggravées par une exposition à ce matériau. Système nerveux central (SNC) Système auditif. Foie. Système respiratoire.

## 3. COMPOSITION/INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

Composants dangereux aux termes de la Directive CEE 67/548 et du Règlement relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des préparations, et classification relative :

30% - 50% Styrene  
 601-026-00-0 CAS: 100-42-5 EC: 202-851-5  
 Xn,Xi; R10-20-36/38

0.5% - 1% Silice synthétique amorphe  
 CAS: 112945-52-5 EC: 231-545-4  
 substance ayant une limite d'exposition professionnelle en vertu des dispositions communautaires

## 4. PREMIERS SECOURS

En cas de contact avec la peau :

Enlever immédiatement les vêtements contaminés.  
 Laver immédiatement avec beaucoup d'eau et éventuellement du savon les parties du corps ayant été en contact avec le produit toxique, même en cas de doute.  
**CONSULTER IMMEDIATEMENT UN MEDECIN.**

## III Käsinlaminointi/Hand lay-up process

Materiaalit: suojavaatetus, irrotusaine, harja

Tavoitteet: muotin valmistelu, gelcoat-laitto, vahvikemateriaalit ja hartsit

Käsinlaminointi on menetelmä, joka mahdollistaa monimutkaisten komposiittituotteiden valmistamisen, esimerkiksi monimutkainen muoto ja keskisuuri tai suuri koko. Prosessin periaate ja komposiittikappaleen erilaiset valmistusvaiheet selitetään kappaleessa 3. Tämän prosessin menetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti kappaleessa 5

### Harjoitus 1:

Altaan valmistus käsinlaminoidulla.

Pinnan ala A = 0,16 m<sup>2</sup>

Pinnan ala B = 0,38 m<sup>2</sup>

Kappaleen paksuus = 1,5 mm



**Laske altaan pinta-ala**

**Laske altaan tilavuus**

Kappaleen tilavuus = kappaleen pinnat × kappaleen paksuus:

### Täydennä taulukko

Vaihe	1. Puhdistus
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Puhdistusaine, vaha, kangas, teippi
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	2. Gelcoat-in aplikointi
Tuotteiden ja työkalujen nimet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,1 mm kulutus vastaa 120g/m<sup>2</sup></li> <li>• vaadittu vähimmäispaksuus: 0,4 mm</li> </ul>
Gelcoat-massan laskeminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gelcoat : GCBLANPIN-5KG</li> <li>• Katalyytti P MEC : CATA5KG</li> <li>• Harja</li> </ul>
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	3. Vahvikemateriaalin leikkaaminen
Tuotteiden ja työkalujen nimet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kolme kerrosta katkokuitumattoa, jonka pinta-alaan massa 450 g/m<sup>2</sup>. kankaan tiheys: <math>\rho = 2540 \text{ kg/m}^3</math></li> <li>• sakset</li> </ul>
Määrä- ja /tai massalaskut	<p>Maton laskettu tarve, itse tuote ja valmistelu:</p> <hr/> <p>Maton kokonaistilavuuden laskeminen.          Muistutus: tilavuus = massa / tiheys          Massa = pinta-ala x pinnan massa</p>
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	4. Hartsin ja vahvikkeen aplikointi
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Hartsi: Kemiallinen koostumus: tyydyttämätön polyesteri styreeniliuottimessa Kaupallinen nimi: RPOLYSTER-25KG
Määrä- ja /tai massalaskut	Hartsi UP tiheys: $\rho_{\text{hartsi}} = 1100 \text{ kg/m}^3$ Hartsin tilavuus= kappaleen tilavuus – kuitujen tilavuus hartsin kokonaistarve =
	Hartsin massa= hartsin kokonaistilavuus $\times \rho_{\text{resin}}$ Hartsin massa =
	Levitä hartsi ja kolme mattokerrosta, kuten esitetty kappaleessa 5.
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Vaihe	5. Irrotus, purseen poisto ja puhdistus
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Cleaning agent; cloth; shims; air blower; diamond disc.
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	

Suunniteltu kokonaisaika: 2 h 30 min	Toteutunut kokonaisaika:
--------------------------------------	--------------------------

# Kappale 5: Teoriaa

## I Muottipinnan valmistelu

a. Poista pöly muotista rätillä ja puhaltimella.

b. Rasvan poisto muotista puhdistusaineella (esimerkki: metanoli):

- Levitä koko muottiin paksulla liinalla tai pienellä, hyvin kastetulla harjalla, anna vaikuttaa ja hiero likaa. Hävitä likaantunut rätti
- Muotin puhdistaminen tapahtuu toistamalla tämä toimenpide puhtaalla liinalla niin monta kertaa kuin on tarpeen

Lähde: [1]



Täytä mikrohalkeamat (metalli- tai komposiittimuottien tapauksessa) huokostäyteaineella suojaamalla muotin pintaa ja valmistelemalla se irrotusaineen levitykseen:

- Märkä puuvillakangas
- Levitä yksi tai kaksi kerrosta huokostäytettä pyörivällä liikkeellä ja pyyhi välittömästi kuivalla puuvillaliinalla
- Toista toisella kuivalla puuvillakankaalla, jotta muottiin tulee hyvä kiilto
- Odota 15 - 30 minuuttia, huoneenlämpö, jokaisen kerroksen välillä ja anna polymeroitua 30-60 min viimeisen kerroksen jälkeen ennen irrotusaineen levittämistä
- Jos jälkiä on jäljellä koko pinnan kiillotuksen jälkeen, laita huokosainekerros jälkienpäälle ja kiillota voimakkaasti ja pyyhi sitten toisella kuivalla liinalla.

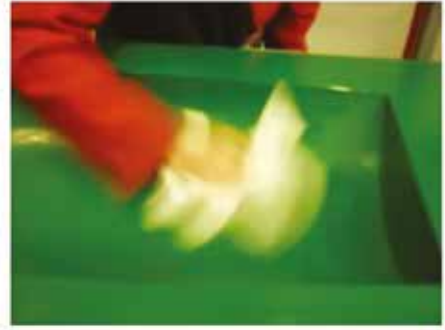


Lähde: [1]

## II Irrotusaineen laitto

### 1. Vahat/ Paste waxes

1. Levitä tasainen vahakerros sienellä. Tukeva ja säännöllinen pyöreä liike. Levitä irrotusaine koko muotin pinnalle.
2. Odota kiinnittymistä (noin 5-10 min)
3. Pyyhi pehmeällä liinalla ylimääräisen vaha pois, jotta saadaan sileä, kiiltävä ja tasainen pinta.
4. Toista toimenpiteet (a, b, c) kolme kertaa ensimmäisten kolmen kappaleen kohdalla. Sitten vähintään 1 kerta jokaiselle valukappaleelle.



Parempi laittaa kolme ohutta kuin yksi paksu kerros!

Lähde: Rock West composites: <https://www.rockwestcomposites.com/mold-release-wax>

### 2. Nestemäinen irrotusaine polyvinyylialkoholi PVA

1. On suositeltavaa ruiskuttaa nestemäinen irrotusaine (paine 5-6 bar ja ruiskutusetäisyys 30-40 cm). Sieni tai harja ovat aina mahdollisia käyttää.
2. Muotin pinta on ensin vahattava ja kiillotettava silikonittomalla vahalla
3. Ohut kerros PVA:a levitetään riipeästi suorituksena yhtenäisen kalvon 50 - 150 µm saamiseksi
4. Anna PVA:n kuivua kokonaan, ennen kuin aloitat geelipinnoitteen tai hartsin levittämisen

#### Ohjeet:

Kun levität PVA:a ole varovainen, ettet jätä irrotusaineella kuvioita muotin pintaan, koska se aiheuttaisi heijastumisena pinnan viimeistelyssä, se myös johtaisi vaihteluun muotin viimeistelyssä.

Ruiskutuspuistooli voidaan pestä käytön jälkeen vedellä ja huuhdella liuottimella jäännösveden poistamiseksi.



Lähde: [3]



### 3. Puolipysyvä irrotusaine/Semi-permanent release agent

1. Varmista ennen levittämistä, ettei muotissa ole pölyä.
2. Levitä huoneenlämmössä kuitukankaalla tai 100% puuvillakankaalla
3. Levitä ohut, tasainen kerros pintaan 0,3 - 0,8 m<sup>2</sup>. Märkään kerrokseen ei saa jäädä jälkiä tai pisaroita.
4. Kun puolipysyvä alkaa haihtua (3-15 s), kiillota pinta ja kiiltää puhtaalla liinalla. Tämä tehdään kolmessa vaiheessa:
  - Pyyhi pinta kerran muotin reunasta sisäänpäin
  - Purista kangas kuivaksi
  - Kiillota pinta uudelleen pyörivin liikkein. Älä paina, jos haluat kiiltävän lopputuloksen
5. Jos jälkiä on jäljellä koko pinnan kiillotuksen jälkeen, hankaa kerros puolikiinteäksi ja kiillota voimakkaasti ja pyyhi sitten toisella kuivalla liinalla.
6. Minimikuivausaika on 1 tunti, ennen kuin aloitat valun.















Lähde: [1,4]





## III Muotin tarkastus ja valmistelu

1. Liimaa teippi käsitellylle pinnalle ja tarkista, ettei teippi tartu valmisteltuun pintaan
2. Asenna muotti imuastiaan. Suojaa reunat teipillä ja paperilla.






## IV Käsinlaminointimenetelmä (komposiittiastian valmistus)

Vaihe	Valokuva	Työstövaihe	Huomioita
1. Muotin valmistelu		Muotin puhdistus	Tämä vaihe on erityisen tärkeä laadun tekemiseen, poista kaikki epäpuhtaudet.
		Application of release agent and gloss	A wax is applied to prevent the piece to stick on the mould
		Application of the tape around the edge of the mould	This allows to have edges well bounded and clean after applying the gel coat.
2. Vahvikkeiden valmistelu		Cut the folds (woven fabrics or matt) with scissors on a cutting table	The folds have the dimensions of the desired part
3. Laskut		<ul style="list-style-type: none"> <li>Laske gelcoatın määrä ja valmistele gelcoat + katalyytin seos</li> <li>Katalyytin määrä on 1 - 3% hartsin massasta.</li> </ul>	
4. Gelcoatın levitys		Apply a 0.4 to 0.6 mm gel coat layer to the mould using a brush (or spray gun).	Making passages in one direction and then in the other makes it possible to blug the asperities left by the brush in the opposite direction of work.
5. Teipin poisto		Carefully remove the tape strips. Be careful not to tear the gel coat	This will allow regular edges after polymerisation of the gel coat

6. Polymeeroituminen		Wait 35 min, until the part is polymerised	Touch the gel coat in an invisible corner of the piece, if the latter does not stick to the finger, then the polymerisation is complete
7. Ensimmäinen hartsikerros		Using the brush, apply a layer of resin on the complete surface of the mould	This will allow the first folds to absorb resin
8. Impregnoituminen		Aseta kangas oikein välttämällä liikaa paksuutta. Tarvittaessa kankaat voivat olla päällekkäisiä, mutta ei saa syntyä paksuusvaihtelua	An extra-thickness from the beginning will result in too much difference in thickness on the finished part. If we just put the fabric side by side, we risk weakening the stiffness in this area.
		Levitä hartsia harjaamalla kevyin vedoin niin että kangas kostuu hyvin	Ylimääräinen hartsia ei ole ongelma, koska seuraava kerros absorboi sen yhtenäiseen rajaan.
9. Ilman poisto		Käytä rullarissaa ilman poistoon, liikuta pinnalla keskeltä reunoille	All the fibers must be impregnated and the air must be completely removed from the fiber.
10. Toistaminen	Toista impregnoitua ja ilman poistoa niin monta kertaa että koko kangas tulee peitettyksi		
11. Polymeeroituminen		Wait 4h until the part is polymerised	Verify the polymerisation is over by touching a non-visible corner of the part









12. Muotista irrotus		<p>There are several solutions depending on the part:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ With a blow gun between the mould and the part to peel of the piece</li> <li>▪ With shims, place the shims between the mould and the part and tap gently with a hammer to take off the assembly</li> <li>▪ If necessary, combine these two techniques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Depending on the geometry of the mould, it is often difficult to demould the part. To do this, ask for help from a colleague to blow and pull the part at the same time.</li> <li>▪ Care must be taken not to damage the mould otherwise additional repair will be required</li> </ul>
13. Jäysteiden poisto	 	<p>Cut-out preparation: Draw lines for cutting with a square and a ruler</p> <p>Cut the piece with a grinder</p>	<p>Cut one of the edges straight that will be useful in order to draw the other lines with the square</p> <p>Compulsory wearing of PPE with dust mask</p>
14. Muotin puhdistus		<p>Using a cloth and cleaning agent, remove impurities from the mould</p>	<p>Tässä vaiheessa on välttämätöntä saada pois kaikki hartsijäämät</p>

## V Injektiomenetelmä (komposiittitason valmistus ilman gelcoatia)







Vaihe	Valokuva	Työstövaihe	Huomioita
1. Muotin valmistelu		Cleaning of the mould	Tässä vaiheessa poistetaan kaikki epäpuhtaudet ja pöly
		Place the putty outside the area to be waxed	Tämä vaihe määrittää kumpi puoli valitaan etupuoleksi
		Application of release agent and gloss	A wax is applied to prevent the part from sticking to the mould. It takes 10 minutes to allow the solvent to evaporate
2. Aineiden ja tarvikkeiden käsittely		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cut the folds (woven fabrics or mast) with scissors on a cutting table</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ The folds have the dimensions of the desired part.</li> <li>▪ Glue the fabrics so that the folds do not slip relative to each other during the installation of consumables and the installation of the vacuum bag.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Position the folds on the mould. Put some INFUTAC glue between each fold to position the fabrics well</li> </ul>	

## 2. Aineiden ja tarvikkeiden käsittely




	<p>Install a spiral sheath along the opposite sides of the mould. These two spiral sheaths are each connected to a hose with a T-fitting</p>	
	<p>Leikkaa ja asettele kuorikerros</p>	<p>Tiivistys materiaali mitat reunan rajaaman ulomman osan mukaan</p>
	<p>Leikkaa ja asettele mikroperferoitu kangas</p>	<p>Mikroperferoitu kangas on olennainen ylimääräisen hartsin ja ilmakuplien poistamiseksi</p>
	<p>Cut and lay the infusion mesh</p>	<p>This fabric is essential to facilitate impregnation of reinforcements with resin</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leikkaa alipainepussi levyä suuremmalle pinnalle (1,5 kertaa suurempi kuin muotin ulkoreunat)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aseta tyhjiöpussi tiivistysmateriaalille, käytä taitoksia (korvat, nipistimet)</li> <li>• T-liittimen läpikulku (poraus keskelle välipohjaa, jotta massa pääsee kulkemaan)</li> <li>• T-liittimen tiivistys (tiivistysmateriaalin asettaminen T-liittimeen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ompeleita käytetään varmistamaan pussin toimivuus tyhjiöhetkellä</li> <li>• Tämä T-liitin syöttää hartsia muottiin</li> <li>• Tiivistysmateriaali varmistaa eri elementtien tiivistämisen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T-liittimen tiivistys (tiivistysmateriaalin asettaminen T-liittimeen)</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cut out and install a hose with a length equal to the distance between the vacuum pump and the Tfitting</li> <li>▪ Cut and lay a hose with a length equal to the distance between the resin pot and the T-fitting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Insertion of a tap in the middle of the different lengths (closed)</li> <li>▪ The hose ensures uniform diffusion of the resin as well as suction</li> </ul>




3. Infuusio	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Start the vacuum pump (vacuum between -0.5 and - 0.9 bar)</li> <li>▪ Dip the hose into the resin pot and open the tap</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Opening the vacuum valve to check the seal of the mould before infusion</li> <li>▪ The hose must always be immersed in the resin</li> </ul>
4. Polymeeroituminen		Wait 4h until the part is polymerised	Check that the polymerisation is complete: the resin in the pipes must be completely hardened
5. Muotista irrotus	 	<p>Poista yhteen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tyhjiöpussi</li> <li>• irrota kuorikerros</li> <li>• irrota tiivistysmateriaali muotista (auta lastalla)</li> </ul>	All the consumables must be thrown away in the regular bin
6. Jäysteiden poisto	 	Cut-out preparation: Draw lines for cutting with a square and a ruler	Cut one of the straight edges that will be used to draw the other lines with the square
7. Muotin puhdistus		Using a cloth and cleaning agent, remove impurities from the mould	This step is necessary to remove any resin residue on the mould





## VI Paineinjektio /RTM light process (suihkuammeen valmistus)

Vaihe	Valokuva	Työstövaihe	Huomioita
1. Muotin valmistelu		Muotin puhdistus	Tämä vaihe on tarpeen edellisen tuotannon jäännösten ja pölyn poistamiseksi
		Irrotusaineen levitys ja vahaus: Levitä sienellä tasainen vahakerros	Vaha levitetään estämään kappaleen tarttumista muottiin
			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Auto-control: stick the tape on the waxed part and verify that the tape is not sticking to the prepared surface</li> <li>▪ Mould Masking: Install the mould in the suction booth. Protect the edges of the mould footprint with tape strips placed carefully along the edge</li> </ul>	This allows to have delimited and clean edges after application of gel coat
			
2. Vahvikkeen valmistus		Cut the folds (woven fabrics or matt) with scissors on a cutting table	The folds have the dimensions of the desired part



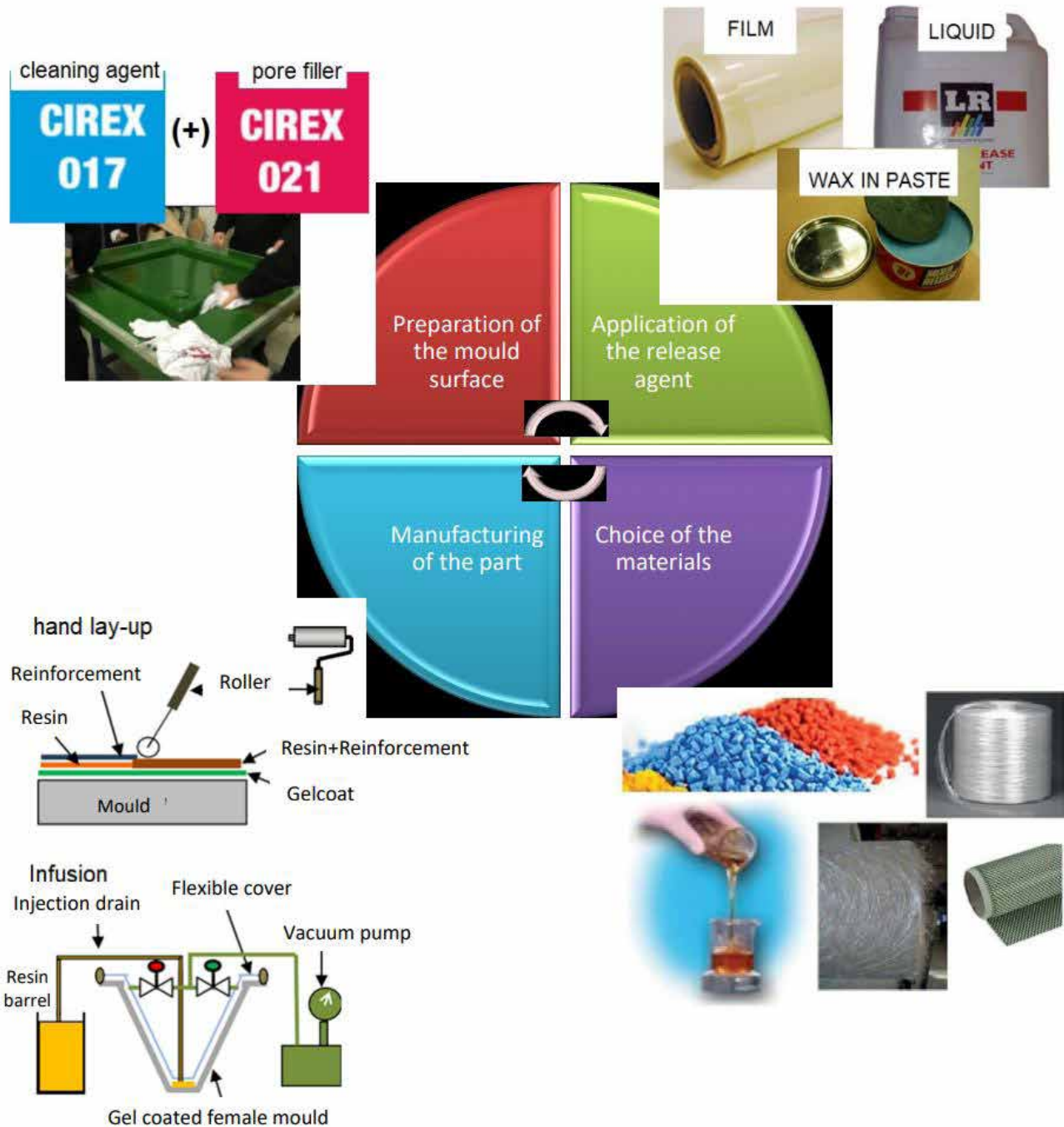
3. Laskut	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laske gelcoat-määrä ja valmistele gelcoat + katalyytin seos</li> <li>Katalyytin määrä on 1 - 3 % hartsin massasta.</li> </ul>	
4. Gelcoatin laitto	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Levitä muottiin 0,4–0,6 mm:n geelikerroskerros harjalla (tai ruiskupistoolilla)</li> <li>Muista levittää gelcoat tasaisesti välttämättä erityisen paksuutta</li> <li>Mittaa kerrostunut paksuus paksuusmittarilla</li> </ul>	Harjaa yhteen suuntaan ja sitten toiseen, jotta harjan jättämä karheus saadaan työnnettyksi vastakkaiseen suuntaan
5. Teipin irrotus	 <p>Carefully peel off the strips of tape so as not to smudge on the technical range of the mould</p>	This will allow to have regular edges after polymerisation of the gel coat
6. Polymeroituminen	 <p>Odota 35 min kunnes kappale on polymeroitunut</p>	Kosketa geelikerrosta kohdassa, joka ei tule näkymään tuotteessa, jos aine ei tartu sormeen, polymerointi on valmis

<p>7. Levitä vahvikkeet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Place the cut-out on the mould. Avoid overlapping. Cut into the folds</li> <li>▪ Carefully cut the fabric on the edges of the mould</li> </ul>	<p>Apply the fabric well in the corners. Use a mould release chock to allow the fabric to fit the mould shape</p>
<p>8. Muotti ja vastamuotti</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Install the counter mould on the mould, taking care not to move the reinforcing fabric.</li> <li>▪ Mount the resin trap on the counter mould, not forgetting to wax it.</li> </ul>	<p>Hartsiloukku estää hartsin pääsyn tyhjiöpumppuun</p>
<p>9. Muotin sulkeminen tyhjiökierrolla</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Connect the closing vacuum to the counter mould</li> <li>▪ Apply a vacuum of -900 mbars to ensure the closure of the mould</li> <li>▪ Make sure the counter mould adheres well to the mould.</li> </ul>	<p>The counter-mould must remain stuck on the mould while lifting the assembly</p>

10. Hartsin valmistelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laske hartsitarve painon mukaan (hartsin massa lasketaan kappaletilavuuden, raudoitustilavuuden ja hartsin tiheyden perusteella)</li> <li>Aseta hartsi kattilaan ja punnitse laskettu määrä</li> <li>Sekoita hartsi katalyytin kanssa (1-3 % hartsimassasta)</li> </ul>	
11. Tuotannon käynnistäminen	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Liitä hartsisyöttöletkun toinen puoli (kuvassa nro 1) hartsiloukkuun. Liitä toinen puoli -500 mbar: n alipainepumpun liittimeen</li> <li>Liitä hartsisyöttöletku (# 2 kuvassa) vastamuottiin. Aseta toinen puoli hartsi + katalyyttiseosta sisältävään ämpäriin seoksen imemisen aloittamiseksi ja varmista sitten vahvikkeiden kyllästys</li> <li>Odota 1–30 minuuttia, ennen kuin pysäytät alipainepumpun ja pidä alipaine vielä 2 tuntia</li> </ul>	Varmista tiiveys hartsin syöttöputken ja hartsin imuputken välillä kittipastalla
12. Polymeroituminen	 <p>Wait 4 h, until the piece is polymerised</p>	Tarkista, että polymeroituminen on päättynyt: näet, jos hartsi on täysin kovettunut putkessa
13. Muotista irrotus	 <ul style="list-style-type: none"> <li>Nosta vastamuotti.</li> <li>Kierrä hartsiloukun yhde auki vastamuotista.</li> <li>Puhalla paineilmapistoolilla avoimesta reiästä.</li> <li>Käytä (tarvittaessa) irrotettavia säätölevyjä varoen vahingoittamasta tiivistettä.</li> </ul>	Unmould the part by using the shims and drilling a hole in the shower bin bung using a wood screw. Blow air through this hole.
14. Muotin puhdistus	 <p>Using a cloth and cleaning agent, remove impurities from the mould</p>	Tässä vaiheessa muotista poistetaan kaikki hartsijäämät.

# Kappale 6: Muistilista

Muovikomposiittiosien valmistukseen kuuluu useita eri vaiheita:



## I Terveys, turvallisuus, ympäristö

TERVEYS TURVALLISUUS YMPÄRISTÖ (HSE) asiat on esitetty kappaleessa kolme. Tavoitteena on lisätä tietoisuutta mahdollisista haitoista tai riskeistä, jotka hyvällä osaamisella voidaan usein välttää. Kyse on yksinkertaisten ja tehokkaiden suojauskeinojen tunnistamisesta ja käytöstä.

## II Muottipinnan valmistelu

Muotin pinnan on oltava puhdas myös aikaisemmista irrotusaineista ja muista pintakäsittelytuotteista.

Puhdistusaine (erittäin aktiivinen liuotin) levitetään muottiin polymeeroituneiden hartsien liuottamiseksi ja muotin rasvan poistamiseksi ennen irrotusaineen levittämistä.

Jos pinnalla on huokoisuutta tai mikrohalkeamia, tulisi harkita huokostäytteen käyttöä muotin maksimaaliseen suojaukseen ja irrotusaineen suorituskyvyn parantamiseksi.

## III Irrotusaineen laitto

Irrotusaine helpottaa komposiittikappaleen muotista irrottamista, mahdollistaa suuren määrän muotin käyttöä ilman että kappaleeseen jää jälkiä. Irrotusaine on levitettävä muottiin kankaalla, harjalla, ruis-kulla tai millä tahansa muulla järjestelmällä.

Irrotusaineille on tunnusomaista olomuoto: vaha, neste tai kalvo.

Irrotusaineen valinnassa tulisi ottaa huomioon useita tekijöitä, kuten yhteensopivuus käytetyn hartsin kanssa, halutun pinnan ulkonäkö ja laatu, muovauslämpötila ja muovaustuki.

## IV Tarkastus ja peittäminen

Lähtökohtaisesti tarkastus on tärkeä vaihe tuotannon valmisteluvaiheessa. Siihen kuuluu valmistetun pinnan kunnon tarkistaminen ennen geelipinnoitteen ja hartsin levittämistä. Kun muotin pinta on tarkistettu, tehdään viimeinen valmisteluvaihe, varovasti peittäminen kalvolla sen reunoille asetettavilla tiivistysnauhoilla suojaamaan ja tiivistämään muotin reunoja.

## V Materiaalien valinta

Yleisesti ottaen komposiittimateriaali koostuu kahdesta päämateriaalista: matriisista ja vahvikkeesta, joihin liittyy erilaisia lisäaineita.

Matriisi voi olla kahta eri tyyppiä: kestumuovit (polyamidi, polykarbonaatti, polyeteeni jne.) tai kertamuovi (tyydyttämätön polyesteri, epoksi, vinyyliesteri jne.). Sen tehtävänä on sitoa rakenne, antaa kappaleelle muoto ja välittää kuitujen ominaisuuksia.

Vahvikkeet ovat eri materiaaleista (lasi, hiili, aramidi tms.) olevia kudoksia, non-woven rakenteita tai kuituja. Ne tukevat, muodostavat kappaleeseen luurangon ja myötävaikuttavat sen mekaaniseen kestävyteen yli 80%.

Lisäaineet ovat välttämättömiä hartsien (kiihdyttimet, katalyytit jne.) polymerointiin, tiettyjen parametrien muuttamiseksi (viskositeetin lisääminen, tiheyden pienentäminen jne.) tai erityisominaisuuksien (palokäyttäytyminen, ikääntymisen kestävyys, värjäytyminen jne.)

## VI Kappaleen valmistus

Komposiittituote voidaan valmistaa monilla eri prosesseilla. Menetelmät luokitellaan yleensä valmistettävien sarjojen, valmistettävien osien mittojen tai muodon mukaan. Voidaan erotella:







- 3D valetut muodot, ilman puristimia yhdellä muotilla (käsinlaminointi, ruiskulaminointi, alipaineinjektio autoklaavissa jne.)
- 3D valetut muodot kahdella muotilla (paineinjektio (RTM), matalapaine puristus, korkeapainepuristus, reaktioruiskuvalu (RIM), kestopuovien HT ruiskuvalu, jne.)
- profiloidut muodot tai pitkät tuotteet (jatkuva kerrostaminen, suulakeveto (pultruusio), jne.)
- Vapaat muodot (keskipakovalu, kuitukelaus, jne.)

Komposiittimateriaalien valmistuksen eri menetelmien avulla voidaan toteuttaa suunnittelun edellyttämät kriteerit: muoto, koko, mekaaniset ominaisuudet, ulkonäkö, sarja, läpimenoaika, jne.







# Kappale 7: Harjoituksia

(voidaan käyttää myös arvioinnissa)

## 1. Tunnista seuraavat pakolliset henkilösuojausmerkit

## 2. Tunnista seuraavat turvamerkit (työsuojelu.fi):

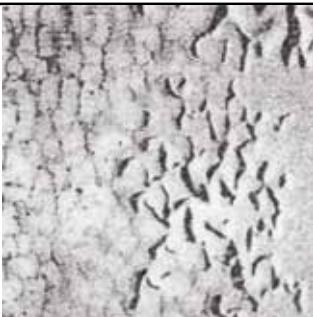
		
		

**3. Merkitse toimintajärjestykseen (1 to 6) muottiin liittyvät toimet komposiittituotteen valmistuksen yhteydessä:**

Huokoisen täyteaineen annostelu		/6
Automaattinen tarkastus tehty		/6
Muotin kiillotus		/6
Muotin valmistelu		/6
Vahaus on suoritettu		/6
Muottiin on laitettu puhdistusaine		/6

**4. Yritys päättää valmistaa veneen rungot yhdelle asiakkaalle**

a.	Milloin käyttäjä voisi valmistaa muotin teknisen alueen voidakseen sijoittaa vahvikkeet?
b.	Mitä henkilösuojaimia käyttäjän tulisi käyttää muotin valmistusvaiheen ja gelcoat-levityksen suorittamiseksi?
c.	Olettaen, että käyttäjä on sekoittanut 5 % katalyyttiä gelcoatiin, mitä vikoja voi ilmetä kappaleeseen?





---

d.	Työtilan lämpötila on 27 °C. Kuinka suuri prosenttimäärä katalyyttiä on suositeltava tässä tapauksessa?
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

Muistutus: Katalyytin määrän vaihteluväli on 1 - 3 %.

**5. Mitkä ovat Euroopassa kolme eniten käytettyä komposiittituotteiden valmistusmenetelmää?**

**6. 6. Millä perusteella menetelmä valitaan (5 tekijää)?**

7. Täydennä taulukko:	
Menetelmä	
Laitteet	Toiminta
Karhennuskangas /Peel-ply	
	Varmistaa tyhjiön
Spiraalivaippa/Spiral sheath	
Mikroperforoitu kangas	
	Mahdollistaa vahvikkeiden kostutuksen hartsilla
	Varmistaa tiiviyden muotin ja alipainepussin välillä
Hartsirintama tai -loukku /Resin trap	

**8. Muotti on valmisteltu komposiittituotteen valmistukseen. Siinä on käytetty irrotusaineena polyvinyylialkoholia. Tuotteen valmistukseen tarvitaan tuotetiedot:**

a.	Mitkä ovat tämän tuotteen käyttöön liittyvät henkilöriskit?
b.	Mitä hygienia-toimenpiteitä tulee noudattaa työtilassa työn aikana ja sen jälkeen?
c.	Tunnista henkilösuojaimet ja ympäristöltä vaadittavat tekijät maksimaalisen turvallisuuden saavuttamiseksi työpaikalla?
d.	Miten tulee toimia, jos tuotetta on nieltä tai joutunut silmiin tai syttynyt tuleen?



## SAFETY DATA SHEET PVA MOULD RELEASE AGENT

### 1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE / PREPARATION AND THE COMPANY

<b>1.1 Product name</b>	PVA Mould Release Agent
<b>1.2 Identified Use</b>	As a mould release/parting agent for use when fabricating mouldings in composites layups.
<b>1.3 Company</b>	Easy Composites Ltd Unit 39 Park Hall Business Village Longton, Stoke-on-Trent ST3 5XA United Kingdom
<b>Email</b>	<a href="mailto:sales@easycomposites.co.uk">sales@easycomposites.co.uk</a>
<b>1.4 Telephone</b>	+44 (0)1782 454499

### 2. HAZARDS IDENTIFICATION

#### 2.1. Classification of the substance or mixture

**Classification - EC** Asp. Tox. 1, Flam. Liq. 2, Eye Irrit. 2  
**1272/2008**

#### 2.2. Label elements

##### Hazard pictograms



##### Signal Word

Danger

##### Hazard Phrases

Highly flammable liquid and vapour.

Causes serious eye irritation.

May be fatal if swallowed and enters airways.

Repeated exposure may cause skin dryness or cracking.

##### Precautionary Phrases

Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

Store in a well-ventilated place. Keep cool.

Keep container tightly closed.

Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. – No smoking.

In case of fire: Use dry powder or alcohol resistant foam for extinction.

IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

IF SWALLOWED: Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician.

Do NOT induce vomiting.

Dispose of contents/container to an authorised waste collection point

### 3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1. Substances	Conc.	CAS No.	EC No.	CAS Symbols/Risk phrases
propan-2-ol; isopropyl alcohol; isopropanol	30 - 40%	67-63-0	200-661-7	Categories: Eye Irrit. 2, STOT SE 3 Symbols: GHS02;GHS07;F; Xi R/H Phrases: H225;H319;H336;R11;R36;R67

## 4. FIRST AID MEASURES

### 4.1 Description of first aid measures

**If On Skin (Or Hair)** Remove/Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower.

**If In Eyes** Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Get medical advice/attention.

**If Swallowed** Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician. Do NOT induce vomiting.

### 4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician.

## 5. FIRE FIGHTING MEASURES

**5.1 Extinguishing media** In case of fire use water spray or fog, alcohol resistant foam, dry chemical or carbon dioxide

**5.2 Special hazards** Vapours are heavier than air and may travel considerable distances to a source of ignition and flashback. Flammable and Irritant. Vapours may ignite

**5.3 Advice for Firefighters** Fight fire with normal precautions from a reasonable distance. Keep container(s) exposed to fire cool, by spraying with water

## 6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

**6.1 Personal precautions** Follow the manufacturer's recommended procedures for the decontamination of the area affected by the spillage. Vapours are heavier than air and may travel considerable distances to a source of ignition and flashback. Wear protective clothing as per section 8.

**6.2 Environmental precautions** Avoid release to the environment. Refer to special instructions/Safety data sheets  
- Contain spillage by any means possible  
- Stop leak if safe to do so.

**6.3. Methods and material for containment and cleaning up** Absorb spillage in inert material and shovel up. Do not absorb spillage in sawdust or other combustible material. Remove contaminated material to safe location for subsequent disposal. Ventilate the area and wash spill site after material pick-up is complete.

## 7. HANDLING AND STORAGE

**7.1. Precautions for safe handling** Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. No smoking. Ground/bond container and receiving equipment. Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting. Use only non-sparking tools. Take precautionary measures against static discharge. Wash hands thoroughly after handling. Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection. Dispose of contents/container to disposal contractor.

**7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities** Keep container tightly closed. Ground/bond container and receiving equipment. Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting. Store in a well-ventilated place. Keep cool. Store locked up.

## 8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

### 8.1 Control parameters

OES / LTEL	500 mg/m <sup>3</sup>
OES / STEL	625 mg/m <sup>3</sup>
DNEL (dermal)	888 mg/kg
DNEL (inhalational)	500 mg/m <sup>3</sup>

### 8.2 Exposure controls

Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

## 9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

### 9.1. Information on basic physical and chemical properties

Appearance	Colourless, Liquid, viscous
Colour	Blue
Odour	Alcohol odour
Boiling Point	82
Flash point	22
Density	Density 0.96 g/cm <sup>3</sup>
Vapour Density	(air = 1) 2.1
Viscosity	35 - 40 secs Ford Cup 4 @ 20
VOC Content	35%

## 10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1. Reactivity	This article is considered stable under normal conditions
10.2. Chemical stability	Considered stable under normal conditions
10.3. Possibility of hazardous reactions	No hazardous reactions known if used for its intended purpose. Vapours may ignite
10.4. Conditions to avoid	Keep away from strong oxidizing substances. Keep away from heat and sources of ignition
10.5. Incompatible materials	Incompatible with oxidizing substances.
10.6. Hazardous decomposition	Decomposition products may include carbon oxides. Decomposition products may include toxic and irritant fumes

## 11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

### 11.1. Information on toxicological effects

General information	No information available but must be considered harmful
Eye contact	Irritancy (eye, human) - irritant
Skin contact	Can cause damage to the skin. Can cause damage to the digestive system. Can cause damage to the respiratory system

## 12. ECOLOGICAL INFORMATION

General information	On available data, substance is not harmful to the environment. Large or frequent spills into the Environment may cause damage.
12.1 Toxicity	No information available
12.2. Persistence and degradability	No information available
12.3. Bioaccumulative potential	Bioaccumulation is insignificant
12.4. Mobility in soil	miscible with water
12.5. Results of PBT and vPvB assessment	Not a PBT according to REACH Annex XIII
12.6. Other adverse effects	Toxic to sewage works organisms

## 13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

13.1 Waste Treatment Methods	Dispose of contents/container to authorised disposal contractor
------------------------------	-----------------------------------------------------------------

## 14. TRANSPORT INFORMATION

14.1. UN number	1263
14.2. UN proper shipping name	PAINT OR PAINT RELATED MATERIAL (CONTAINS ISOPROPANOL)
14.3. Transport class	Hazard Class 3
14.4. Packing group	II
14.5. Environmental hazards	On available data, substance is not harmful to the environment
14.6. Special precautions for user	Transport Regulations apply as indicated in previous section
14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code	Not applicable

## 15. REGULATORY INFORMATION

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture	
Regulations	This Safety Data Sheet is provided in compliance with the EC Directive 1907/2006-453/2010
15.2. Chemical safety assessment	A REACH chemical safety assessment has not been carried out

## 16. OTHER INFORMATION

Text of Risk Phrases	H225 Highly flammable liquid and vapour. H319 Causes serious eye irritation. H336 May cause drowsiness or dizziness. R11 Highly Flammable. R36 Irritating to eyes. R67 Vapours may cause drowsiness and dizziness.
Further information	The information supplied in this Safety Data Sheet is designed only as guidance for the safe use, storage and handling of the product. This information is correct to the best of our knowledge and belief at the date of publication however no guarantee is made to its accuracy. This information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any other process.

# LÄHDEMATERIAALI

## Kappale 1

- [1] Nantong Mach's company: <http://fr.frp-rejillas.com/frp-profiles/fiberglass-pultruded-profiles.html>
- [2] Plasticon composite: <http://www.plasticoncomposites.com/index.php>
- [3] FMC « Florian Madec Composites »: <http://www.fmc-composites.com/pre-impregne>
- [4] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/amp-composite/nos-activites/nautisme/>

## Kappale 2

- [1] Senghor, F.D., Identification des propriétés anisotropes des matériaux complexes: application aux matériaux composites stratifiés. PhD thesis, Université Bretagne Loire, France 2017
- [2] Kinvi-Dossou, G.R., Etude de la résistance à l'impact et de l'endommagement des composites stratifiés à matrice Elium acrylique: caractérisation expérimentale et modélisation numérique multi-échelle. PhD thesis, Université de Lorraine, France 2019
- [3] Plastima composite: <https://www.plastima.fr/plastima-composites-moulage-projection-injection-infusion/>

## Kappale 3

- [1] CASTRO COMPOSITES: <https://www.castrocompositesshop.com/>
- [2] A. Berthereau E. Dallies. Fibres de verre de renforcement. Techniques de l'ingénieur.
- [3] Rock West composites: <https://www.rockwestcomposites.com/mould-release-wax>
- [4] Special Plasters: <https://specialplasters.co.uk/fibreglass-materials-resins/pva-release-agent.html>
- [5] boesner « Matériel pour Beaux-arts »: <https://www.boesner.fr/sculpture/moulage/outils-et-accessoires-de-moulage/film-terphane-en-feuille-pour-moulage.html>
- [6] Compositec innovation & Compositec formation: [www.compositec.com](http://www.compositec.com)
- [7] YOUTUBE « moulage au contact »: <https://www.youtube.com/watch?v=5j1nOs5AevM>
- [8] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/>
- [9] EPP composites « Spray lay-up Process »: <https://www.eppcomposites.com/spray-layup-process.html>
- [10] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/amp-composite/nos-activites/deco-et-design/>
- [11] FIBREGLAST « Learning Center - Vacuum Infusion - The Equipment & Process of Hartsilnfusion Brochure»: [https://www.fibreglast.com/product/vacuum-infusion-Guide/Learning\\_Center](https://www.fibreglast.com/product/vacuum-infusion-Guide/Learning_Center)
- [12] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/amp-composite/nos-activites/nautisme/>
- [13] BNT MARINE CRAFT: <https://www.bntmarine.com/service.html#>
- [14] EPP « RTM Process»: <https://www.eppcomposites.com/rtm-process.html>

- [15] FMC « Florian Madec Composites »: <http://www.fmc-composites.com/rtm>
- [16] SMC Mould Solution « ningguang Mould & SMC »: <http://www.smctooling.com/Compression.html>
- [17] Hexcel company: [www.hexcel.com](http://www.hexcel.com) & Tecalet Aerospace: [www.carbone-forge.com](http://www.carbone-forge.com)
- [18] Manufacturing Techniques for polymer Matrix Composites (PMCs) « 13- Autoclave processing for composites ». 2012, Pages 414-434: <https://doi.org/10.1533/9780857096258.3.414>
- [19] FMC « Florian Madec Composites »: <http://www.fmc-composites.com/pre-impregne>
- [20] Indiamart. Orthophthalate Polyester Hartsifor Filament Winding: <https://www.indiamart.com/proddetail/orthophthalate-polyester-resin-for-filament-winding-12529859612.html>
- [21] Plasticon composites: <http://www.plasticoncomposites.com/index.php>
- [22] Youtube « Présentation Hermex »: <https://www.youtube.com/watch?v=RehyovPDTy8>
- [23] Hermex company: <http://www.hermex.fr/>
- [24] EPP « Pultrusion Process»: <https://www.eppcomposites.com/pultrusion-process.html>
- [25] Nantong Mach's company: <http://fr.frp-rejillas.com/frp-profiles/fiberglass-pultruded-profiles.html>
- [26] S. Toillon., Expertise de pièces composites – Journée d'information « PLAISANCE » - CESAM, 14 juin 2016, CETIM Nantes

#### **Kappale 4**

- [1] mundo-surf « CATALYSEUR PMEC POUR RESINE POLYESTER – 125 ML »: <https://www.mundo-surf.com/fr/additifs-resine-poliester/45-catalyseur-pmec-pour-resine-polyester-125cl-8400000039307.html>
- [2] CMS « Composites Machines Systèmes »: <https://www.cms-france.fr/acetone/188-acetone-24-litres-19kg.html>
- [3] Beyond MaterialsTM « Vinylester Infusion Hartsii»: <https://beyondmaterials.com.au/product/vinylester-infusion-resin/>
- [4] easy composites « IN2 Epoxy Infusion Hartsii 1 kg Pack SLOW »: <https://www.easycomposites.co.uk/#!/resin-gel-silicone-adhesive/epoxy-resin/epoxy-infusion-resin.html>
- [5] iLLSTREET « Orange Tooling Polyester Gelcoat – Quart »: <https://www.carbonfiberglass.com/Resin-Systems/gelcoat-gel-coat-polyester/Orange-Tooling-Gelcoat-Quart.html>
- [6] RM COMPOSITES « Accélérateur »: <https://www.rm-composites.fr/systeme-catalytique/152-accele-rateur.html>

#### **Kappale 5**

- [1] airetec « mould release agents & additives »: <http://www.airetec.fr/index.cfm>
- [2] Rock West composites: <https://www.rockwestcomposites.com/mould-release-wax>
- [3] Special Plasters: <https://specialplasters.co.uk/fibreglass-materials-resins/pva-release-agent.html>
- [4] CMS « composites Machines Systèmes »: <https://www.cms-france.fr/15-axel-plastics-demoulants>







Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

