

4.1 Materiaalit ja aineiden ominaisuudet

Materiaali = ainetta, joista tehdään esineitä, kalusteita, laitteita, koneita, rakennuksia, pinnoitteita, yms.

Perinteisiä materiaaleja ovat puu, betoni, teräs, muovi, lumi, jne.

Minkälaisesta materiaalista voi tehdä esim. pöydän?

Materiaalin ominaisuudet määräävät sen käyttökohteen. Näitä määrääviä ominaisuuksia ovat mm.

- sähkönjohtavuus
- lämmönjohtavuus
- kovuus/pehmeys
- sitkeys
- korroosionkestävyys
- lämmönkestävyys
- lämpötilavaihtelujen kestävyys
- väri
- HINTA
- saatavuus
- tiheys (paino)
- kp ja sp
- myrkyllisyys
- turvallisuus
- ympäristöystävällisyys
- kestävän kehityksen mukainen
- vetolujuus
- vedenkestävyys
- auringonkestävyys
- kierrätettävyys

- monet näistä ominaisuuksista löytyvät metalleilta, siksi niitä käytetään runsaasti
- metallien lujuus riippuu sen ulkoelektronien määrästä, esim Na on pehmeää, mutta Mg on lujempaa ja Al jo tosi lujaa
- yleensä siirtymämetallit ovat siis myös lujia
- metallien heikkous on niiden huono korroosionkestävyys
- jalometallit kestävät hyvin korroosiotakin, mutta ne ovat kalliita

- ionihilat ovat hyvin kovia, mutta eivät lainkaan sitkeitä, haurautensa vuoksi ne hajoavat helposti tarpeeksi suuresta iskusta

- molekyylihilat ovat usein hauraita ja pehmeitä, poikkeuksena esim hiilen tietyt allotrooppiset muodot, kuten timantti
- molekyylihila muodostuu tehokkaammaksi, kun se muodostuu erittäin pitkistä molekyyliketjuista = *polymeereistä*
- esim. muovit ja kuidut ovat polymeerejä

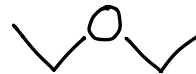
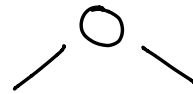
- amorfisissa aineissa ei ole selvää kiehumis- ja

sulamispistettä, koska kidehila ei ole säännöllinen, kuumennus vain pehmentää ainetta, esim. lasi

- yleensä yhdellä alkuaineella tai molekyyllillä tai edes materiaalilla ei ole itsellään kaikkia haluttuja ominaisuuksia, vaan niitä saadaan yhdistelemällä useita materiaaleja
- esim. pöytä ei ole pelkkää puuta, vaan siitä löytyy myös metalliruuveja, jotka pitävät sen kasassa
- esim. betonielementit pidetään kasassa rautatangoilla
- esim. rauta ei ole hyvä materiaali yksinään, mutta siitä tehty teräs on

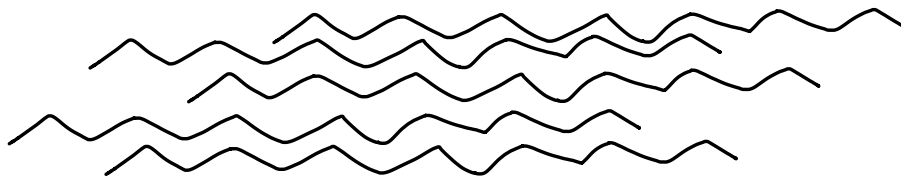
4.2 Polymeerit

- mitä suurempiketjuinen molekyyli, sitä heikommin aine haihtuu ja sitä suurempi sp ja kp
- esim. dimetyylieetteri: CH_3-O-CH_3
- $sp=-139^\circ C$ ja $kp=-24^\circ C$
- huoneenlämmössä kaasu
- haihtuu tosi helposti
-
- esim. dietyylieetteri: $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_3$
- $sp=-116^\circ C$ ja $kp=32^\circ C$
- huoneenlämmössä neste
- haihtuu helposti
- pitkät hiilivedyt ovat yleensä rasvoja/vahoja, jotka ovat kiinteitä ja haihtuvat heikosti
- pitkät hiiliketjut takertuvat toisiinsa (erityisesti jos ne ovat tyydyttyneitä = suorina)
- esim tyydyttynyt palmatiinihappo

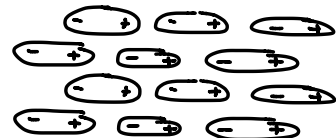


(napalmi sanan palm tulee palmatiinihaposta)

- pitkät hiiliketjut takertuvat toisiinsa dispersiovoimilla, joita on enemmän pitkissä molekyyleissä
- pitkät hiiliketjut menevät limittäin, jolloin niitä on vaikea erottaa toisistaan
- ei selvää sp ja kp, vaan amorfisia, lämmittäminen pehmentää



- vertaa pienten molekyylien muodostamiin molekyylihiloihin (kiinteänä)

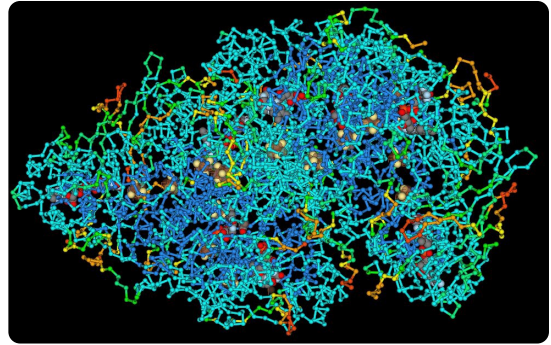


- on mahdollista muodostaa vieläkin suurempia molekyylejä, ns makromolekyylejä
- tällaiset molekyylit ovat osittain järjestäytyneet, kuten pitkät hiiliketjut, mutta myös osittain epäjärjestyksessä
- amorfinen epäjärjestyksellisessä kohdassa

- kiteinen järjestyneessä kohdassa

- pitkiä molekyyliä, joissa jokin osa toistuu satoja tai tuhansia kertoja kutsutaan

polymeereiksi



Pitkä peptidiketju

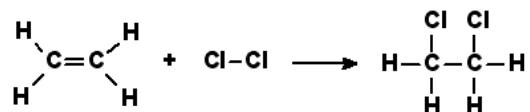
- pienin osa joka toistuu polymeerissä on nimeltään *monomeeri*
- polymeerit ovat monomeerejä huomattavasti huonommin liukenevia, paremmin lämmönkestäviä ja sitkeämpiä
- biopolymeerit ovat biomassaa, kuten proteiineja, selluloosaa, DNA:ta jne.
- synteettisiä polymeerejä ovat esim muovipussien polyeteeni ja köysien nailon
- polymeerien rakenne muuttaa sen ominaisuuksia
- pidemmät polymeerit ovat lujempia
- myös liukoisuus, kovuus, ja taipuisuus muuttuvat

- mitä enemmän polymeerissä on kiteisiä, järjestyneitä alueita, sitä korkeampi sen "pehmenemislämpötila", ja sitä kovempi, tiheämpi ja jäykempi se on
- suurien makromolekyylien liuosta kutsutaan *kolloidiksi*
- esim. proteiinit, DNA, RNA ja tärkkelys muodostavat kolloidisia liuoksia
- voidaan erottaa esim. sentrifugoinnilla
- kolloideja ovat aerosoli, vaahto, emulsio, liete ja geeli

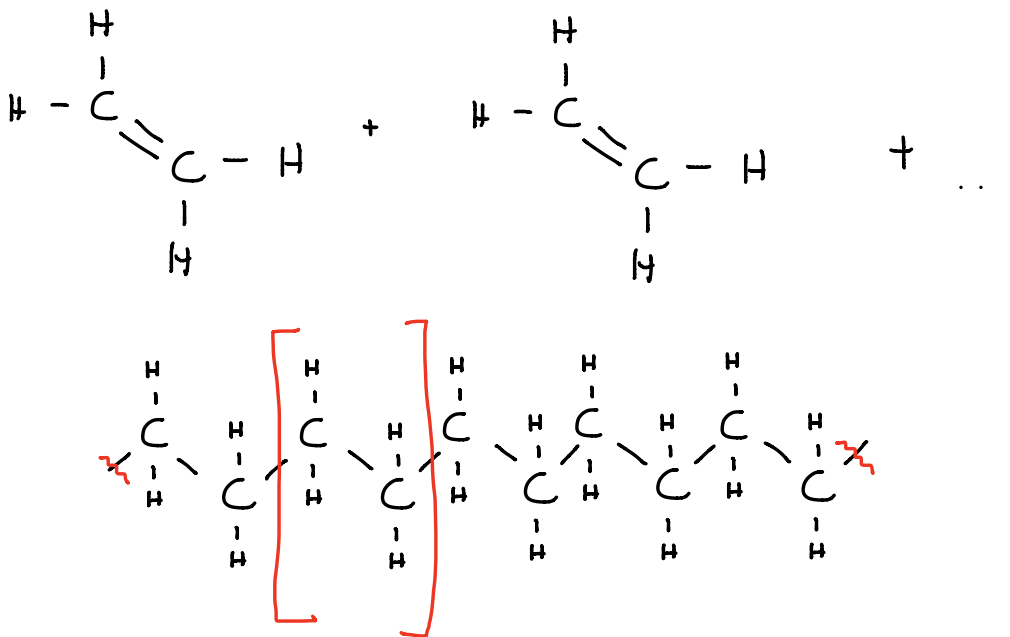
Polymeroitumisreaktiot

- polymeroituminen = monomeerien liittyminen yhteen kovalenttisilla sidoksilla
- polyadditiossa tapahtuu additioreaktio

(muistellaan: esimerkki additioreaktiosta:)

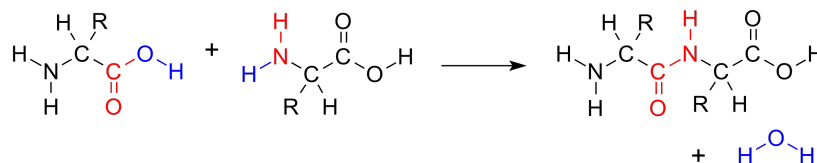


- additioreaktiossa kaksois- tai kolmoissidos purkautuu ja uusi molekyyli liittyy siihen
- polyadditiossa monomeerin kaksoissidos purkautuu ja siihen liittyvä osa on toinen monomeeri, johon edelleen liittyy toinen monomeeri
- esim. eteenin polyadditio => polyeteeni

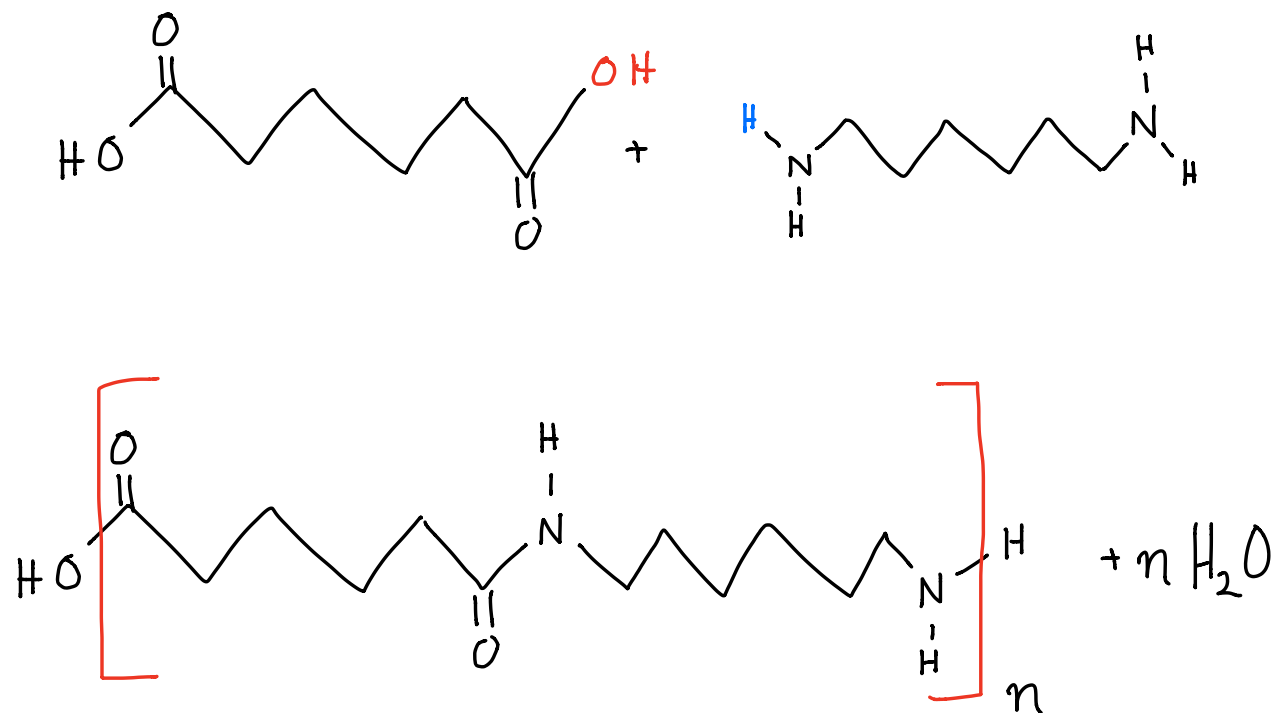


- polykondensaatiossa tapahtuu kondensaatioreaktio

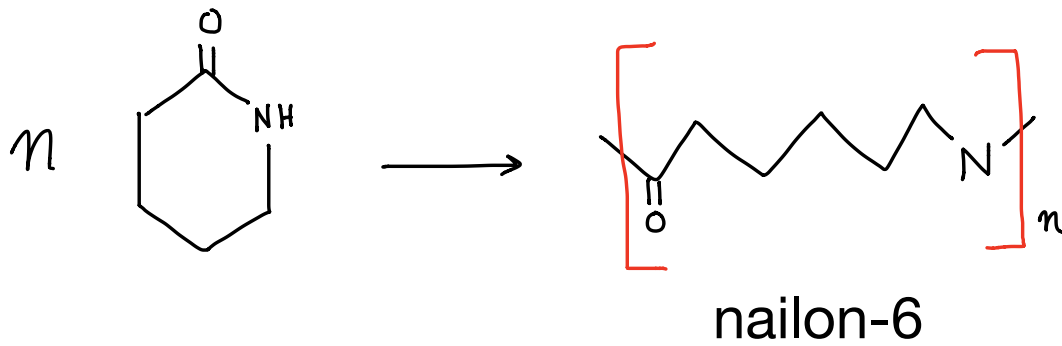
(muistellaan: kondansaatioreaktiossa lohkeaa kahden molekyylin liittyessä vesimolekyyli pois:)



- kondensaatiassa syntyy joko esteri- tai amidisidos (happi tai typpisilta)
- vastaavasti tulee polyestereitä ja polyamideja
- voidaan tehdä joko useasta aineesta tai vain yhdestä monomeeristä, kuten yllä oleva esimerkki
- 1,6-heksaanihappo + 1,6-diaminoheksaani tuottaa nailon-6,6 polymeeriä:

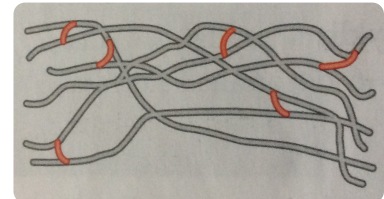


- kondensaatioreaktio voi tulla myös syklisistä monomeereistä, esim:



Mitä ovat muovit?

- muovi = polymeeri + täyte- ja lisäaineet
- puhdas polymeeri on harvoin täydellinen
- täyteaineita ovat esim. kivipöly, kipsi, noki
- tekee niistä muokattavampia ja kestävämpiä, sekä halvempia
- happi ja valo katkoo ja uudelleen liittää polymeerin sidoksia = *verkottuu*
- verkottunut aine on kovaa ja haurasta
- *stabilisaattori* estää verkottumista
- *pehmennin* vähentää ketjujen sitoutumista toisiinsa (eli kovettumista)



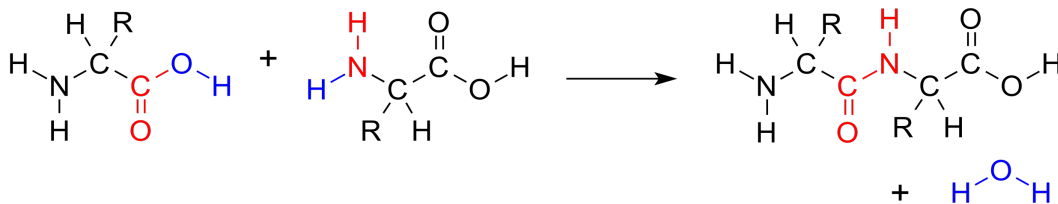
Verkottuneita polymeerejä

- kertamuovi = verkkoontuu, ei pehmene enää kuumennuksessa, vaan hajoaa
 - kertamuovia ei voi käyttää uudelleen
 - esim. lujitemuovit, liimat, pinnoitteet
 - käytetään rakennusmateriaaleina
-
- kestopuovi = voidaan työstää uudelleen
 - ei verkkoonu, vain heikkoja sidoksia polymeeriketjujen välillä
 - kestopuovit kestävät siksi vetoa ja puristusta

4.3 Luonnon polymeerit

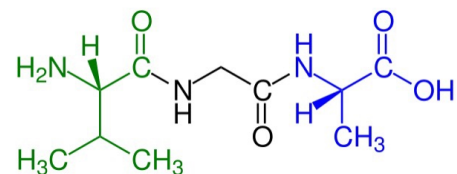
1. Proteiinit
2. Hiilihydraatit
3. Nukleiinihapot (DNA)
4. muut (esim puun ligniini)

- *Proteiinit* ovat erittäin monipuolisia
- voivat toimia *entsyymeinä* (katalyytti!)
- ylläpitävät elävien solujen toimintaa
- koostuvat aminohapoista, jotka liittyneet toisiinsa amidiryhmällä
- *peptidit* = pienet, alle kymmenen aminohapon muodostamat polymeerit
- muodostuu polykondensaatiolla
- ketjun järjestys ilmoitetaan alkaen vapaasta aminoryhmästä (= *primäärirakenne*)



Kaksi aminohappoa muodostaa dipeptidin kondensaatiolla

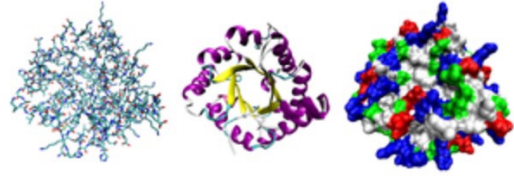
- Aminohapot lyhenteineen löytyvät taulukkokirjasta



A tripeptide (example Val-Gly-Ala) with green marked amino end (**L-Valine**) and blue marked carboxyl end (**L-Alanine**)

- proteiinin ominaisuuksiin vaikuttaa myös kolmiulotteinen rakenne

- *sekundäärirakenne* kertoo proteiinin kiertymisen (*alfa-kierre*) ja laskostumisen (*beta-laskos*) itsensä kanssa
- muodostaa mahdollista monta vetysidosta
- *tertiäärirakenne* muodostaa lopullisen proteiinin muodon:
- proteiini ketju laskostuu/taittuu/kiertyy mahdollisuuksien mukaan siten, että



Three possible representations of the three-dimensional structure of the protein *triose phosphate isomerase*. **Left:** All-atom representation colored by atom type. **Middle:** Simplified representation illustrating the backbone conformation, colored by secondary structure. **Right:** Solvent-accessible surface representation colored by residue type (acidic residues red, basic residues blue, polar residues green, nonpolar residues white).

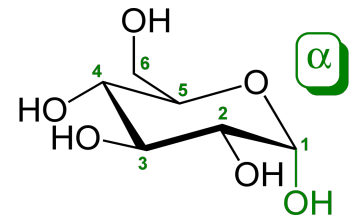
1. *poolittomat* sivuketjut menevät proteiinin sisäosiin ja *pooliset* sivuketjut ulkopinnalle
2. muodostuu mahdollisimman monta vetysidosta ja ioniparia

- *denaturaatio* = proteiinin kolmiulotteinen rakenne rikkoontuu
- aiheuttajana lämpötila, pH, säteilytys, vispaus, suolapitoisuus, tms.
- proteiini saostuu denaturaatiossa, sillä heikot sidokset katkeavat ja sotkee proteiinit

- esim. kananmuna muuttuu lämmityksessä tai vispauksessa sakeammaksi
- tuhoaa mikroorganismit, siksi ruoka lämmitetään ja kirurgiset välineet steriloidaan

Hiilihydraatit

- monosakkaridi, esim glukoosi
- disakkaridi = 2·monosakkaridi
- polysakkaridi = n·monosakkaridi
- esim. tärkkelys = n·glukoosi



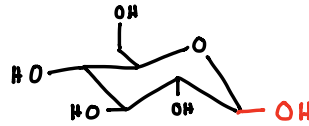
Glukoosi



- haaroittumaton tärkkelys (amyloosi) on hyvä energianlähde (perunat, vehnä, riisi, maissi)
- haaroittunut tärkkelys (amylopektiini) varastoi enemmän energiaa (siemenet ja mukulat)

Selluloosa

- glukoosin **beta-isomeerin** muodostama suora polymeeri = selluloosa



- selluloosa ei liukene veteen, ihminen ei pysty käyttämään ravinnokseen, mutta lehmä voi
- kasvisolujen tukiaine, puusta n. 50%

4.4 Luonnon materiaaliratkaisuja

- **komposiitti** = usean materiaalin yhdistelmä

Esimerkkejä luonnon vahvoista materiaaleista:

- luu = mineraalia + sidekudosproteiinia
- kitiini (chitin) = tärkkelystä muistuttava, mutta vahvempi polymeeri, jota lujitettu proteiineilla
- puu = selluloosaa + ligniiniä + vähän muuta
- ligniini estää bakteereja hajottamasta selluloosaa, ja tekee puusta lujan

4.5 Liimat ja kovettuvat hartsit

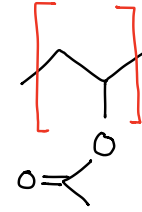
- jaetaan kahteen luokkaan:
 1. fysikaalisiin muutoksiin (kuivumiseen) perustuvat liimat
 2. kemiallisen reaktion avulla kovettuvat liimat

- liima toimii tehokkaammin, mitä poolisempi pinta ja mitä pidempi liima-aineen polymeeri
- poolittomat muovit hankalimpia kohteita, joskun pinta on hapetettava pooliseksi
- huokoinen ja poolinen puu, paperi helppoja

- lisäksi tarvitaan painetta levittämään liima syvälle aineeseen
- kemialliseen polymeroitumisreaktioon perustuva liima tunkeutuu syvälle, toimii muoveille, lasille ja keramiikalle

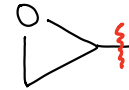
Puuliimat

- sisältävät polyvinyliasetaattia



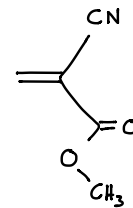
Epoksiliimat

- kovettuminen perustuu epoksidirenkaan aukeamiseen



Pikaliimat

- sisältävät syanoakrylaattia, joka polymeroituu erittäin helposti



Kuumaliimat

- amorfinen polymeeri juoksevaa kuumana, jäähtyttyään pitää lujasti kiinni

Tärkkelyspohjaiset liimat

- tärkkelys sitoo paperin kuituja kiinni toisiinsa

Kovettuvat hartsit

- perustuu polymeerien verkottumiseen
- kovaa, mutta haurasta
- lasikuiduilla lujitettua hartsia kutsutaan lujitemuoviksi, kevyttä, kovaa ja lujaa

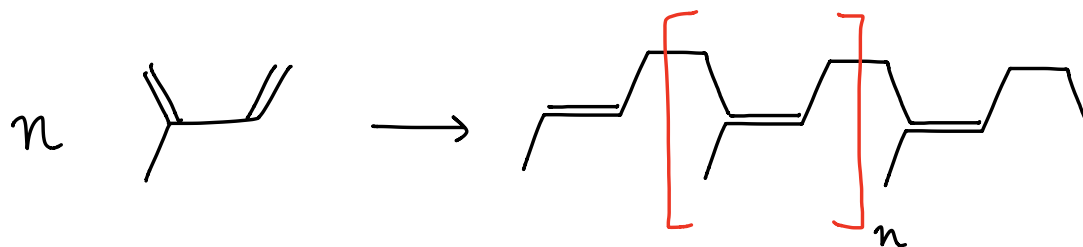
- koska lujitemuovi muodostuu useasta materiaalista, on se komposiitti
- käytetään veneissä ja muissa keveissä autojen ja lentokoneiden rakenteissa

4.6 Venyvät materiaalit

- Elastomeeri = polymeerit, joka palautuvat alkuperäiseen muotoonsa venytyksen jälkeen

Luonnonkumi

- saadaan kumipuun maitiasnesteestä
- isopreenin additiopolymeeri

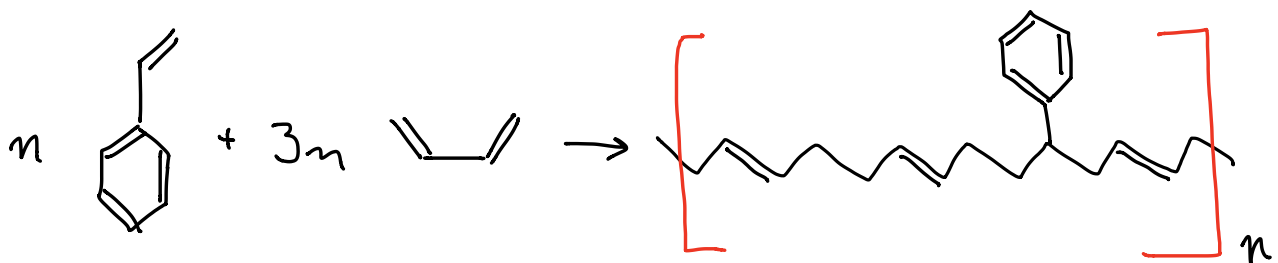


- tyydyttymättömät *cis*-isomeerit muodostavat kiharan rakenteen
- venytys suoristaa kihararakenteen, joka vain osittain palautuu

- luonnonkumi ei hyvä elastiomeeri sellaisenaan, vaan tarvitaan *vulkanointia*, joka tekee siitä kestävä ja muotonsa säilyttävän
- vulkanoinnissa lisätään aineeseen rikkiä, joka tekee kiharoita yhdistäviä rikkisilloja
- runsas rikin käyttö tekee kovakumia eli eboniittia

Tekokumit

- samantapaisia kuin luonnonkumi
- käytetään mm. auton renkaissa
- esim. SBR (styrene butadiene rubber)



Silikonikumit

- silikoni on polymeeri, jossa pii ja happi atomit vuorottelevat ja jonka pii-atomeihin on liittynyt hiiliryhmä tai funktionaalisia ryhmiä

- pii-happi sidos luja => lämmönkestävä
- silikoni on kemiallisesti pysyvä ja vettä hylkivä
- silikonirinnat, silikonivuoka, silikonitiiviste,...

4.7 Tekstiilit ja kuidut

- kuitu = sitkeä ja säiemäinen polymeeri, jotka eivät pitkittäin vedettäessä katkea helposti, mutta ovat taipuisia (vrt. naru)
- esim. puuvilla, pellava, hamppu (selluloosaa)
- esim. silkki ja villa (proteiinia)
- esim. lasivilla ja hiilikuitu (epäorgaanisia)
- (kuitu on polymeeri, joka ei ihmisen ruoansulatuksessa hydrolysoitu monomeereiksi)

- polyesteristä PET voidaan tehdä säiemäistä kuitua, joka on pestävää ja rypistymätöntä, kauppanimiä esim teryleeni

- polyamidikuidut (nailon) ovat polyesterikuituja parempia, mutta keräävät staattista sähköä

- aromaattiset polyamidit aramidit ovat hyvin kestäviä ja lähes palamattomia, esim *kevlar*, joka on viisi kertaa terästä lujempaa
- spandex on vahva ja elastinen kuitu, jonka kauppanimiä ovat lycra ja elastiini

4.8 Pakkausmateriaalit

- pakkauksen on suojattava sisältöä, erityisesti elintarvikkeita valolta, hapelta, hajuilta, aromeilta, hapettumiselta, rikkoutumiselta, lämpötilan vaihteluilta
- tavallisia pakkausmateriaaleja ovat
 - puupohjaiset (kartonipaketti)
 - lasi (purkit)
 - metallit (alumiinivuoka, teräspurkki)
 - maaöljypohjaiset muovit
 - polyeteeni HDPE, LDPE
 - polypropeeni PP
 - polyeteeniterftalaatti PET
 - polystyreeni PS

- laminaatti on ohuina kerroksina liitettyjä materiaaleja, esim laminoitu paperi
- kukin kerros tuo eri tarvittavia ominaisuuksia
- low density polyeteeni LDPE pehmeämpää, haaroittuneempaa, päästää kaasut läpi
- high density polyeteeni HDPE kovempaa ja rapisevaa, ei päästä kaasua (hyvin)
- PET-muovia käytetään hiilihapposiin pulloihin, sillä ne ei päästä hiilidioksidia pois
- muovit ovat ympäristöhaitta koska ne eivät maadu, ja vaikka ne olisivat kestumuoveja joita voidaan kierrättää, voi lika estää sen

4.9 Rakennusmateriaalit

- sementti = kalkkikiveä(CaCO_3), kvartsia(SiO_2) + teollisuuden jätteitä/mineraaleja, joissa alumiini- ja rautaoksideja Al_2O_3 , Fe_2O_3
- betoni = kivimurskaa, hiekkaa, sementtiä ja vettä

- betonin sementti sitoo kivimurskan ja hiekan yhteen vedellä, märkänä muokattavaa, mutta kuivuessaan jähmettyy kovaksi
- betoni on haurasta, joten vahvistettava raudoituksella, rauta on betonin sisässä emäksisessä suojaussa korroosiolta



- kalkkihiekkatiili = harmaa, ei kestä lämpötilan vaihteluja ($\text{CaO} + \text{kvartsi} + \text{vesi}$ muottiin)
- poltetut tiilet = punainen, kestävä ja varastoi lämpöä (savea n. 1000°C)
- muurauslaasti = sammutettu kalkki $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{hiekkä} + \text{vesi}$, kuivuu hiilidioksidilla

4.10 Maalit ja pinnoitteet

- maali/lakka = nestemäinen seos, joka muodostaa ohuen ja yhtenäisen kalvon
- pinnoite = muodostaa paksumman kalvon
- kalvo suojaa korroosiolta

