



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Hvilke plastrør findes, hvad kan de og hvad bruges de til?

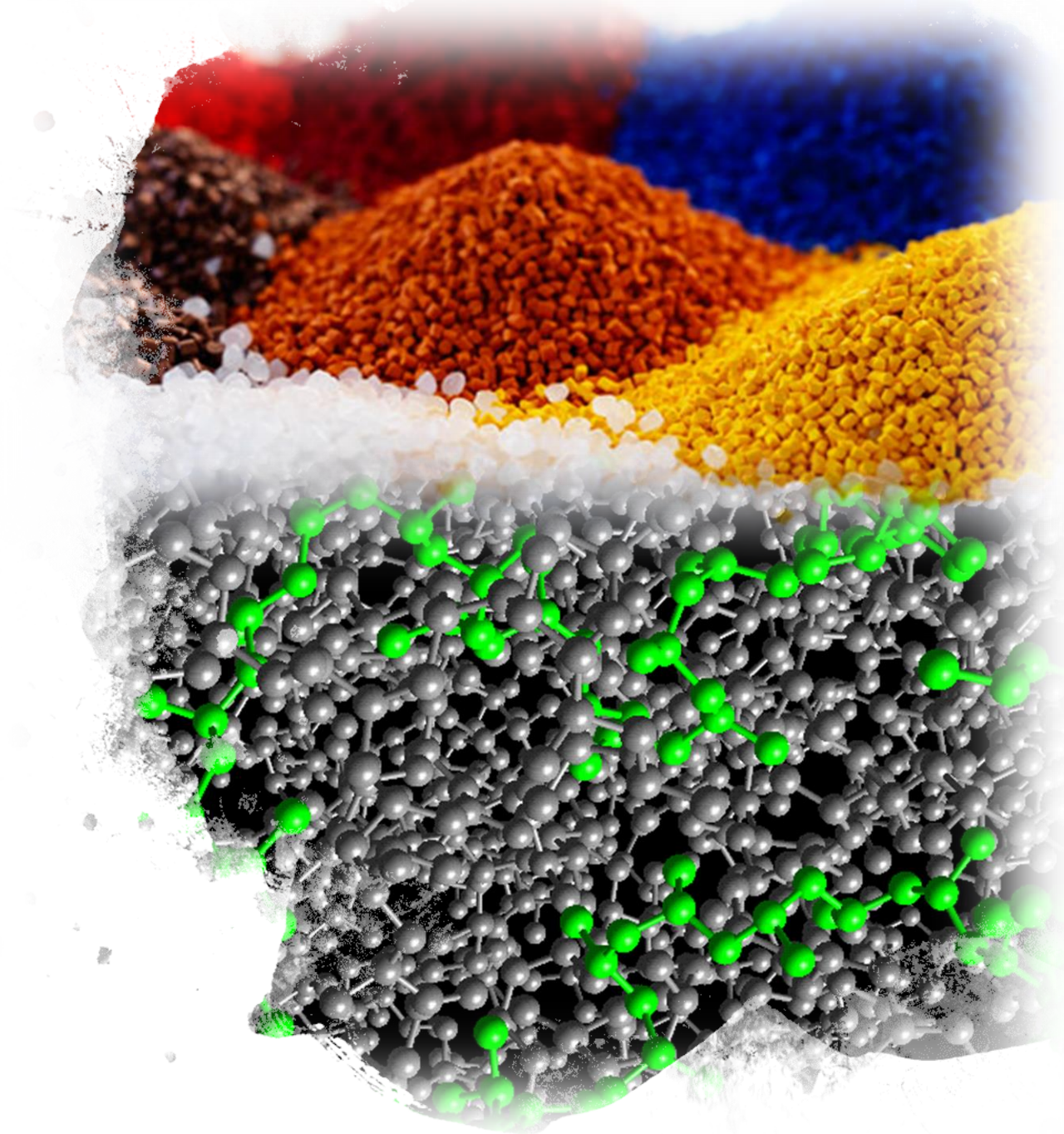
Et materiale perspektiv

Peter Sommer-Larsen
Plast og Emballage
psl@teknologisk.dk, 7220 1509



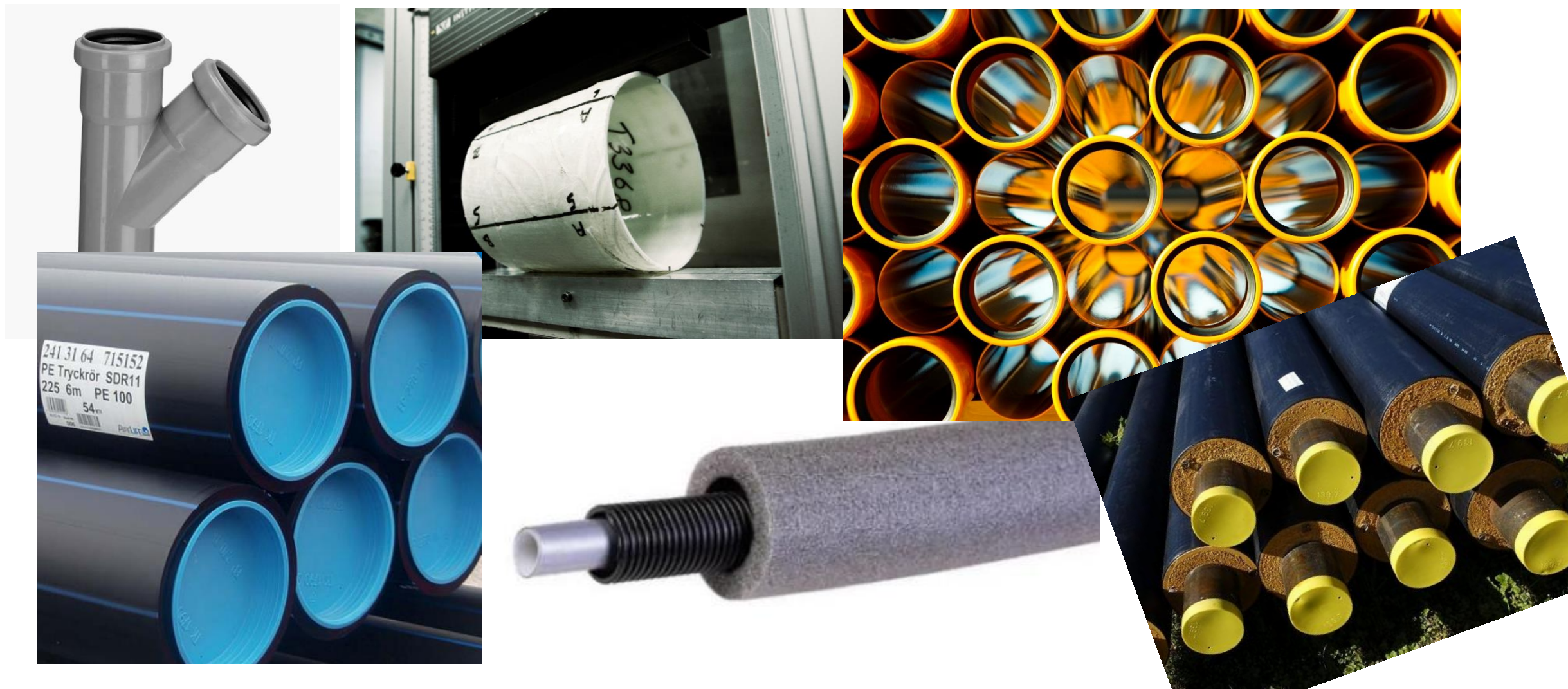
Ambition

- At give en materialeforståelse, der kan bruges til at vurdere, om en plast passer til en anvendelse
- Polymerer og plast
 - En polymer er et langkædet molekyle
 - Plast er et forarbejdet polymermateriale



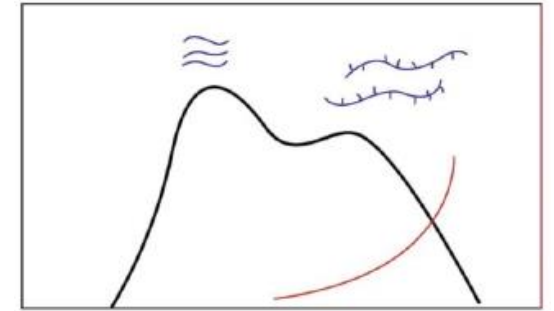
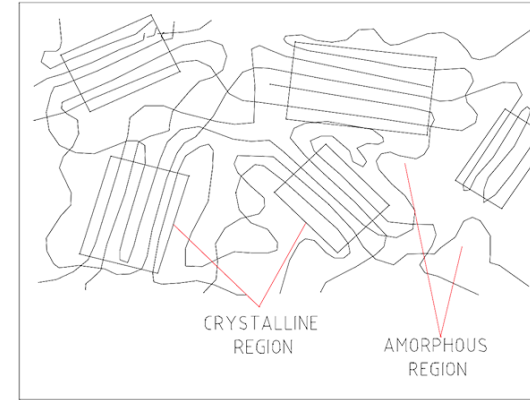


Installationsrør, trykrør, strømpeforing, afløbsrør, Præisolerede fjernvarmerør, medierør

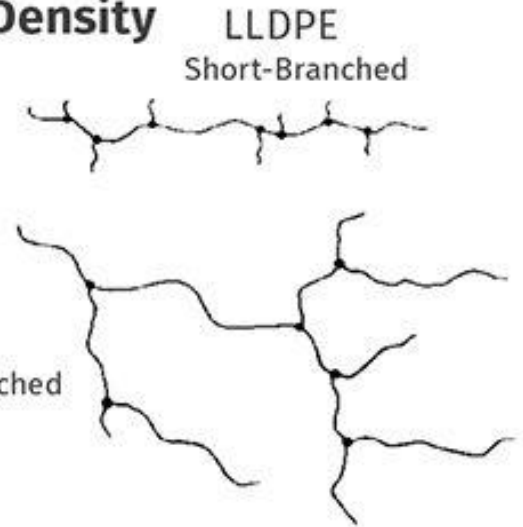


Hvad er polyethylen egentlig?

- Polyethylen syntese og struktur
- LDPE
- LLDPE
- HDPE
 - PE 100
 - PE 80
- HDPE-RC (Resistance to crack)
- UHMWPE



Effect of Branching on Density

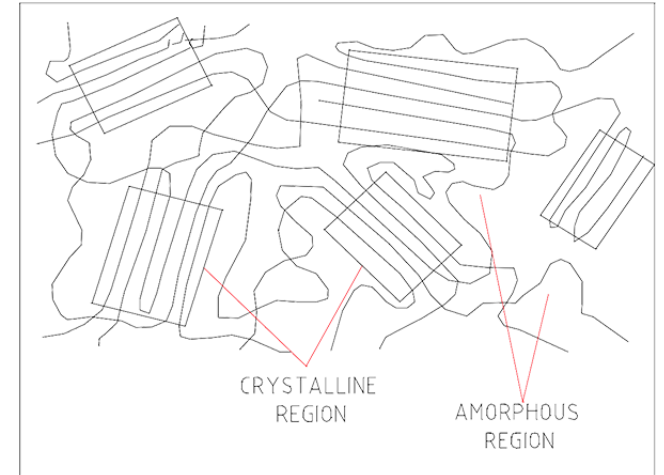


Hvad er polyethylen egentlig?

- LDPE
- HDPE
- UHMWPE

Egenskaber for polyethylen

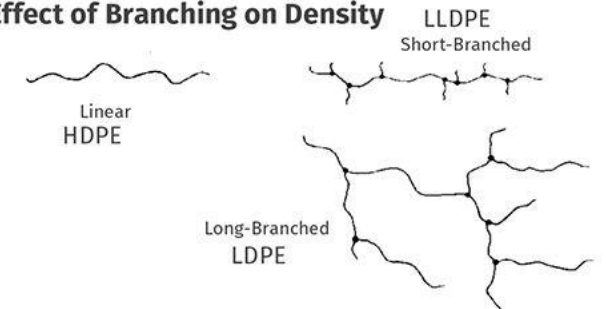
Type	Massefylde [g/cm ³]	Blødgøringstemperatur [°C]	Flydespænding [MPa]	Slidstyrke
LDPE	0.91 – 0.92	40 – 50	>10	Blød
MDPE	0.93 – 0.94	60 – 70	10-15	
HDPE	0.94 – 0.96	70 – 90	>20	
UHMWPE	> HDPE	> HDPE	> HDPE	Særdeles god

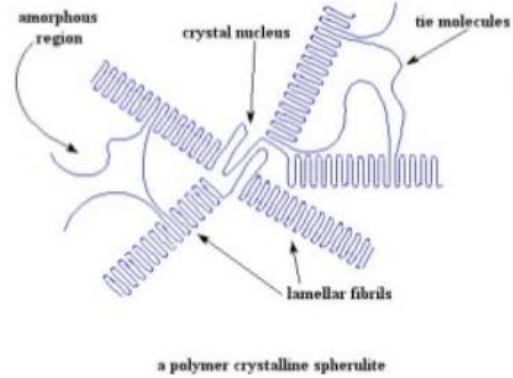
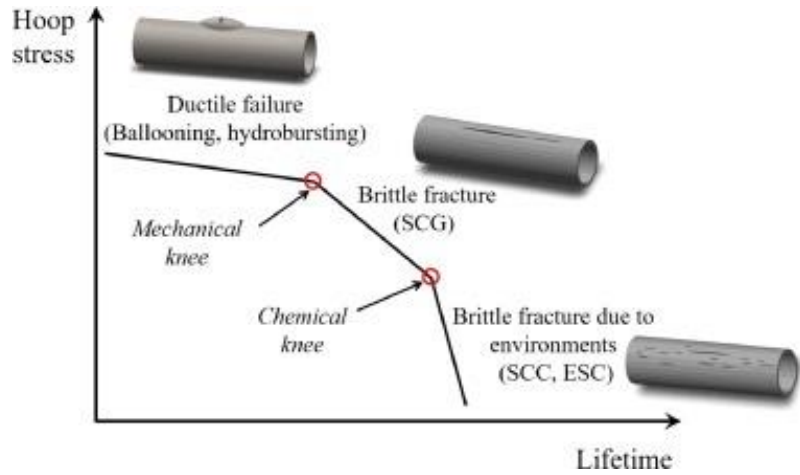


Produktion af polyethylen mio. tons 2015

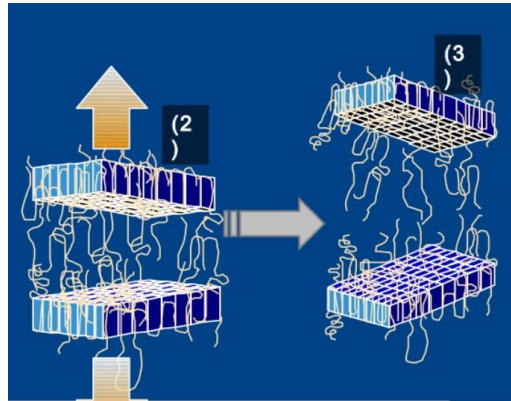
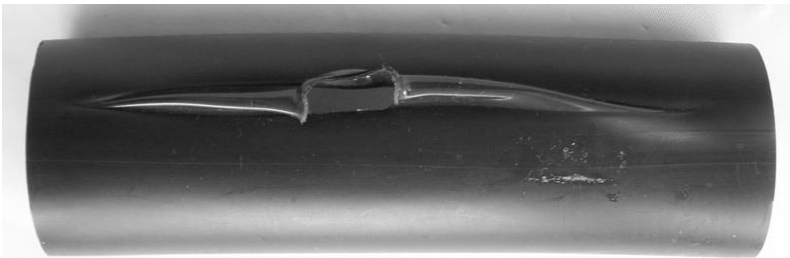
	LDPE	LLDPE*	HDPE*
World	18.7	24.1	37.5
US	3.2	6.3	7.9
Europe	8.2		5.8

Effect of Branching on Density





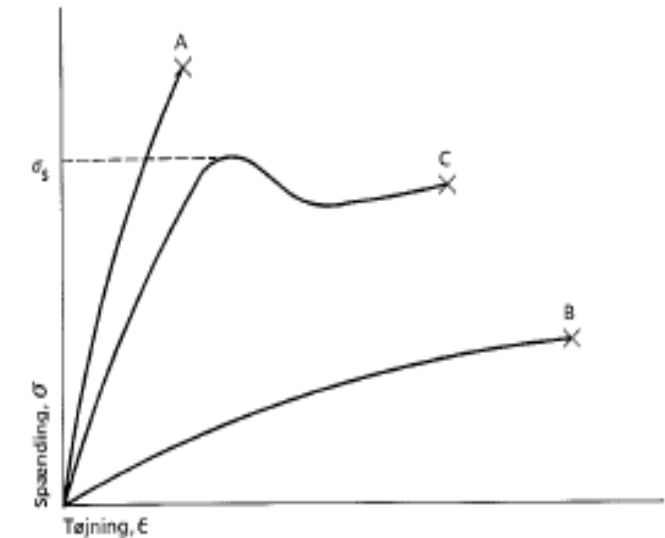
Hvad er polyethylen egentlig?





Polyethylen egenskaber

- Fornuftig styrke: Flydespænding, brudstyrke og brudforlængelse
- Sej: Stor modstand mod brud over lang tid også efter ydre deformationer
- Særdeles nem at svejse – svejsninger typisk lige så stærk som plasten selv: Svejsfaktor $> 0,9$
- Processering
- Kryb: Modul reduceret til $1/3$ efter 10.000 h.
- Kemisk resistent – undtagen mod oxidation, aromatiske, og kradse organiske opløsningsmidler
- Termisk resistent op til $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Dårlig gasbarriere



Kryb / Koldflydning



- Krybemodul $E_c(t) = \frac{\sigma_0}{\varepsilon(t)}$

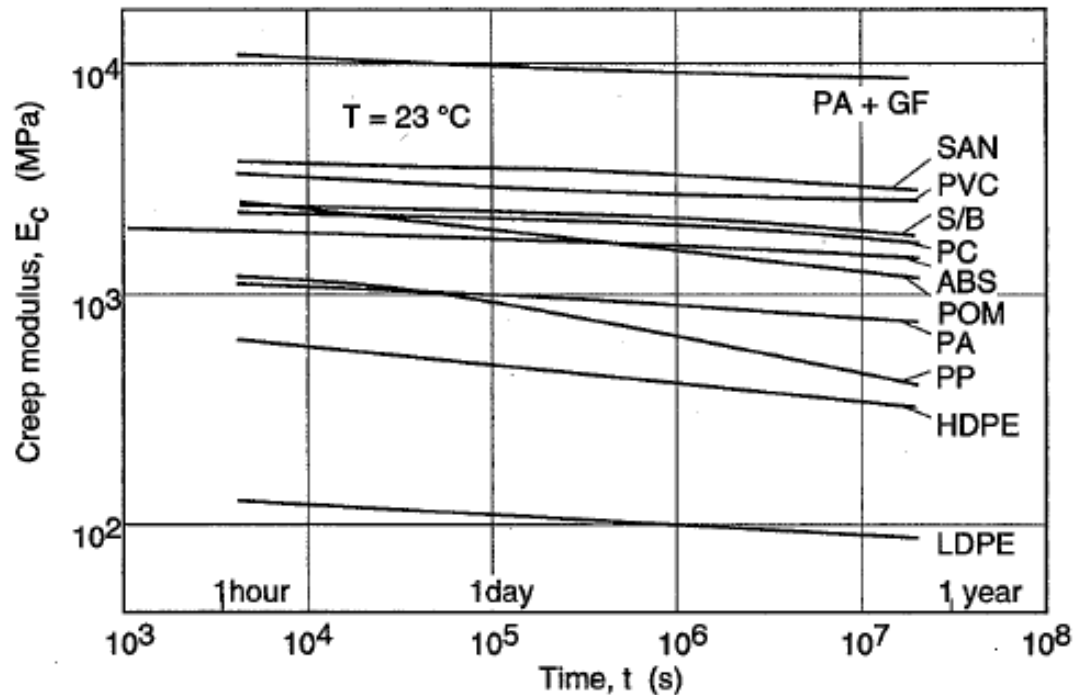


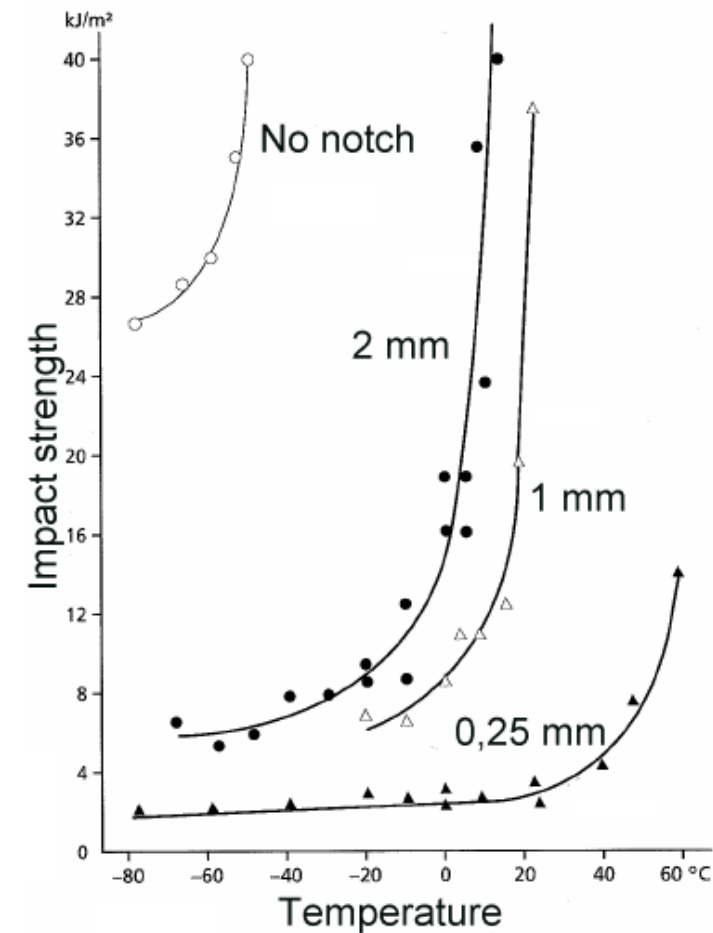
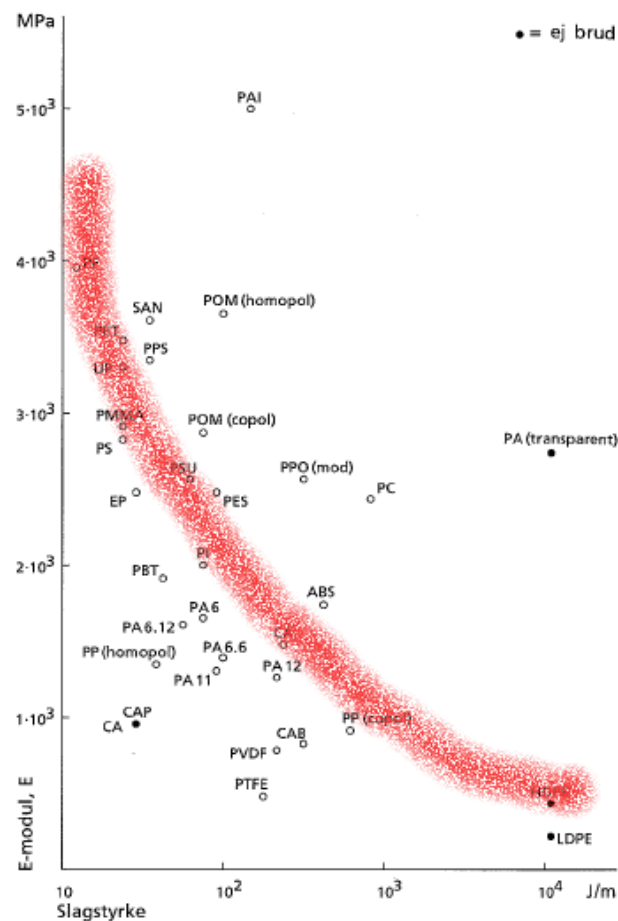
Figure 8.23 Time dependence of creep moduli for several polymer.

Slagstyrke



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Evnen til at fordele påført mekanisk energi uden brud
- Med eller uden kærnv
- Charpy (ISO 179)
- Izod (ISO 180)





Typiske anvendelsestemperaturer

Rørmateriale	Anvendelsestemperatur				
	Trykrør (°C)	Trykløst (°C)	Max kortvarig (°C)	Formbestandighed HDT(°C)	Formbestandighed Vicat (°C)
ABS - Acrylonitrilebutadiene Styrene	38	82		106	102
HDPE - Polyethylene	38	82	95	49	127
PVC - Polyvinylchloride	38	60	95	80	92
CPVC - Chlorinated Polyvinyl Chloride	82	82		110	
PB - Polybutylene	82	93			
PP - Polypropylene	38	82	100	64	152
SR - Styrene Rubber Plastic	66				

HDT: Heat deflection temperature at 1.8 Mpa

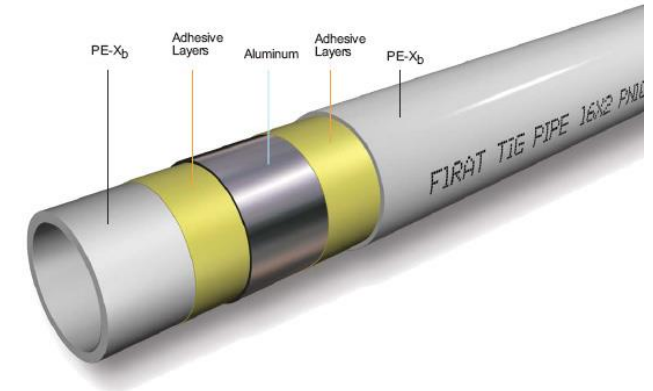
Vicat: at 1 kg load

Krydsbunden polyethylen (PEX)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- ALU-PEX varmtvandsrør
- 60-75 % krydsbinding giver formstabilitet ved opvarmning og forhindrer kryb.
- PE's akilleshæl: dårlig gasbarriere også for vanddamp.
- Alufolie tilføjer barriereegenskaber og stivhed.

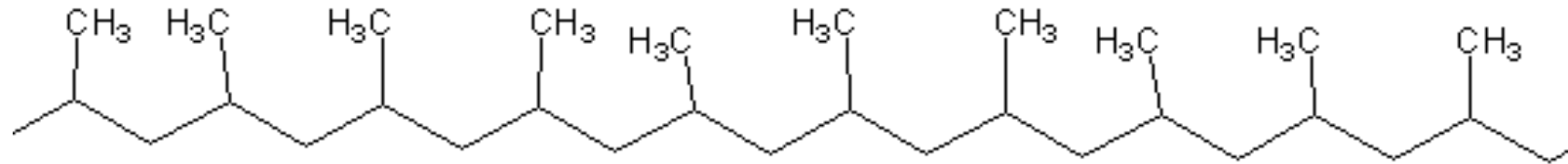


Polypropylen (PP)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Delkrystalinsk polymer



Characteristics:

glass fibre reinforced
with minerals
foam
PE copolymerized
flame retarded
heat resistant

Advantages:

low-price
low density
high stiffness
low water absorption
good fatigue strength
more heat resistant than
PE-HD
easy to process
good electrical properties

Disadvantages:

low UV stability
creep
susceptible to metal
ions
moulding shrinkage
high thermal
coefficient of
expansion
low oxygen diffusion
barrier



Typiske anvendelsestemperaturer

Material	Minimum operating temp. for short periods	Minimum operating temperature continuous	Maximum operating temp. for short periods	Maximum operating temperature continuous
PTFE (Virgin)	-280	-250	290	260
High Perform. Mats	-60 to -20	-30 to -10	160 to 310	150 to 250
Polypropylene	-15	-10	145	130
Polycarbonate	-60	-30	135	121
PET	-30	-20	160	110
Acetal (C) / POM	-50	-40	140	110
Nylon 66SA	-40	-30	180	95
UHMWPE	-280	-260	110	90
Polyurethane	-60	-45	100	85
HMWPE	-120	-100	100	80
HDPE	-65	-50	100	80
Acrylic	-200	-150	70	60
PVC	-15	0	80	50

Kemikalieresistens

Indbyggede spændinger: Spændings revne dannelse (ESC) fx kappemateriale



TEKNOLOGISK
INSTITUT

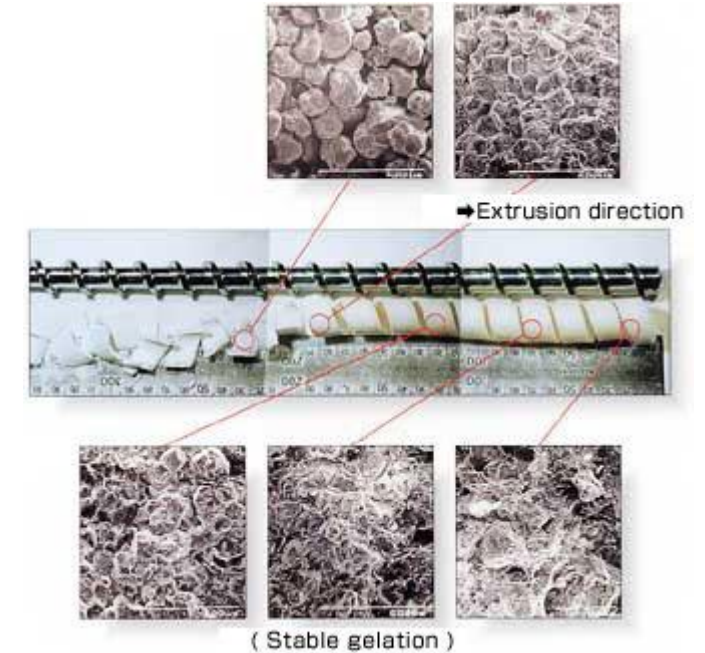
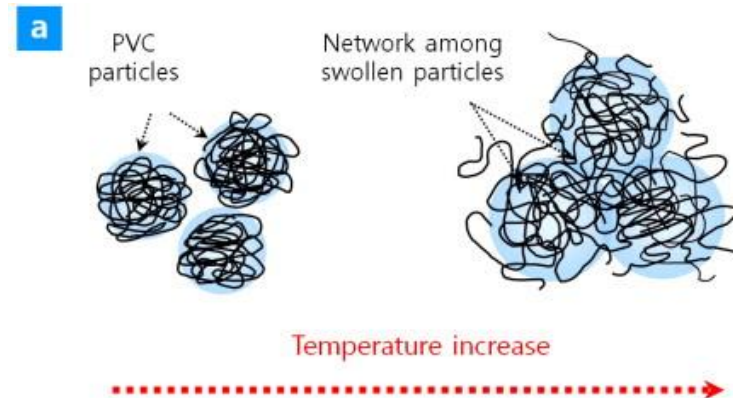
Plast	Noter	Brug	Undgå
PE		Alkoholer Baser Olie, benzin og gas	Klorerede opløsningsmidler Aromater Oxiderende væsker
PP		Organiske opløsningsmidler Olie og olieprodukter Syrer og baser	Klorerede opløsningsmidler Aromater Oxiderende væsker Visse metalforbindelser
PVC		Koldt vand Saltopløsninger Syrer og baser	Ketoner og lignende Visse aminer
CPVC	Generel mere modstandsdygtigt end PVC	Kold og varmt vand Korrosive opløsninger	UV-stråling
PVDF	Meget resistent	Halogenerede opløsningsmidler Syrer, baser, organiske opløsningsmidler	Rygende svovlsyre
PEEK	20-40 gange så dyrt som PE	Næsten alt også varmt	Koncentrerede syrer

Polyvinylchlorid (PVC)

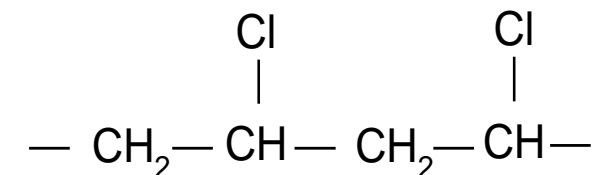


TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Rør tilbage til 1930
- Oprindeligt vandrør
- Afløbsrør, trykrør



Materiale	PE 80	PE 100	PP	PVC-U	PVC-O
Egenskab					
Massefylde [kg/m ³]	950	960	900	1.4	
Elastisk modul [MPa]	700	950	1300	3000	4000
Yield styrke [MPa]	20	23	30	50	75-100
Slagstyrke, notch [kJ/m ²]	35	26	50	10-20	
Termisk udvidelseskoefficient [10 ⁻⁵ K]	24	24	15	7	

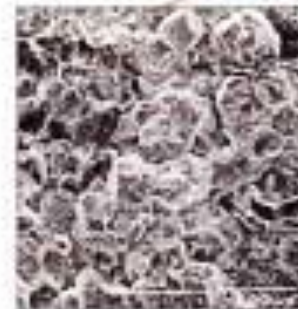
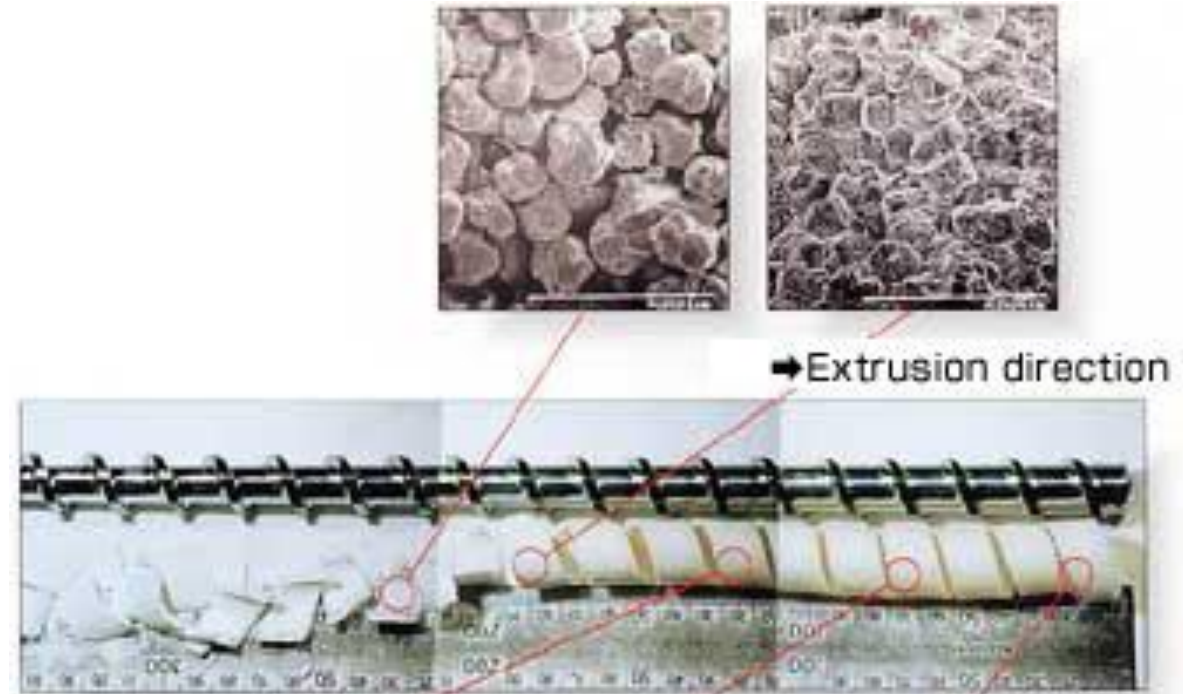
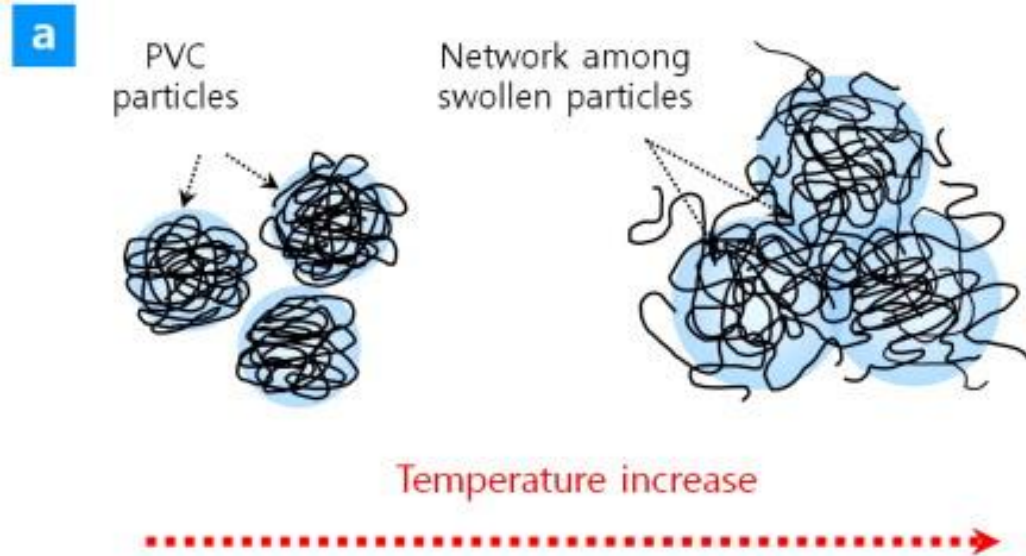


Polyvinylchlorid (PVC)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Gelinging af stiv PVC



(Stable gelation)

Polyvinylchlorid (PVC)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Metylenchlorid test: Risiko for sprøde brud ved SCG, fx nedsat modstand mod trykstød. Eks. Ø200 mm vandrør fra 1985



- NoDig Omega liner – brudstyrke i længderetning (trækkes igennem eksisterende rørføring)

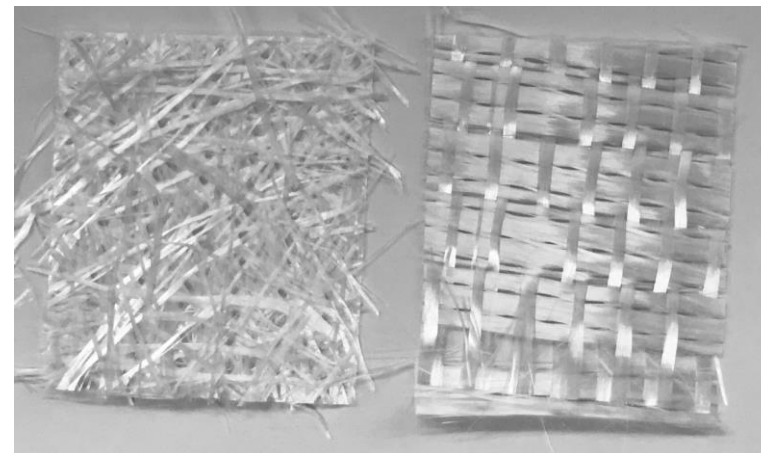


Kompositrør



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Kemikalietransport
- Gasledning
- Strømpeforinger (in place cured pipe liner)
- Glassfiber /umættede polyester / epoxy resin
 - Reststyren: Højest 2 % rest monomer i resinen
 - Ringfleksibilitet: 10 % deformation (F10-F8)/F3-F1) $\geq 0,45$
 - Langtidskrybeegenskaber: Load til 1,5 - 2 % initial deformation af Dm. Deformation følges op til 1000 timer. Krybefaktor måles.
 - Oplægning af fibre
 - Glasprocent - måles



Additiver



Additiver kan opdeles i funktionsadditiver og procesadditiver

Additiver for Termoplast

Proces additiver

Forarbejdningsstabilisatorer

- PVC – Stabilisatorer
- Antioxidanter
- Samt mange andre

Forarbejdningsmidler

- Glidemiddel
- Formslipmidler
- Samt mange andre

Funktions additiver

Stabiliserende Additiver

- Antioxidanter
- UV-Stabilisator
- Metaldeaktivatorer
- Flammehæmmere
- Samt mange andre

Modificerende Additiver

- Farvepigmenter
- Fyldstoffer
- Samt mange andre

HDPE rør



- Antioxidanter tilsættes i en "pakke" bestående af såvel proceshjælpemidler som langtidsstabilisator (LTTS)
- OIT (Oxygen Induction Time) måler mængden af langtidsstabilisator (typisk hundred phenoler, thiosynergist)
- Nedbrydningsprodukter af processtabilisator kan være et problem i drikkevandsledninger (fx Stearater, Irganox 1010 (AO1), Phospitter (PS1))
- Når LSST forsvinder accelereres SCG (Vi måler fx OIT over rørets profil)



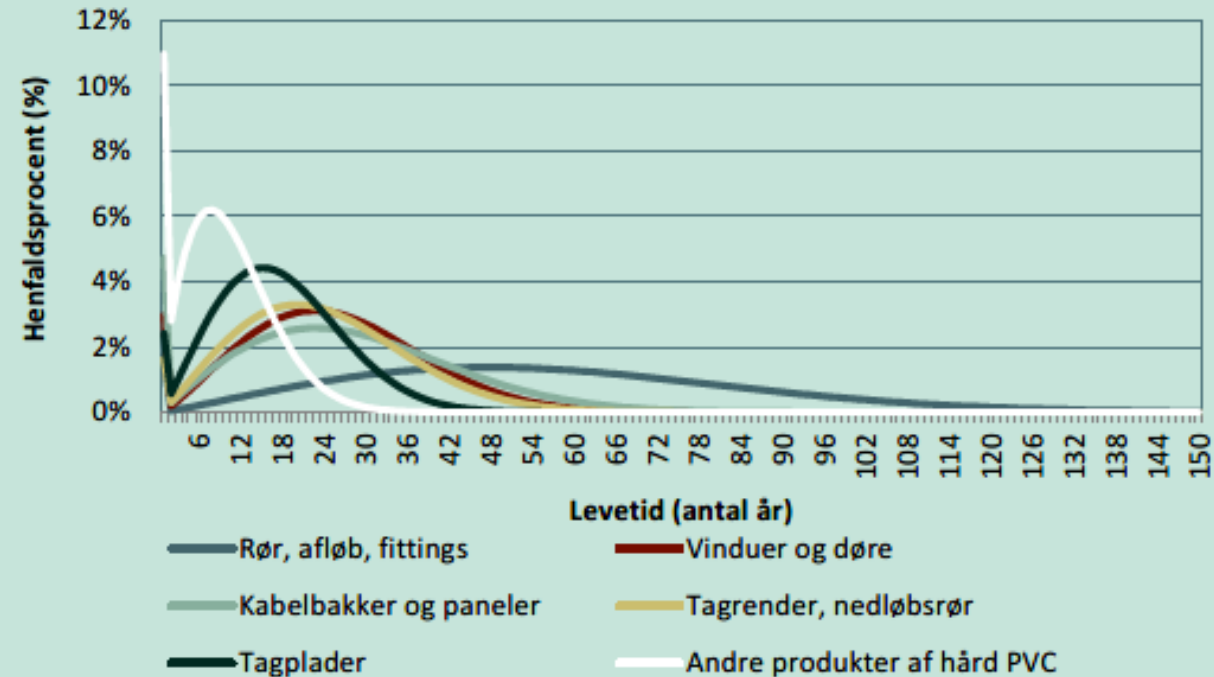
Genanvendelse - HDPE

- DS/EN 12201-1:2011 *Plastrørssystemer til vandforsyning samt til dræn og afløb under tryk - Polyethylen (PE) - Del 1: Generelt*
 - 3.1.2.1 virgin material
material in a form such as granules that has not been subjected to use or processing other than that required for its manufacture and to which no reprocessable or recyclable materials have been added
 - 3.1.2.2 own reprocessable material
material prepared from clean rejected unused pipes, fittings or valves, including trimmings from the production of pipes, fittings or valves, that will be reprocessed in a manufacturer's plant after having been previously processed by the same manufacturer in the production of components by, for example, injection-moulding or extrusion
- DS/EN 12201-2 + A1:2013 *Plastrørssystemer til vandforsyning samt til dræn og afløb under tryk - Polyethylen (PE) - Del 2: Rør*
 - 4.1 Compound
The pipes shall be made from virgin material or own reprocessable material from the same PE compound or a mixture of both materials. Reprocessable material from pipes reprocessed with the peelable layer attached shall not be used. Own reprocessed material from the base pipe of peelable layer pipes can be used. For information on reprocessed material from coextruded pipe see B.1.
- API Specification 17J Specification for Unbonded Flexible Pipe
6.3 Quality Assurance Requirements : "For the internal pressure sheath, polymer shall be 100 % virgin material ..."
- Generelt bør følgende overvejes
 - Tilsætningsstoffer og Drikkevandssikkerhed
 - Plastens kvalitet

Genanvendelse - PVC

- Danmark WUPPI ordningen:
www.wuppi.dk
WUPPI er den danske plastbranches indsats for at indsamle og genanvende brugte PVC-produkter fra byggeriet til gavn for miljøet og den cirkulære økonomi.
13 medlemmer. De fem selskaber bag WUPPI var Wavin, Uponor, Plastmo, Primo og Icopal. Marius Pedersen organiserer indsamlingen.
- Der genanvendes 2-4000 tons hård PVC om året
- Europa: VinylPlus genanvendte 740.000 tons PVC i 2018.
- Processtabilisatorer inhld. bly!

Levetidsprofiler for produkter af hård PVC



* Et henfald på 6 % betyder, at 6 % af en udgangsmængde markedsført i år "o" henfalder som affald i det pågældende leveår.

FIGUR 2-4
LEVETIDSPROFILER FOR PRODUKTGRUPPER AF HÅRD PVC

Genanvendelse af hård PVC i Danmark

Miljøprojekt nr. 1717, 2015