



Knudsen Kilen A/S  
Att.: Ulrik Overland  
Industrivej 21  
3300 Frederiksværk

Gregersensvej  
Postboks 141  
DK-2630 Taastrup  
Telefon 72 20 20 00  
Telefax 72 20 20 19

info@teknologisk.dk  
www.teknologisk.dk

28. april 2009

fgu-sfp/eta

1220519-02

1199311\_kiler01.prv+brv.doc

### **Accelereret ældning og belastning af grå LDPE kiler mærket Kombi Max**

Vedlagt fremsendes vor rapport vedrørende belastning af grå kiler, mærket Kombi Max.

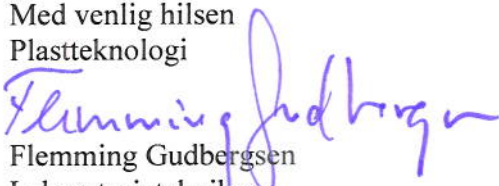
Accelereret ældning er udført ved 90 °C med udgangspunkt i "SPF Verksnorm 2000".  
Ældningen er gennemført over 31 uger svarende til 75 år ved 20 °C


Ældningens effekt er registreret ved belastningsforsøg udført på tværs af kiler med en Kerto-strø (39x40 mm) ved hel opkiling, samt ved analyse for materialenedbrydning (infrarød spektroskopi).

Ud fra de fremkomne resultater er den beregnede levetid over 75 år ved 20 °C.

Ønsker De en nærmere uddybning af resultaterne, bedes De venligst kontakte undertegnede.

Med venlig hilsen  
Plastteknologi

  
Flemming Gudberg  
Laboratorietekniker

  
Søren Pedersen  
Akademiingeniør

Telefon: 72 20 31 24 (direkte)  
Email: flemming.gudberg@teknologisk.dk

Telefon: 72 20 31 15 (direkte)  
Email: soeren.pedersen@teknologisk.dk

Bilag: Prøvningsrapport

Opgaven er udført iht. Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver, hvoraf et eksemplar vedlægges.



# Prøvningsrapport

## Rekvirent

Knudsen Kilen A/S  
Industrivej 21  
3300 Frederiksværk

Side: 1 af 3  
Antal bilag: 1

## Prøvning

Accelereret ældning og belastning af grå LDPE kiler

## Prøveemner

Sprøjttestøbte grå kiler, mærket følgende: Kombi Max:

Emnerne er modtaget her den 13. august 2009

## Prøvningsmetode

Udgangspunktet for den accelererede ældning er følgende:

- Standard: SPF Verksnorm 2000, appendiks 1, kopi vedlagt i bilag 1
- Forventet levetid: 75 år ved en middeltemperatur på 20 °C
- Ældningstemperatur: 90 °C. Maksimal ældningstemperatur for det anvendte LDPE materiale vurderes at være ca. 90 °C
- Ældningstid: 31 uger
- Prøveudtagning: Hver anden uge (svarende til 5 års levetid). Test af kiler: Trykprøvning og FTIR analyse på materiale (styrke og materialenedbrydning)

Udgangspunkt for belastning af ældede kiler:

- Belastning udført på tværs med en Kerto-strø (39x40 mm) ved hel opkiling
- Forbelastning ved alle forsøg 6 kg
- Registrering af nedbøjning ved 200 kg belastning
- Registrering af nedbøjning ved maksimal belastning af opkiling

## Prøvningsudstyr

Træk/trykprøvemaskine, model 5569, målecelle 50 kN  
Nicolet Magna 550 FTIR spektrofotometer

## Prøvningsresultat

Prøvningsdato: 15. januar 2009 og 23. april 2009

### Belastning:

De fundne værdier er gennemsnit af 3 enkeltbestemmelser

Belastning af Kombi Max			
År	Nedbøjning ved 200 kg, mm	Nedbøjning ved maksimum, mm	Belastning ved maksimum, kg
Reference	2,1 (0,2)	6,4 (0,3)	322 (7)
5	1,9 (0,2)	6,0 (0,7)	343 (12)
10	2,1 (0,1)	7,1 (0,5)	341 (7)
15	2,0 (0,1)	7,3 (0,4)	347 (10)
20	2,0 (0,2)	6,7 (1,0)	345 (5)
25	2,0 (0,1)	6,2 (0,4)	356 (7)
30	1,9 (0,1)	7,1 (0,7)	359 (4)
35	2,0 (0,1)	6,9 (0,5)	348 (1)
40	2,0 (0,1)	6,9 (0,5)	350 (7)
45	1,9 (0,1)	7,1 (0,2)	357 (2)
50	1,8 (0,1)	6,6 (0,5)	366 (3)
55	1,9 (0,1)	7,0 (1,0)	366 (3)
60	1,9 (0,1)	7,0 (0,8)	365 (1)
65	1,8 (0,1)	6,3 (0,4)	356 (14)
70	1,8 (0,1)	7,0 (0,4)	361 (3)
75	2,0 (0,1)	5,5 (1,1)	352 (4)

### FTIR analyse

FTIR analyserne er gennemført på varmpressede film.

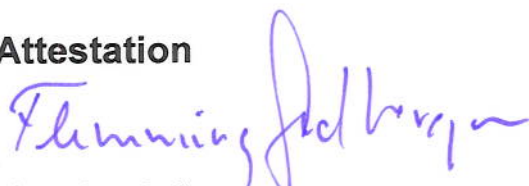
For vurdering af nedbrydning er forholdet mellem absorptionerne ved ca.  $1720\text{ cm}^{-1}$  og ved  $2020\text{ cm}^{-1}$  beregnet. Hvis dette forhold er under 1, er det vor erfaring, at der ikke er sket en nedbrydning, der påvirker materialets styrke.

Følgende resultater blev registreret:

År	Abs 1720/abs 2020
Reference	0
10	0,12
25	0,16
50	0,35
70	0,42
75	0,30

De fundne værdier viser, at der ikke er sket materialenedbrydning i en sådan grad, at det påvirker LDPE materialets mekaniske egenskaber.

### Attestation



Flemming Gudbergesen  
Laboratorietekniker

Telefon: 72 20 31 24 (direkte)  
Email: flemming.gudbergesen@teknologisk.dk



Søren Pedersen  
Akademiingeniør

Telefon: 72 20 31 15 (direkte)  
Email: soeren.pedersen@teknologisk.dk

Vilkår: Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de prøvede emner.  
Prøvningsrapporten må gengives i sin helhed. Uddrag af rapporten må gengives efter prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.



Polymertekniska laboratoriet  
Arne Holmström

Appendix 1 till SPF Verksnorm 2000

ÅLDNING AV POLYETENFILM VID  
FÖRHÖJD TEMPERATUR

### Inledning

Vid polymergruppen CTH/GU har sedan 1973 polyetens nedbrytning i luft vid temperaturer upp till 180 °C studerats i en rad undersökningar (1 - 7). Dessa har omfattat såväl rent oblandat material som blandningar innehållande olika typer av stabilisatorer och pigment. Undersökningarna har bl a klart visat att nedbrytningsmönstret för LD-polyeten förblir detsamma upp till smälttemperaturen (~110 °C) samt att nedbrytningshastigheten minskar minst 2 ggr (i de flesta fall ca 2,2 ggr) vid en temperatursänkning om 10 °C.

Vid dessa undersökningar har förändringarna vid nedbrytning studerats med en serie avancerade analysmetoder som givit information både beträffande molekyllär och övermolekyllär struktur. I ång- och vindspärrar behöver inte en LDPE-produkts användbarhet bero av förändringar i molekyllär eller övermolekyllär struktur. Det avgörande är i vilken grad de mekaniska egenskaperna förändras vid åldringen. I samband med ett uppdrag från AB Celloplast, i vilket olika LDPE-filmer åldrats vid temperaturer upp till 105 °C och därefter dragprovats (utfört vid SINTEF) fastslogs att draghållfastheten förändras ytterst lite, medan däremot brotttöjningen snabbt minskar då nedbrytningen startat. Vidare framkom en direkt korrelation mellan förändringar av den molekyllära strukturen och nedgången i brotttöjning. En nyligen avslutad studie vid SINTEF (8) som omfattat förändringarna i de mekaniska egenskaperna som funktion av åldring i luft vid 100 °C för de i ång- och vindspärrar aktuella LD-polyetenråvarorna har visat utomordentlig överensstämmelse med ovan relaterade resultat.

Detta implicerar att relevant accelererad åldring av LDPE-film kan ske genom upphettning vid 100 °C i luft och extrapolering av resultatet till önskad lägre användningstemperatur genom att multiplicera tiden som provet uppfyller ställda krav vid 100 °C med 2 ggr för varje 10 °C temperatursänkning.

Ett krav om funktionsduglighet 40 år vid 35 °C motsvarar t ex ( $x \cdot 2^6 \cdot \sqrt{2} = 40 \cdot 52$  veckor) 23 veckor vid 100 °C.

### Utförande

#### Värmeåldring

Provkroppar med en storlek så att dragprovning enligt punkt 2.32 kan ske av material med minst 20 mm till fastsättningsanordning upphänges i ett ventilerat värmeskåp. Avstånden mellan provkroppar av samma material skall vara minst 30 mm och mellan provkroppar av olika material minst 100 mm.

Genomsnittstemperatur: 97-100 °C. Maximal temperaturvariation  $\pm 2$  °C över hela den volym provkroppen befinner sig i.

Tid: 25 veckor.

### Utvärdering av åldrade prov

Brottöjningen bestäms enligt punkt 2.32. För godkänd byggfilm skall brottöjningen efter åldring uppgå till minst 300 %.

### Referenser

1. Arne Holmström och Erling Sörvik.

Thermo-oxidative degradation of polyethylene. Parts I and II. Structural changes occurring in low-density polyethylene, high-density polyethylene and tetratetracontane heated in air.

J. Polym. Sci. Polym. Chem. Ed. Under tryckning.

2. Arne Holmström, Arne Andersson och Erling Sörvik.

Thermo-oxidative degradation of polyethylene. III. The effect of titanium dioxide pigments on low-density polyethylene.

Europ. Polym. J., 13 483 (1977)

3. Arne Holmström och Erling Sörvik.

Thermo-oxidative degradation of polyethylene. IV. Blends containing poly (vinyl chloride) and chlorinated polyethylene as models for polyethylene recycle qualities.

Polym. Eng. Sci. 17 705 (1977)

4. Gunnar Söderqvist

Inverkan av antioxidanter vid termo-oxidativ nedbrytning av LD-polyeten (I).

Examensarbete. Polymergruppen CTH 1976.

5. Björn Ulfenborg

Inverkan av antioxidanter vid termo-oxidativ nedbrytning av LD-polyeten (II).

Examensarbete. Polymergruppen CTH 1977.

6. Irma Gustafsson

Termo-oxidativ nedbrytning av tillsatsfri LD- och HD-polyeten samt tetratetrakontan i luft mellan 70 och 120 °C.

Diplomarbete (för Åbo Akademi) utfört vid Polymergruppen CTH 1977.

7. Arne Holmström

Hittills opublicerade arbeten beträffande inverkan av olika kimrökstypers och antioxidanters inverkan på LD-polyetens termo-oxidativa nedbrytning.

8. Arne Holmström

Rapport baserad på SINTEFs resultat.

# Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver

## Generelt

Vilkårene er gældende mellem Teknologisk Institut (Instituttet) og en kontraktpartner (rekvirenten) for alle opgaver udført af Instituttet, herunder fx rådgivning, undervisning, informationssøgning og formidling, prøvning, undersøgelser, salg og udlejning. Vilkårene er også gældende i andre og senere aftaler mellem Instituttet og rekvirenten, medmindre andet er aftalt. Modstående eller afvigende bestemmelser i den af rekvirenten afgivne ordre eller accept finder ikke anvendelse, medmindre de skriftligt er accepteret af Instituttet.

For opgaver vedrørende certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger gælder dog Instituttets 'Almindelige vilkår for certificerings-, inspektions- eller godkendelsesordninger tilknyttet Teknologisk Institut'.

## 1. Opgaveindhold

- 1.1 Opgavens art, indhold og økonomiske betingelser angives i en skriftlig aftale. Ændringer af aftalen skal ske skriftligt.
- 1.2 Tidsplaner, prisoverslag mv. er angivet som et skøn, medmindre andet skriftligt er aftalt. Såfremt Instituttet forudsiger væsentlige prismæssige eller tidsmæssige overskridelser af aftalen eller væsentlige hindringer for opgavens udførelse orienteres rekvirenten, hvorefter denne er berettiget til at ændre eller standse arbejdet, jf. pkt. 6.1.
- 1.3 Instituttet er berettiget til aftalt vederlag for udført arbejde uafhængigt af, om de af rekvirenten forventede resultater opnås, medmindre det skriftligt er aftalt mellem parterne, at Instituttets vederlag er betinget af, at konkrete, specificerede resultater opnås.
- 1.4 Instituttet er berettiget til at lade opgaver udføre af tredjemand.

## 2. Diskretionspligt

- 2.1 Instituttet udviser sædvanlig diskretion med hensyn til omtale af opgaveløsninger og af indgåede aftaler. Ønsker rekvirenten egentlig hemmeligholdelse, fx af knowhow hos rekvirenten, som Instituttet bliver gjort bekendt med under en opgaves løsning, skal der indgås særlig, skriftlig aftale herom.
- 2.2 Såfremt et forsøgs- eller udviklingsarbejde fører til resultater af almindelig interesse, kan Instituttet lade disse resultater offentliggøre, medmindre andet måtte være aftalt i en hemmeligholdelsesaftale som nævnt i pkt. 2.1.
- 2.3 Når Instituttet påtager sig en opgave, hvori indgår vurdering af en ydelse præsteret af tredjepart, skal rekvirenten respektere, at Instituttet kan henvende sig til tredjeparten eller til andre relevante personer for at søge oplysninger til brug ved opgavens løsning.
- 2.4 Instituttet er til enhver tid berettiget til at meddele oplysninger, som Instituttet ifølge lovgivningen har en forpligtelse til at afgive.
- 2.5 Bliver Instituttet som led i løsningen af rekvirerede opgaver opmærksom på forhold, som efter Instituttets skøn indebærer risiko for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, kan Instituttet om fornødent underrette rekvirenten herom. Såfremt rekvirenten ikke herefter, så hurtigt som forholdene tilsiger det, foretager det fornødne for at forhindre eller begrænse risikoen for væsentlige skadevirkninger på helbred eller miljø, er Instituttet, uanset særskilt aftale om diskretion eller hemmeligholdelse, berettiget til at videregive sin viden til relevante instans.

## 3. Omtale af resultater m.m.

- 3.1 Instituttets rapporter må af rekvirenten kun offentliggøres i deres helhed.
- 3.2 Rekvirenten må ikke omtale eller henvise til Instituttet eller Instituttets medarbejdere i reklame- og markedsføringsforanstaltninger, medmindre der på forhånd i hvert enkelt tilfælde er indhentet skriftlig tilladelse hertil fra Instituttet. En meddelt tilladelse bortfalder, hvis rekvirenten standser eller udskyder arbejdet med en opgave, jf. pkt. 6.1
- 3.3 Udleveret kursusmateriale må ikke mangfoldiggøres. Udleveret kursusmateriale er Instituttets ejendom.
- 3.4 Instituttet har ret til at forlange tilbagelevering fra rekvirenten af de af Instituttet udarbejdede rapporter mv. med tilhørende dokumenter, såfremt Instituttet konstaterer fejl eller mangler i disse.

## 4. Rettigheder vedrørende opgavens resultater

- 4.1 De materielle resultater, Instituttet frembringer i forbindelse med en rekvireret opgave og retten til at udnytte dem, tilhører alene rekvirenten. Resultater, som foreligger i form af materielle genstande, såsom prototyper, udleveres til rekvirenten på dennes anmodning, så snart slutafregning har fundet sted.
- 4.2 Knowhow og andre immaterielle rettigheder, som Instituttet udvikler eller konstaterer i forbindelse med opgavens løsning, tilhører Instituttet, medmindre andet er skriftligt aftalt. Af rekvirenten kan sådanne rettigheder udnyttes til rekvirentens eget brug i det af parterne skriftligt aftalte eller klart forudsatte omfang.

## 5. Honorar og betalingsbetingelser

- 5.1 Rekvirerede opgaver udføres som regningsarbejde efter de af Instituttet til enhver tid fastsatte timepriser med tillæg for transportudgifter og andre udlæg.
- 5.2 Instituttet forbeholder sig ved længerevarende opgaver løbende at regulere de under pkt. 5.1 nævnte timepriser med et varsel på 30 dage.
- 5.3 Instituttet har ret til at á conto-fakturere månedsvis bagud.
- 5.4 Ved overskridelse af betalingstiden for Instituttets tilgodehavender beregnes rente med 1½% pr. påbegyndt måned.

## 6. Ændrings- og afbestillingsret

- 6.1 Beordrer rekvirenten arbejdet standset eller udskudt, jf. pkt. 1.2, skal allerede udført arbejde betales efter regning, ligesom rekvirenten skal refundere Instituttet de udgifter vedrørende det afbestilte eller udskudte arbejde, som Instituttet uanset afbestillingen eller udskydelsen allerede har påtaget sig at afholde, såsom udgifter til tredjemand, særligt udstyr eller lokaler mv.
- 6.2 Ændring af en opgaves karakter eller omfang i øvrigt kan alene ske med Instituttets skriftlige samtykke.

## 7. Ansvarsregulering

- 7.1 Instituttet er efter dansk rets almindelige erstatningsregler ansvarlig over for rekvirenten for fejl og forsømmelser ved opgavens løsning med de begrænsninger, som følger af punkterne 7.2-7.12. I intet tilfælde er Instituttet ansvarlig for tabsforvoldende forhold eller begivenheder, som ikke skyldes Instituttets fejl eller forsømmelser.
- 7.2 Standses eller udskydes arbejdet med en opgave, jf. afsnit 6, er Instituttet uden ethvert ansvar for eventuelle mangler eller fejl ved det allerede udførte arbejde.
- 7.3 Instituttet er ikke ansvarlig for skader, som indtræffer i forbindelse med anvendelse af en af Instituttet afgivet rådgivning eller prøvnings/kontrolrapport, hvis anvendelsen ligger uden for rammerne af den stillede opgave eller det beskrevne formål.
- 7.4 Afsluttes Instituttets arbejde ikke med en rapport eller levering af en ydelse, eller består ydelsen i en udtalelse, om hvilken det er anført, at den hviler på en skønsmæssig bedømmelse eller vurdering, er Instituttet ikke ansvarlig medmindre, der foreligger grov uagtsomhed hos Instituttet.
- 7.5 Instituttet er kun ansvarlig for forsinkelse i forbindelse med udførelse af opgaver for rekvirenten, såfremt Instituttet særskilt har påtaget sig skriftlig indeståelse for opgavens færdiggørelse til et bestemt tidspunkt.
- 7.6 Instituttet er ikke ansvarlig for ansvarspådragende forhold udvist af tredjemand, medmindre tredjemand er antaget af Instituttet uden at være bragt i forslag af eller er godkendt af rekvirenten.
- 7.7 Er en eller flere andre udover Instituttet ansvarlige over for rekvirenten, hæfter Instituttet kun for så stor en del af rekvirentens tab, som svarer til den del af den samlede skyld, der er udvist af Instituttet.
- 7.8 Har Instituttet påtaget sig på rekvirentens vegne at føre tilsyn med, at ydelser, fra tredjemand til rekvirenten er kontraktmæssige, er Instituttet kun ansvarlig for det tab, rekvirenten måtte lide ved, at Instituttet ikke rettidigt har påtalt, at en ydelse ikke er kontraktmæssig. Instituttets ansvar er således subsidiært i forhold til det ansvar, der af rekvirenten kan gøres gældende mod den pågældende tredjemand, og Instituttets ansvar er i øvrigt undergivet de øvrige begrænsninger i dette afsnit 7.
- 7.9 Har Instituttet modtaget prøver eller materiel fra rekvirenten, er Instituttet alene ansvarlig for tab eller beskadigelse af det modtagne, hvis det er aftalt skriftligt med rekvirenten, at de nævnte prøver/materiel skal tilbageleveres. Endvidere er Instituttets ansvar i et sådant tilfælde betinget af, at det dokumenteres, at Instituttet har udvist grov uagtsomhed, og Instituttets ansvar kan i intet tilfælde overstige materiale-værdien af den modtagne prøve eller det modtagne materiel. Hvis tilbagelevering af prøver og materiel ikke er aftalt, vil opbevaring på Instituttet kun ske indtil 6 måneder efter opgavens afslutning.
- 7.10 Instituttet kan maksimalt gøres ansvarlig for rekvirentens direkte tab. Instituttet er således ikke ansvarlig for driftstab, tabt indtjening eller andet indirekte tab. I intet tilfælde kan Instituttets samlede ansvar overskride 1.000.000 kr. pr. skade med undtagelse af ansvar for personskader i henhold til gældende lovgivning.
- 7.11 Hvis Instituttet af tredjemand bliver gjort ansvarlig for person-, tings- og formueskade, som er forvoldt af Instituttets arbejde, herunder for produktansvar, er rekvirenten forpligtet til at skadesløsholde Instituttet for ethvert ansvar, som ligger udover, hvad rekvirenten måtte kunne gøre gældende mod Instituttet efter reglerne i dette afsnit 7. Instituttet kan kræve, at rekvirenten overtager førelsen af en sådan sag på Instituttets vegne.
- 7.12 Instituttet kan ikke gøres ansvarlig for skader, som ikke skriftligt er gjort gældende inden tre år efter Instituttets levering af den ydelse, på hvilken ansvar begrundes. Instituttets ansvar er i øvrigt betinget af, at rekvirenten reklamerer skriftligt straks, når rekvirenten er eller burde være blevet opmærksom på tilstedeværelsen af et muligt erstatningsansvar for Instituttet. Uanset nævnte tre års frist er Instituttet uden ansvar for skader, som det med den viden og teknik, som forelå på tidspunktet for opgavens udførelse, ikke var muligt at forudse.

## 8. Tvister

- 8.1 Enhver tvist mellem Instituttet og rekvirenten afgøres efter dansk ret ved Retten i Glostrup.