Bæredygtig stråtag: Tagrørs projekt

Indledning

Der er i de senere år sket en øgning i den samfundsmæssig interesse og politisk bevidsthed om bæredygtighed i byggeriet. Der er et stigende fokus på at benytte biobaserede, bæredygtigt producerede og forsvarligt forarbejde produkter, som kan genanvendes eller bortskaffes miljømæssigt forsvarligt.

Dette har betydet at anvendelse af stråtag er begyndt at vinde frem igen, ikke mindst fordi stråtag er et 100% naturligt produkt. En miljøvurdering foretaget af Teknologisk Institut viser at stråtaget er den tagtype som vinder, når det handler om at der minimere negative påvirkninger af klimaet. Hos Straatagets Kontor, tækkebranchens fælles kontor har man et mål om at fordoble antallet af tækkede kvadratmeter i Danmark.

I samme ombæring er der i disse år et stigende opmærksomhed på udnyttelse af ressourcer og reduktion af affald. Denne tendens er for opadgående og hvor det er muligt, bliver der fokuseret på nye områder hvor der kunne lægge enten en udgifts reduktion eller en øget indkomst både for forbrugere, håndværkere og producenter.

Branchen er enig i at der bliver tækket ca. 300.000 m^2 ny tæk årligt. Baseret på den betragtning at det samlede antal m^2 stråtag er status quo, må der givet vis blive nedtaget ligeså meget, som kunne være en potentiel ressource. Branchens mål er dog at fordoble, derfor dette projekt.

Gammelt tag antages at veje ca. 50% af den oprindelige vægt af et ny tækket tag. Dette betyder at der nedtages i omegnen af 6.000 tons gammelt stråtag pr. år. Udregningen er baseret på 300.000 m^2 nytækning pr. år som tækkes med 8 bundter á 5 kilo pr. m^2 dvs. et samlet forbrug på 12.000 tons tagrør, denne mængde antages reduceret til 50 % ved nedtagning) (Fig. 1). Denne bliver efterfølgende deponeret på de kommunale genbrugsstationer under kategorien 'stort brændbart'. Det koster i omegnen af 600 dkk pr. tons at komme af med tagrør på genbrugsstationer eks. til forbrænding, hvilket er en udgift der pålægges ejeren af stråtaget. Dette kan potentielt medføre at det nedtagne stråtag afbrændes lokalt på marker eller lignende for at undgå denne udgift. Dette resulterer i ressourcespild og uhensigtsmæssig miljøbelastning.

Foto 1: Nedtagne tagrør

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Screening af nedtaget stråtag til fiberpladeproduktionen

Formål og baggrund

Der er stor fornuft og rigtig gode perspektiver i at udnytte restfraktionerne fra tagrørsproduktion i forbindelse med høstning. Der kan ligeledes være et potentiale i at udnytte de gamle tagrør der nedtages i forbindelse med gentækning af stråtækte huse. I det følgende vil der blive vurderet muligheden for at benytte de nedtagne, gamle tagrør til en form for spånplader. I projektet vil der være fokus på evt. tilstedeværelse af skimmelsvamp i de gamle tagrør. Derfor vil vi se på effekten af temperaturen i forbindelse med forarbejdning, så der potentielt kan sikres mindskning i forekomsten af spiredygtige skimmelsvampe i produktet fra evt. tidligere / aktive angreb. Tagrørene (henholdsvis gamle, nedtagne fra stråtage og friske restfraktioner fra produktion af tagrør til tækning) vil blive testet for brugbarhed som biomasse til produktion af MDF plader. Ved at tørfraktionere strådelene vil man kunne skabe en homogen masse, som efterfølgende belimes med biobaserede lime. Denne vil kunne presses til en fiberplader. Der vil blive foretaget analyser med varierende mængde af en sojaproteinbaseret lim (Soyad fra Ashland), samt to forskellige mængden af fiber for at opnå en densitet på enten 600 kg/m^3 og 800 kg/m^3 i en 18 mm fiberplade, for dermed at kunne afgøre i hvilken retning man skal gå for videre frem at kunne udvikle de mest optimale plader. Tørfraktionen kan ved sigtning inddeles i kortere eller længere fiber. Variation i fiberlængder vil potentielt kunne udnyttes, men da mængderne af nedtagne tagrør fra stråtage pt. ligger i omegnen af 6.000 tons/år, vil det nok være urealistisk at opdele fraktionerne forud for processering til fiberplader. Ved at udsigte i delfraktioner vil det ellers være muligt at opnå forskellige udtryk / udseender af pladen.

De producerede plader vil blive prøvet i nogle indledende screeninger af materialet, for at vurdere bøjningsstyrke og trækprøve på dem. Dette giver en fornemmelse af hvilke egenskaber der ligger i materialet. Herfra er det muligt at lave en indledende vurdering af materialet og potentialer for at øge egenskaberne i pladen for dermed at kunne fortsætte i retning af en udvikling af en fiberplade.

I forbindelse med en evt. videreudvikling af pladen vil man fortsætte med at vurdere de fysisk-mekaniske egenskaber herunder også fugttransport.

Analysemetoder

Nærværende projekt vil bidrage med følgende udvikling:

- Materialespecifik fraktionering af produktet
- Belimning og tørring af materialet
- Udvikling og presning af fiberplader
- Demonstrere forskelle ved brugen af varierende densitet
- Analysere for optimal belimning af produkter
- Rådgivning i udvikling af produktet og forbehandling af produkterne

Det nedtagne stråtag som blev leveret til Teknologisk Institut af tækkemand Finn Guld blev neddelt med største sold på hammermøllen (nr. 10) og udsigtet i sigtetårn til 3 fraktioner (Foto 2). Fraktion 1 (1800µm), fraktion 2 (1800µm) og 3 (4000µm).

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Fibrene belimes med henholdsvis 5 % eller 10% lim Soyad (Solenis) i belimningsloop (Foto 3). Belimning blev foretaget dagen før presning. Stråene blev tørret til en relativ fugtighed til ml. 7-12% fugtighed forud for presning. Presning af pladerne foregik i pilotvarmepresse (Stenhøj A/S) ved 125 grader C, 10 min, til en kernetemperatur på. Pladerne blev presset til en tykkelse på 18mm. Massen (gram) af tagrør var afmålt til at give en endelig densitet på enten 600 kg/m^3 eller 800 kg/m^3.

Foto 2: Tørfraktionering af tagrør i hammermøller og udsigtning i sigtetårn

Foto 3: Belimning i simuleret blowline / cirkulationsloop

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Foto 4: Fibre formgivet i forud for presning.

Pladerne vurderes ift egenskaber mv. (MEL, ACHA, PFY)

Pladerne blev formgivet i 20 x 20 cm kasser (Foto 4), dvs forbrugt materiale var:

600 kg/m^3 = 432 g DM (fugtindhold = 8.6%) dvs. 472,6 g anvendt

800 kg/m^3 = 576 g DM (fugtindhold = 8.6%) dvs. 630,2 g anvendt

Pladerne blev prøvet i forhold til udtræk af skruer som vanligt brugt ved montering i forbindelse med pladetræk.

Resultaterne kan ikke anvendes som dokumentation for materialeegenskaber, men blot som indledende screening op imod referenceplade af krydsfiner og spånplade. Der laves 1-lagsplader.

Der blev fremstillet følgende pladetyper:

Fraktion	**Lim**	**Densitet / tykkelse**
Sigtefraktion 3	5% Soyad	600 kg/m^3 / 18 mm
	10% Soyad	600 kg/m^3 / 18 mm
	10% Soyad	800 kg/m^3 / 18 mm

Som tidligere nævnt er den mængde tækkerør der nedtages årligt pt. på ca. 6.000 tons. I forhold til pladeproduktion kan denne mængde holdes op mod et årligt forbrug af træ hos Novopan Træindustri A/S pr. år på 380.000 ton*.

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Resume/Konklusion af udtræksmålinger:

Udtræk af tækkeskruer fra de i projektet fremstillede tækkerørs plader samt spånplade type P4. Det var oprindelig tiltænkt at udtræksstyrken ligeledes skulle holdes op mod en krydsfinersreference plade, men da tækketråden opnåede brud i spånplade ville det være samme billede i krydsfiner, hvorfor denne prøvning ikke er udført.

Tækkerørsplader var fremstillet med følgende mål: ca. 200x200x18 mm. Pladeegenskaberne må således forventes at værende varierende henover overfladen, hvilket ligeledes fremgår af nedenstående individuelle prøvningsresultater.

Pladetype	**Maksimal udtrækskraft**	**Brudtype**
Tækkerørsplade med 5% lim og densitet ~ 600 kg/m^3	Ikke bestemt – manglende sammenhængskraft i pladen til at prøvningen kan udføres.	
Tækkerørsplade med 10% lim og densitet ~ 600 kg/m^3	120 N ~ 12 kg	Brud i pladen
Tækkerørsplade med 10% lim og densitet ~ 800 kg/m^3:	353 N ~ 36 kg	Brud i pladen
Spånplade P4	933 N ~ 95 kg	Brud i tækketråd

<u>Tækkerørsplade med 5% lim og densitet ~ 600 kg/m^3:</u>

Der var ingen udtræksstyrke på pladen og det var ikke muligt at bestemme udtræksværdier, se nedenstående billede (Foto 5).

Foto 5: Tækkerørsplade med 5% lim og densitet ~ 600 kg/m3

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

<u>Tækkerørsplade med 10% lim og densitet ~ 600 kg/m³:</u>

Udtrækskraften i N blev målt på Instron 5982 med 5kN lastcelle ved hjælp af fastholdelse af pladen til spændplanet og fiksering af tækketråden i fastgørende grips. Der blev målt 10 punkter, se nedenstående billeder (Foto 6a og 6b).

Foto 6a: Tækkerørsplade med 10% lim og densitet ~ 600 kg/m3

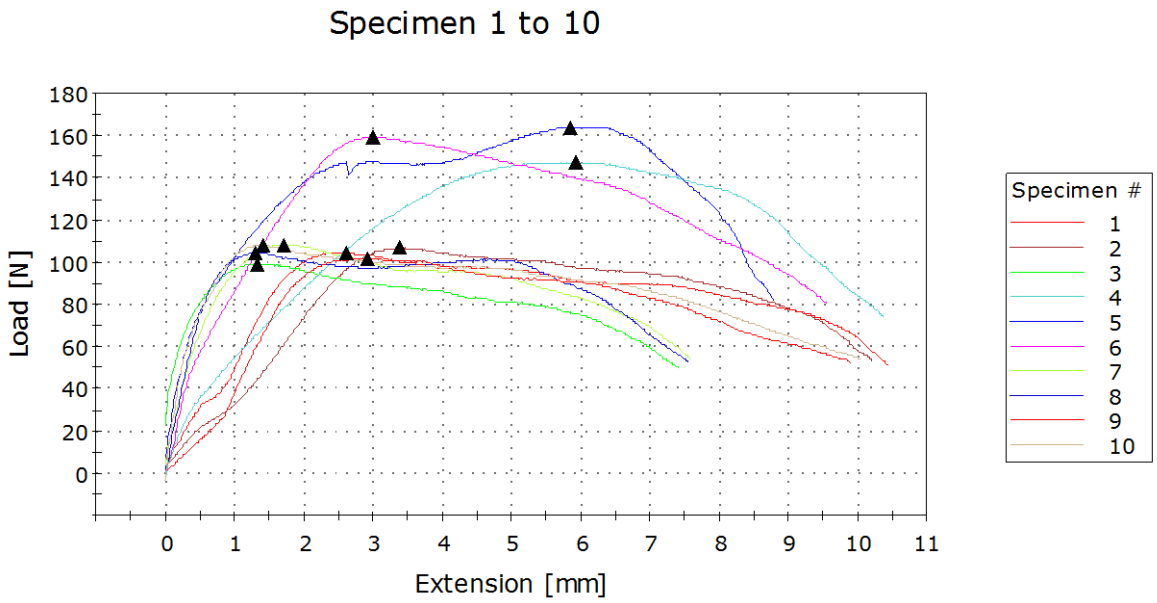
Foto 6b: Instron 5982

Der blev bestemt en gennemsnitlig maks. udtrækskraft til 120 N ~ 12 kg og med brud i tækkepladen.

	Maximum Load [N]	Time at Maximum Load [s]
1	105	16
2	107	20
3	99	8
4	147	36
5	164	35
6	159	18
7	108	10
8	105	8
9	102	18
10	108	8
Mean	120	18
Standard deviation	25,65	10,35

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

	Maximum Load [N]	Time at Maximum Load [s]
Coefficient of variation	21,3	58,3



<u>Tækkerørsplade med 10% lim og densitet ~ 800 kg/m³:</u>

Udtrækskraften i N blev målt på Instron 5982 med 5kN lastcelle ved hjælp af fastholdelse af pladen til spændplanet og fiksering af tækketråden i fastgørende grips. Der blev målt 10 punkter, se nedenstående billede (Foto 7).

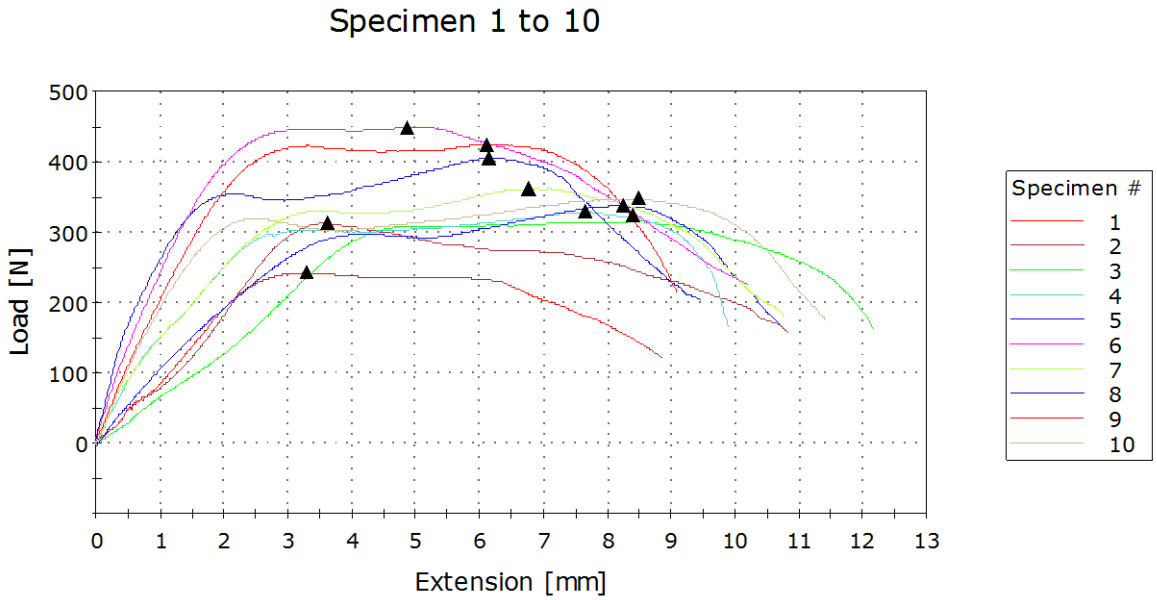
* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Foto 7: Tækkerørsplade med 10% lim og densitet ~ 800 kg/m3

Der blev bestemt en gennemsnitlig maks. udtrækskraft til 353 N ~ 36 kg og med brud i tækkepladen.

	Maximum Load [N]	Time at Maximum Load [s]
1	242	20
2	313	22
3	324	50
4	329	46
5	338	50
6	449	29
7	361	41
8	406	37
9	425	37
10	347	51
Mean	353	38
Standard deviation	60,48	11,52
Coefficient of variation	17,1	30,1

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017



Spånplade P4:

Udtrækskraften i N blev målt på Instron 5982 med 5kN lastcelle ved hjælp af fastholdelse af pladen til spændplanet og fiksering af tækketråden i fastgørende grips. Da tråden blev trukket i stykker blev der kun målt 4 punkter, se nedenstående billeder (Foto 8a og 8b).

Foto 8a: Spånplade P4

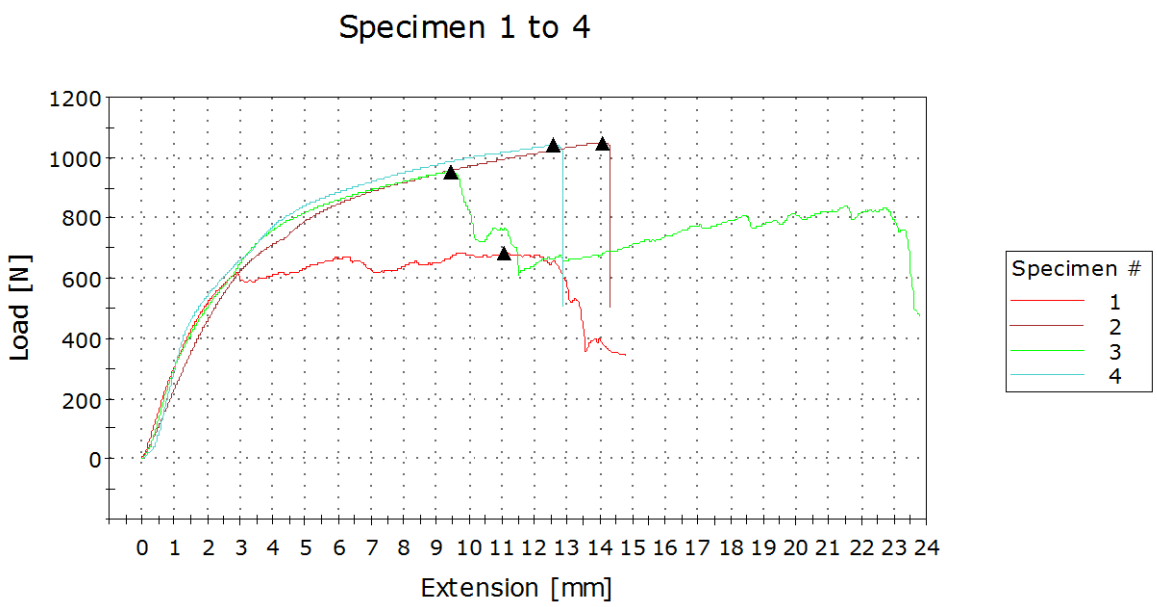
Foto 8b: Knækket tråd

Der blev bestemt en gennemsnitlig maks. udtrækskraft til 933 N ~ 95 kg og med brud i tækketråden.

	Maximum Load [N]	Time at Maximum Load [s]
1	685	66

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

	Maximum Load [N]	Time at Maximum Load [s]
2	1051	84
3	953	57
4	1042	75
Mean	933	71
Standard deviation	171,09	11,94
Coefficient of variation	18,3	16,9



* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Screening af skimmelvækst / bakterier i tagrør med henblik på spånpladeproduktionen

Formål og baggrund

I forbindelse med udvikling af fiberplader blev spørgsmålet rejst om der var særlige forhold der kunne gøre sig gældende i forhold til at benytte nedtagne tagrør som ressource. Her var der særlig tanke på forekomsten af skimmelsvamp ved forarbejdning af materialet.

Formålet var at udtage prøver fra de nedtagne stråtag og diskutere forskellige forhold omkring skimmelvækst og vurdering af effekten ved kort opvarmning i forbindelse med presning af tagrør til spånplader.

På samme måde som træ er tagrør et organisk materiale, som let angribes af skimmelsvamp, når det opfugtes. Forud for eks. vanlig træbaseret spånplade produktion vil der således potentielt være udfordringer med skimmelsvamp, hvis fugtindholdet i træet bliver for høj. Det er derfor forventeligt, at træspån og andre træmaterialer, som opbevares udendørs har vækst af skimmelsvampe. De samme præmisser vil gøre sig gældende for tagrør og gammelt stråtag.

Analysemetoder

Materialeprøver fra friske tagrør, nedtagne tagrør og fra simuleret pladeproduktionen (varmebehandlede) er undersøgt ved dyrkning af en kendt mængde (100 mg) neddelt materiale på V8-agar (Juice agarplader) tilsat antibiotika (svampe specifikke) og på TSA (Trypticase soy agar) plader. Bemærk at prøverne er udtaget som stikprøver, og analyseresultaterne skal således ses i det lys.

Ved dyrkning på V8-agar tilsat antibiotika påvises, om der er spiringsdygtige skimmelsvampe på eller i et materiale samt antallet af de enkelte svampe. Ved dyrkning på TSA-agar påvises, om der er spiringsdygtige mikroorganismer (bakterier og svampe) på eller i et materiale samt antallet af de enkelte bakterier. 3 gentagelser af hver.

I laboratoriet er pladerne inkuberet ved 28 °C, i 95% RH i 7 dage, hvorefter pladerne er vurderet visuelt i forhold til fremvoksede skimmelsvampe. Resultatet er præsenteret som en sammenligning mellem pladerne.

Tagrøret blev neddelt og sigtet i sigtetårn. Fraktion d 3 blev varmebehandlet ved 125 °C i 15 min. Neddelt, ubehandlet blev anvendt som referencemateriale. Supplerende er lavet en mikroskopisk undersøgelse af stikprøver af tagrør, for visuelt at kunne identificere skimmelsvampevækst på ydersiden af tagrørene.

Resume/Konklusion

Tagrør er et organisk materiale, som let angribes af skimmelsvamp, når det opfugtes, det er derfor forventeligt, at stråtag har vækst af skimmelsvampe.

Mikroskopisk undersøgelse af stikprøver af tagrør viste (Foto 9-10) at der allerede i det friske tagrør (før oplægning på tage) ses svampeangreb på stråene.

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Foto 9: Skimmelsvamp på strået

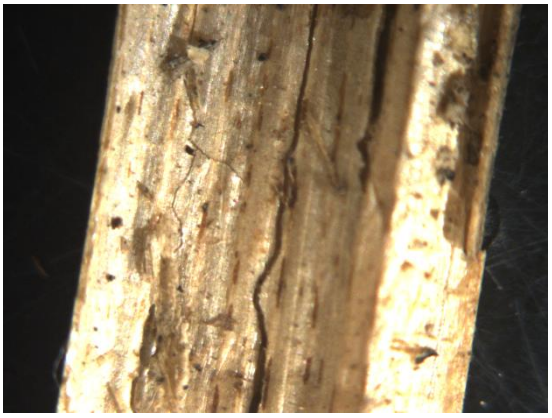


Foto 10: Hyfer på overfladen af strået

Fraktioner, der blev dyrket på V8 og TSA dyrkningsmedie, er henholdsvis:

- Frisk tagrør: Tagrør som ikke har været oplagt som tag
- Fraktion 2, nedtaget tagrør: Gammelt stråtag, neddelt i hammermølle og fraktioneret ud i fraktion 2 (fiberlængde 1800µm) i sigtetårn
- Fraktion 2, varmebehandlet, nedtaget tagrør: Gammelt stråtag fra fraktion 2, som er varmebehandlet i ovn ved 125 °C i 15 min.
- Fraktion 3, nedtaget tagrør: Gammelt stråtag, neddelt i hammermølle og fraktioneret ud i fraktion 3 (fiberlængde 4000µm) i sigtetårn
- Fraktion 3, varmebehandlet, nedtaget tagrør: Gammelt stråtag fra fraktion 3, som er varmebehandlet i ovn ved 125 °C i 15 min.

Resultater af dyrkningsforsøgene er givet i foto 11-32. Der blev observeret både skimmelsvamp og bakterier på friske tagrør, som ikke har været oplagt på taget. Dette indikerer, at der er tilstedeværelse af mikroorganismer i materialet allerede forud for tækning.

Tagrør er et organisk materiale, som let angribes af skimmelsvamp, når det opfugtes, det er derfor forventeligt, at tagrør som opbevares udendørs har vækst af skimmelsvampe.

Opvarmning i ovn ved 125 °C i 15 min, formåede ikke at hindre efterfølgende mikrobiel spiring. Diversiteten af skimmelsvampearter var mindsket i fraktion 2, mens der var en effekt af opvarmningen i faktion 3, hvilket resulterede i en markant mindre skimmelsvampespiring. Mængden og diversiteten af bakterier tydede på at være uændret ved opvarmning.

Denne undersøgelse indeholder kun en simuleret behandling af hvordan de nedtage tagrør måtte blive behandlet i forhold til en plade produktion. For at kunne udtale sig om hvordan skimmelsvamp og bakterier spiringen er efter en behandling af tagrør til spånplader i en egentlig produktion, skal der foretages en selvstændig undersøgelse.

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

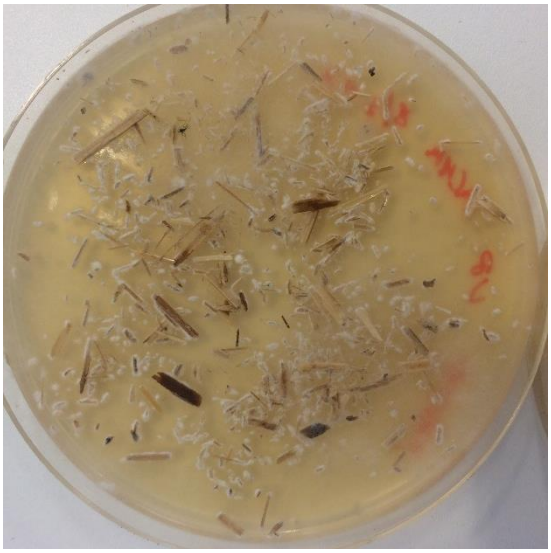


Foto 11: Frisk tagrør. V8 agar

Foto 12: Frisk tagrør. V8 agar

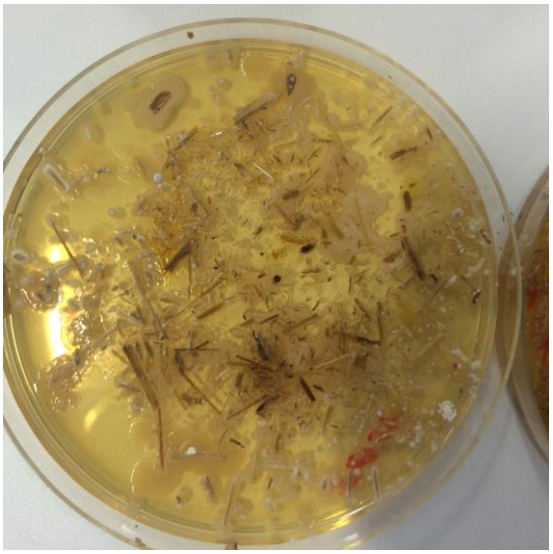


Foto 13: Frisk tagrør. TSA agar

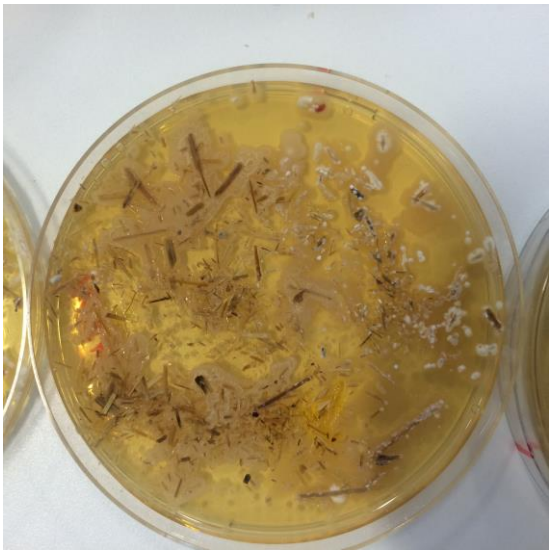


Foto 14: Frisk tagrør. TSA agar

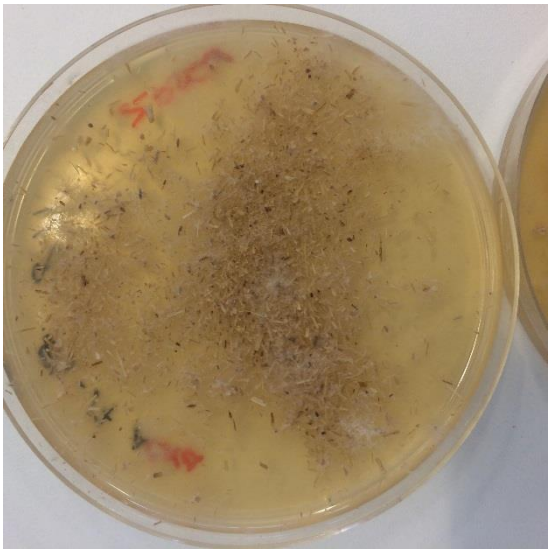


Foto 15: Fraktion 2, nedtaget tagrør. V8 agar

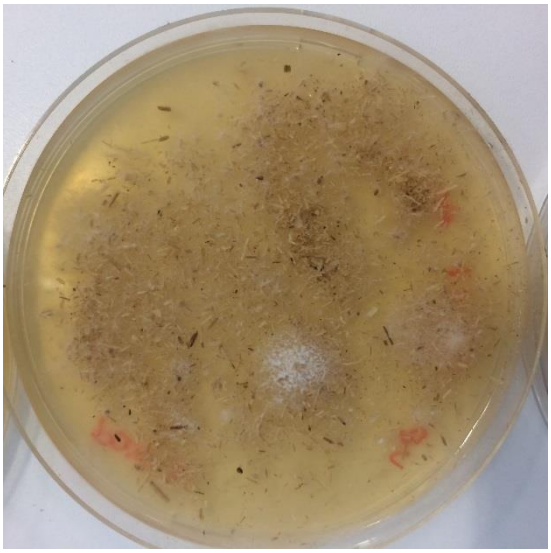


Foto 16: Fraktion 2, nedtaget tagrør. V8 agar

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

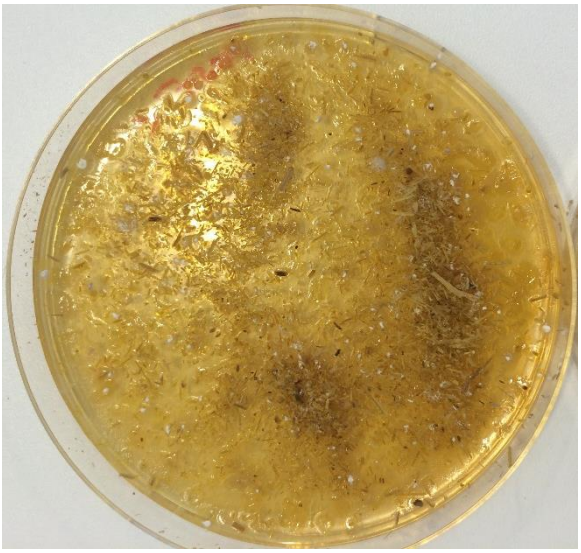


Foto 17: Fraktion 2, nedtaget tagrør. TSA agar

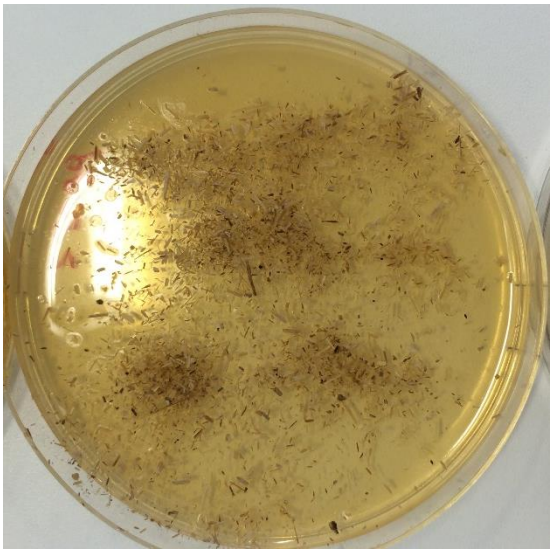


Foto 18: Fraktion 2, nedtaget tagrør. TSA agar

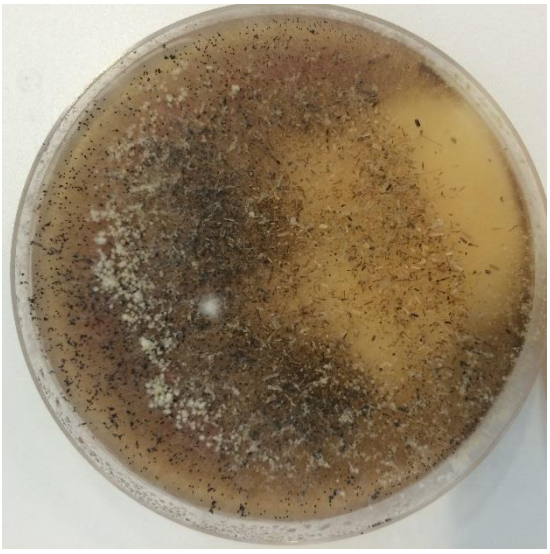


Foto 19: Fraktion 2, varmebehandlet, nedtaget tagrør. V8 agar

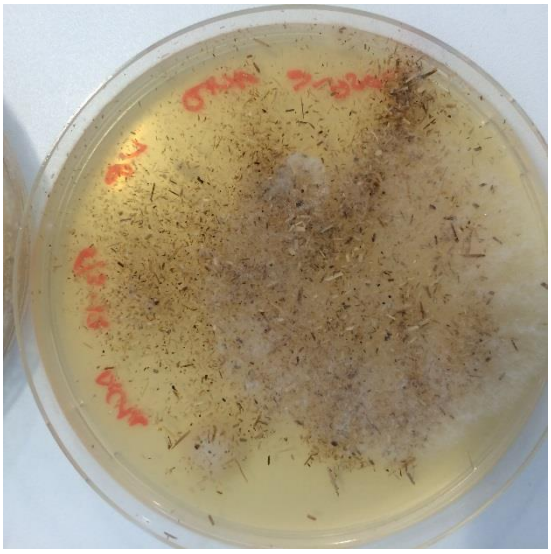


Foto 20: Fraktion 2, varmebehandlet, nedtaget tagrør. V8 agar

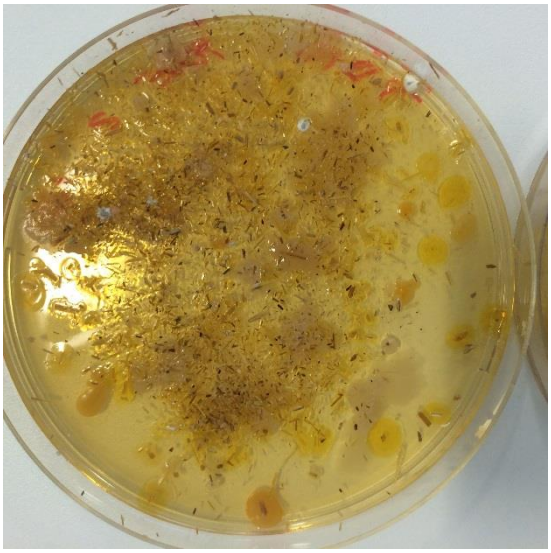


Foto 21: Fraktion 2, varmebehandlet, nedtaget tagrør. TSA agar

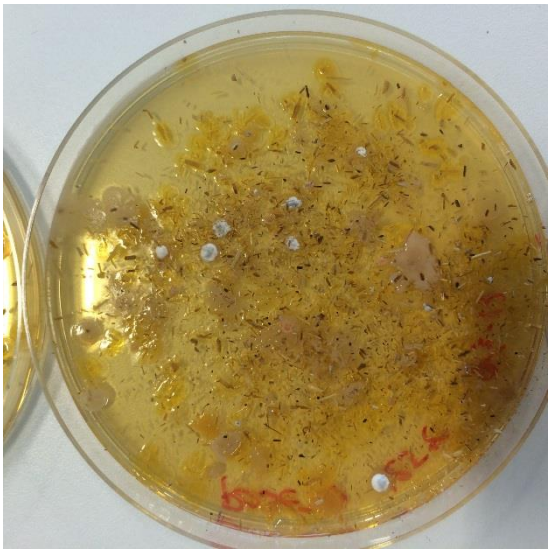


Foto 22: Fraktion 2, varmebehandlet, nedtaget tagrør. TSA agar

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

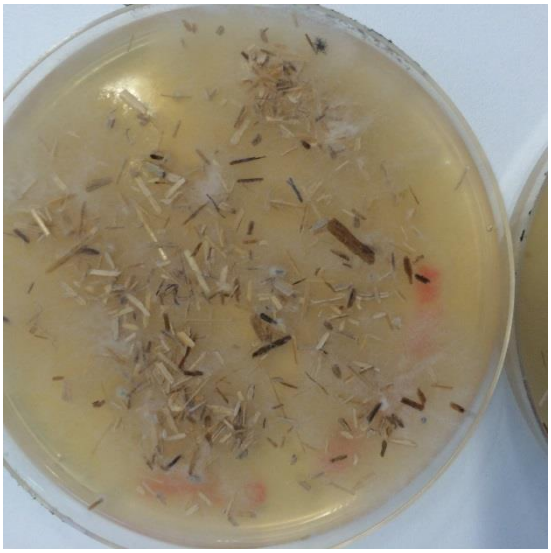


Foto 23: Fraktion 3, nedtaget tagrør. V8 agar

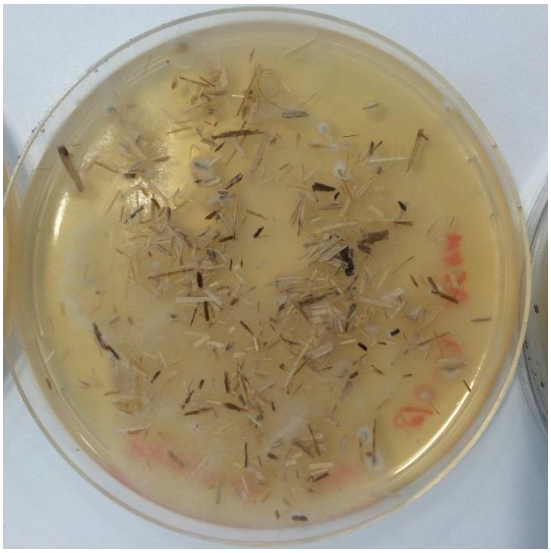


Foto 24: Fraktion 3, nedtaget tagrør. V8 agar

Foto 25: Fraktion 3, nedtaget tagrør. TSA agar

Foto 26: Fraktion 3, nedtaget tagrør. TSA agar

Foto 27: Fraktion 3, varmebehandlet, nedtaget tagrør. V8 agar

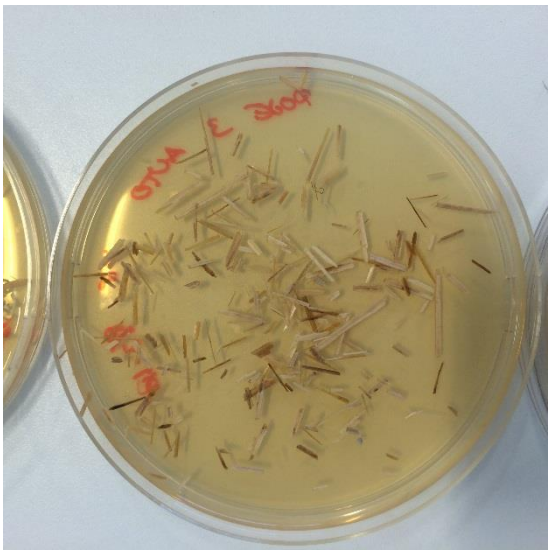


Foto 28: Fraktion 3, varmebehandlet, nedtaget tagrør. V8 agar

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

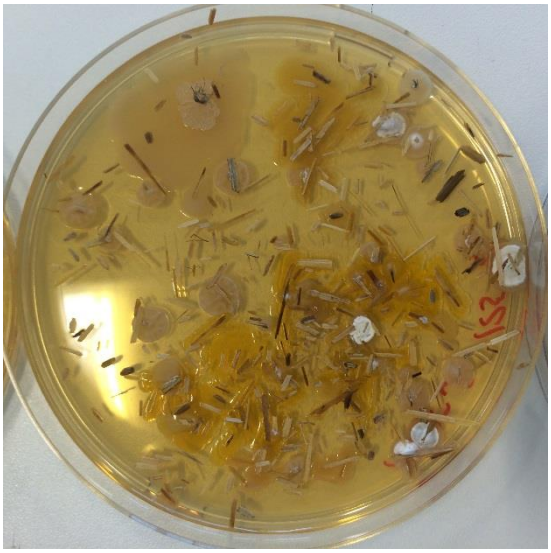


Foto 29: Fraktion 3, varmebehandlet, nedtaget tagrør. TSA agar

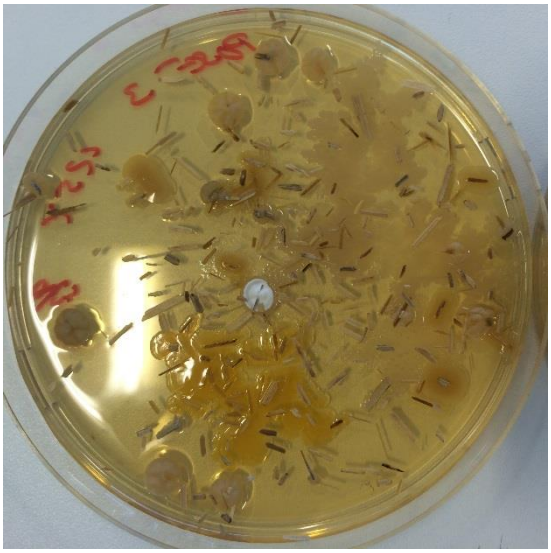


Foto 30: Fraktion 3, varmebehandlet, nedtaget tagrør. TSA agar

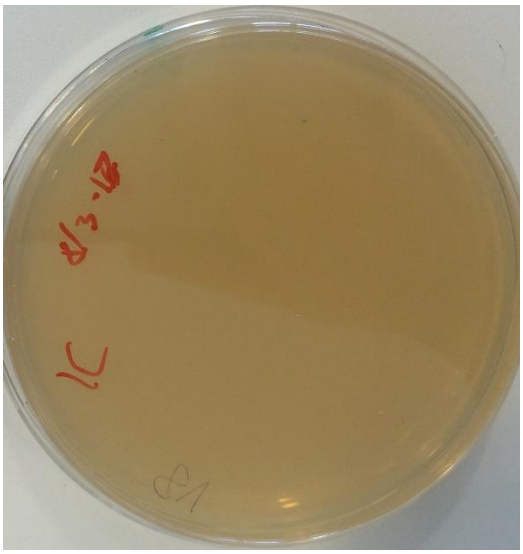


Foto 31 kontrol, V8

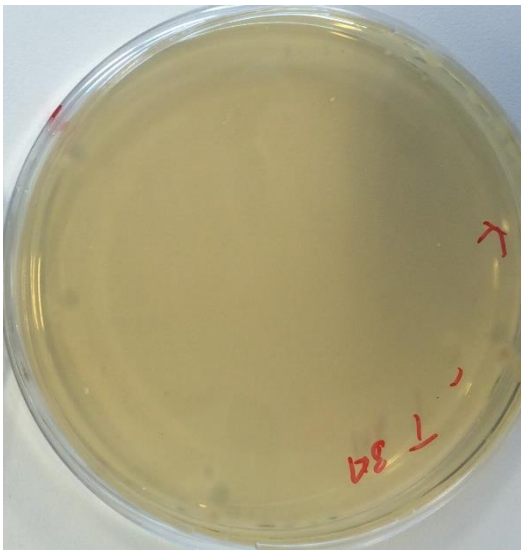


Foto 32: kontrol, TSA

Alternativ anvendelse af tagrør fra nedrevne stråtage

Formål og baggrund

For at øge bæredygtigheden af stråtag er behov for at mindske ressource spild ved nedtage af gamle stråtag ved at forbygge at stråtag afbrændes decentralt gennem bl.a. at mindske omkostninger i forbindelse med bortskaffelse af gammelt stråtag. Dette gøres pt som industriaffald til forbrænding. Som en konsekvens har tækkefirmaet Troels Littau Due har over en årrække udviklet en metode til at efterbearbejde de nedtagne tagrør så denne biobaserede ressource kan udnyttes. Fordelen ved dette er at omkostningerne forbundet med deponi på genbrugsstationer fjernes og samtidig skabes en merværdi i form af energi.

Troels Dues proces består af direkte neddeling af stråtaget på lokaliteten umiddelbart i forbindelse med nedrivning. Dette foretages ved hjælp af en slaglemølle / hammermøller monteret på en trailer, hvilket gør enheden mobil (Fig. 33). Forud for slagledelen er der

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

en indfødningstragt hvorfra tagrøret suges ind til mølledelen som består af en aksen med påmonterede slagler. Disse slagler er bevægelige stykker af hårdt metal, som under holdes udspændt pga. centrifugalkraften. Når tagrøret passerer gennem mølle slår slaglerne rørene i stykker mod møllens vægge, hvorefter det formalede materiale passerer gennem et sold, som sikrer at fraktionsstørrelsen ikke overstiger en valgt øvre grænse. Det neddelte materiale suges fra møllen direkte over i big bags, hvilket gør det enkelt efterfølgende at håndtere og transportere (Fig. 34).

Det er essentielt for den videre proces at dette arbejde gøres umiddelbart efter nedtagning, så der ikke er risiko for fugtopsug i materialet, hvilket har betydning for den efterfølgende presning i briketteppressen.

Det er meget forskelligt hvor fugtigt stråtaget er ved nedtagning. Men ca. 6 cm ind i taget er der fugt og ved en nedslidning til 18 cm tag, giver det 33% af materialet der er fugtigt. Fugten vil varierer meget fra hus til hus, afhængigt af års tid, vind og vejr på nedtagnings dagen (mellem ca. 7-50 %). Erfaring fra Troels Dues proces har vist at et fugtindhold på 15% gør efterfølgende presning i briketpresse problemfri.

Pressen som i dette tilfælde er valgt er en GROSS briketpresse, der er designet til at videre forarbejdning af råmaterialer som f.eks: træ, halm, rapshalm, papir m.m. Briketpressen er i stand til at reducere volumen af materialet med op til 90%. Pressen er sat til at fødes direkte fra en mindre beholder. Råmaterialet bliver sneglet til et pressekammer, hvor der presses faste briketter (Fig. 35 og 36). Briketterne kan efterfølgende afbrændes.

Troels Due ser mulige perspektiver i dette også for andre tækkemænd. Der er potentielt mulighed for forbedringer både i forhold til udstyret og størrelse af dette, men også omkring processerne. Blandt andet vil det være interessant at vurdere om det kan betale sig at investere i et større mølle set-up. Brændværdien er ikke blevet vurderet med standard test med dette kunne være en mulighed for at kunne markedsføre produktet. Der er basis for at udarbejde en forretningsmodel som vil kunne udbredes. I den forbindelse skal evt. udfordringer med afbrænding af produktet vil skulle undersøges i forhold til lovgivning mv.

Foto 33: Hammermølle / slaglemølle monteret på trailer for enkelt transport

Foto 34: Det fraktionerede stråtag opsamles i bigbags og transporteres hjem til briketpressen

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017

Foto 35: GROSS briketpresse

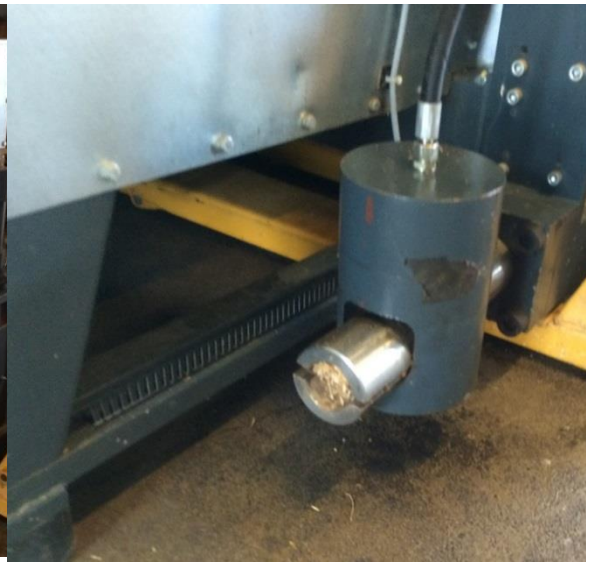


Foto 35 Nærbillede af brikketten når den forlader pressen.

* http://www.novopan.dk/Produktion-124.aspx, d. 2. maj 2017