

Områdesanalys Pappersbaserad Textil

Kerstin Jedvert, Philip Gillgard och Mats Johansson

Chalmers Industriteknik och Texpertis

På uppdrag av Strategiska innovationsprogrammet BioInnovation



Version 1.2

2023-06-22

Klassificering

Öppen



Chalmers Industriteknik

Sven Hultins plats 1
412 58 Göteborg
Certifierade enl. ISO 9001 & 14001

Växel +46(0)31 772 40 20
www.chalmersindustriteknik.se
Org.nr 857204-7713

Executive Summary

Paper-based textiles is an area with a lot of potential. That is the main conclusion from this survey, where opinions from stakeholders from organizations along the whole value chain as well as researchers and designers have been collected. Textile products based on Swedish paper is already a reality where the company Fabric Forest (owned by Svenskt Konstsilke AB) is a leading actor with an initial focus on interior design products (cushion covers, sound adsorbers, rugs and wallpaper). The properties of the materials are competitive, both when it comes to physical/mechanical properties as well as the values on sustainability (CO₂ footprint, water-, chemical- and energy usage, possibilities to recycle at end-of-life, possibilities to use recycled raw materials). Several other applications have also been identified, e.g., clothing, furniture, automotive and technical textiles. Thus, paper-based textiles can be one important material category in a more sustainable and circular future textile industry.

So how come there are not more paper-based textile products on the market?

One of the main challenges is that there are not many industrial actors in the textile sector in Sweden, especially for production of yarn. This limitation makes it difficult to cover a complete value chain locally, and investments might be needed to cover this gap. There is also a huge difference in volumes; the paper producers are producing large amounts and the possibilities to adapt the paper production to smaller (niche) products are slim. Thus, there is an expectation that the textile producers must start with the paper qualities that are already available, while the equipment and infrastructure for textile production is not adapted for these materials.

There is also a catch 22-situation for development of paper-based textiles where the brand owners, material developers and designers are asking for materials and demonstrators in larger scale to evaluate the potential in order to make the necessary investments and efforts on R&D. However, at the same time, the textile producers need more information and data from R&D to know what to produce and how to achieve the desired material properties.

Possible ways forward?

Based on the interviews, survey results, roundtable discussions etc., we have formulated two main ways forward in our conclusions. One part is to acquire even more information and data, e.g., via LCA-analyses and economic feasibility studies (TEA). Such studies are favorably conducted in collaboration between a producer (with knowledge of specific process steps and with access to actual data) together with TEA- and LCA-experts. The knowledge then needs to be disseminated in an effective way.

The second part is to increase collaboration and perform more R&D-projects. There are several interesting research questions to be explored, both on modification and adaptation of paper as well as on the textile processes. One suggestion is that this R&D work is conducted as academic PhD-projects (to eliminate potential IPR-related obstacles), however with industrial actors involved as reference groups or evaluators to secure relevance and facilitate faster industrial implementation.

Sammanfattning

Pappersbaserade textilier är ett område med stor potential. Det är huvudslutsatsen från denna undersökning, där åsikter från intressenter från organisationer längs hela värdekedjan samt forskare och designers har samlats in. Textila produkter baserade på svenskt papper är redan en realitet där företaget Fabric Forest (ägt av Svenskt Konstsilke AB) är en ledande aktör med initialt fokus på inredningsprodukter (kuddfodral, ljudadsorbenter, mattor och tapeter). Materialens egenskaper är konkurrenskraftiga, både när det gäller fysikaliska/mechaniska egenskaper samt värden på hållbarhet (CO₂-avtryck, vatten-, kemikalie- och energianvändning, möjligheter att återvinna, möjligheter att använda återvunna råvaror). Flera andra användningsområden har också identifierats, t.ex. kläder, möbler, applikationer inom fordonsindustri och tekniska textilier. Därmed kan pappersbaserade textilier vara en viktig materialkategori i en mer hållbar och cirkulär framtida textilindustri.

Så hur kommer det sig att det inte finns fler pappersbaserade textilprodukter på marknaden?

En av de största utmaningarna är att det inte finns så många industriella aktörer inom textilsektorn i Sverige, särskilt för produktion av garn. Denna begränsning gör det svårt att täcka en komplett värdekedja lokalt, och investeringar kan behövas för att täcka detta gap. Det är också en enorm skillnad i volymer; pappersproducenterna producerar stora mängder och möjligheterna att anpassa pappersproduktionen till mindre (nisch)produkter är små. Det finns alltså en förväntan om att textilproducenterna måste börja med de papperskvaliteter som redan finns, medan utrustningen och infrastrukturen för textilproduktion inte är anpassad för dessa material.

Det finns också en moment 22-situation för utveckling av pappersbaserade textilier där varumärkesägare, materialutvecklare och designers efterfrågar material och demonstratorer i större skala för att utvärdera potentialen för att göra nödvändiga investeringar och insatser på FoU. Men samtidigt behöver textilproducenterna mer information och data från FoU för att veta vad de ska producera och hur de ska uppnå önskade materialegenskaper.

Möjliga vägar framåt?

Utifrån intervjuerna, enkätresultaten, rundabordssamtal och övriga resultat har vi formulerat två huvudvägar framåt i våra slutsatser. En del är att skaffa ännu mer information och data, t ex via LCA-analyser och ekonomiska förstudier (TEA). Sådana studier genomförs med fördel i samarbete mellan en producent (med kunskap om specifika processteg och med tillgång till faktiska data) tillsammans med TEA- och LCA-expert. Kunskapen behöver då kommuniceras på ett effektivt sätt.

Den andra delen är att öka samarbetet och utföra fler FoU-projekt. Det finns flera intressanta forskningsfrågor att utforska, både kring modifiering och anpassning av papper samt om textila processer. Ett förslag är att detta FoU-arbete bedrivs som akademiska doktorandprojekt (för att eliminera potentiella immateriella rättigheter-relaterade hinder), dock med industriella aktörer involverade som referensgrupper eller utvärderare för att säkerställa relevans och underlätta snabbare industriell implementering.

Innehåll

Executive Summary	2
Sammanfattning	3
1. Introduktion	5
1.1 Övergripande frågeställningar	5
1.2 Metod och avgränsningar	5
1.3 Styrgrupp.....	6
1.4 Värdekedja	6
1.5 Deltagande intressenter samt frågeställningar	7
2. Bakgrund/ State-of-the-art	9
2.1 Traditionella pappersgarner i Japan och Korea	9
2.1.1 Abaca	9
2.1.2 Hanji	11
2.2 Forsknings- och patentläget	12
2.2.1 ENTIS, Skogens Tyg och andra resultat från Sverige	12
2.2.2 Patentsummering.....	13
2.2.3 Elastiska papper och annan närliggande forskning.....	14
2.3 Svenska tillverkare och leverantörer av pappersgarn	15
2.4 Europeiska tillverkare och leverantörer av pappersgarn.....	15
2.5 Hållbarhet – hur står sig pappersgarn jämfört andra alternativ?	17
3. Summering av textiltkniska erfarenheter och förutsättningar	20
3.1 Bakgrund.....	20
3.2 Produktionsförutsättningar	21
4. Sammanställning av intressentdialogerna	23
5. Sammanställning av enkätresultat	25
6. Sammanställning från rundabordssamtal	32
7. Summerande SWOT-analys	35
7.1 Diskussion.....	37
8. Slutsatser	39
9. Referenser	41

1. Introduktion

BioInnovation har identifierat omställningen av textilindustrin från fossilanvändning till ökad användning av biobaserade material på ett resurseffektivt sätt som ett område där det finns ett stort behov av ökad kunskapsutveckling. Som ett led i detta vill BioInnovation öka kunskapen om nuläge och framtida potential gällande pappersbaserad textil genom att identifiera forsknings- och utvecklingsbehov om detta materialslag samt skapa samling av relevanta kompetenser.

BioInnovation lyfter att svensk skogsindustri är en betydande leverantör av textilmassa för våtspinning av regenererad cellulosafiber som viskos och Lyocell men att infrastrukturen för att spinna fibrer inte finns på plats i Sverige. Man ser att större fokusering på kompletta värdekedjor för textiltillverkning behövs för att möta framtidens krav på transparens, cirkularitet och hållbarhet, men också för att upprätthålla materialkunskap i Sverige och skapa ett mått av resiliens i händelse av kris med potentiell brist på textilfiber.

Chalmers industriteknik tillsammans med Texpertis har under januari-juni 2023 utfört en opartisk områdesanalys enligt BioInnovations önskemål.

1.1 Övergripande frågeställningar

Arbetet har fokuserat på att söka svar på följande övergripande frågeställningar:

- Vilka verksamheter och processtekniska enhetsoperationer behöver finnas hos de industriella aktörerna?
- Vilka industriella aktörer står för vilka delar av värdekedjan?
- Vilka är de teknologiska luckorna för att realisera garn och textila produkter?
- Var ligger forskningsfronten idag och vilka är TRL-nivåerna på ännu ej industrialiserad teknik?
- Hur ser patentläget ut?
- Vilken är ett tänkbart materials egenskapsprofil, med och utan förstärkningsfiber, och vilka applikationer kan därmed bli aktuella?
- Hur ser marknaden ut, dvs kundbehov och konkurrenssituation

1.2 Metod och avgränsningar

Arbetet har varit uppdelat i tre arbetspaket. I det första arbetspaketet ingick en övergripande kartläggning av kunskapsläget från vetenskaplig litteratur, tidigare examensarbeten och projekt, artiklar i branschtidningar samt en patentgenomgång. Genom samtal med styrgruppsmedlemmar och projektgruppens nätverk identifierades initiala nyckelaktörer. Huvudparten av arbetet förlades till arbetspaket 2, där fokus låg på intressentdialoger med olika aktörer och organisationer, över hela värdekedjan, och både inom akademi och näringsliv. Under intressentdialogerna

fylldes listan med nyckelaktörer på. Intervjuerna genomfördes under mars-maj 2023. En enkät med relevanta frågeställningar togs fram och distribuerades till nyckelaktörer, framför allt i Sverige men även i Europa. Ett rundabordssamtal hölls med utvalda aktörer inom svensk industri, akademi och institut den 28/4 (2023). Då vi ville ha preliminära enkätresultat att visa på rundabordssamtalet distribuerades enkäten till nyckelaktörer från slutet av mars och löpande (allteftersom kontaktuppgifter till fler relevanta nyckelaktörer togs fram). Vid rundabordssamtalet hade ca 35 svar samlats in och vid skrivandet av denna rapport har vi 49 svar från enkäten. Det tredje arbetspaketet syftade framför allt till att sammanställa samtliga resultat och presentera dessa, både via avslutningsseminarium och i en publik rapport, inkl. en sammanfattande "Executive summary".

Avgränsningen rörde framför allt definitionen av pappersbaserad textil. Utöver pappersgarn gjort av tvinnade pappersremsor valde vi att inkludera även andra, mer direkta, metoder att tillverka textil från cellulosa, exempelvis den teknik Spinnova utvecklat för att ta fram textil från mikrofibrillär cellulosa (MFC). Däremot ingick inte någon av de satsningar som görs inom området regenererad (våtspunnen) cellulosa, såsom alternativ till viskos- och Lyocell-processerna.

1.3 Styrgrupp

Uppdraget har haft en styrgrupp bestående av:

- Sverker Danielsson, BioInnovation
- Lena-Marie Jensen, Science Park Borås
- Carl-Gustaf Salomonsson, Nordic Paper
- Cecilia Tall, RISE

Projektet har haft regelbundna avstämningsmöten med styrgruppen.

1.4 Värdekedja

De olika aktörer som identifierades i projektet som en del av värdekedjan eller relevanta för värdekedjan för pappersbaserad textil illustreras övergripande i Figur 1.



Figur 1. Illustration över relevanta verksamheter och aktörer för värdekedjan kring pappersbaserad textil.

Värdekedjan utgörs av råvarutillverkare (primärt massa- och pappersindustrin och deras leverantörer), vidare till tillverkare av garn och textilier (både traditionella textilier samt tekniska textilier och nonwoven), produkttillverkare och varumärkesägare samt återvinningsaktörer. På en övergripande nivå har dessutom forskningsorganisationer, myndigheter, branschorganisationer och andra intressenter en påverkan på området kring pappersbaserade textilier. I vårt arbete har samtliga typer av aktörer bjudits in till projektets aktiviteter, antingen genom intervjuer, vid rundabordsamtal, eller via enkät.

1.5 Deltagande intressenter samt frågeställningar

Sammanlagt har 27 intressentdialoger hållits, flertalet via Teams-intervjuer.

Namn på organisation	Typ av organisation	Typ av dialog
Nordic Paper	Papperstillverkare	Teams-intervju
Textilhögskolan Borås	Universitet	2 st. Teams-intervjuer
Science Park Borås	FoU	Teams-intervju
RISE	Forskningsinstitut	2 st. Teams-intervjuer
Ahlström	Papperstillverkare	Teams-intervju
SCA	Papperstillverkare	Teams-intervju
AB Svenskt Konstsilke	Garntillverkare	Telefonsamtal
Fabric Forest	Produkttillverkare	Telefonsamtal
FOV Fabrics	Textiltillverkare	Teams-intervju
Imogo	Infärgning	Teams-intervju
Sjuhäradsbygdens färgeri AB	Infärgning	Teams-intervju
Almedahls Kinna AB	Textil	Teams-intervju
Fjällräven International AB	Outdoor	Teams-intervju
IKEA of Sweden AB	Möbler	Teams-intervju

Thule	Produkttillverkare	Teams-intervju
AB Ludvig Svensson	Teknisk textil	Teams-intervju
Fristad Kansas AB	Arbetskläder	Teams-intervju
Houdini	Friluftskläder	Teams-intervju
Organoclick AB	Funktionalisering	Teams-intervju
Södra	Massatillverkare	Teams-intervju
Kinnarps	Möbler	Teams-intervju
Mondi Dynäs	Papperstillverkare	Telefonsamtal
MSB	Myndighet	Teams-intervju
Sporre Studio	Design	Telefonsamtal
Texrep	Tillverkare band/snören	Telefonsamtal

Intervjuerna följde inte ett tydligt schema men generellt behandlades följande frågeställningar:

- Lite korta frågor om respektive organisations verksamhet och intervjupersonen/ernas roll/er. Hållbarhetsutmaningar? Råvarubrist/närhet till råvara/efterfrågan från kunder? Kan det vara relevant/användbart med pappersbaserad textil?
- Vad har du för egen erfarenhet/kompetens kring pappersbaserad textil? Kunskapsläget? Processtekniskt, egenskapsmässigt? (Riktade frågor beroende på typ av aktör, exempel för papperstillverkare: vilken papperstyp är lämplig?).
- Finns det intresse? Vilka fördelar skulle det innebära att ta fram/utveckla produkter baserade på pappersbaserad textil? Nya produktsegment?
- Drömscenario. Vilka egenskaper vill man se hos materialet? Vilka krav skulle materialet behöva uppfylla? (Kopplat till marknad/applikation). Kundbehov.
- Vilka utmaningar/hinder ser du med pappersbaserad textil?
- Visa TRL-skala – var skulle ni placera området?
- Vilka aktörer (uppströms- och nedströms i värdekedjan, samt stödfunktioner innovationsfunktioner, finansiering etc.) tror du behöver samverka/komma på plats för att få området att komma framåt? Både tekniskt, policyfrågor etc. Konkurrenssituation?
- Vilka tycker ni att vi ska intervjua ytterligare?

2. Bakgrund/ State-of-the-art

2.1 Traditionella pappersgarner i Japan och Korea

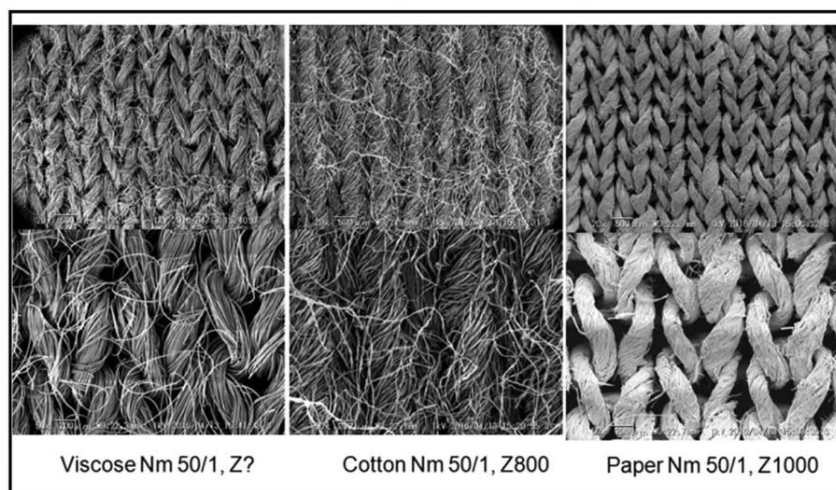
Både Japan och Korea har en lång tradition av att använda en mängd olika växtfibrer för att göra specialpapper och pappersgarner. Abaca, eller manillahampa som den också kallas, är populär som råmaterial i hela Asien, men även andra växtfibrer såsom mullbärsträd (till Hanji-garn i Korea och till Washipapper i Japan), mitsumata och gampi används också.

Handgjorda papper (Washi) har använts i Japan till att tillverka traditionella textilier, s.k. shifu. Hantverket kring shifu har utvecklats från det traditionella och de som arbetar med det idag vill snarare visa på materialets särskilda karaktär, i kombination med att bevara japansk kulturhistoria (Hubbe och Bowden, 2009, Karuno, 2016, Tsunagu, 2020).

2.1.1 Abaca

Abaca tillhör bananväxterna (*Musa textilis*) och odlas framför allt på Filippinerna och i Ecuador. Det tar ungefär två år för växten att nå rätt mognadsgrad och den är mellan fem och sex meter hög och ca 20–40 cm bred när den skördas. När växten huggits ner avlägsnas bladen från stammen som därefter rivs fiber för fiber för att sedan transporteras bort för torkning. Abaca är en mycket stark naturfiber tack vare sina långa fiberlängder och används därför gärna som råmaterial för rep, fiberhantverk och för att göra massa som sedan kan användas till specialpappersprodukter som säkerhetspapper (t.ex. sedlar), tepåsar, korvskinn, nonwoven och cigarettpapper (Vijayalakshmi et al., 2014). Abaca har också en blomstrande nischmarknad när det kommer till textila applikationer, såsom kläder, gardiner, skärmar och möbler. Även fiberhantverksprodukter som mattor, dörmattor, hattar, grytunderlägg, väskor etc. är efterfrågade på marknaden. Abacafibern kan också användas som ett lättviktsalternativ till glasfiber som styrkebärande komponent i kompositmaterial till exempelvis bilindustrin (Riyadi, 2019; Punyamurthy et al., 2017).

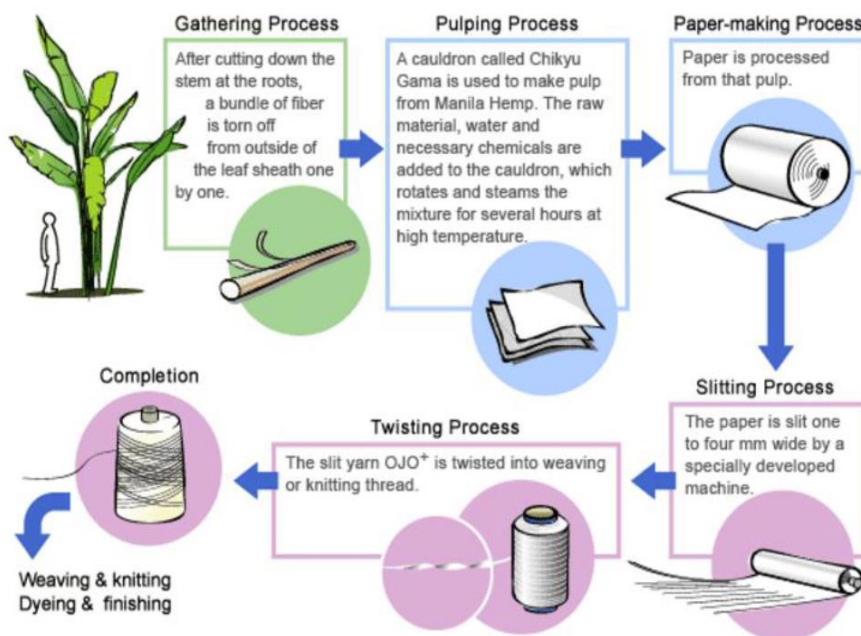
Abaca är populärt som textil för sitt utseende, draperbarhet och känsla, och även för sin slittålighet. Abacafibern är naturligt gräddvit till färgen och kan blekas eller färgas för att uppnå olika nyanser. Garn gjort från Abaca blir styvt, strävt och till viss del även skört, vilket ibland kan försvåra textila processer, såsom stickning. Det verkar dock gå att på olika sätt anpassa garnmaskiner till att få det att fungera bra för Abacagarn, t.ex. genom att kombinera med ett syntetgarn (Sinon, 2015). Materialet mjuknar även under användning och efter tvätt. I en svensk studie studerades egenskaper från textil från Abaca och jämfördes med bomull, viskos och polyester (Peterson et al, 2021). Pappersgarnen uppvisade låg krympning och blev inte noppriga, vilket är utmärkta egenskaper för användning inom textil- och konfektionsindustrin, se Figur 2. Däremot var det svårt att sticka på grund av hög styvhet och att garnet är hårt/strävt, vilket identifierades som en utmaning som behöver lösas för att kunna bredda tillämpning av pappersgarn i textilindustrin.



Figur 2. Elektronmikroskopbilder (SEM) av framsidan av stickade prover av (från vänster): viskos, bomull, papper. (Peterson et al., 2021)

Att det traditionella hantverket med Abacafiber tas tillvara och hittar nya användningsområden, och kombineras med t.ex. design och hållbarhetsfrågor som är av intresse för yngre generationer, exemplifieras i satsningar såsom den som beskrivs av Sandhiasti och Sakina (2021), där tillverkning av produkter av Abacagarn från Indonesien beskrivs.

I Sverige har några studier genomförts på japanska abacagarn, där man även samarbetat med företag i Japan. I kandidatuppsatsen "Triå av pappersgarn" (Eckard och Hjålm, 2015) beskrivs hur det kan vara svårt att bearbeta pappersgarnet textilt, specifikt i denna studie att sticka tyg i stickmaskinen. Det gick sönder och blev brott, vilket eventuellt kan undvikas genom att behandla garnet med paraffin, fukt eller olja. De beskriver också diskussioner de haft med det japanska företaget och att det verkar vara vanligt att blanda pappersgarnet med andra material, såsom bomull och viskos, för att uppnå en mjukare slutprodukt. I jämförelserna av egenskaper av pappersgarnet med referensprov av bomull ("gossypium"), viskos och polyester var pappersgarnet styvare än de andra materialen. Som stickad vara visar pappersgarnerna goda egenskaper och det påvisades inte någon större krympning eller töjning. Pappersgarn visade heller inga tecken på noppbildning och hade en god färghärdighet efter att materialet har färgats enligt konventionell metod för cellulosabaserade material.



Figur 3. Tillverkning av Ojo-pappersgarn, <https://www.ojifiber.co.jp/>

2.1.2 Hanji

Hanji-garner är traditionella koreanska garner som tillverkas från Hanji-papper, vilket är en sorts handgjort papper från innerbarken av mullbärsträdet. Hanji-papper har tillverkats i Korea i mer än tusen år och är känt för hög kvalitet, tålighet och rivstyrka, egenskaper som förs vidare även till Hanji-garnerna (Park och Lee, 2013). För att göra Hanji-garn tvinnas eller snurras remsor av Hanji-papper till trådar. De resulterande garnerna blir starka, lätta och flexibla, med en struktur som liknar linne eller bomull. Hanji-garn kan användas till en mängd olika textilier, inklusive kläder, accessoarer och heminredningsartiklar. Utöver styrkan på Hanji-garn är det också populärt för sitt utseende, där fibrerna i Hanji-papper har en unik struktur och lyster, och garnet som produceras av det har en mjuk och naturlig känsla. Hanji-garn finns i en rad naturliga färger, från gräddvit till beige till ljusbrunt, och de kan också färgas för att skapa en mängd olika nyanser.

Precis som för Abaca har ett ökat intresse för hållbarhet och naturliga material gett de traditionella Hanji-garnerna ny uppmärksamhet och ökad tillväxt och det blir därför också ett intressant material för forskare, designers och produkttillverkare (Lee och Sanders, 2016). Det finns en del nyare studier där man mätt upp egenskaper på de tillverkade garnerna. I Park och Lee (2013) tillverkades Hanji-garn från Hanji-papper som skurits upp i remsor med en bredd på 5-10 mm. För att få till en enhetlig tvinning av garnet designades ett vattenförsörjningssystem vid tvinningszonen och resultaten visade att Hanji-garnet som tillverkades med vattensystemet hade högre dragstyrka och mjukare känsla än garnet som tillverkades utan. Materialen uppvisade utmärkt fuktkontroll, luftgenomsläpplighet, färgbeständighet och absorptionsförmåga och var samtidigt behagligt vid beröring. En annan studie fokuserade på utveckling av denimtyger baserade på Hanji-garn (Park och Kim, 2018).

Det finns flera tillverkare av Hanji-garn, t.ex. Ssang-Young, Oh-Sung och Sung-Sil som ligger i Jeolla-provinsen i Korea, som är centrum för Hanji-produktionen. Ssang-Young tillverkar produkter inom sportkläder, underkläder, spädbarnskläder, slipsar, halsdukar, strumpor och sängkläder för sina egna märken och OEM-kontrakt (Original Equipment Manufacturer) med klädmärken inklusive sportklädesföretag som The North Face, Millet och Fila (Lee och Sanders, 2016). Ssang-Young har två globala hållbarhetscertifieringar: ISO 9001:2008 (Quality Management) och ISO 14001:2004 (Environmental Management Systems). Sung-Sil är specialiserade på funktionell sockproduktion och Oh-Sung producerar kläder för sportkläder (t.ex. Kolon Outdoor) och underklädesföretag som Wacoal Lingerie.

2.2 Forsknings- och patentläget

Utöver de studier som gjorts i närtid på Abaca och Hanji och ett antal framför allt japanska patent på detsamma är det ganska svårt att hitta studier och patent som fokuserar på utveckling av den typ av pappersgarn som baseras på tvinnade pappersremsor. Att döma av svaren vi fick från European Technology Platform for the Future of Textiles and Clothing (Textile ETP) verkar detta inte heller vara ett välkänt område när det kommer till europeiska textilsatsningar. Vår bedömning är därför att detta i mångt och mycket är ett utforskat område. Det finns dock en hel del resultat från tidigare svenska forskningsprojekt (ENTIS - Etablera närodlat textil i Sverige, och efterföljande Skogens Tyg) samt examensarbeten på Textilhögskolan i Borås. Det finns också en del intressant forskning när det kommer till närliggande forskningsområden, såsom t.ex. elastiska papper, nonwoven, blandmaterial av cellulosa och exempelvis biopolymeren PLA (polymjölksyra), som skulle kunna bidra till utveckling även av pappersbaserad textil.

2.2.1 ENTIS, Skogens Tyg och andra resultat från Sverige

Under perioden 2015 – 2022 genomfördes ett antal projekt i Sverige med utgångspunkt från svensk skogsråvara med inriktning mot textil. Här följer en kort redogörelse för innehållet med utgångspunkt från papper (inte framtagning av dissolvingmassa och regenererade fibermaterial).

Projektet ENTIS (2015-2018) innehöll två arbetspaket kopplade till pappersbaserad textil. Det ena med utgångspunkten "Textil-lika material från pappersmaskinen" som följaktligen utgick ifrån att använda papper/nonwoven-material i textila applikationer. Här finns också studier med liknande inriktning genomförda under projektet Mistra Future Fashion (Wennberg och Östlund, 2019). I arbetspaketet "Design för återvinning" fanns en mer konventionell textil inriktning med tillverkning av garn som sedan kan vävas eller stickas till tyg. Arbetet hade huvudinriktning mot möbler och att hitta förutsättningar för monomaterialkonstruktioner dvs. alla delar består av trä och/eller papper. Garner togs fram genom att man skar papper i smala remsor som sedan stickades till tyg för klädsel av möbler/inredning, under arbetet användes dessa tyger till att också tillverka en klänning som skapade stort intresse (Schubert, 2018).

I projektet "Tillverkning av kortfibergarn, Steg 1" (2018) fortsatte man utforska möjligheterna till garnproduktion av papper, i tre olika anläggningar tillverkades garner som också funktionaliserades genom kemiska processer för att få ökad styrka och elasticitet. Resultaten var lovande och ett större projekt "Skogens tyg" (2018-2022) genomfördes med en bredare inriktning, dels att utvärdera de kemiska processerna och dels att genom traditionell textiltillverkning tillverka och utvärdera prototyper med olika behovsägare och därmed olika kravställningar.

I Skogens tyg var utgångspunkten en kommersiellt tillgänglig papperstyp som behandlades i olika steg för förbättrade egenskaper, förutom styrka och elasticitet var produktionsbarhet på konventionella textilmaskiner en viktig parameter. Den kemiska behandlingen av papperet gav inte önskade förbättringar men behandlingar av garn/tyg som genomfördes för att möjliggöra produktionen på textilmaskinerna gav lovande resultat. De framgångsrika resultaten med att förbättra stickbarheten av pappersgarn presenterades i en studie som nyligen publicerades (Syrén et al., 2021). Sex olika ytbehandlingar undersöktes (tre olika silikonbaserade, vax, glycerol och tvål) och därefter utvärderades friktionskoefficient, dragprovning och stickning. Resultaten visade att stickbarheten blev bättre för garn med lägre friktionskoefficienter och kunde även förbättras genom att spraya med vanligt vatten. Dragegenskaperna hos garnen försämrades dock av behandlingarna. De silikonbaserade och glycerolbehandlade garnerna visade förbättrad stickbarhet och glycerolbehandlingen ledde till fler utstickande fibrer jämfört med de andra behandlingarna. Samtliga ytbehandlingar gjorde att de stickade materialen upplevdes som mjukare/mindre sträva.

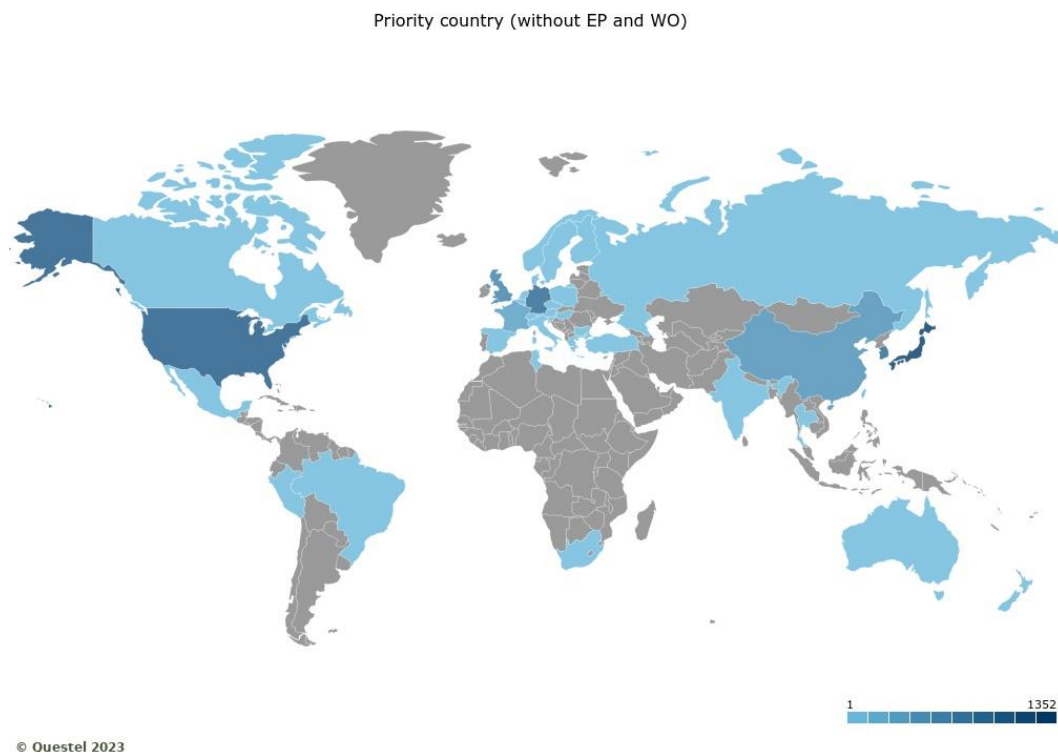
I Skogens tyg-projektet producerades även mindre mängder tyg i industriell skala och användes till olika produktprototyper. Generellt var en feedback på material och produkter att de fortsatt var relativt styva, sträva och glesa med de begränsade designmöjligheter som följer med det. Tekniskt praktiskt leder det till frågor som behöver utredas eller utvecklas vidare (se kommande kapitel om tekniska förutsättningar).

I en annan nyligen publicerad studie visades att kombinationen av pappersgarn (i det fallet ett pappersgarn från Mimcord, Spanien) tvinnat med olika antal garnsnodd av viskosgarn (hampaviskos) resulterade i trikå som hade en mjukare känsla och högre styrka vid dragprovning jämfört med endast papper (Gakic och Adelsten, 2022). Kombinationen av pappersgarn och viskos innebär att blandgarnet ändå enbart innehåller cellulosa, vilket kan antas underlätta en eventuell återvinningsprocess.

2.2.2 Patentsummering

En patentsökning har gjorts i databasen Orbit Intelligence. Resultaten som presenteras nedan är från en nyckelordssökning där det söktes på paper* precis före (utan ord emellan, för att inte få med dokument där det finns ett "och" eller "eller" emellan men man får fortfarande med dokument där det finns ett ", " mellan orden) synonymer för textil. Denna sökning resulterade i ca. 6200 patentfamiljer. Dessvärre så är de flesta av dessa dokument inte relevanta för denna rapport. Det bedömdes

ändå att vara av intresse att presentera resultatet här. Det man också ska ha i åtanke när man tittar på resultaten är att patentansökningar som är yngre än 18 månader inte är publika och att det dessutom kan finnas viss eftersläpning i uppdateringen av databasen.



Figur 4. I vilket land som man först ansöker om patent (priority contry, ofta”hemmamarknaden”)



Figur 5. Nyckelord/koncept som ofta förekommer. Ju större orden är, desto mer ”relevanta”, dvs desto oftare är de omnämnda.

2.2.3 Elastiska papper och annan närliggande forskning

Värt att notera är det på senare år, mycket tack vare de nya direktiven som förbjuder engångsartiklar av plast (SUP-direktivet), har gjorts banbrytande forskning när det kommer till egenskaper hos papper- och cellulosa-baserade material. Flera artiklar beskriver hur det nu går att tillverka elastiska papper med så mycket som 20%

stretch, och att den elastiska polymer som tillsatts också är biobaserad (FPInnovations, 2021, Fisher International, 2023). Ett annat exempel är GruppoX som till och med lyckats utveckla ett elastiskt papper som är 100% cellulosebaserat i och med sin patenterade Papermorphosis®-teknologi (Rushton, 2017). Dessa resultat borde sannolikt även komma till nytta vid fortsatt utveckling av pappersbaserad textil

Naturfiber kan vara intressant som styrkebärande komponent i kompositmaterial, vilket t.ex. har undersökts för jute och bananfiber (Sharavanan et al., 2018). Liknande användningsområden skulle eventuellt vara relevant även för pappersgarn.

2.3 Svenska tillverkare och leverantörer av pappersgarn

I Sverige är det framför allt Svenskt Konstsilke AB (SKS) och deras dotterbolag Fabric Forest som har tagit vidare forskningsidéer kring pappersgarn och lagt tid och resurser på att utveckla och kommersialisera produkter baserade på pappersgarn. På deras hemsida går att läsa "Fabric Forest är en del av Svenskt Konstsilke AB (SKS), som har producerat garn och textil från skogsmaterial i över 100 år. I årtionden har SKS använt träprodukter för att göra allt från glänsande aftonklänningar till däckarmeringsfibrer. Nu har vi, tillsammans med SKS, utvecklat ett nytt och mer miljövänligt sätt att producera tråd och tyg av pappersfiber från svenska träd. Men vi nöjer oss inte där – vi vill erbjuda marknaden ett hållbart inredningskoncept. Därför har vi tagit vår materialinnovation ett steg längre och skapat olika inredningsprodukter av det förnybara textilmaterialet." Deras satsningar har uppmärksammats i t.ex. Borås Tidning (Sjödin, 2021).

2.4 Europeiska tillverkare och leverantörer av pappersgarn

Mimcord är en papperssnöre- och garntillverkare i nordöstra Spanien. Det huvudsakliga användningsområdet är för handtag till shoppingväskor eller shoppingpåsar. Andra applikationer/marknader inkluderar elkablar, ljusvekar, möbler, tatamis och mattor. Papperssnörena finns i olika diametrar och färger och materialen kan vara både FSC- och PEFC-märkta eller vara baserade på återvunnet papper.



Figur 6. Dekorativt pappersgarn från Mimcord, (<https://mimcord.com/categoria/paper-yarns>).

Woodnotes är ett finskt designföretag som designar och tillverkar produkter och koncept inspirerade av pappersgarn. Företaget grundades 1987 av textildesignern Ritva Puotila och hennes son Mikko Puotila. Woodnotes är det första företaget i världen som använder pappersgarn på ett modernt sätt i funktionella textilier. Ritva Puotila ville använda pappersgarn på grund av dess egenskaper – för att få ut det mesta av dess unika egenskaper, inte som ett substitut för andra material.

Woodnotes-kollektionen, som har utökats under åren från mattor gjorda av pappersgarn till ett heltäckande koncept, utökas varje år med nya, innovativa produkter. Woodnotes produkter är kända över hela världen för sin design och kvalitet. Företaget exporterar för närvarande 70% av sin produktion till över 40 länder. Woodnotes produkter säljs hos exklusiva inrednings- och designåterförsäljare.



Figur 7. Prototyp från Woodnotes (Fin) utställd i Smart Textiles showroom i Borås.

Fueser (Fuesers Garne GmbH) är en tysk garntillverkare/återförsäljare som har funnits i Düsseldorf sedan 1993. Företaget följer med i trender och har ett stort utbud av garner (mer än 1000 artiklar i sortimentet). Företaget erbjuder bl.a. Corneta metallgarner och kan erbjuda kunder hjälp med produktutveckling och innovativa specialgarner.

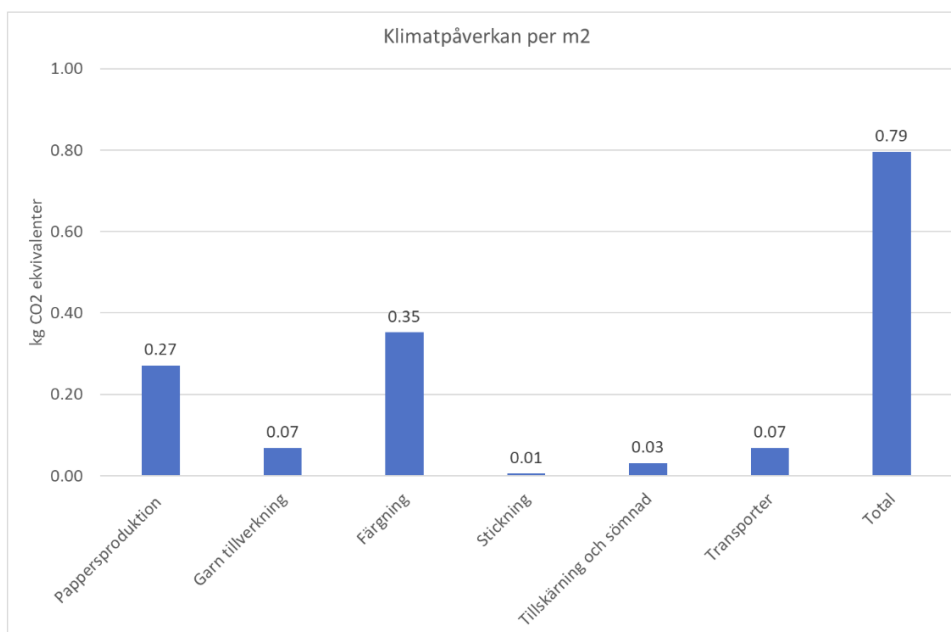
Spinnova är ett finskt företag som utvecklar ett textilmaterial baserat på massafibrer genom en mekanisk process (Salmela et al., 2017). Idén kom från en forskare på forskningsinstitutet VTT som insåg att cellulosa skulle kunna behandlas på likartat sätt som spindelsilke gör i naturen. Bolaget bildades 2015 och efter forskning och utveckling i laboratorieskala skalades tekniken upp till en kontinuerlig pilotskala som färdigställdes i slutet av 2018. Produktionen håller i nuläget på att skalas upp ytterligare, tillsammans med partnern Suzano, i Jyväskylä, Finland.

Det finns med stor sannolikhet fler distributörer och ev. även tillverkare i Europa, ovanstående företag kan därmed betraktas mer som ett axplock snarare än en komplett lista.

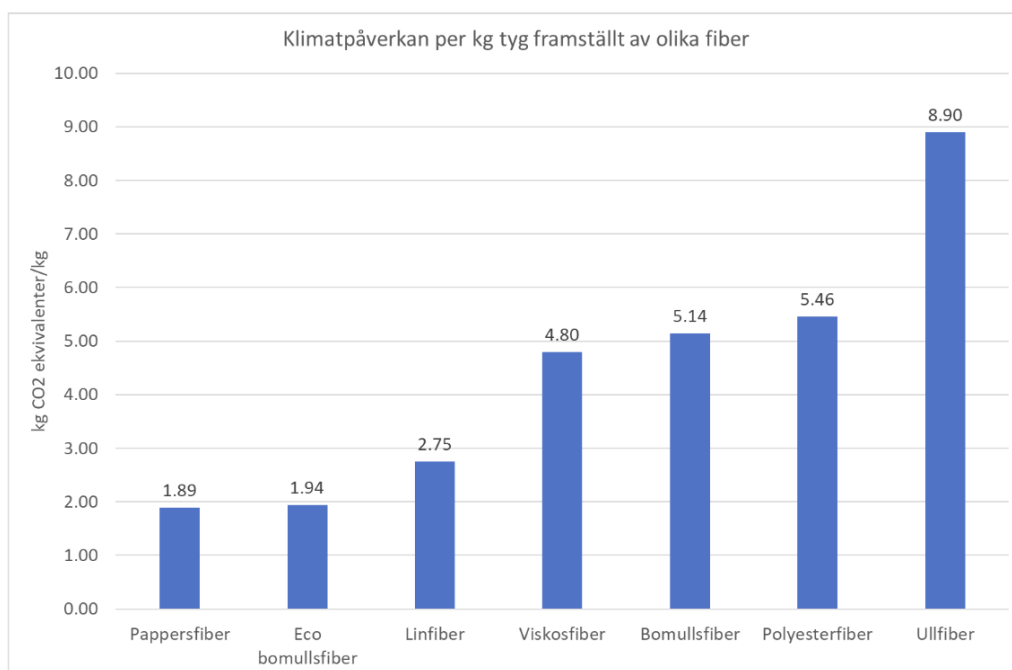
2.5 Hållbarhet – hur står sig pappersgarn jämfört andra alternativ?

I studien "Livscykelanalys av Papperstextil" (Lindholm et al., 2020) gjordes en livscykelanalys (LCA) som innefattade tillverkning av papperstextil från "vagga till grind", det vill säga från produktion av papper från svensk skogsråvara till färdig textil. Den funktionella enheten för studien sattes till 1 m² producerad papperstextil, men för jämförelse med andra fibertyper användes 1 kg tyg som funktionell jämförelse. Resultatet från studien presenterades med avseende på klimatpåverkan, försurning, övergödning, fotokemisk ozonbildningspotential, vattenanvändning, landanvändning, ekotoxicitet, humantoxicitet (cancer) och humantoxicitet (non-cancer). Papperstextil jämfördes med textil från 100% bomull, 100% organisk bomull, 100% polyester, 100% viskos, 100% ull och 100% lin.

Resultaten visade att för produktion av papperstextil så står pappersproduktionen och infärgningen för en stor del av den totala klimatpåverkan. Det beror främst på energianvändningen och produktion av elektricitet och andra energibärare som används i processerna, t.ex. produktion av biobränsle som används för uppvärmning av färgningsbad. Den totala klimatpåverkan för tillverkning av papperstextil beräknades till 0,8 kg CO₂ -ekvivalenter per m² papperstextil. Känslighetsanalysen visade också att vilken typ av elmix som används till garntillverkningen har en stor påverkan på det totala koldioxidbidraget.



Figur 8. Klimatpåverkan för papperstextil fördelat på olika tillverkningssteg och uttryckt i kg CO₂-ekvivalenter per m² tyg (Lindholm et al., 2020).



Figur 9. Jämförelse av klimatpåverkan mellan tyg tillverkat från pappersfiber och övriga fibertyper uttryckt i CO₂-ekvivalenter per kg råvara. Data för samtliga fibertyper förutom pappersfiber togs från litteraturvärden och representerar typvärden för fiberslaget, (Lindholm et al., 2020).

Det är viktigt att komma ihåg att ovanstående jämförelse inte tar hänsyn till kvalitet eller livslängd för produkterna som kan tillverkas av fiberråvarorna. Detta innebär att en jämförelse mellan fiber och en färdig textils hela livscykel skulle kunna innebära väsentligt annorlunda resultat och slutsatser när det gäller potentiell miljöpåverkan.

I kandidatuppsatsen "Är papperstextil vår framtid" (Bergh-Gustafsson et al., 2017) jämförs bomull med lyocell samt pappersgarn (abaca). Deras resultat indikerar på att

de initiala stegen i förädlingsprocessen i tillverkningen av pappersgarn har en mindre negativ miljöpåverkan än bomull och lyocell. Papperstextil kan utifrån denna studie vara ett komplement till de konventionella materialen. Med miljöpåverkan i denna studie menas energiförbrukning, klimatpåverkan, konstgödsling, övergödning, vattenförbrukning samt landanvändning från odling av fiber till framställning av garn, se även nedanstående tabell där de olika kategorierna av miljöpåverkan jämförs mellan de olika fiberslagen, se Figur 10. Vattenförbrukningen för papper står som 0 i tabellen, vilket man kan ifrågasätta. Mängden vatten som behövs är dock förmodligen låg och det finns utbyggda system för hanteringen av processvatten, se exempelvis pågående områdesanalys "Hållbar hantering av processvatten" (<https://www.bioinnovation.se/projekt/omradesanalys-processvatten/>).

Miljöpåverkan	Enhet	Bomull	Lyocell	Papper
Energianvändning	MJ/kg	50,698 MJ	119 MJ (Varav 47,6 MJ för lyocellprocessen)	3,332 MJ (varav 3,26 MJ från fiber till papper)
Klimatpåverkan	CO ₂ -eq/kg	3,474 CO ₂ -eq	0,705 CO ₂ -eq	0,4627 CO ₂ -eq
Konstgödsel:				
Kväve	kg/ha/ N	66,14 kg/ha/N	25 kg/ha/N	0,5 kg/ha/N
Fosfor	kg/ha P	12,44 kg/ha/P	17 kg kg/ha/ P	0,1 kg/ha/ P
Kalium	kg/ha K	11,15 kg/ha/K	Data saknas	5,4 kg/ha/ K
Övergödning	PO ₄ -eq	0,002 PO ₄ -eq	13,85 PO ₄ -eq	Data saknas
Vattenanvändning	m ³	6,977 m ³	0,56 m ³	0
Landanvändning	kg/ha/år	723,2 kg/ha/år	5498,5 kg/ha/år	1200 kg/ha/år

Figur 10. Tabell med jämförande värden på olika typer av miljöpåverkan vid fiberframställning av bomull, lyocell och papper (Bergh-Gustafsson et al., 2017).

Närliggande forskning har också gjorts på textila papper där textilrester (ludd) från mekanisk återvinning av textil användes som sekundär råvara till nya material, bl.a. textilt papper till bärkassar/förpackningar (Ashok, 2017). Deras LCA visade på att de textila pappren hade lägre koldioxidavtryck jämfört med både jungfruligt papper och återvunnet papper, och de avgörande parametrarna var energin som går åt under papperstillverkning samt användningen av lim och tryckfärg när pappret omvandlades till papperskasse/förpackning.

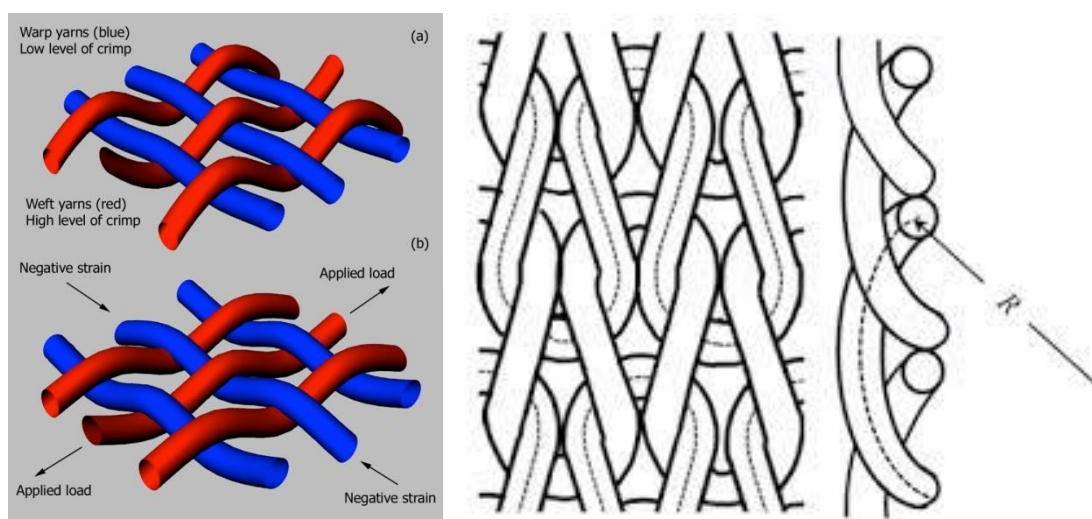
3. Summering av textiltekniska erfarenheter och förutsättningar

3.1 Bakgrund

Styrka-töjning-elasticitet, monofilament-multifilament-stapelfiber, invävning-maskbildning

Baserat på de projekt som genomförts och den omvärldsanalys som finns är merparten av alla projekt gällande pappersbaserad textil baserade på papper skuret i remsor som sedan kan tvinnas till ett garn (undantaget Spinnova). Ett genomgående utfall är att materialen blir styva, sträva och glesa i många konstruktioner, vilket begränsar möjliga användningsområden.

En egenskap som skiljer dessa papperstextiler från många andra textila material är att basen då är monofiltråd till skillnad från multifilament eller stapelfibrer i andra vanliga textila konstruktioner. Garnets styrka är då direkt relaterat till papperets styrka och elasticitet där styrkan generellt inte är ett problem utan att det är "svaga punkter" i papperet som vid smala remsor ger svaga ställen i garnet, det är alltså snarare papperets homogenitet än dess generella dragstyrka som är viktigt för garnets styrka. Den generella dragstyrkan på råmaterialet är definitivt hög nog för användning i konventionella textilmaskiner det är snarare lägstanivån som behöver höjas. Papper har jämfört med vanliga textila material låg töjbarhet och återhämtning (elasticitet), där dessa egenskaper i vanlig textil erhålls genom samverkan mellan de i garnet/tyget ingående delarna (läs filament, fibrer, garner) är de i ett monofilmaterial helt beroende på råmaterialets inneboende egenskaper. Vid vävning och stickning läggs fibrerna i en 3-dimensionell struktur som ställer höga krav på följsamhet och där krökning i flera dimensioner ger behov av flexibilitet (töjning i en del och kompression i en del av samma tråd, se Figur 11).



Figur 11. Till vänster: 3D struktur i vävd tvåskaft. Till höger: 3D-maskstruktur i enkel väftrikå.

Om garnet är för styvt påverkas möjligheten att böja tråden i en väv eller trikåkonstruktion och det går då inte att packa ihop trådarna till en tät konstruktion.

Detta leder också till att den slutgiltiga varan blir styv och tappar draperingsförmåga, den kan upplevas som både styv och sträv.

3.2 Produktionsförutsättningar

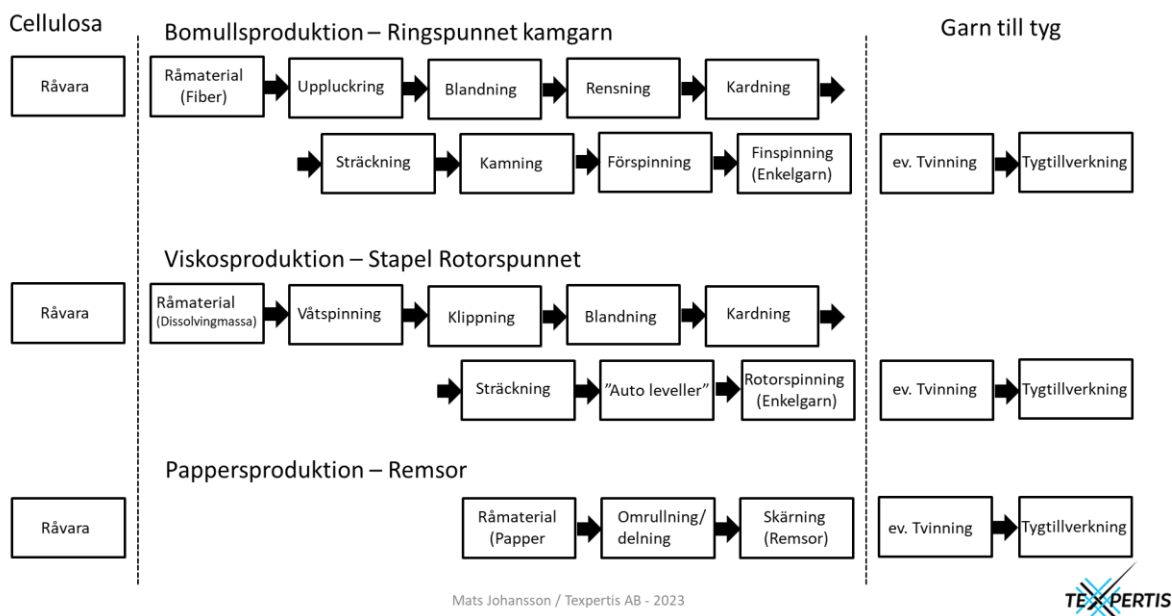
Väv-trikå, Färg och beredning

Erfarenheterna ifrån genomförda projekt kan kortfattat summeras såhär: Garn av skurna remsor fungerar att både väva och sticka med, både med garn i form av plana och tvinnade remsor. I de svenska projekten har man genomgående använt tvinnade remsor (i litteraturen finns exempel på försök till produktutveckling med plana remsor) och det har eftersträvat så tunt papper och så smala remsor som möjligt för att erhålla ett runt tvärsnitt med så liten diameter som möjligt på garnet. Diameter och garnets styvhet har betydelse vid vävning där det påverkar konstruktionsmöjligheterna såsom valet av bindning och varans trådtäthet. För trikå blir det direkt relaterat till storleken på nålarna (att garnet fysiskt får plats) men även här begränsas valmöjligheterna gällande täthet och bindning.

En tanke som uppkommit under arbetet är hur processflödet ser ut för pappersbaserad textil jämfört andra cellulosa-material (t.ex. bomull och viskos). I en generaliserad och lätt förenklad bild (Figur 12) över flödena för bomull och viskos, där bomull representeras av den längre produktionskedjan för ringspinning (bomullsgarn kan också tillverkas enligt det kortare flödet för rotor/open end/air-jet spinning) blir det tydligt att det är färre steg för tillverkning av ett pappersgarn. I bilden är steget till vänster samma för alla materialen och får representera odlingen av bomull eller användningen av skogsråvara. Stegen till höger representerar också gemensamma processer (och maskiner) där tvinning utförs vid behov och efterföljs av produktion till väv och/eller trikå. Delen i mitten (mellan de streckade linjerna) representerar de delar som inte är gemensamma utan till stor del kräver sina egna maskiner och processparametrar. I och med att pappersgarnet inte har något behov av den klassiska textila infrastrukturen med kardning- och spinnings-utrustning finns potentiellt möjligheter till en snabbare uppstartsfas (färre/mindre investeringar) och en mer resurseffektiv produktion?

Eftersom papper och textila fibermaterial har mycket olika mekaniska egenskaper och därmed kräver olika hantering (ex. banstyrning på maskiner) så öppnar det för ytterligare en fråga; Är mittendelen i exemplet för tillverkning av pappersgarn närmare pappersindustriernas normala produktionsprocesser och därmed lämpligare att ligga som en förlängning av pappersindustrin snarare än som de första stegen hos textilindustrin? Eller finns det potentiellt andra aktörer/konverterare som skulle kunna fylla detta gap (såsom tillverkare av presentsnören etc.)?

Förenklat exempel på processflöden för olika cellulosebaserade råvaror.



Figur 12. Generaliserad bild över processflöden för olika cellulosebaserade råvaror till textil.

De testade papperstextilerna har bra förutsättningar för våta processer såsom tvättning och färgning. Färgning med konventionella maskiner i industriell skala har genomförts med gott resultat på både garn och tyg. Behandlingar med olika kemikalier och med rent vatten för att minska friktionen på garnet och/eller för att uppnå bättre mjukhet för att möjliggöra industriell produktion är metoder som påbörjats och visat sig vara effektiva för produktiviteten och att därmed både få upp produktionshastigheten och minimera fel och ojämnheter i det färdiga tyget.

Försöken med funktionalisering och färgning visar att konventionell kemi för cellulosebaserade fiberslag fungerar även på papper om än med viss anpassning gällande processförhållanden (som t.ex. pH). Under området beredning finns ytterligare ett urval av möjliga kemiska och mekaniska behandlingar som skulle kunna användas för att förändra/förbättra papperstextilens egenskaper, här finns i princip inga försök eller resultat dokumenterat i tidigare projekt eller i de artiklar och patent som redovisas.

4. Sammanställning av intressentdialogerna

Under mars till maj 2023 genomfördes 27 intressentdialoger, de flesta genom Teams-intervjuer på ca. 45-60 min.

Det genomgående intrycket från intervjuerna är att det finns ett stort intresse i alla delar av värdekedjan när det gäller utveckling av nya biobaserade material och textilier. "Marknaden går tillbaka mot mer naturmaterial" var något som flera i framför allt de senare delarna av värdekedjan konstaterade. Man ser generellt stor potential för ett material baserat på papper/cellulosa och man vill gärna kunna ersätta fossilbaserade material men även andra material med höga CO₂-avtryck (t.ex. djurbaserade såsom läder eller fjädrar). Även på förpackningssidan ser många aktörer möjligheter att göra materialflyttningar. Materialen behöver dock kunna ge produkterna önskad funktion och de behöver kunna möta de marknadskrav och specifikationer som finns för resp. produktkategori, såsom dimensionsstabilitet, färgbeständighet, tvättbarhet och motståndskraft mot t.ex. mögel. Flera aktörer konstaterade även att det inte går att bara komma med svepande hållbarhetsskäl utan det måste finnas konkreta data på att materialen är bättre ur hållbarhetssynpunkt, både vad gäller koldioxidavtryck, kemikalier, transporter, vatten- och energiåtgång. Hållbarhet eller närodlat/närproducerat räcker heller inte enbart som argument för att locka konsumenter utan om kunderna ska förstå att en vara är bättre så måste det kommuniceras väldigt tydligt och det behöver finnas en USP ("unique selling point"), "inte bara en till vit gardin". Det kom också upp ett exempel på hur hållbarhetssatsningar t.o.m. kan ge bakslag, som när Fjällräven tog fram sin skogsbaserade Kånken i ett läge när svensk skogsindustri befann sig under hård kritik för sina skogsbruksmetoder. Det var då många konsumenter som var kritiska och kampanjen blev benämnd som "greenwashing". Många av de intervjuade är även luttrade från andra projekt och manar till att tänka efter före, bl.a. genom att se till att få med affären/möjligheten till att kommersialisera produkter tidigt, gärna genom att ha samverkansprojekt där hela värdekedjan är representerad så att man säkerställer att det finns ett behov och en efterfrågan på det man tar fram. Att inkludera designers och slutanvändarperspektiv ses också som en fördel. När det gäller att ta fram vissa produkter så kanske pappersbaserad textil innebär att man "går över ån efter vatten" (tapeter nämndes som exempel). Det gäller också att ha gjort ett ordentligt förarbete och se över utbudet och marknadsläget globalt så att man "inte uppfinner hjulet på nytt".

När det gäller materialegenskaper såg många möjligheter att implementera den typ av pappersgarn med de egenskaper som redan är uppnådda i befintliga produkter. Det lite grövre men starka och slittåliga garnet kan hitta många användningsområden, och kanske är de lägst hängande frukterna inte bara kläder utan inom inredning, möbler, backing av mattor, teknisk textil, armering i kompositmaterial eller dyl. Flera intressanta förslag kom upp, såsom ultrafast fashion (engångskläder som går att kompostera), beredskap/Försvarsmakten (katastroftält,

presenningar etc. som om det behövdes skulle kunna lämnas i skogen), nonwoven-liknande material m.m.

När det gäller möjligheter till infärgning verkar också materialet redan i nuläget befinna sig i framkant, de tekniker och kemikalier som går att använda på andra cellulosebaserade material går i princip att använda rakt av. En utmaning som dock verkar finnas rör alkalibeständigheten, vilket kanske inte är oväntat med tanke på materialets kemi/karaktär.

Man såg också många möjligheter att kunna utveckla materialet till att möta nya eller specifika egenskapskrav. Flamskydd var den egenskap som nämndes oftast, samt vattentålighet för de produkttillverkare som jobbar med utomhusprodukter och friluftsliv. Här såg man gärna samverkan med företag inom kemi- och funktionalisering, t.ex. Organoclick. Återigen gäller det vara att vara vaksam på vilka additiv eller extra processteg som läggs till så att man inte tappar bort hållbarhetsfördelarna. När det gäller att uppnå högre elasticitet eller mjukhet verkar det finnas goda möjligheter att ändra egenskaperna med relativt enkla metoder, t.ex. att använda fettbaserade finishes och framförallt att "mekanisk elasticitet inte ska underskattas".

Massa- och pappersföretagen vi pratat med är också intresserade och flera ser att denna typ av cellulosebaserad textil ligger närmare deras verksamhet än exempelvis andra satsningar kring regenererad cellulosafiber. De långa fibrerna i svensk pappersmassa bör kunna vara fördelaktigt i den här typen av applikationer och man vill gärna hitta nya användningsområden för sina produkter/papper. Flera pekar dock på utmaningar att göra speciellt stora modifieringar av pappret för att möta en liten nisch, och att produktionstakten för papper är hög och volymerna stora. Det finns dock goda möjligheter att applicera papperskemi och kända tillsatser för att exempelvis öka våtstyrkan eller tillsätta additiv (såsom flamskyddsmedel) under papperstillverkningen. Flera av pappersföretagen har också välutrustade lab/FoU och skulle exempelvis kunna producera lab-ark för vidare tester.

Ur hållbarhetssynpunkt är cirkularitet en central fråga och i de flesta av intervjuerna kom återvinningsfrågor på tal. Man ser det som mycket intressant om det går att använda returfiber som råvara och att även de pappersbaserade textilierna skulle ha naturliga vägar in i återvinningssystemet (t.ex. tillsammans med pappersförpackning- eller textilåtervinning).

Många av de vi intervjuat jobbar tätt med sina egna leverantörer när det gäller utvecklingsfrågor. Det kan därför vara av relevans att se över möjligheterna att få med leverantörsledet i ev. samverkansprojekt och att dessa kanske inte nödvändigtvis är i Sverige (men kanske däremot i Europa). Flera av företagen har välutrustade material-lab och har möjlighet att ta fram prototyper och skulle vara redo att satsa resurser i projekt där man ser potential.

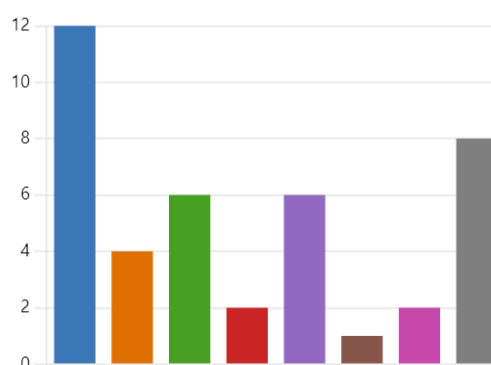
5. Sammanställning av enkätresultat

Nedan följer en sammanställning av resultaten från enkätfrågorna. Fokus blir på den svenska enkäten där 44 svar kommit in, men vi ser också att svaren i mångt och mycket överensstämmer med svaren från den engelska enkäten (där vi fått in 5 svar).

De första frågorna syftade till att lära känna de som svarade på enkäten och för att kunna göra kopplingar mellan hur man svarat beroende på vilket utgångsläge/bakgrund personerna har.

1. Vilken organisation tillhör du?

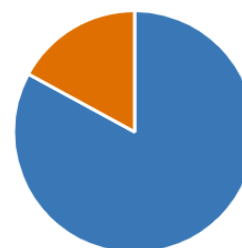
Universitet/högskola/forsknings...	12
Massa- eller papperstillverkning	4
Tillverkning och beredning av g...	6
Design	2
Varumärkes/produktägare - klä...	6
Varumärkes/produktägare - mö...	1
Varumärkes/produktägare - tek...	2
Annat	8



Majoriteten av personerna som svarade har som synes en bakgrund från akademi eller forskningsinstitut. Den gröna stapeln representerar "Tillverkning och beredning av garn och textil och de olika varumärkes/produktkategorierna utgörs av lila: kläder, brun: möbler/inredning, rosa: teknisk textil. Av de som svarat "Annat" ingår bl.a. innovationsbolag, nonwoventillverkare, kvalitetstekniker, kemikalietillverkare, produktägare konvertering, varumärkesägare inom outdoor samt personer från medtech-bolag. Vi ser det som mycket positivt att vi fått in svar från alla olika kategorier, vilket gör att underlaget blir mer pålitligt och heltäckande.

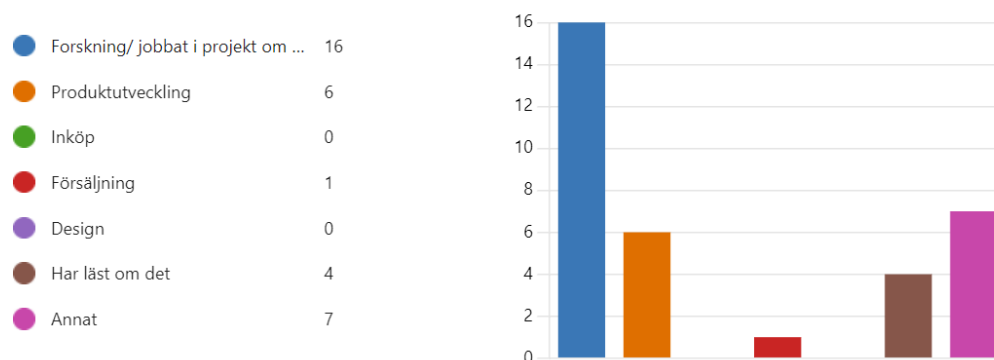
2. Har du tidigare kommit i kontakt med pappersbaserad textil?

Ja	34
Nej	7



Den absoluta majoriteten av de som svarat på enkäten har kommit i kontakt med pappersbaserad textil tidigare, vilket vi ser som ett bra tecken på att vi har nått ut till rätt målgrupper.

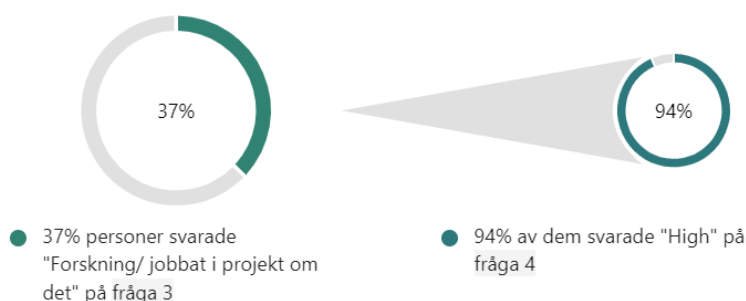
3. I vilket sammanhang har du kommit i kontakt med pappersbaserad textil?



De flesta som svarat att de varit i kontakt med pappersbaserad textil har forskat om det eller jobbat med det i projekt. Flera har även varit involverade i produktutveckling och ytterligare någon har jobbat med försäljning. Av de som svarat "Annat" återfinns några som har kommit i kontakt med det under sin utbildning, personer som sett resultat av avslutade projekt eller haft kollegor som varit involverade i projekt samt även några som jobbat med det i produktion och marknadsföring.

Det går att se att de som forskat om pappersbaserad textil eller jobbat med det i projekt ser stor teknisk potential hos materialet:

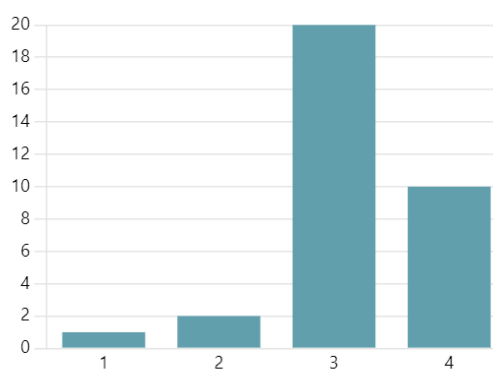
37 % personer svarade **Forskning/ jobbat i projekt om det** för den här frågan och majoriteten svarade "High" för fråga 4.



4. Hur skulle du bedöma den tekniska potentialen för pappersbaserad textil (4 stjärnor = mycket stor potential. Om du inte vet/inte vill svara, scrolla bara vidare till nästa fråga).

3.18

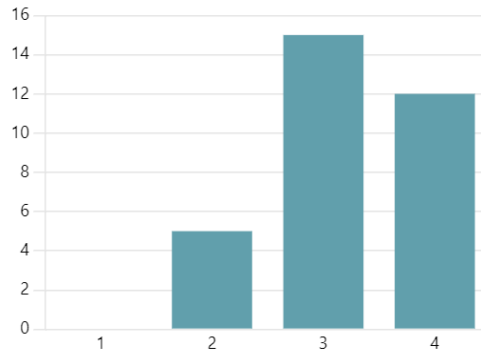
Genomsnittligt omdöme



5. Hur skulle du bedöma den marknadsmässiga potentialen för pappersbaserad textil (4 stjärnor = mycket stor potential. Om du inte vet/inte vill svara, scrolla bara vidare till nästa fråga).

3.22

Genomsnittligt omdöme



Både tekniskt och marknadsmässigt bedöms potentialen övergripande vara hög (3.19 respektive 3.22 av 4). Att majoriteten av de personer som svarat på enkäten också har tidigare erfarenhet eller varit i kontakt med pappersbaserad textil, och då kan antas ha en högre kunskap än gemene man om materialets egenskaper, ser vi som extra positivt. Bilden är dock inte helt samstämmig och bland kommentarerna fanns t.ex. följande citat:

"Har generellt väldigt låg tro på pappersbaserade textilier, utom för non-woven med låga kvalitetskrav."

Det kan också vara så att kommunikationen behöver bli bättre, vilket återspeglas i några av de andra kommentarerna:

"Viktigt att produktägare har förståelse att pappersgarn inte är lämplig för alla produkt applikationer."

och:

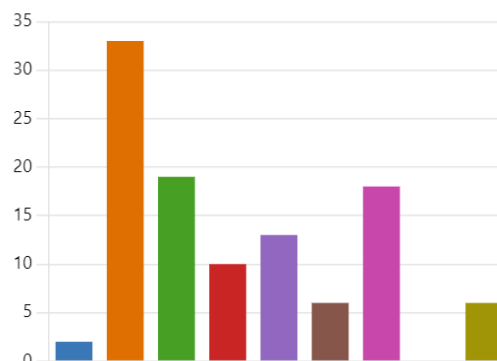
"Potential på den tekniska prestandan på garn i relation till tekniska prestandakrav (tex brand, slitage) på slutprodukt behöver kommuniceras tydligare, hittills har det mest kommunicerats om andra aspekter."

Det lyfts också fram att det är positivt att detta material går att utveckla lokalt:

"Fördel med att vi kan utforska inom Sverige!"

6. Vilka användningsområden ser du som mest lämpliga för pappersbaserad textil?

Arbetskläder/ytterkläder/funktio...	2
Inredningstextil (mattor, gardine...	33
Möbler	19
Inredning i t.ex. fordon	10
Kläder/mode (klänningar, tröjor ...	13
Ytbeklädnad på andra produkte...	6
Teknisk textil (t.ex. armering, ko...	18
Ser inget lämpligt användnings...	0
Annat	6



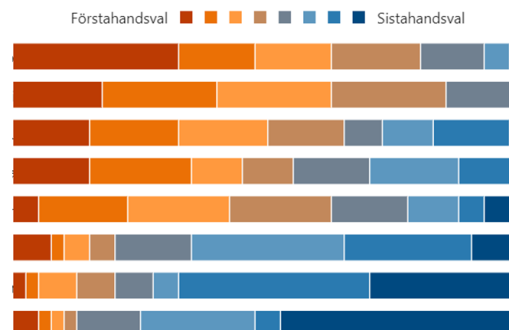
När det kommer till vilka användningsområden som antas vara mest lämpade för pappersbaserad textil så är resultaten inte särskilt överraskande. Högst upp hamnar inredningstextil (såsom mattor, gardiner, skärmar etc.) vilket är den produktkategori som företag som t.ex. Fabric Forest och Woodnotes har inriktat sig mot. Det finns därmed redan idag färdiga produkter inom denna kategori och kan därför upplevas som det mest tillämpliga användningsområdet. På andra och tredje plats kommer möbler och tekniska textilier, något som stämmer väl överens med det som diskuterats under intressentdialogerna. Materialegenskaperna på de garner och tyger som man kan ha sett prototyper av och som är slittåliga men samtidigt något grova/sträva kanske man i första hand tänker lämpar sig till dessa ändamål snarare än i t.ex. kläder eller andra applikationer där de kommer i nära kontakt med kroppen. Kläder hamnar trots det på fjärde plats, vilket ändå visar på att man ser en stor potential även här och att det finns många sätt att modifiera materialet till att bli mjukt och följsamt. Något förvånande hamnar arbetskläder, funktionskläder och liknande på en betydligt lägre placering. Återigen är det viktigt att det finns en tydlig kommunikation över värdekedjan om förväntade egenskaper och anpassningar till slutprodukt.

”Viktigt att identifiera kravbilderna från de olika leden och produkt/varumärkesägarna. Identifiera tidigt vad som är möjligt att få fram som slutprodukt/tyg.”

7. Vad tror du behövs för att pappersbaserad textil ska utvecklas och implementeras i fler produkter? Rangordna: högst upp = viktigast.

Ranking Alternativ

1. Mer grundforskning för utv. av papper med lämpliga egenskaper
2. Ökat samarbete mellan forskning och näringsliv
3. Mer grundforskning på textilsidan, t.ex. hur pappersgarn kan göras mjukare
4. Ökat samarbete mellan olika industriella aktörer i värdekedjan
5. Nya metoder och utrustning för tillverkning av pappersbaserat garn
6. Större efterfrågan från konsumenter
7. Nya styrmedel (regelverk, legala incitament)
8. Ökat behov av närproducerat/tillgänglig råvara



När det kommer till vilka behov som är viktigast att fylla för att pappersbaserad textil ska utvecklas som material och implementeras i fler produkter så är det tydligt att de som svarat på enkäten tycker att det behövs mer grundforskning, framför allt tidigt i värdekedjan för att få fram lämpliga papperskvaliteter, men också ett stort behov av ökad samverkan. Knäckfrågan är dock hur man ska få till konstruktiva samarbeten, där alla parter har förtroende för varandra och delar med sig, och vem ska göra de nödvändiga satsningarna när det kommer till investeringar, tid och resurser.

Några förslag på vad man skulle kunna göra återfanns även i kommentarerna:

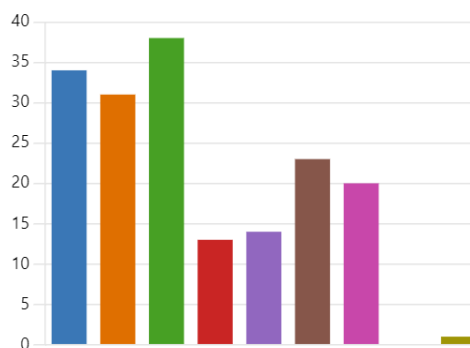
"Build a community of practice for paper-based textiles & organise webinars. Textile ETP happy to support"

Eller att börja med en befintlig papperstyp som utgångspunkt:

"Tror man behöver hitta nischer där befintliga papperskvaliteter kan användas så att det blir en start, sedan blir det lättare att få tillstånd produktutveckling inom pappersindustrin."

8. Vilka aktörer tror du behöver samverka för att utveckla området pappersbaserad textil? (Går bra att välja flera alternativ).

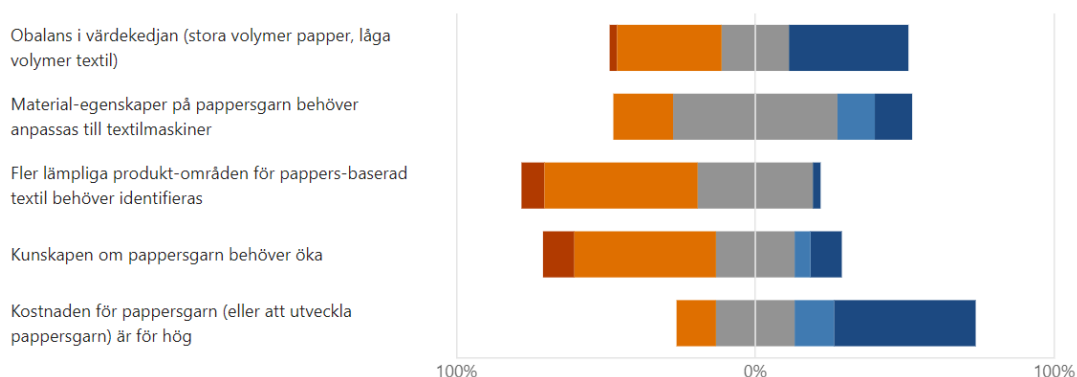
- Universitet/högskola/forsknings... 34
- Massa- eller papperstillverkning 31
- Tillverkning och beredning av g... 38
- Design 13
- Varumärkes/produktägare - klä... 14
- Varumärkes/produktägare - mö... 23
- Varumärkes/produktägare - tek... 20
- Ingen samverkan behövs 0
- Annat 1



Som en fortsättning kring samverkansfrågan är det vidare tydligt att personerna som svarat på enkäten gärna ser ett samarbete mellan forskningsaktörer och de tillverkande aktörerna. Högst upp i listan hamnar de aktörer som arbetar med tillverkning och beredning av garn och textil. Då det finns ett begränsat antal aktörer i den här kategorin i Sverige kanske det kan vara värt att fundera på samarbeten även utanför landets gränser (nordiska- eller europeiska samarbeten). Värt att notera är att även varumärkesägare inom olika kategorier och likaså designers har fått många röster och det verkar (utifrån intressentdialoger och rundabordsamtalen) som att det allra bästa är när personer med olika bakgrund och erfarenheter möts, då de olika infallsvinklarna kan ge upphov till helt nya idéer och kunskapsutbyte.

9. Vilka hinder/utmaningar ser du som lätta eller svåra att lösa?

■ Löses lätt ■ Löses ganska lätt ■ Ganska svårt att lösa ■ Mycket svårt att lösa ■ Vet ej/ ingen åsikt



Den sista frågan berör ett antal frågeställningar eller utmaningar som har identifierats och som kan behöva lösas för att få området att utvecklas vidare. Viktigt att notera är att den mörkblå stapeln längst till höger representerar antalet personer som har svarat "vet ej/ingen åsikt". Vi har valt att behålla dessa svar eftersom det också visar på att det finns vissa frågeställningar där man kanske först behöver ta reda på lite mer innan man kan bedöma om detta är ett hinder eller ej. Utifrån resultatet kan man tydligt se att de flesta inte ser det som så stora hinder att hitta lämpliga produkttyper eller att höja kunskapsnivån om pappersgarn. Däremot ser man det som en större utmaning att få till rätt materialegenskaper, t.ex. så materialen kan bearbetas med befintliga textilmaskiner eller för att möta kravspecifikationer för specifika produkter. När det kommer till kostnadsfrågan och obalans i volymer i värdekedjan är det många som har svarat att de inte vet, för kostnadsfrågan är det fler ser det som svårt eller mycket svårt att lösa, medan obalansen i volymer får lite mer neutrala svar.

En kommentar från de engelska enkätsvaren visar på att infärgning också kan vara en utmaning:

"Paper dyeing methods and colour duration of textiles / yarns of paper yarn material is our biggest challenge and problem."

I övrigt fick vi med följande medskick i fritext-kommentarerna:

”Oklart vad er definition är på pappersbaserad textil. T.ex. servetter är bra exempel på pappersbaserad textil eller formpressade torrformerade pappersfiber.”

samt:

”Tydlighet vad gäller miljöfördelar (om sådana) jämfört med textil/fiber från plast baserat ursprung.”

6. Sammanställning från rundabordssamtal

Ett rundabordssamtal hölls den 28/4 2023 i Johanneberg Science Park i Göteborg och det fanns möjlighet att delta både på plats och via länk. Totalt deltog 24 personer (13 på plats, 11 online). Gruppen delades in på två, där de som deltog fysiskt utgjorde det ena rundabordet och de som deltog digitalt utgjorde det andra. Diskussionerna berörde tre huvudfrågor:

Vad tror du behövs för att pappersbaserad textil ska utvecklas och implementeras i fler produkter?

Vilka aktörer tror du behöver samverka för att utveckla området pappersbaserad textil?

Vilket utvecklingsområde skulle ni vilja börja jobba med?

Preliminära resultat från den webbaserade enkäten visades för motsvarande frågor (som underlag för diskussionen) och ambitionen var att komma djupare i frågeställningarna och börja prata mer konkret och detaljerat kring frågorna i rundabordsdiskussionerna.

I det ena rundabordssamtalet landade diskussionen i att den första och kanske största frågan handlar om **tillgänglighet** på material och information. Det behövs prover och prototyper att testa och utvärdera så det kan kommuniceras materialegenskaper, testresultat m.m. Vad kan man få av detta material? Om industrin fick mer tillgång skulle potentialen bli tydligare och chansen att nödvändiga satsningar och investeringar blir av. Anledningen till att det saknas tillgång menade man beror på att det finns för få garntillverkare.

En annan fråga som diskuterades var att det finns ett behov att hitta de produkter som papperstextil passar till. Kläder är tveksamt och man tror mer på teknisk textil och med de egenskaper som då krävs t.ex. flamskydd.

Utveckling behöver starta ifrån "standard papper" och det behövs processanpassning hos textiltillverkarna. Färg och beredning behöver då utvecklas/anpassas för en ökad funktionalisering på rätt ställe i produktionskedjan av papper-garn-tyg. En analys av vilka processteg som går att optimera och/eller minimera (ta bort) behövs.

Återkommande i diskussionen var **egenskaperna** på materialet, t.ex. vad eller vilka komfortegenskaper kan man erhålla. Det påpekades från designhåll/(användare) att det är viktigt att sådan information finns för att kunna göra rätt val. Materialprover och dess möjligheter behövs för att utveckla produkter. Behov av en sammanställning av dagsläget. Vad vet vi? Vad har vi lärt oss i de projekt som genomförts?

Det är viktigt att göra produkter med "sina" egenskaper för att skapa nya klassiker t.ex. vad är nästa denimtyg? Jeans är ikoniska plagg som återkommer i nya varianter de utvecklas hela tiden "inget är nytt men inget är heller som det var från början". Ny syn på föränderliga material, material som ändrar färg, mjukhet mm över tid. Denim

och läder är förebilder, de blir bara snyggare och skönare ju mer de används, kan detta vara en väg även för pappersbaserad textil?

Estetik och utseende är inte viktigast! Det kan designers styra och forma när de vet vilka egenskaper som går att nå. Rätt produkt på rätt plats. Användning inom sjukvårdstextil, ersätta i andra engångsprodukter.

Marknadsföring och varumärkesbyggandet är väldigt viktigt för att det skall bli affär vid en introduktion med nytt material. Rätt marknadsföring och målgrupper kan bli viktiga (Bio, Eco, Vegan...) men måste vara ärlig och viktigt. Design måste vara äkta – vad är det, vad är det inte!

Vilka ekonomiska parametrar gäller och hur ser det ut på olika marknader? Hönan eller ägget... Startar det i materialet eller på marknaden? Oavsett så måste det finnas skalbarhet (inte nödvändigtvis direkt men utan frågetecken över viss tid). Vem är starter? Vilken är produktionen?

Kan papperstextilen "smygas in" ihop med andra material. Kan det vara i kombination med andra cellulosa material för att inte tappa återvinningsbarheten?

Alla ämnen i fråga 3 (Vilket utvecklingsområde skulle ni vilja börja jobba med?), materialegenskaper, marknadsanalys, hållbarhet såsom LCA-data och info om återvinningsbarhet måste finnas med från början, detta är inte en önskan utan ett måste! Tiden är här för denna typ av material med kommande krav på produktpass, producentansvar och dyl. men då måste också data/information finnas. Det behöver finnas ordentliga och trovärdiga LCA-analyser att tillgå. Det finns potential tycker alla deltagare men det måste finnas byggt på transparent fakta.

Lokal produktion har en poäng i att säkra leverantörskedjan gällande sociala och ekonomiska förhållanden, och även miljömässiga.

"Garn tillverkning är grunden för all fortsatt produktion och utveckling"

Vad behövs för att starta garnproduktion i Sverige? Det behövs en feasibility-studie på det.

I det andra rundabordssamtalet handlade samtalet om att det behövs mer **satsningar på forskning**, både i låga TRL-projekt (utforska nya material och modifiera egenskaper) och i höga TRL-projekt (utgå från existerande produkter och nå ut till marknad). Låga TRL-projekt skulle t.ex. kunna handla om att ta fram tunnare garn av pappersbaserad textil. Det lyftes också att det finns ett behov att nå ut till konsumenter (som kanske inte känner till pappersbaserad textil ännu men som är intresserade av hållbara material), och att det skulle vara en stor fördel om det kom ut några "goda exempel" på marknaden.

När det kommer till frågan om aktörer så hade t.ex. forskare på MoRe Research pågående samarbeten och stort nätverk på papperssidan men inte lika mycket med garn- och textiltillverkare. Aktörerna i senare delen av värdekedjan lyfte att de helst jobbar nära marknad (högre TRL) och att de är intresserade att vara med, men först när vissa materialegenskapskrav uppfyllts. Det lyftes också att det skulle vara intressant att låta designers/produktutvecklare från både textil- och pappersindustrin få jobba ihop eftersom materialet hamnar mitt emellan.

Även i denna gruppering diskuterades hållbarhet och LCA och att det är viktigt att det finns konkreta data på plats. Hållbarhetsfrågorna är viktiga för många företag, men det räcker inte med bara hållbarhet utan materialen måste också kunna möta kravspecifikationerna för respektive användningsområde. Det är därför viktigt att både ha data på egenskaperna hos materialet samt kravspecifikationer för produkten så att man ser att det matchar. Det är också viktigt att inte tappa bort hållbarheten genom att t.ex. tillsätta onödiga kemikalier till de pappersbaserade textilierna. Här lyftes att det är bra att använda sig av standarder, såsom Oeko-Tex eller andra EU-märkningar. Det är också viktigt att hitta rätt återvinningsstrategier för materialen vid slutet av livscykeln.

7. Summerande SWOT-analys

Vi har försökt att summera resultaten från både intressentdialoger, enkätsvar och diskussioner från rundabordssamtal i en s.k. SWOT-analys ("Strengths", "Weaknesses", "Opportunities" och "Threats"). SWOT-analysen berör både tillverkning, material- och produkttegenskaper, marknad, kostnad/pris, konkurrens, omvärldsfaktorer och aktörer.

Normalt sett görs SWOT-analys på bolagsnivå och det blir då tydligt vilka faktorer som är interna (styrkor, svagheter) och vilka som är externa (möjligheter, hot). I vårt fall blir det svårare att dra en tydlig systemgräns över vad som ingår i det interna och det externa och vi valde att göra avgränsningen kring en hypotetisk värdekedja för pappersbaserad textil i Sverige/Europa. De interna faktorerna inkluderar då materialets inneboende egenskaper samt förutsättningar och hinder för aktörer inom den hypotetiska värdekedjan. De externa faktorerna blickar mer utåt och inkluderar omvärldsfaktorer (världsmarknadsläget, konkurrenssituationen), generella möjligheter för Sverige som nation och övergripande frågeställningar där det ännu inte finns någon tydlig lösning.

	Positivt	Negativt
<i>Intern</i>	<p>STYRKOR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stor potential för bra hållbarhetsvärden (CO₂-avtryck, vattenåtgång, kemikalieanvändning och grön energimix) - Många olika möjliga användningsområden för materialet - Återvinningsbarhet (givet att materialet inte innehåller för många andra komponenter än cellulosa). Kan papperstextil gå direkt in i befintlig återvinningsstruktur för pappersåtervinning? - Stora resurser hos massa- och pappersindustrin i Sverige (t.ex. tillgänglig R&D) 	<p>SVAGHETER:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Olika förutsättningar inom värdekedjan (stora volymer papper, oflexibelt att ställa om pappersmaskiner för mindre nischapplikationer) - Få aktörer i Sverige/Europa på textilsidan - Kunskapsglapp mellan aktörer. Konsumenter, produkttillverkare, varumärkesägare har inte bra koll på materialet, egenskapsrymd m.m. - Vissa garner upplevs som grova/sträva/styva – vilket även kan vara ett problem för processbarheten i textilmaskiner (t.ex. vid stickning)

<ul style="list-style-type: none"> - Konventionella infärgningstekniker (för cellulosa) möjliga att applicera mer eller mindre direkt - Bra nötning, låg noppbildning (slittåligt), tvättbart - Outforskat område, finns många möjligheter att modifiera egenskaper hos materialet, många processteg som går att anpassa, går att funktionalisera (och fortfarande bibehålla biobaserade/hållbara produkter) 	<ul style="list-style-type: none"> - Alkalibeständighet – materialet känsligt mot alkali, kan vara utmanande under t.ex. infärgning - Initialt låga volymer på produkt leder till högt pris (gäller generellt vid utveckling av nya material) - Kan vara utmanande att arbeta i samverkansprojekt (IPR-relaterade frågor, känslighet för små aktörer, olika nivå på resurser)
---	--

<p><i>Extern</i> MÖJLIGHETER:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Efterfrågan på textil generellt i världen är hög, "peak cotton", PES mestadels fossilbaserat -> nya hållbara textilmaterial har goda förutsättningar på marknaden - Hållbart skogsbruk, stor mängd råvara tillgänglig i Sverige (stora volymer papper tillgängligt) - Offentlig finansiering tillgänglig (finansiärer positiva till området) - Positiv attityd till materialet generellt (utfallet från enkät resulterar i höga värden på både teknisk- och marknadsmässig potential) - Resurser finns inom innovationssystemet (både kompetens och utrustning via t.ex. inkubatorer och institut) -> ger goda förutsättningar för samverkans- och utvecklingsprojekt - Enklare textil utrustning för pappersgarn jämfört med 	<p>HOT:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Investeringsvilja inte så hög hos industrin vid låg TRL, det behöver finnas demonstratorer som mottagare kan utvärdera och testa i prototyper/små kollektioner - Garntillverkning, sömnad, produkttillverkning m.m. sker framförallt utanför Europa -> nytt kundsegment som kan vara utmanande att nå ut till - Bristande infrastruktur och kommunikation över hela leverantörskedjan - Kommersiella aktörer i Japan/Korea har lång tradition – konkurrenter ligger före?
---	--

traditionell garntillverkning (t.ex. färre processteg). Möjlighet för nya aktörer att brygga gapet mellan pappers- och textilindustrin?

7.1 Diskussion

Under projektets gång har vi fått en mer och mer tydlig bild av pappersbaserad textil som område. Det har visat sig att det finns ett behov av kunskapshöjning och att de aktörer som verkar inom området behöver nå ut och kommunicera de framsteg som har gjorts under senare år. Många är inte medvetna om att det finns kommersiella produkter på marknaden och att materialutvecklingen har lett till att pappersbaserade textilier t.ex. går att både färga och tvätta.

Samtidigt finns det många utmaningar som kvarstår, en viktig fråga är vem/vilka aktörer som ska ta initiativ till vidareutveckling. Det känns i nuläget som att textiltillverkarna vill att pappret ska anpassas så att pappersgarn går att använda i befintliga textilmaskiner. Medan papperstillverkarna vill att man börjar arbeta med befintliga papperskvaliteter och tydligt uttrycker svårigheterna med att anpassa papperstillverkningen till små nischprodukter. Med tanke på att textiltillverkning av exempelvis bomull pågått i flera tusen år och nästan all infrastruktur och utrustning är anpassat till bomull är det kanske inte rimligt att förvänta sig att ett helt nytt material ska gå att applicera i samma instrumentpark rakt av. Och då krävs nya investeringar. Å andra sidan är tillverkning av garn från pappersremsor något mindre komplicerat än traditionell garnspinning och borde kunna gå att få till med färre processteg, vilket kan innebära att det finns möjlighet att tillverka pappersgarn utan att behöva göra enorma satsningar/investeringar.

Ett annat moment 22 är det behövs mer produktion för att få igång F&U men mer F&U för att veta vad som ska produceras. Det behövs feedback från design och marknad för att veta vad som behövs men design och marknad behöver mer kunskap om material och egenskaper för att veta vad som går att kravställa. Behovet av tillgång till material och information var kanske den största gemensamma slutsatsen från intervjuer och rundabordssamtal. För att få till fortsatt arbete med material och produktinriktad forskning och utveckling behövs tillgång till material i större volymer (I industriell skala! Under tex Skogens tyg var den största produktionen av tyg knappt 10 löpmeter, att jämföra med att det behövs minst 50-100 löpmeter för att bara nå igenom en spannräm eller jettfärgningsmaskin, så det behövs hundratals eller tom tusentals meter för att kunna köra tom enstaka, konstruktiva försöksserier i full skala). Men, för att någon skall tillverka denna stora volym behövs kunskap om vad den skall tillverkas av (vilket råmaterial och i vilken form det skall vara för att få bästa förutsättningar att nå rätt egenskaper i slutprodukten), för att komma dit skulle det behövas en öppen, samlad och komplett produktionskedja i lab/pilotskala, "en testbädd".

När det kommer till användningsområden har det varit påtagligt att det finns många möjligheter för pappersbaserade textilier. Materialet är efterfrågat och man kan både se lämpliga användningsområden med de egenskaper som finns idag, samtidigt som vidareutveckling, modifiering och funktionalisering kan leda till ännu fler applikationer.

Det är intressant att namnet "papperstextil" kan väcka olika respons och associationer för olika personer. I vissa fall kan det ha negativ klang, såsom att man kan tro att det handlar om engångsartiklar (jämför pappersmugg, pappersduk). Andra ser engångsanvändning som en möjlighet, ett alternativ till fossilbaserade plastmaterial eller en möjlighet i modeindustrin (t.ex. superfast-fashion). Ytterligare andra tänker på papper som ett naturligt, skogsbaserat material, och tänker på förnybarhet och hållbarhet. De kommande åren kommer nya (eko-design) krav komma på textila material i och med EU:s nya textilstrategi, där produktivslängd kommer att vara mycket viktigt. Och det är också den typen av hållbarhet (rätt produktivslängd för rätt produkt) som de flesta vi har pratat med är inne på. Det finns också goda förutsättningar här för pappersbaserade textilier då de går att tillverka för användning i produkter med lång produktivslängd. Det finns också flera intressanta möjligheter när produkterna når slutet av sin livscykel och det vore såklart önskvärt att ha ett textilt material som går att få helt cirkulärt. Så länge materialen inte blandas för mycket utan man försöker arbeta med cellulosa och biobaserade komponenter genomgående finns förmodligen mycket goda möjligheter att integrera pappersbaserade textilier i befintliga återvinningsflöden (antingen textilåtervinning eller i flödet för återvinning av pappersförpackningar).

8. Slutsatser

Resultaten från områdesanalysen visar på att pappersbaserad textil är ett material som väcker intresse och där det finns stora möjligheter till vidareutveckling mot flera produktkategorier. Det finns inte mycket tidigare litteratur och patent, vilket bådär för stora möjligheter tekniskt och IPR-mässigt. Utöver summeringen i denna områdesanalys finns dock ett behov av ytterligare kunskap som lyfts fram som nödvändig att ha på plats. Dels behövs konkreta data på hållbarhetsvärden, dvs. fler kompletta LCAer som inkluderar hur avtrycken ser ut i förhållande till varandra (papperstillverkningen-textilproduktionen) och som täcker hela livscykeln (dvs. inkluderar användningsfasen och återvinningsstrategier) och sätter det i perspektiv till motsvarande material av andra fibersorter (naturfiber, regenererade fibrer, syntet). Dels behövs bättre kunskap kring ekonomiska faktorer, en ekonomisk genomförbarhetsstudie (feasibility) är efterfrågad för att ta reda på hur kostnadsläget ser ut för pappersbaserad textil. Detta behöver göras i ett större perspektiv, var i värdekedjan ligger kostnaderna (papperstillverkningen-textilproduktionen (garn-tyg-färg&beredning-konfektion-användning-livslängd-återvinning) och i förhållande till motsvarande material av andra fibersorter; natur, regenererade, syntet.

Ökad samverkan och mer grundforskning har genomgående hamnat högt upp i alla diskussionerna. Det verkar därför behövas göra satsningar på mer grundläggande forskning, exempelvis i form av ett eller ett par doktorandprojekt. Ett sådant projekt skulle exempelvis kunna handla om modifieringar av olika papperskvaliteter som är bättre anpassade till efterföljande textila processteg. Ett sådant arbete skulle involvering av utvärdering av olika papperstypers inverkan på möjligheten att tillverka smala remsor/garn och man skulle kunna tänka sig att undersöka andra typer än kraftpapper. Det skulle också vara av intresse att studera om papprets tjocklek påverkar möjligheterna att skära smala remsor. Skulle smala remsor av tjockare papper kunna vara ett alternativ? Kan det ge ett rundare tvärsnitt som minskar risken för svaga punkter, och minimerar antalet vassa kanter. Man skulle även kunna undersöka hybridmaterial dvs. papper med inblandning av andra material som förstärker önskade egenskaper utan att förstöra möjlighet till återvinning. Vad kan det vara för fibersorter? Vad kan det ge för egenskaper? I vilket tillverkningssteg skulle det vara möjligt och i vilka återvinningsflöden skulle denna cellulosabaserade materialmix passa in?

Eventuellt skulle man kunna ha två parallella doktorandprojekt, där ett är fokuserat mer på pappersmaterialen (enl. ovan) och ett handlar om de textila processtegen. När det kommer till de textila frågorna skulle frågeställningar kring vad tvinningen tillför materialet (mekaniskt, funktionellt och utseendemässigt) vara intressant att titta närmare på. Vad är eventuella fördelar och nackdelar gällande processbarhet och egenskaper i efterföljande textila processer samt för slutprodukter och deras användning. Ytterligare studier kring vilka kemiska eller mekaniska processer som finns för att funktionalisera och mjukgöra papper/garn/tyg är också relevanta. Slutligen finns det också stora möjligheter att titta på om man kan utveckla

egenskaperna hos de textila materialen genom att kombinera pappersgarn med andra, företrädesvis cellulosebaserade, textilfibrer. Genom att behålla cellulosa som huvudkomponent i materialet bör återvinningsprocesser kunna underlättas. I dagsläget tas många nya typer av regenererade cellulosafibrer fram i allt större skala, vilka skulle kunna vara intressanta alternativ eller tillägg till bomull.

Det skulle vara viktigt att ovanstående doktorand- eller forskningsprojekt är väl förankrade även med industriella aktörer, helst i form av direkta samarbeten (prototyp tillverkning, testning) men åtminstone i form av en referensgrupp där industrirepresentanter följer arbetet. Fördelaktigt skulle också vara om forskning- och utvecklingsarbetet i projekten skulle kunna dra nytta av den infrastruktur som finns tillgänglig över hela värdekedjan, dvs. både med utrustning och analysinstrument hos företagen samt via innovationsmiljöer och testbäddar hos akademi och institut.

9. Referenser

Ashok, A., "Textile paper as a circular material", *Industrial Ecology, Royal Institute of Technology, KTH*, **2017**. (TRITA IM-EX 2017:21)

Bergh-Gustafsson N., Leijonhufvud, M. M., Rosenqvist, L., "Är papperstextil vår framtid? – en komparativ studie om miljöpåverkan av textila cellulosebaserade material", *Examensarbete för kandidatexamen, Textilhögskolan i Borås*, **2017**.

Eckard, A., Hjälml, J., "Triå av pappersgarn", *Examensarbete för kandidatexamen, Textilhögskolan i Borås*, **2015**.

Fisher International, Sharp, S., "Paper that Stretches? A Deepish Dive on Stretchable Paper and the Opportunities It Presents", *FI Insights Pulp and Paper*, **2023**, <https://www.fisher.com/blog/paper-that-stretches-a-deepish-dive-on-stretchable-paper-and-the-opportunities-it-presents>, tillgänglig 2023-05-25.

FPIInnovations, "Stretchable paper: an exciting avenue for novel paper applications", *Pulp and Paper*, **2021**, <https://web.fpinnovations.ca/category/pulp-paper/>, tillgänglig 2023-05-25.

Gacic, S., Adelsten, T., "Minska styvheten och öka stickbarheten för pappersgarn tvinnat med viskosgarn", *Examensarbete för kandidatexamen, Textilhögskolan i Borås*, **2022**.

Hubbe, M., Bowden, C., "Handmade paper: A review of its history, craft and science", *BioResources* 4(4), **2009**, 1736-1792.

Karuno, H., "Shifu: A traditional paper textile of Japan", *Textile Society of America Symposium Proceedings*, **2016**, 977.

Lee, K. E., och Sanders, E. A., "Hanji, the Mulberry Paper Yarn, Rejuvenates Nature and the Sustainable Fashion Industry of Korea", In: Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes, Muthu, S. S. (Ed.), *Springer Science+Business Media Singapore*, **2016**, pp. 159-184.

Lindholm, J., Rydberg, T., Johannesson, C., "Livscykelanalys av Papperstextil" (på uppdrag av Ljungskile Triå), *IVL Svenska Miljöinstitutet, Nr U 6392*, **2020**, 1-39.

Park, T. Y., Kim, M-O., "Manufacture and physical properties of the denim fabrics using Hanji paper yarn as weft yarn", *Fashion and Textiles*, 5:26, **2018**, pp. 1-13.

Park, T. Y., Lee, S. G., "A Study on Coarse Hanji Yarn Manufacturing and Properties of the Hanji Fabric", *Fibers and Polymers*, 14:2, **2013**, pp. 311-315.

Peterson, J., Eckard, A., Hjelm, J., Morikawa, H., "Mechanical-Property-Based Comparison of Paper Yarn with Cotton, Viscose, and Polyester Yarns", *Journal of Natural Fibers*, 18(4), **2021**, 492-501.

Punyamurthy, R., Sampathkumar, D., Ranganagowda, R. P. G., Bennehalli, B., Srinivasa, C. V., "Mechanical properties of abaca fiber reinforced polypropylene composites: Effect of chemical treatment by benzenediazonium chloride", *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 29:3, **2017**, pp. 289-294.

Riyadi, S., "Development of Composite Fiber Materials for Prototype of Car Components", *Chemistry and Materials Research*, 11:1, **2019**, pp. 14-19.

Rushton, M., "Stretchable Paper—Yes, Really!", *Tappi Paper360°*, **2017**, <https://paper360.tappi.org/2017/12/06/stretchable-paper-yes-really/>.

Salmela, J. et al., "Method and apparatus for producing fibre yarn", *US 2017/0016151 A1*, **2017**.

Sandhiasti, K. T., Sakina, S., "ITB Collaboration with COFO Indonesia to Process Abaca Fiber from Talaud and Sangihe during the Pandemic", *Prosiding PKM-CSR*, 2, **2021**, pp. 1056-1060.

Schubert, B., "Svensk pappersklänning på Nobelbanketten", *Skogsaktuellt*, dec. **2018**. <https://www.skogsaktuellt.se/artikel/58867/delad.html>, tillgänglig 2023-05-31.

Sharavanan, R., Vijayaramnath, B., Prabhu, S., "A review of natural fiber hybrid composites", *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 8(3), **2018**, 943-948.

Sinon, F. G., "Design, Fabrication, and Evaluation of a Village-Scale Yarning Machine", *Annals of Tropical Research* 37:1, **2015**, pp. 110-128.

Sjödén, A., "Fabric forest tillverkar tyg av trä: "Som en Tesla för textilindustrin"", *Borås Tidning*, 22 september, **2021**.

Syrén, F., Andersson Drugge, G., Peterson, J., Kadi, N., "Enhanced Knittability of Paper Yarn from the Swedish Forest by Using Textile Finishing Materials" *Polymers*, 13, **2021**, 3628.

Tsunagu, "Spinning Yarn from Japanese Washi Paper – Shifu: Beautiful Paper Textiles", *Tsunagu*, vol. 42 (*Kokusai Pulp & Paper Co., Ltd.*), **2020**, pp. 2-8.

Vijayalakshmi, K., Neeraja, Ch.Y.K., Kavitha, A., Hayavadana, J., "Abaca Fiber", *Transactions on Engineering and Sciences*, 2:9, **2014**, pp. 16-19.

Wennberg, M. V., Östlund, Å., "the outlook report 2011-2019 mistra future fashion final program report", *RISE Research Institute of Sweden AB*, **2019**, Mistra Future Fashion report 2019:25 ISBN 978-91-89049-41-3.