

Examensarbete för Technologie Kandidatexamen
med huvudområde Textilteknologi
2020-06-14
Rapport nr: 2020.2.02

Snabb produktionsomställning i en tid av kris - en fallstudie gällande produktionen av operationsrockar

Rebecca Josefsson & Sofie Johansson



TEXTILHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I BORÅS

Adress: Skarborgsvägen 3 • Postadress: 501 90 Borås • Hemsida: www.hb.se/thb

Sammanfattning

Till följd av Covid-19-pandemin har sjukvården i Sverige fått bära mycket stor belastning, samtidigt som den globala efterfrågan och användningen av personlig skyddsutrustning (PPE) kraftigt ökat. Under våren 2020 har den globala handeln upplevt störningar, vilket haft inverkan på leveransen av PPE till sjukvården.

Studiens mål var att undersöka vad den inhemska industrin behöver för att ställa om en produktion till att leverera kvalitetssäkrade skyddsprodukter till samhällsviktiga funktioner i ett läge av kris. Metoden har gått ut på litteratur- och fallstudie av en medicinteknisk (MD) operationsrock, samt en intervjustudie med ett antal nyckelpersoner kopplade till produktionsomställning (PO) under pandemins utveckling. Studien resulterade i följande verktyg inför en PO för att snabbt leverera kritiska produkter i en tid av kris.

- Beredskapspyramid kopplad till samordning av produktionen.
- Producenttriangel kopplad till behov och förutsättningar för den inhemska produktionsindustrin.
- Textilteknisk analys av produktionsprocessen för engångs operationsrockar.

En slutsats från studien var att för en snabb PO, behövs en tydlig behovsbild med klara ansvarsfördelningar. Den inhemska industrin har skilda förutsättningar för omställning till de höga kvalitetskraven vilka följer produktionen av PPE och MD. Genom att analysera produktionsprocessen för efterfrågade produkter i kris förtydligas vilka parter eller processer som behöver samordnas för en inhemsk produktion. Vidare arbete kan vara utformning av strategisk plan, redo att användas när krisen bryter ut. En samordnad, proaktiv och resurseffektiv beredskap anses öka möjligheten till en miljövänlig PO, då producenter kan anpassa sin omställning enligt prioriterade krav.

Nyckelord

Produktionsomställning, beredskap, kris, PPE, MD, nonwoven

Abstract

As a result of the Covid-19 pandemic, the Swedish healthcare system has had to carry a heavy burden, while the global demand and use of personal protective equipment (PPE) has increased. During the spring of 2020, global trade experienced disruptions, which has had an impact on the delivery of PPE to the healthcare system. The study's goal was to investigate what the domestic industry needs to initiate a production changeover to deliver quality-assured products to the socially important functions in a crisis situation. The method is based on a literature- and case study together with an interview study with key personnel linked to production changeovers (PO) during the pandemic. The study resulted in the following tools for a PO to quickly deliver critical products in a time of crisis:

- A contingency pyramid regarding coordination of production.
- A producer triangle regarding the needs and prerequisites for the domestic production industry.
- A textile-technical analysis of the production process for single-use surgical gowns.

Conclusions from the study were that in order to coordinate a fast and resource efficient PO, a clear overview of demands with clear responsibilities is needed. The changeover conditions for the domestic industry varies following the high-quality requirements for producing PPE and MD. By analysing the production process for requested products in various crises, the conditions for which parties or processes need to be coordinated for domestic production are clarified. Further studies can be development of a strategic plan ready to implement when the crisis breaks out. A coordinated, proactive and effective contingency is considered enabling an environmentally friendly PO, as producers can adapt their changeover according to prioritized demands.

Keywords

Production changeover, contingency, crisis, PPE, MD, nonwoven

Populärvetenskaplig sammanfattning

Med Covid-19-pandemin och bristen på personlig skyddsutrustning till sjukvården som överliggande fokus, har studien undersökt hur Sveriges industri kan bidra till att ställa om sin produktion till kvalitetssäkrade och efterfrågade skyddsprodukter i en tid av kris. Intervjuer med nyckelpersoner kopplade till produktionsomställningar under epidemins utveckling har utförts. Studien har presenterat två verktyg för hur samhället kan hantera en materiell kris, som exemplifieras genom en produktion av operationsrockar. Verktygen inför en produktionsomställning är följande:

- Beredskapspyramid kopplat till samordning av produktionen under kris.
- Producenttriangel kopplat till behov och förutsättningar för den inhemska industrin.
- Textilteknisk analys av produktionen av engångs operationsrockar.

För samordnad, snabb och resurseffektiv produktionsomställning behöver behov och ansvarsfördelning för krisberedskapen vara tydlig. Vidare arbete kan vara utformning av strategisk plan, redo att användas när krisen bryter ut. Samordnad beredskap anses öka möjligheten till miljövänlig produktionsomställning, då producenter kan anpassa sin omställning enligt prioriterade krav.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	7
1.1 Bakgrund	7
1.1.1 Personlig skyddsutrustning och medicintekniska produkter	8
1.1.2 Anskaffning av skyddsutrustning i ett krisläge	9
1.2 Syfte	10
1.3 Frågeställningar	10
1.4 Avgränsningar	10
2. Litteraturgenomgång	11
2.1 Produktionsteori	11
2.1.1 Produktionskapacitet	12
2.1.2 Tillverkningsprocesser	13
2.1.3 Flexibel produktion	13
2.2 Certifiering	14
2.2.1 Arbetsmiljö	15
2.2.2 Kvalitets- och miljöledningssystem	15
2.2.3 Kritiska egenskaper operationsrock	15
2.2.4 Kvalitetssäkring i kris	16
2.3 Nonwoven - material, produktionsprocesser och kompositer	16
2.3.1 Fiberegenskaper olefiner	17
2.3.2 Formering genom direktspinning	17
2.3.3 Bondning genom hydro-entangling	19
2.3.4 Kompositen SMS	19
2.3.5 Slutberedningar	20
2.4 Produktanalys	20
3. Metod	21
3.1 Litteraturstudie	21
3.2 Fallstudie	21
3.3 Intervjustudie	22
3.4 Metoddiskussion	23
4. Resultat	24
4.1 Beredskap inför produktionsomställning	24
4.1.1 Nivå 1	24
4.1.2 Nivå 2	25
4.1.3 Nivå 3	25

4.2 Producenters förutsättningar för produktionsomställning	25
4.2.1 Förutsättningar	26
4.2.2 Behov	27
4.2.3 Innebörd omställning per kategori	28
4.3 Verktyg för verkställande av PO	29
4.3.1 Konventionell produktionsprocess - operationsrock	29
4.3.2 Potential till inhemska produktionskedjor	30
4.3.3 Produktionsgrundande process	31
4.3.4 Kravspecifikation operationsrock	31
5. Diskussion	33
5.1 Verktyg för produktionsomställning	33
5.1.1 Beredskap för produktionsomställning	33
5.1.2 Förutsättningar för produktionsomställning	34
5.1.3 Verkställande av produktionsomställning	35
5.2 Hållbarhet	36
6. Slutsatser	37
7. Förslag till fortsatt arbete	38
8. Referenslista	39
8.1 Figurreferenser	41
Bilagor	42
Bilaga 1. Produktanalys	42
Bilaga 2. Litteraturstudie	43

Förord

Arbetet med rapporten har delats upp jämlikt mellan författarna över samtliga delar. Författarna är tacksamma över ett givande och lärorikt samarbete där med- och motvind möttes tillsammans.

Tack till Cecilia Tall & Jimmy Klintonberg från TEKO¹, Bernt Henriksen från Automation Region², Trine Vikinge från RISE³, Julia Klingspor från Samhall⁴ och Linda Nydén från Smart Textiles⁵ för givande inspel till intervjustudien. Era bidrag till produktionsomställningarna i kris är alla viktiga och vi är väldigt tacksamma för hur er erfarenhet berikat vårt examensarbete.

Vi vill rikta ett stort tack till Nils-Krister Persson för uppmuntrande, givande och utvecklande handledning under arbetets gång. Smart Textiles nätverk och samordnande roll i Sveriges krishantering har varit spännande att få vara en del av. Engagemanget du lagt ner i arbetet har varit av stor betydelse vilket motiverat oss framåt.

Slutligen ska ett enormt tack riktas till Lena Berglin, programansvarig för Textilingenjörsprogrammet. Din kunskap, stöttning och omtanke har inte gått obemärkt förbi. Vi anser oss lyckosamma att ha haft dig som lärare och förebild under åren.

¹ TEKO: Ideell bransch- och arbetsgivarorganisation för Sveriges textil- och modeföretag. organisation.

² Automation Region: Ideell förening, en del av Mälardalens Högskola, med syftet att öka konkurrenskraften för den svenska automationsindustrin.

³ RISE: Statligt ägt forskningsinstitut och innovationspartner som samverkar internationellt mellan företag, akademi och offentlig sektor för ett hållbart samhälle.

⁴ Samhall AB: Statligt ägt aktiebolag med uppdraget att skapa meningsfulla och utvecklande arbeten för personer med funktionsnedsättning som medför nedsatt arbetsförmåga.

⁵ Smart Textiles: Aktör för textila innovationer. Syftet är att skapa utveckla, konkretisera och tillgängliggöra textila innovationer och agera som en brygga mellan forskning, näringsliv och den offentliga sektorn.

1. Introduktion

En kris uppstår ur störningar i samhällets normaltillstånd och hotar grundläggande funktioner i samhället (NE u.å.c). I Sverige är det Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) som arbetar för att stärka Sveriges förmåga att förebygga och hantera kriser. Eftersom en kris påverkar flera samhällsfunktioner, verksamheter och samhällssektorer, behöver krisberedskapen finnas hos många aktörer i samhället. Beredskap innebär bland annat civilt försvar som handlar om att skydda befolkningen: se till att det finns livsmedel, hälso-och sjukvård samt materiella lager av nödvändig utrustning (MSB 2020b). Ansvaret för krisberedskapen delas upp mellan flera olika offentliga eller privata aktörer, såsom myndigheter, kommuner, regioner och företag och utgår från ansvarsprincipen (MSB 2020a). Ansvarsprincipen innebär att de som i normala förhållanden har ansvar för en verksamhet har motsvarande ansvar även i krissituationer, det innebär även att aktörer ska samarbeta med varandra (Socialdepartementet 2018).

Under senare delen av 2019 spreds lunginflammation bland personer som besökt en djurmarknad i staden Wuhan i Kina. En ny variant av coronaviruset, som hade smittat från djur till människa identifierades: SARS-CoV-2, idag med namnet Covid-19 (Folkhälsomyndigheten 2020). Covid-19 uttrycktes i januari 2020 som en global hälsokris och ett internationellt hot mot människors hälsa av World Health Organisation (WHO). Två månader senare klassade WHO Covid-19 som en pandemi. En pandemi innebär en spridning över flera världsdelar av en helt ny typ av virus som ingen ännu är immun mot, detta gör att den sprids fort och med stor sannolikhet påverkar stora delar av samhällen (ibid.). Sverige har en utarbetad pandemiberedskap, vilket ämnar minimera dödligheten och de övriga negativa konsekvenserna för individen och samhället (Folkhälsomyndigheten 2019).

Till följd av smittspridningen av Covid-19 i Sverige blev efterfrågan av personlig skyddsutrustning (PPE) betydligt högre än prognostiserat. Trots en utarbetad pandemiberedskap uppstod en materiell brist (Sveriges Radio 2020). Sjukhus, kommuner och regioner vände sig bland annat till den inhemska industrin för stöttning av produkter⁶. Det som i mars 2020 bedömdes saknas var en tydlig vetskap kring hur ett samordnat produktbehov skulle formuleras för att industrin snabbt skulle kunna reagera på det stora behovet och initiera kvalitetssäkrade omställningar⁷.

1.1 Bakgrund

Enligt Socialstyrelsens lägesbild från vecka 12 i år, bedömdes kommunernas beredskap för allmän smittspridning som måttlig till hög gällande personalförsörjning och måttlig till låg gällande material och utrustning (Socialstyrelsen 2020). Sverige är långt ifrån unika med denna måttliga beredskap, då ett flertal länder har haft en uttalad brist på skyddsutrustning för sjukvårdspersonal under denna globala hälsokris (Wang, Zhang & He 2020). Det är

⁶ Cecilia Tall, generalsekreterare, TEKO, möte zoom, 7 maj 2020

⁷ Linda Nydén, koordinator, Smart textiles, möte via zoom 20 maj 2020

kritiskt att den vårdpersonal som är speciellt utsatt för viruset skyddas från exponering av viruset, detta för att minimera hälsoriskerna och begränsa smittspridningen.

Under våren har den globala handeln upplevt stora störningar. Stängda gränser och stoppad produktion har lett till långa ledtider som gjort att flödena för produkter och material har försenats och förlängts⁸. Att de normala flödena störts, har i sin tur påverkat försörjningen av kritiska produkter till sjukvården. Inhemsk produktion av material och produkter kan minska risken att stå utan viktiga material i situationen då de normala flödena inte fungerar. Ett upplevt hinder för en snabb PO har varit oklarheter av ansvar mellan myndigheter och regioner, vilket lett till en ineffektiv hantering av behovsformuleringen⁹.

1.1.1 Personlig skyddsutrustning och medicintekniska produkter

Beroende på vilken miljö eller aktivitet vårdpersonalen ska röra sig i eller utföra krävs olika typer av mundering. Den allmänna uppdelningen av skyddsutrustning faller under två olika grupper, beroende på vem utrustningen ska skydda. Utrustning som skyddar bäraren benämns som PPE, på engelska personal protection equipment (PPE). För att återspegla till den nuvarande pandemin, är det denna utrustningen vårdpersonalen använder för att skyddas mot viruset från patienterna, se figur 1. Utrustning eller plagg som ska skydda patienten, vid exempelvis en operation, benämns som medicintekniska, på engelska faller de under definitionen medical device (MD). Här är det mikropartiklar från den kliniska personalen som patienten ska skyddas mot, se figur 2 (Arbetsmiljöverket u.å, SIS 2019 & Leonas 2005).



Figur 1. PPE för provtagning av Covid-19 patienter. Munderingen innefattar visir, munskydd, skyddsrock och handskar (U.S Air Forces in Europe & Air Forces in Africa)



Figur 2. MD för operation. Kläderna innefattar hätta, munskydd, operationsrock, operationslakan och handskar (PicPik)

Operationsrockar agerar som en fysisk barriär mellan patienten och den kliniska personalen vid invasiva ingrepp för att minimera risken för korskontaminering (SIS 2019). Invasiv kirurgi är ingrepp där "instrument förs in i kroppen eller att någon kroppsdel öppnas kirurgiskt" (Nationalencyklopedin u.å.a). Effektiviteten på hur väl denna barriär stoppar smittämnen, benämns tydligt nog som materialets

⁸ Jimmy Klintonberg, VD Greenway Logistics AB, TEKOLOGISTIK, möte via zoom, 15 maj 2020

⁹ Cecilia Tall, generalsekreterare, TEKNO, möte via zoom, 7 maj 2020

barriäreffektivitet, vilken är central i hur den textila produkten ska utformas. Det finns en mängd komponenter som påverkar barriäreffektiviteten: där fiberns material, -tvärsnitt, tygstruktur och plaggkonstruktionen är ett antal (Leonas 2005). MD kan delas in i två klassifikationer: utformade för engångs- eller flergångsbruk. Båda finns ute på marknaden, där engångsartiklar står för den största marknadsandelen (Leonas 2005 & Ajmeri & Ajmeri 2011). Den textila konstruktionen i operationsrockar utformade för engångsbruk är vanligtvis nonwoven, tack vare kombinationen av teknisk flexibilitet och kostnadseffektivitet (Tanchis 2008 & Kadolph 2014).

1.1.2 Anskaffning av skyddsutrustning i ett krisläge

När det kommer till anskaffningen av skyddsutrustning för att försörja de samhällsviktiga funktionerna i ett land, såsom vård och omsorg, kan den anskaffas på ett antal olika sätt. Import av slutprodukter och/eller råvaror är ett valbart alternativ, men det är även möjligt att få fram genom en inhemsk produktion. I en tid av kris då internationella värdekedjor påverkas¹⁰, finns risken att materiell brist uppstår. För att tillgodose det långsiktiga behovet i en längre tid av kris, kan skyddsutrustning potentiellt komma från en befintlig inhemsk- eller omställd produktion alternativt att ett land förbereder större beredskapslager. Finns inte detta att tillgå kan det leda till att sjukhus riskeras stänga ner verksamheten om den inte är trygg för de anställda. I ett krisläge där verksamheten omöjligt kan stängas ner, utsätts då de anställda för en oacceptabel risk.

Produktionsomställning (PO) är ett centralt begrepp i studien. För att förtydliga innebörden definieras inledningsvis de två termerna separat. Definitionen av produktion är väldigt bred och syftar på processen när en produkt skapas eller tillverkas med hjälp av olika metoder och material. Tillverkningsprocessen produktion kallas även förenklat för industri. Termen omställning syftar på ett sammanhang där en eller flera faktorer förändras. Kombinationen av dessa två termer syftar på när en eller flera faktorer förändras och produktionen behöver anpassas/ställas om, efter dessa nya förutsättningar.

Till följd av den snabba spridningen av Covid-19 och den enorma efterfrågan på PPE, formulerade EU-kommissionen i slutet av mars 2020, beslut för att förenkla inköp av PPE till medlemsländerna. För att möjliggöra att materialet kom till användning snabbare beslutade dem att viss kritisk PPE tillåts släppas ut på marknaden, även om processerna för certifiering ännu inte var klara. "Om de nationella marknadskontrollmyndigheterna finner att utrustningen på EU-marknaden säkerställer en tillräcklig nivå för hälsa och säkerhet i enlighet med de väsentliga krav som fastställs i EU:s lagstiftning, kan de tillåta dessa produkter på EU-marknaden, även om förfarandena för bedömning av överensstämmelse, inbegripet anbringande av CE-märkning, inte är helt slutförda." (EU-kommissionen 2020, s. 3).

¹⁰ Jimmy Klintonberg, VD Greenway Logistics AB, TEKOLOGISTIK, möte via zoom, 15 maj 2020

I början av april avböjde Socialstyrelsen stora leveranser av PPE då produkterna inte ansågs kvalitetssäkrade genom en CE-märkning. Riskerna med att köpa material som inte är kvalitetssäkrat är att många, varav en är att materialet bedöms som undermåligt. Det kan i sin tur leda till att materialet kasseras och eller att bärarna av skyddsutrustningen, trots användningen, utsatts för en hälso- och säkerhetsrisk. Socialstyrelsen menade att istället för att ta in material där kvaliteten inte kan säkras, behövde processen för certifiering påskyndas (Ennart 2020). En brist på CE-märkta produkter har under våren uppstått, vilket har lett till att nya, alternativa lösningar för kvalitetssäkring utformats. I en kris i form av att världen drabbats av en pandemi och när en brist på CE-märkta produkter till vården och omsorgen uppstår, hamnar samhällen i en svår situation: där försörjningen av PPE för vårdpersonalen inte är självklar, samtidigt som verksamheten av samhällsviktiga funktioner såsom sjukhus i största mån bör hållas öppna. Beroende på vilken typ av kris ett land utsätts för, samt hur långtgående den blir, kan kritiska produkter potentiellt behöva produceras inhemskt. Kritiska produkter som stöttar de samhällsviktiga funktionerna, där värdekedjan från råvara till slutprodukt är utspridd över många olika länder, beror på en global stabilitet. En kris kan rubba balansen och i förlängningen påverka många kritiska värdekedjor.

1.2 Syfte

Studien syftar till att klargöra vad den inhemska industrin behöver för att ställa om produktionen för att snabbt leverera kritiska produkter i en tid av kris. Målet är att kategorisera olika typer av producenter och deras olika möjligheter till en PO.

Syftet är att ta fram verktyg som ett samordnande organ kan använda sig av för att ställa om produktionen i händelse av kris. Verktygen nödvändiga för en PO, exemplifieras genom en fallstudie på operationsrock för engångsbruk.

1.3 Frågeställningar

- I. Vilka olika verktyg bör en beredskapsplan innefatta, för att möjliggöra en samordnad och effektiv inhemsk PO för skyddsutrustning?
- II. Vilken kategori av producenter värderas ha godast förutsättningar för en snabb PO, i förhållande till efterfrågade produkter i ett läge av kris?

1.4 Avgränsningar

Studien avgränsas från de ekonomiska och sociala aspekter som följer en kris, såsom lågkonjunktur eller arbetslöshet. Skyddsutrustning för privatpersoner berörs ej, utan fokus ligger på produktion av PPE och MD till anställda i vården. Djupgående teorier om produktion har inte berörts. Studien har avgränsats från operationsrockar utformade för flergångsbruk, och beskriver endast processen för hur konventionella engångsrockar produceras. Presenterad produktionskedja baseras på en linjär princip och berör inte hanteringen av kontaminerade produkter efter användning. Studien har utförts under Covid-19-pandemin i Sverige, vilket haft en inverkan på utförandet av kandidatarbetet.

2. Litteraturgenomgång

Kapitlet ämnar ge en översiktlig bild av teorin kring produktion samt beskriva vilka faktorer som underlättar en PO. Kapitlet innefattar information från Arbetsmiljöverket och EU-kommissionen gällande hur Sverige arbetar med försörjningen av PPE för vårdpersonal. En beskrivning av de säkerhetskrav applicerade på PPE och MD ämnar ge en bild av vilka lagar och certifieringar som berör produkterna. De kritiska egenskaperna hos operationsrockar specificeras och en ingående beskrivning av nonwovenmaterial återges, vilket ger en överblick till komplexiteten i produktionsprocessen. Kapitlet avslutas med en produktanalys.

2.1 Produktionsteori

I den mesta moderna industrin används automatiserade maskiner som styrs av en dator för att tillverka produkter. Denna produktion bedrivs mestadels i en stor industriell skala, kontrasterande hantverk. Syftet med tillverkning är att addera värde till en produkt, detta görs genom att förändra materialets egenskaper. Enligt Groover (2010) finns det tre olika typer av industrier: primära och sekundära samt den tertiära branschen. Primära industrier bearbetar och extraherar naturliga resurser. Sekundära industrier förädlar produkten som kommer ur de primära industrierna och gör dem till konsument eller kapitalvaror. Slutligen syftar tertiära på den serviceindustri där varor säljs till konsumenten.

Tabell 1. Definition på nyckelfaktorer inom produktion

Benämning	Definition
Produktivitet	Antal enheter producerande per tidsenhet. Synonym: effektivitet. (NE u.å.e)
Kapacitet	Mängden enheter som kan tillverkas. (NE u.å.b)
Variation	Det beskriver skillnaden mellan olika enheter i exempelvis kvalitet eller funktion. (NE u.å.g)

2.1.1 Produktionskapacitet

Produkttyp, efterfrågan och produktionskvantitet påverkar vilken typ av produktionsmetod som passar. För att avgöra vilka typer av industri i Sverige som kan ställa om sin produktion ämnar rapporten jämföra produktionsprocesserna enligt teorin som presenteras nedan.

Den klassiska produktionsteorin är uppdelad i tre nivåer, se tabell 2. Specialanpassade och komplexa produkter tillverkas ofta i liten skala. Låg produktion innebär enligt modellen mellan 1 och 100 enheter per år. Produktionen är designad för maximal flexibilitet för att hantera produktvariationer. Maskinparken är generell vilket innebär att den kan användas till att göra flera saker och arbetskraften är specialiserad. Exempel på denna nivå innefattar tåglok och haute couture (Groover 2010).

När produkttypen är densamma, men variationer mellan produkter finns, krävs viss flexibilitet. Detta gör att samma maskiner används till att tillverka olika produkter. Denna flexibilitet kallas för produktflexibilitet (Browne et al. 1984). Serieproduktion eller celltillverkning möjliggör en medelstor produktion vilket innebär mellan 100 och 10 000 enheter per år. Exempel på denna typ av produktionsnivå innefattar bilar och konfektionsplagg. Serieproduktion innebär att en serie av en viss produkt tillverkas. Efter serien är klar ställs produktionen om och det produceras en annan typ av vara. Produktiviteten på maskinerna är större än efterfrågan på en viss produkt. Maskinerna delas för tillverkning av flera olika produkter. Celltillverkning innebär att grupper av liknande produkter kan göras på samma maskiner utan att signifikant tid förloras. Produktionen är uppdelad i flera olika celler bestående av flera olika arbetsstationer eller maskiner (Groover 2010).

Massproduktion kategoriseras av en hög efterfrågan av en viss produkt. Produktionsenheten är då helt dedikerad till en enda produkt och möjliggör en storskalig produktion mellan 10 000 och 1 000 000 enheter per år. Flödet är kontinuerligt och operationerna är helt anpassade för att uppnå maximal effektivitet. Industrin är produktiv, men mindre flexibel till följd av dess nisch. Exempel från denna nivå är produktion av servetter (Groover 2010).

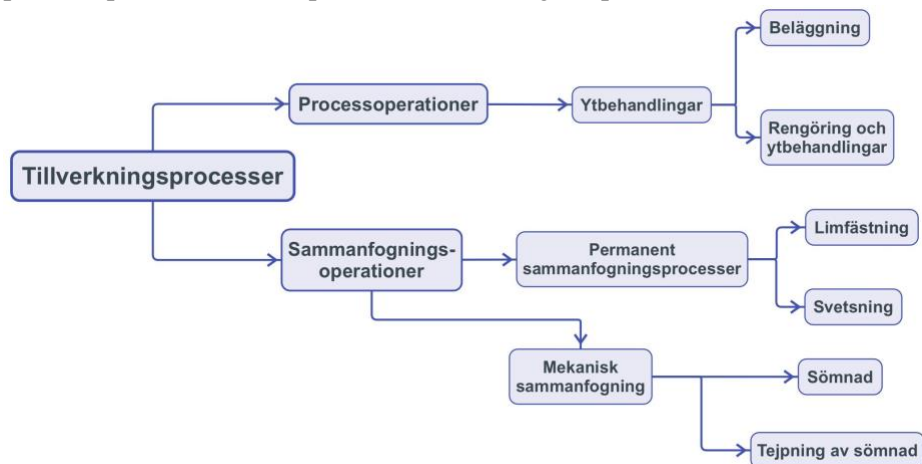
Tabell 2. Produktionskapacitet

Produktion	Årlig kapacitet
Låg produktion	1–100
Medelproduktion	100–10 000
Massproduktion	10 000–1 000 000

2.1.2 Tillverkningsprocesser

Tillverkningsprocesserna kan delas upp i två olika processer; processoperationer och sammanfogningsoperationer, se figur 3. Processoperationerna omvandlar ett material från en typ av stadie till ett mer avancerat stadie. Värde adderas till produkten genom att ändra materialets egenskaper och utseende.

Sammanfogningsoperationerna förenar två eller flera komponenter för att skapa en helt ny produkt. Generellt i produktion separeras dessa två till olika stadier av tillverkningen, men på textila material är det inte ovanligt att vissa processoperationer utförs på redan sammanfogade produkter (Groover 2010).



Figur 3. Tillverkningsprocesser (Josefsson 2020)

2.1.3 Flexibel produktion

För att effektivt ställa om en produktion krävs flexibilitet i både maskinpark och organisation. Processflexibilitet är centralt och innebär förmågan att producera en efterfrågad produkt, av olika typer av material, på ett antal olika sätt. Detta innebär att produktionen av en efterfrågad produkt går att ställa om utifrån tillgänglig materialtillgång. Produktflexibilitet innebär förmågan att anpassa produktionen snabbt och effektivt för olika typer av produkter. Produktflexibilitet möjliggör omställning av produktion utefter efterfrågad produkt. Flexibilitet i produktionen möjliggör omställningen och ökar ett företags reaktionsförmåga när det uppstår förändringar i marknaden. För att uppnå process- och produktflexibilitet bör företaget ha en effektiv och automatiserad produktionsplanering och maskinflexibilitet, vilket innebär att maskinerna enkelt kan ställa om för att producera något annat. Flexibilitet innebär även förmågan att anpassa volymen av produktionen efter vad som efterfrågas. (Browne et al. 1984).

Till följd av den stora efterfrågan av PPE i våras har många olika PO utformats för att förhindra bristen. Inledningsvis initieras en PO av ett uttryckt behov av diverse produkter. Nästföljande steg i processen är att specificera volymer, kvalitetskrav och produktspecifikation. Tillförseln av material från den primära industrin är här kritisk för att sekundärt kunna producera. Tiden för en snabb och effektiv PO, beror på korta ledtider för beslut om volym¹¹. Producenter som i normala fall

¹¹ Bernt Henriksen, VD & Senior Automations- och produktionspecialist, Automation Region, möte via zoom, 8 maj 2020

tillverkar produkter till vården, har under krisen kunnat skala upp produktionen genom att tillsätta ytterligare skift och modifiera maskinparken. För att motivera en omställning för producenter krävs en samordnad behovsformulering för att garantera att behovet är tillräckligt stort, så att det finns en långsiktig affär i omställningen¹². Samhall har genom samarbeten med ett antal olika uppdragsgivare och samarbetspartners, uppnått en decentraliserad, flexibel celltillverkning. De har därmed upprättat sekundära industrier av skyddsutrustning på flera ställen runt om i landet¹³.

En tillräcklig materialtillförsel är kritiskt för en fungerande inhemsk produktion, då tillverkningsprocesserna visualiserat i figur 3 inte kan utföras utan ett inflöde av material att förädla. I en kris då traditionella flöden påverkas, beror möjligheten till produktion delvis på de materiella resurserna som företag besitter. Stor lagerhållning eller en uppbyggnad av värdekedjan i Sverige kan möjliggöra denna försörjning av material¹⁴.

2.2 Certifiering

Syftet med PPE och MD är att ge ett adekvat skydd som minimerar de hälso- och säkerhetsrisker för personalen och patienten följande olika användningsområden. Kvalitetssäkring och certifiering är centralt då utrustningens funktion behöver nå upp till lagstadgade säkerhetskrav. Utrustningen behöver kvalitetssäkras av en utomstående part då CE-märkningen, se figur 4, är obligatorisk för all PPE och MD som distribueras inom EU. I normala tider är den europeiska standardiseringsorganisationen (CEN), det centrala organ som certifierar. Covid-19-pandemin har belyst hur viktigt det är att skydda vårdpersonalen från potentiell smitta: dels för en säker arbetsmiljö, dels för att värna om de samhällsviktiga funktionerna i en kris. Tillgången till skyddsutrustning måste vara tillräcklig, samt kvalitetssäkrad.



Figur 4. Logotypen för CE-märkning (Wikipedia)

I Sverige är RISE det organ som kvalitetssäkrar och ser till att all CE-märkt skyddsutrustning presterar enligt gällande säkerhetskrav (Arbetsmiljöverket u.å). I Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2016/425 av den 9 mars 2016 om personlig skyddsutrustning, fastslås de gemensamma krav och principer för PPE och CE-märkning i Europa. Lagstiftningen för operationsrockar är antagna i (EU) 2017/745 av den 5 april 2017 gällande medicintekniska produkter. Kvalitetssäkring är viktiga avsnitt i de båda förordningarna och vikten av standardiserade testmetoder och oberoende testorgan betonas.

¹² Linda Nydén, koordinator, Smart textiles, möte via zoom 20 maj 2020

¹³ Julia Klingspor, nationell affärsutvecklare inom cirkulär ekonomi, Samhall AB, möte via zoom 20 maj

¹⁴ Cecilia Tall, generalsekreterare, TEKO, möte zoom, 7 maj 2020

2.2.1 Arbetsmiljö

För att skydda anställda ska arbetsgivaren analysera arbetssituationen och utifrån den analysen bestämmer arbetsgivaren vad för skyddsutrustning som behövs. Vid val av PPE ska arbetsgivaren ta hänsyn till flera olika faktorer som; hur länge arbetet varar, hur fysiskt tungt arbetet är, vad utrustningen ska skydda mot, om utrustningen ska användas med annan utrustning, vilken prestanda krävs för att det ska vara säkert, etc. All PPE ska vara CE-märkt, samt vara märkt med ett piktogram. Riskbedömningar sätts i förhållande till en helhetsbild över situationen, där de anställdas säkerhet prioriteras högst (Arbetsmiljöverket u.å).

2.2.2 Kvalitets- och miljöledningssystem

Kvalitetsledningssystem är en nödvändig förutsättning för en producent att få sina MD och PPE-produkter CE-märkta. Kvalitetsledning möjliggör en konsekvent produktion och kvalitetssäkring: där uppsatta krav kvalitetssäkras, teknisk dokumentation upprättas och sårbarhet i produktionsprocesserna finns. Konsekvent produktion innebär låg variation av tillverkade produkter. De stickprov som kvalitetssäkras från produktionskedjan anses trovärdigt återspegla produktionens översiktliga kvalitet. "Om organisationen förstår och hanterar samverkande processer som ett system, bidrar det till att den blir effektiv och verkningsfull i att uppnå sina avsedda resultat." (SIS 2015a, s. VI). Enligt Vikinge¹⁵ har svenska producenter med inarbetade system, under Covid-19-krisen, haft lättare att ställa om sin produktion till en kvalitetssäkrad sådan. Utöver kvalitetssäkringssystem, finns miljöledningssystem med fokus på det systematiska arbetet att uppnå en långsiktig hållbar utveckling i en organisations verksamhet, genom en balans mellan de tre dimensionerna av hållbarhet. Organisationen uppfyller genom ett miljöledningssystem bindande krav, samtidigt som risker och möjligheter i organisationen hanteras (SIS 2015b).

2.2.3 Kritiska egenskaper operationsrock

Inför en operation är det viktigt att patienten känner sig trygg och litar på att de infektionsrisker som finns minimeras. Den kliniska personalen som utför operationen måste även vara säkra på att den MD som bärs, minimerar riskerna att kontaminera patienten på operationsbordet. De kritiska egenskaperna och funktionskraven för MD är följaktligen höga. I SS-EN 13795-1 (SIS 2019) återfinns de essentiella egenskaper som behöver kvalitetssäkras för alla operationskläder i operationssalen, där rocken är inkluderad. Testerna utförs på kritiska produktområden, där risken för att bära och sprida smittämnen är hög. På operationsrockar återfinns exempelvis området på plaggets ärmar. De kritiska egenskaper som testas är följande:

- Mikrobiell genomträngning från ena sidan till den andra av tyget, i både torrt och blött tillstånd.
- Hur fritt tyget eller paketeringen är från aktiva populationer av mikroorganismer, innan sterilisering.
- Partikel-släpp under användning.
- Genomträngning av vätska under användning.
- Brott- och dragstyrka i både torrt och blött tillstånd.

¹⁵ Trine Vikinge, senior forskare & projektledare, RISE, möte via Teams 15 maj

2.2.4 Kvalitetssäkring i kris

I ett läge av kris, där en plötslig förändring i den relativa balansen som tidigare infunnit sig i ett samhälle uppstår, riskerar det att uppstå en brist på nödvändig skyddsutrustning. Med anledning av den pandemi världen idag befinner sig i, där begränsningen av smittspridning och säkerheten av vårdpersonal är kritisk, är det centralt att tillhandahållandet av kvalitetssäkrad skyddsutrustning till berörda parter är säkrad. Säkerställandet av en adekvat barriäreffektivitet och vattenavvisning kan ha livsavgörande konsekvenser, om inte skyddsutrustningen kvalitetssäkras enligt de lagstadgade kraven. Ett plötsligt skifte i efterfrågan kan däremot skapa ett så stort behov, att de existerande producenterna inte ensamma har möjlighet att möta efterfrågan, då uppstår risken att tillgången kan ta slut. Som nämnt i bakgrunden, har EU-kommissionen temporärt släppt vissa standarder fritt tillgängliga för alla nationer, istället för att centralt ansvaras av CEN, med målet att "säkerställa att den europeiska industrin snabbt kan hantera den ökade efterfrågan på skyddsutrustning" (EU-kommissionen 2020, s. 2).

Arbetsmiljöverket var den myndighet som fick i uppdrag av Regeringen att bidra till att säkerställa tillgången av skyddsutrustning under Covid-19-pandemin (Regeringskansliet 2020). Arbetsmiljöverket har upprättat en temporär, alternativ process till CE-märkning för att kvalitetssäkra utrustning till vården, ett så kallat snabbspår. Arbetsmiljöverket utförde helhetsbedömningen och riskanalysen och var de som avgjorde när skyddsutrustningen var tillräckligt säker för användning, trots att en CE-märkning saknades. Till hjälp fanns kunskap och erfarenhet från RISE, vilket är det svenska anmälda organ som certifierar PPE. Enligt Vikinge¹⁶ har RISE varit i nära dialog med Arbetsmiljöverket gällande vilka värden som värderades tillräckligt bra för att godkänna utrustningen. Målet med snabbspåret var att snabbare få ut tillräckligt bra produkter till vården på kortare tid, som i största möjliga mån var kvalitetssäkrade. Processen gick översiktligt ut på att: tillverkare skickade en förfrågan och sina produkter för granskning till RISE, de testade och skickade vidare underlaget till Arbetsmiljöverket, tillverkaren sökte om tillstånd att sälja och efter godkännande från Arbetsmiljöverket tilläts vården köpa och använda sig av de kvalitetssäkrade produkterna, utan en CE-märkning (RISE 2020).

2.3 Nonwoven - material, produktionsprocesser och kompositer

Vid en jämförelse av textila varor såsom stickade plagg och vävda gardiner med tidningspapper och planscher, återfinns nonwoven någonstans där emellan. Här behövs inget garn för att skapa en textil struktur, utan endast fibrer. Den gemensamma byggstenen för all nonwoven är det komplext uppbyggda nätet av fibrer. Användningsområdena för nonwoven är många och innefattar alltifrån blöjor, kaffefilter och airbags till ljudabsorbenter och sovsäckar. En mängd produkter finns att tillgå till för de medicinska användningsområdena: utöver operationsrockar, hättor och skoskydd, finns även lakan för operationssalen, sårförband och bandage som kritiska skyddsprodukter till vården. Nonwoven-

¹⁶ Trine Vikinge, senior forskare & projektledare, RISE, möte via Teams 15 maj

producenter kan med hög flexibilitet producera teknisk textil med önskade egenskaper till en relativt låg kostnad på en kort tid. Kostnaden är här central då en stor mängd av de medicinska nonwoven produkterna är tänkta för engångsbruk. Produktens livslängd och funktionalitet behöver likställas med den ekonomiska kostnaden (Tanchis 2008 & Kadolph 2014).

Produktionsprocessen för nonwoven, från råmaterial till färdigt tyg är kostnadseffektiv, snabb och anpassningsbar. Processen består översiktligt av att: välja passande fiber, lägga upp ett nät av fiber och fästa ihop det till en tygliknande struktur. Vid formeringen produceras nätet och vid bondningen produceras tyget (Kadolph 2014). Det finns ett antal olika formeringstekniker att tillgå, där de två direktspinningstekniker som används till produktionen av nonwoven till sjukhus presenteras nedan. Fördelarna med direktspinning är, som termen antyder, att nätet skapas direkt utan några mellansteg. Med detta sker en produktivitetsökning och kostnadsreduktion (Tanchis 2008).

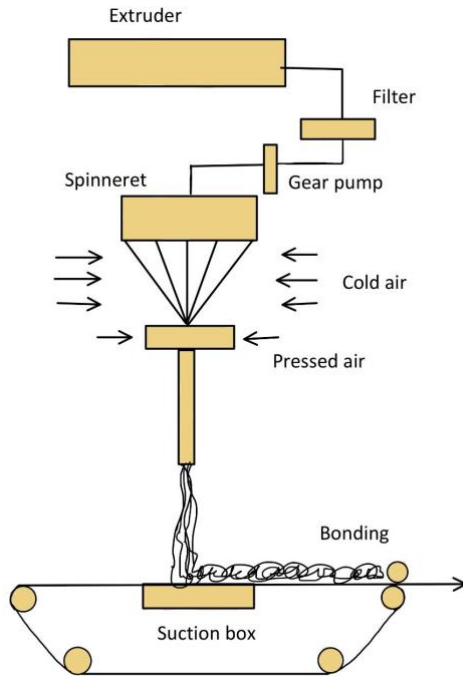
2.3.1 Fiberegenskaper olefiner

En vanlig sammansättning av textila fibrer till operationsrockar är olefinerna polyetylen (PE) och polypropylen (PP). Olefiner är syntetiska fibrer som framställs genom en polymerisering av etylen. Användningen av dessa fibrer har på senare år drastiskt ökat till följd av det låga priset på råmaterial samt den goda tillgängligheten. Fibrernas goda egenskaper i kombination med dess låga pris, gör dem attraktiva i jämfört med många andra, den globala användningen är därmed stor (Tanchis 2008). Produktionen av olefiner är flexibel: där fibrer med olika styrka, tøjbarhet och tvärsnitt med enkelhet kan anpassas till önskad slutanvändning. De fysiska egenskaperna kan enkelt påverkas vilket gör PP till ett användbart material som kan tillverkas till ett lågt pris. Fibern har låg densitet vilket möjliggör en produktion av lättviktsprodukter som samtidigt har en hög hållfasthet och styrka (Kadolph 2014).

De fysiska egenskaperna av en fiber påverkar barriäreffektiviteten av plagget. Fiber som är släta har en större förmåga att stöta bort partiklar, medan fiber med ojämnheter och håligheter har en förmåga att fånga in partiklar. Runda tvärsnitt på fibern är att föredra (Aidibu 2003). Även längden på fibrerna påverkar barriäreffektiviteten, där kortare fibrer är mer effektiva i att stoppa transmissionen av små partiklar, däremot är änden på en fiber porös och fångar in partiklar (Leonas 2005).

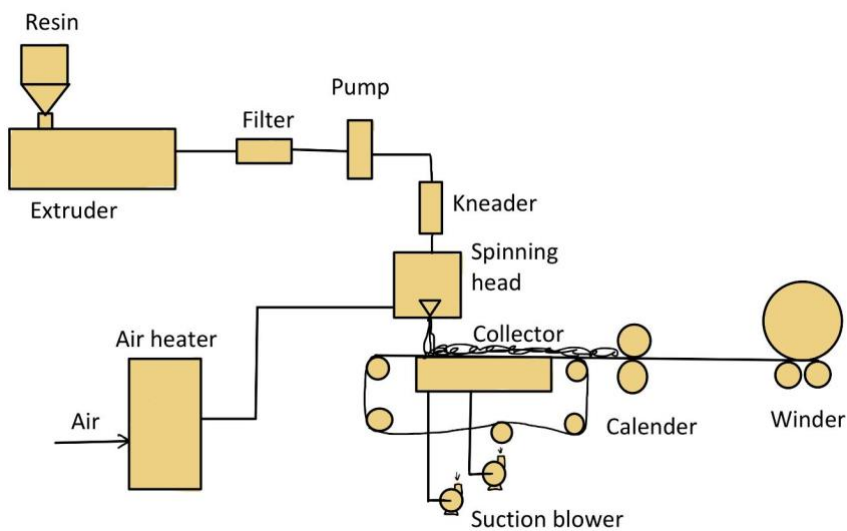
2.3.2 Formering genom direktspinning

Spunbond är den snabbaste och mest kostnadseffektiva formeringstekniken för nonwoven. Termoplastiska syntetfibrer, såsom olefiner, används här som råvara. De smältspunna, heta polymererna extruderas kontinuerligt genom spinndysor och matas slumpmässigt ut på ett snabbt rörande transportband. De semi-smälta filamenten binder samman vid tvärpunkterna tills ett nät i önskat format skapats, se den schematiska processen i figur 5 på nästa sida. Eftertraktade egenskaper hos spunbond nonwoven är bland annat en hög drag- och rivstyrka, lättviktighet och slitstyrka och god luftgenomsläpplighet (Kadolph 2014 & Tanchis 2008).



Figur 5. Schematisk bild över spunbond-processen (Josefsson 2020)

Meltblown är en formeringsteknik där en nonwoven med mycket fina fibrer kan tillverkas. Olefiner används även här. Polymererna extruderas genom ett enda, tunt munstycke och sträcks därefter med hjälp av varm luftström som blåser i hög hastighet längs med fibern, vilket bryter den i korta bitar. Fiberstyckena samlas upp till ett nät på ett rörligt transportband och fäster samman genom en termisk bindning och fiberflätning, se den schematiska processen i figur 6. Eftertraktade egenskaper från meltblown nonwoven är bland annat en hög täckfaktor, termisk förgrening och mjukhet (Kadolph 2014, Tanchis 2008 & RISE u.å.).



Figur 6. Schematisk bild över meltblown-processen (Josefsson 2020)

2.3.3 Bondning genom hydro-entangling

Fibernätet har generellt sett en väldigt låg styrka efter formeringen. Bondningen är den process där nätet omvandlas till tyg (Kadolph 2014). Till produktionen av engångs operationsrockar, är den mest frekvent använda bondningstekniken hydro-entanglement (Tanchis 2008). Processen inleds med att det torra fibernätet blöts ned mellan två genomsläppliga rullvalsar, detta för att få bort all luft i nätet inför bondningen. Det blöta nätet rullar vidare till perforerade rullvalsar som är utrustade med munstycken. Fibrena i nätet trasslas därefter samman och binds ihop av högtrycks vattenstrålar från dessa munstycken. Processen avslutas med torkning (SIS 2003).

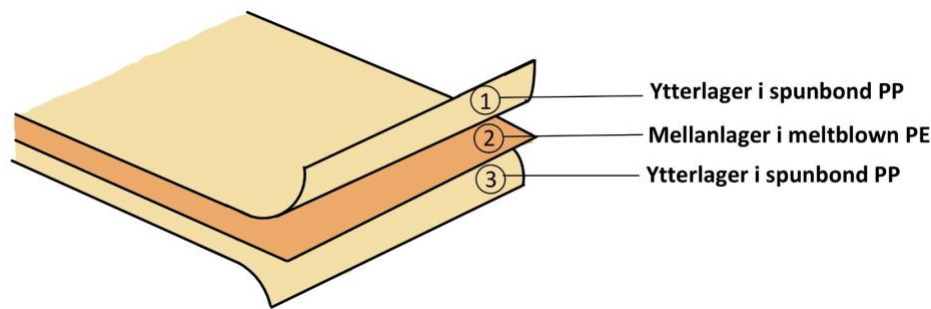
2.3.4 Kompositen SMS

De fördelaktiga egenskaperna för nonwoven till MD är många. Med hjälp av diverse produktionsprocesser är det möjligt att skapa textila varor med en förmåga att både andas, en hög styrka, isotropiska egenskaper, hög vattenavvisning samt en ytareal passande för filtreringssystem (Tanchis 2008). Kritiska egenskaper för operationsrocken är en låg mikrobiell genomträngning, med andra ord en hög barriäreffektivitet från den kliniska personalen till patienten (SIS 2019). Materialet behöver stoppa både virus och hårstrån från att tränga igenom varan: där Covid-19 har en diameter på 65–125 nm (Adnan 2020) och ett hårstrå har en diameter på ca 75 000 nm. Tyget bör ha en hög brott- och dragstyrka, samt ett högt motstånd mot att bilda noppor, för att minimera risken för partikelsläpp under användning. En viktig faktor för operationsrocken är även sterilitet, alltså frånvaron av levande mikroorganismer (NE u.å.f & Tanchis 2008).

För att kunna leverera en kvalitet som tillfredställer alla dessa krav, återfinns kompositen¹⁷ Spunbond Meltblown Spunbond (SMS) som den populäraste kvaliteten till operationsrockar för engångsbruk, se flerlagerstrukturen i figur 7 på nästa sida. Materialkombinationen består ofta av PP och PE. Ytterlagren i spunbond PP står huvudsakligen för tygets styrka, vattenavvisning och nötningsmotstånd. Mellanlagret i meltblown PE ger en mjuk känsla för bäraren, kombinerat med en ånggenomsläpplighet (Ajmeri & Ajmeri 2011).

Bondningstekniken för SMS är hydro-entangling, vilket ger kompositen höga mekaniska egenskaper samt en bulk och mjukhet. Den efterfrågade avvägningen av funktioner hos SMS ligger mellan en vattenogenomtränglig barriär och en adekvat ånggenomsläpplighet. Avslutningsvis har SMS möjlighet att garantera säkerhet gällande infektionskontroll, barriäreffektivitet och sterilitet, vilket kombinerat med ett lågt pris gjort den väldigt populär att använda (Ajmeri & Ajmeri 2011).

¹⁷ Klass av material som innehåller två eller flera komponenter och som har egenskaper som väsentligen skiljer sig från de ingående komponenternas egenskaper (NE u.å.d)



Figur 7. SMS-komposit (Josefsson 2020)

2.3.5 Slutberedningar

För att förbättra barriäreffektiviteten på operationsrockar, är det vanligt att addera en vattenavvisande finish på plagget. Den mest frekvent använda är fluorkarbon-baserad, som sänker ytenergin på materialet, vilket i sin tur minskar benägenheten av vidhäftning på materialets yta vilket ökar hygien. Slutberedningen stöter bort både vatten och olja (Leonas 2005). Högfluorerade ämnen är väldigt stabila och bryts ner mycket långsamt, med konsekvensen bioackumulation i naturen och i levande varelser. Fluorkarboner är både reproduktionsstörande och cancerogena (Kemikalieinspektionen 2019). Dessa slutberedningar är visserligen effektiva för att öka barriäreffektiviteten, men de är också hälsofarliga och bör därmed användas med stor försiktighet.

Plaggets förmåga att ansamla diverse partiklar på tyget bör minimeras till största mån, för att minimera kontaminering och säkra patientens hälsa. Hygien är av stor vikt vilket gör benägenhet till vidhäftning på tyget kritisk. SMS-kompositen består oftast av olefinerna PE och PP, vilka inte är benägna att laddas upp statiskt, trots detta är det vanligt med en antistatisk slutberedning. Antistatisk finish absorberar fukt vilket neutraliserar ytans förmåga att skapa en statisk uppladdning (Kadolph 2014).

2.4 Produktanalys

En produktanalys har genomförts gällande de engångs operationsrockar som idag återfinns på marknaden, produkter som följer gällande standard för operationskläder (SIS 2019), med fokus på material, konstruktion och konfektionering. Analysen har baserats på produkter från ett antal multinationella företag, samlade i bilaga 1. Något anmärkningsvärt var att samtliga företag huvudsakligen levererade MD utformade för engångsbruk. Utrustning ämnad för flergångsbruk hittades inte och inget större fokus fanns på varken skötselråd eller underhåll. En gemensam nämnare på nonwovenkvalitet blev flerlagerstrukturen SMS, bestående av två lager spunbond PP och meltblown PE. Vissa produkter bestod även av en belagd eller laminerad nonwoven i PP, med ett mikroporöst membran i PE. De egenskaper leverantörerna speciellt tryckte på, utöver en hög barriäreffektivitet var plaggets möjlighet att andas, komfort, mjukhet, lättviktighet och hög nötningstålighet utan noppbildning.

Sammanfogningsmetoder på produkterna var huvudsakligen en 3-trådig overlock, med eller utan bandkant. Argumenten var att detta levererade en fin balans av slitstyrka och barriäreffektivitet mot vätska och partiklar, jämfört med en vanlig raksöm. Valet av bandkantning motiverades med att risken för noppbildning från tråden minimeras. Valda slutberedningar till plaggen var vattenavvisande och antistat.

3. Metod

I följande kapitel presenteras och motiveras de metoder som använts. Till följd av att studien återspeglas från ett högst aktuellt ämne: krisen följande Covid-19-pandemin, har metoden byggts upp av tre centrala beståndsdelar: litteratur- och fallstudie av en operationsrock samt en intervjustudie. Målet har varit att uppnå en allmängiltighet med relevanta kopplingar till dagsläget och som samtidigt kan appliceras på andra krissituationer än dagens.

3.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien har gett en grundlig förståelse för de områden som innefattar litteraturgenomgången och stärker studiens teoretiska grund. En del i studien har varit sökningar på ett antal vetenskapliga databaser: där Scopus, Textile Technology Complete och Web of Science har varit centrala. Aktualiteten och de snabba svängningarna i samhällsdiskussionen kring ämnet, har gjort att ett antal spår har undersökts. Inledningsvis undersöktes Covid-19, personlig skyddsutrustning till medicinskt bruk och smittskydd. Därefter skiftade fokus till nonwoven, operationsrockar och produktionen av dessa produkter, i bilaga 2 återfinns spårbarheten från utförd litteraturstudie. Avslutningsvis landade den vetenskapliga sökningen på produktionsteori. Kompletterande kunskapskällor har bland annat varit kurslitteratur från tidigare kurser under kandidatutbildningen och Nationalencyklopedin (NE).

Eftersom skyddsprodukter har varit i fokus, så har relevanta standarder och lagar gällande i Europa och Sverige kopplade till de områdena sökts upp. Dessa påverkar i hög grad hur en PO i kris kan möjliggöras, då verksamheten utformas i förhållande till existerande ramverk. De sätter regelverket för en långtgående stabilitet av och mellan samhällen. Pandemirelaterade direktiv från Regeringskansliet, Folkhälsomyndigheten, Socialstyrelsen, MSB och Arbetsmiljöverket har tagits del av, likaså från internationella organisationer såsom WHO och EU-kommissionen; alla med det gemensamma målet att begränsa smittspridningen av viruset och krishantering hanteras från olika angreppsvinklar.

3.2 Fallstudie

Den kvalitativa metoden fallstudie har använts, som en brygga mellan litteratursökningen och intervjustudien, där det textiltekniska sammanhanget kopplar samman dessa två. Fallstudien har centrerat kring: produktionsprocessen för nonwoven, konstruktionen av kompositen, samt standarder, lagar och

funktionskrav för produkten. Denna kärna sätter förutsättningarna vilket producenter och industrin står inför, vilket i hög grad påverkar en PO.

3.3 Intervjustudie

Med syftet att säkerställa problemformuleringens relevans i en allmän kontext samtidigt som den delvis återspeglar dagens krissituation, har ett antal semistrukturerade, kvalitativa intervjuer av sakkunniga nyckelpersoner, kopplade till pandemins PO och krishantering utförts. Urvalet kring vilka personer som valts ut, har baserats på vilka områden i studien författarna ansett behövt inspel från den pågående krisen: vilka svårigheter som funnits och vad som enligt intervjuobjekten hade underlättat omställningen. Intervjuerna har innefattat den textila industrin i Sverige, parter kopplade till PO, logistiken kring flöden av textila varor och kvalitetssäkringen av skyddsutrustning i en tid av kris. I tabell 3 återfinns information kring intervjuerna samlad.

Tabell 3. Intervjustudie

Utförande	Tid (min)	Yrkesroll	Organisation
07-05-2020	70	Generalsekreterare	TEKO
15-05-2020	40	VD	Greenway Logistics AB
08-05-2020	45	VD Senior Automations- och produktionsspecialist	Automation Region
15-05-2020	50	Senior Forskare & projektledare	RISE
20-05-2020	50	Koordinator	Smart Textiles
20-05-2020	55	Nationell affärsutvecklare för cirkulär ekonomi	Samhall AB

Initialt valdes Cecilia Tall, generalsekreterare för TEKO att intervjuas. Tall bedömdes ha en värdefull översiktsbild av vad de svenska textilproducenterna hade för möjligheter och behov att initiera PO för efterfrågade produkter i krisen. Via Tall, togs nästa kontakt med Jimmy Klintonberg på TEKOLOGISTIK. Klintonbergs kunskap och överblick gällande hur logistiken påverkats av Covid-19 har varit värdefull. TEKO har gett en värdefull återspeglning av medlemsföretagens upplevelser, och har värderats därefter.

Genom Smart Textiles, har författarna kommit i kontakt med Bernt Henriksen, produktionsspecialist från Automation Region. Henriksen har varit aktiv i Covid-19-krishanteringen från industrins sida, genom att ansvara för processen att snabbt skapa en helt ny värdekedja för förkläden till sjukvården i region Västmanland. Henriksens nyligen upplevda erfarenheter har gett författarna värdefulla insikter till tidslinjen för en PO, de har hanterats på en allmängiltig nivå i ett försök att vara relevant i olika avseenden än produktion av förkläden.

Trine Vikinge, senior forskare, har genom RISE bidragit med sin kunskap gällande kvalitetssäkring av skyddsutrustning till företag som vill ställa om sin produktion till att tillverka produkter efterfrågade under pandemin. Insikten i hur snabbspåret för skyddsutrustning har utformats har varit värdefullt att ta del av, däremot har ingen kontakt tagits med Arbetsmiljöverket som varit ansvarig myndighet för att godkänna produkter som gått snabbspåret, vilket författarna försökt ta hänsyn till. Efter förmedlad kontakt av Trine har en intervju med Julia Klingspor, nationell affärsutvecklare på Samhall utförts. Samhalls roll i krisen har varit utspridd över stora delar i landet, och inblandad i ett antal PO. Intervjun med Linda Nydén återgav Smart Textiles roll i krisen att sammanlänka företag och parter bland textilföretag.

För att få en inblick i hur Sveriges regioner har upplevt Covid-19-pandemin, vilka är direkt kopplade till vården i krisen, har författarna försökt få kontakt med en representant från Västra Götalandsregionen. Ambitionen var att uppnå en balans mellan den producerande industrin och sjukvården, förstå deras olika behov och erfarenheter från två olika sidor av krisen. Smart Textiles verksamhet är huvudsakligen finansierat av Vinnova och VGR och är en del av Högskolan i Borås. RISE och Samhall är båda statligt ägda och deras ämneskunskap anses vara pålitlig och har värderats därefter. Avslutningsvis bör tilläggas att de intervjuer som utförts inte kan reflektera hela organisationernas verksamheter, utan ger en övergripande och individuell återspeglning av verksamheten.

3.4 Metoddiskussion

Krisen från Covid-19-pandemin är en unik situation som samhället tidigare inte hanterat, detta innebär att det inte finns något facit på vad som är den absoluta sanningen. Intervjuerna har genomförts genom att kommunicera syftet med studien och intervjun, för att sedan be nyckelpersonerna berätta om deras upplevelser kopplat till den PO de varit med och skapat. Risker med kvalitativa intervjuer är att resultatet från metoden mynnar ut i en hög andel subjektivitet. Bedömningen är att kvalitativa intervjuer varit värdefullt för att nå primära källor vilka återspeglar det praktiska arbetet från en pågående kris. De praktiska erfarenheterna och kreativiteten bedömdes svår att metodiskt läsa sig till i detta läget. För att uppnå en så hög objektivitet som möjligt, har intervjuobjektens inspel och erfarenheter använts restriktivt, de har agerat som komplement till kvalitetssäkrad litteratur, när den varit möjlig att hitta. En kritisk faktor med att återspegla dagsläget är att det är osäkert hur länge informationen är relevant. Krisläget förändras ständigt och det som har återgetts i studien är inte nödvändigtvis representativt för läget längre fram i krisen. Informationen från intervjuerna har analyserats utifrån ett allmänt och långsiktigt perspektiv, för att lära av nuläget men utan att begränsas till det.

4. Resultat

I följande kapitel presenteras ett antal verktyg, som ämnar underlätta PO i tid av kris. För att exemplifiera vilka underlag som bör utvecklas av ämneskunniga inför en kris presenteras produktionsunderlag kritiska för en PO. Till följd av den textiltekniska kompetensen hos författarna, utformas mallarna för den medicintekniska produkten operationsrock. Resultatet har utformats genom att ta del av produktionsteori om flexibel produktion, sammanställning av standarder gällande MD och PPE samt intervjuer med nyckelpersoner som under Covid-19-pandemin arbetat från olika perspektiv i PO. Textilteknisk kunskap, i form av teori om nonwoven, dess produktionsprocess samt kvalitetskrav för en operationsrock lägger grunden till användning av verktygen för fallstudien.

4.1 Beredskap inför produktionsomställning

Författarna har identifierat sex aktiviteter till följd av den teori som lästs och den intervjustudie som utförts, som kan underlätta för snabb omställning av produktion. Figur 8 kan användas som ett verktyg för att hantera omställningen av produktion i kris, både nationellt och regionalt. Beredskapspyramiden är uppdelad i nivåer, vilka definieras utifrån omfattningen och perspektivet av aktiviteten. Nivå 1 har en funktion av att tydliggöra och samordna. Nivå 2 ämnar skapa en överblick av situationen, vilket därmed ger en dagsaktuell nulägesbild för landets förutsättningar. Nivå 3 handlar om att undersöka de faktorer och underlag, kopplade till produkten, som behövs inför verkställandet av en PO.



Figur 8. Beredskapspyramid (Josefsson 2020)

4.1.1 Nivå 1

Ansvarsfördelning innebär att en proaktiv nationell beredskap definierar ansvar för följande aktiviteter i Nivå 2 och 3. Ansvarsfördelningen kan underlätta en effektiv och samordnad PO. Ansvaret bör vara fördelat på ett tydligt och samordnat sätt, som möjliggör en snabb kommunikation och behovsidentifiering. För en effektiv PO, bör överblick över nästkommande aktiviteter finnas samt konkretisering av vem eller vilka som lägger en order hos producenterna, dessa aktiviteter tar lång tid utan en tydlig ansvarsfördelning.

4.1.2 Nivå 2

Nivå 2 innebär att skapa en överblick över situationen genom att identifiera behov, tidsaspekter och resurser. För att börja producera efterfrågade produkter i en kris, krävs en tydlig bild av behovet och tidsaspekter kring dessa. Produktbehov för kritiska samhällsfunktioner bör uppskattas i närtid och framtid, nationellt eller regionalt för att vidare kommuniceras till industrin. Industrins förmåga att agera beror på tydligt ansvar av behovet. Den part som förmedlar behovet, bör även ha ansvar för inköp. Ordrar bör läggas med viss framförhållning för att möjliggöra en duglig kvalitet från en potentiell PO.

För att bilda en aktuell bild över de nationella förutsättningarna att ställa om produktionen behövs inventering av produktionsenheter och maskiner att tillgå. Sverige är i många fall importberoende av materialet som ska förädlas, därmed behövs en långsiktig prognos av materialbehov samt inventering av befintligt material.

4.1.3 Nivå 3

Nivå 3 möjliggör och lägger grunden för verkställandet av en PO. Innan produktion kan börja krävs inventering av lagar som vanligtvis kontrollerar flödet och kvaliteten på varor. I lagarna hittas certifieringar som är nödvändiga samt standarder som bör användas för kvalitetskontroll av produkten.

För snabb omställning hos producenter, krävs att behovsansvarig lägger en order tillsammans med en produkt- och kravs-specifikation. Den tekniska dokumentationen ska vara så detaljerad att det som produceras sedan går igenom nästkommande steg av kvalitetskontroll.

För att säkerställa produkter av god kvalitet, som garanterar att personal i samhällsviktiga organ inte utsätts för risk, krävs kvalitetssäkring i form av kontrollering och certifiering. Detta görs enligt teststandarder. Inventering av berörda lagar och standarder samt tydligt utformade produkt- och kravs-specifikationer möjliggör en snabb analys av vad som är kritiskt att kontrollera och certifiera för efterfrågade produkter. För en snabb och säker kvalitetssäkring i en tid av kris bör minimikrav formuleras och vara en del av riskanalysen.

4.2 Producenters förutsättningar för produktionsomställning

Författarna har delat upp olika typer av producenter i fyra kategorier, vilka värderats utifrån deras effektivitet och variation i produktionen. Uppdelningen av kategorierna är baserade på produktionsteorier i Groover (2010), samt utförd intervjustudie till hjälp av personer med erfarenhet av PO i Covid-19 krisen. Produktionerna skiljer sig i förutsättningar och möjligheter att ställa om sin produktion, i förhållande till efterfrågade produkter i ett krisläge, se figur 9. Kategoriseringen är utformad utifrån nyckelfaktorerna definierade under 2.1 och värderas utifrån:

- möjlighet till en snabb och kvalitetssäkrad PO
- möjligheten att bidra med en försörjning av produkter

Definitioner på kategorierna följer nedan.

1. Befintlig produktion

Organisationer som redan i ett normalläge producerar efterfrågade produkter.

2. Omställd produktion

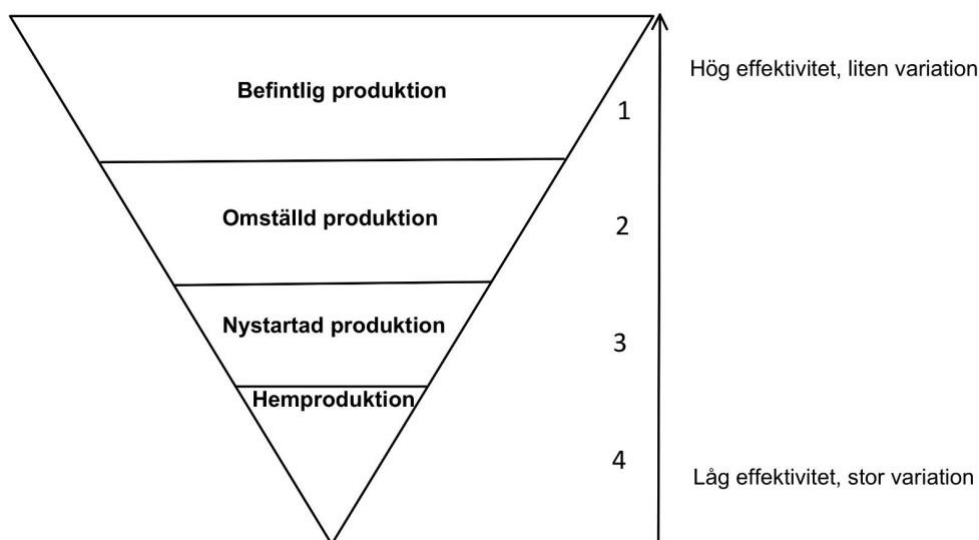
Organisationer som i ett normalläge producerar liknande produkter som de efterfrågade.

3. Nystartad produktion

Organisationer som i ett normalläge producerar andra typer av produkter, där tillverkningsmetod och material skiljer sig från de efterfrågade.

4. Hemproduktion

Civil eller samordnad produktion i hemmet av personer som i ett normalläge: antingen har annan sysselsättning och därmed är amatörer när det kommer till att producera, eller är yrkeshantverkare.



Figur 9. Producenttriangel (Josefsson 2020)

4.2.1 Förutsättningar

Kritiska förutsättningar för att producera kvalitetssäkrade PPE eller MD har med identifierats, vilka återfinns i tabell 4. Med erfaren personal och beprövad produktionsprocess menas att kunskap och produktionens flöden är optimerade utifrån maskinpark, material och produkt. Flexibilitet i organisation är förutsättningar som underlättar för en omställning. Produktflexibilitet uppnås enligt Groover (2010) genom serie- eller celltillverkning. Kunskap om material och produkt samt tillgång till rätt maskiner är en förutsättning för att påbörja produktion. Vid produktion av produkter med höga produktkrav krävs vetskap om lagar och standarder som reglerar flödet och garanterar funktionen på produkterna. Det behövs även system för kvalitetssäkring genom ledningssystem. I fallet av operationsrockar krävs även att produktionen ska uppnå hygieniska krav såsom en steril paketering.

Grön färg innebär att det finns en god erfarenhet av att producera den efterfrågade varan och produktspecifik kunskap finns. Gul färg innebär att viss erfarenhet finns

och att det finns goda förutsättningar att anskaffa rätt kunskap. Röd färg innebär att erfarenhet gällande den specifika produktionen, materialet och produkten saknas vilket innebär en utmaning för PO.

Tabell 4. Producenters förutsättningar till industriell omställning.

Förutsättningar	Befintlig	Omställd	Nystartad	Hemproduktion
Beprövad produktionsprocess				
Erfaren personal				
Flexibel produktion				
Kunskap om material och produkt				
Maskiner				
Kunskap om lagar & standarder för produkt				
Kunskap om kvalitets- & miljöledningssystem				
Förmåga att uppnå sterilitet i produktion				

Grön: Uppfyller förutsättningarna väl

Gul: Goda förutsättningar

Röd: Utmanande förutsättningar

4.2.2 Behov

Behov syftar på de faktorer producenterna är beroende av för en snabb PO.

Behoven beskrivna i tabell 5 är kopplade till beredskapsplanen då de med fördel kan vara säkrade innan krisen. Materialtillgången syftar på inflödet av material till produktionskedjan. Det kan möjligen tillgodoses, men bedöms kritiskt att säkra inför en kris om råmaterialet inte produceras i landet. Behovet av maskiner innebär möjligheten till anskaffningen av nödvändiga maskiner. Kunskap om material och produkt samt lagar och standarder beror på benägenheten av att dela information.

Lila färg innebär att producenten bedöms ha goda möjligheter att tillgodose behov, relaterat till producenternas förutsättningar i tabell 4. Blå färg innebär att det finns möjlighet att tillgodose behovet, beroende på den nationella krisberedskapen och prognostisering inför krisen. Grå färg innebär en utmaning att tillgodose behovet, detta relateras till vilken produkt som ska produceras och de krav som ställs på produktion och tänkt användningsområde.

Tabell 5. Producenternas behov i omställning

Behov	Befintlig	Omställd	Nystartad	Hemproduktion
Materialtillgång				
Maskiner				
Kunskap om material och produkt				
Kunskap om lagar & standarder för produkt				

Lila: Goda möjligheter att tillgodose behov

Blå: Kan möjligen tillgodose behov

Grå: Utmanade att tillgodose behov

4.2.3 Innebörd omställning per kategori

Omställningen sker på olika sätt för de olika kategorierna, förtydligande nedan.

1. Befintlig produktion

Produktivitet skalas upp, där fler skift tillsätts och maskiner går upp till maximal produktionskapacitet. Produktionsflexibilitet för volym är en förutsättning, där kapacitet på maskinparken är det som begränsar uppskalningen. När maxkapaciteten är uppnådd krävs ombyggnad av maskinpark för fortsatt uppskalning.

2. Omställd produktion

En produktionsflexibilitet genom modifiering av maskinparken möjliggör omställningen. Utformning av produktionsprocessen påverkar produktiviteten och kapaciteten kan uppnå storskalighet om materialbehoven tillgodoses och nödvändigt underlag delas.

3. Nystartad produktion

Omställning sker genom en större modifiering av maskinparken eller inköp av nya maskiner. En potentiell ombyggnad av lokal behövs, samt utbildning av personal att utföra andra arbetsuppgifter än de ordinarie. Produktiviteten beror på utformning av produktionsprocess och tillgång till maskiner. Kapaciteten beror på tillgången till material och personal.

4. Hemproduktion

Hemproduktion är ett produktionsalternativ när människor inte har möjlighet att gå utanför sina hem, men en efterfrågan på produkter finns. Effektiviteten är låg och kapaciteten blir endast hög om många personer utför samma arbete. Två kritiska behov är tillgång till material samt effektiv hantering av distribution.

4.3 Verktyg för verkställande av PO

För verkställandet av PO, bör en analys av den konventionella produktionsprocessen av det som ska tillverkas, utföras av motsvarande ämneskunniga parter. Författarna har till följd av intervjuer samt generell- och textiltknisk produktionsteori formulerat mallar, ämnade att användas för analys av landets förutsättningar till PO för engångs operationsrockar. Produktionsgrundande processer och dokument har formulerats. Detta för att presentera en bild av tidsaspekten, förarbete inför omställning, samt de produktkrav som påverkar möjligheter till PO. Nedan presenterade verktyg kan användas som mallar för analys av produktionskedjor för olika produkter och i olika kriser.

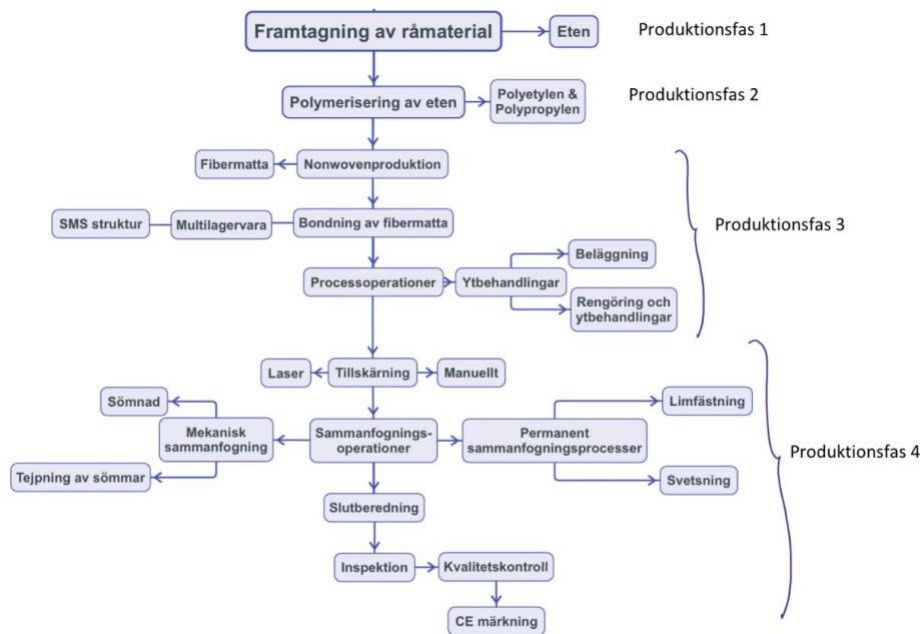
4.3.1 Konventionell produktionsprocess - operationsrock

Produktionsprocessen från råmaterial till färdigt plagg presenteras i figur 10. Produktionsprocessen är uppdelad i olika faser som består av olika produktionssteg. En fas innebär att processtegen med fördel utförs nära eller sammankopplat varandra. Produktionsfas 1 är den primära industrin, och 2, 3 och 4 är de sekundära. Certifiering och distribution är processer som följer själva produktionsprocesserna. Valideringen av kvaliteten utförs av en tredje part vilket i sin tur leder fram till en CE-märkning för skyddskläder inom vården.

Produktionsfas 1 försörjer resten av värdekedjan med råmaterial.

Produktionsenheten är specialiserad och storskalig, och råvaran i form av eten täcker ett brett användningsområde. Polymeriseringen av råvaran är även den specialiserad och sker i stor skala. Produktionsenheterna i den primära industrin är storskaliga och specifika, följande sekundära industrier blir mer och mer flexibla allt eftersom. Produktionsfas 3 för nonwoven är automatiserad och kontinuerlig, och utförs vanligtvis i en och samma fabrik. Det möjliggör en effektiv och storskalig process med en låg variation i kvalitet.

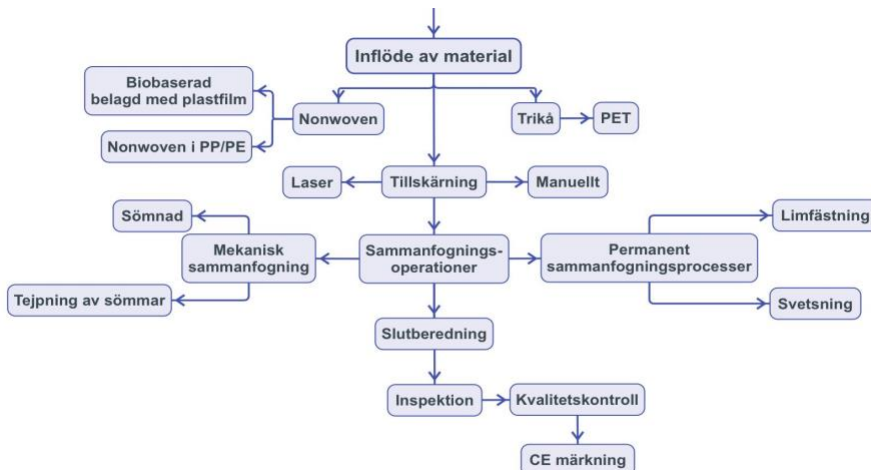
Produktionsfas 4 är beroende av tillgången av olika typer av fibermattor i nonwoven. Fibermattorna till engångs operationsrockar består vanligtvis av kompositen SMS och hanteras som en textil. Denna fas innefattar en större andel manuellt arbete, vilket följaktligen gör den mer flexibel. Tillskärning av mönster kan utföras med hjälp av en automatiserad laserskärare, maskinen är däremot investeringstung och därför görs fortfarande mycket manuellt idag. Permanenta sammanfogningstekniker är processer som limning och svetsning. Eftersom råvaran till kompositen är polymerbaserad, är svetsning av polymerer i form av textilier är högfrequenssvetsning en möjlig sammanfogningsteknik. Mekaniska sammanfogningstekniker sker genom sömnad, vilket är en frekvent använd kommersiell sammanfogningsteknik. För en ökad barriäreffektivitet på rocken, kan tejpnig av sömmar förekomma. Sammanfogning genom sömnad är precis som den manuella tillskärningen mer flexibel, det går därför snabbare att få igång även denna produktion. I den kommersiella värdekedjan måste produkterna inspekteras och CE-märkas av anmälda testorgan.



Figur 10. Produktionsprocess operationsrock (Josefsson 2020)

4.3.2 Potential till inhemska produktionskedjor

Vid omställning till inhemsk produktion av MD och PPE, behövs hänsyn tas till Sveriges förutsättningar. För produktion i de första tre produktionsfaserna i den konventionella produktionsprocessen krävs i regel specialanpassad utrustning och redan existerande storskalig industri. Infrastrukturen för produktionsfas 1 till 3 är inte särskilt flexibel vilket gör att en PO försvåras för dessa stegen i Sverige. Fas 4 erbjuder både produktion-, maskin- och produktflexibilitet vilket underlättar en snabb PO. Genom ämnesspecifik kunskap kan den konventionella produktionskedjan analyseras och resultera i alternativa flöden av material till produktionsfas 4. Se figur 11 för exemplifiering av hur textiltekniskt kunnande vid analys av produktionskedjan för operationsrock ger alternativa material- och produktflöden vilket därmed ökar chanserna till en snabb försörjning av efterfrågade produkter i ett läge av kris.



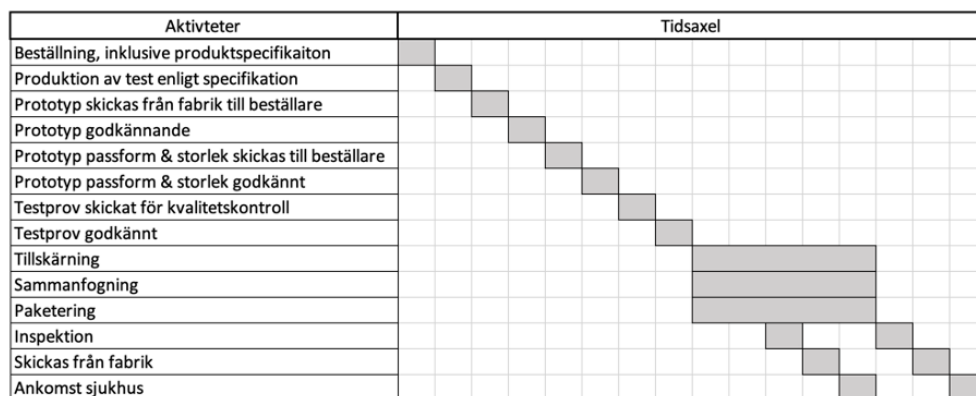
Figur 11. Möjlig inhemsk produktionskedja (Josefsson 2020)

4.3.3 Produktionsgrundande process

Den traditionella processen av att producera textila plagg innebär tidskrävande produktionsgrundande aktiviteter innan start av produktion. Dessa aktiviteter innefattar prototyptester för att garantera rätt produkt till rätt kvalitet. Prototyperna leder ofta till korrigerande av produkt för att sedan behöva göras om igen. Detaljerade och väl utformade produkt- och kravspecifikationer lägger grunden till en mindre omfattande prototyptestning, då många tester kopplade till komfort och ergonomi kan standardiseras. Det är även med hjälp av prototyptesterna som tillverkningen kan anpassas efter producenternas möjligheter.

I ett krisläge kan plötsliga och stora behov av kritiska produkter uppstå. Eftersom tiden för den inhemska PO att verkställas är kritisk i ett akut läge, är det viktigt att optimera förarbetet. Det som vanligtvis tar tid är prototyptestning, se figur 12. Produkt- och kravspecifikationer ligger som grund till den första prototypen. Utvärdering av plaggets funktion, material och passform är det som kontrolleras först: korrigeringar i konstruktionen såsom tajtare ärmar eller längd av plagg är vanliga. Ju fler tester som utförts vid utformningen av specifikationer, desto färre tester behövs innan produktion. Kvalitetssäkringen kan optimeras genom att redan innan ha nödvändigt underlag på plats samt vilka tester och funktionskrav som plagget behöver gå igenom och prestera.

När behovet av skyddsutrustning är akut bör logistiken kring produktionen gå snabbt, detta innebär snabb leverans av tester och utvärdering. Produktionen kan sedan pågå kontinuerligt med delleveranser. I figur 12 visualiseras kritiska aktiviteter i relation till varandra och över tid.



Figur 12. Produktionsgrundande processer (Josefsson 2020)

4.3.4 Kravspecifikation operationsrock

Som beskrivet i föregående avsnitt behöver underlag såsom kravspecifikation finnas på plats inför en PO, detta för att veta vilka krav den slutgiltiga produkten behöver nå upp till för att tillåtas användas inom de förhållanden den är tänkt till. Tabell 6 är en utformad kravspecifikation för operationsrock, vilken är baserad på den svenska standarden för operationskläder (SIS 2019) samt EU-förordningen för MD (EU 2017). Kraven är allmänna och är tänkta att kunna appliceras till övriga operationskläder under standarden, utöver operationsrockar.

Tabell 6. Kravspecifikation operationsrock

Säkerhet	Plagget ska kvalitetssäkras enligt kraven angivna i SS-EN 13795-1 samt ska ge ett adekvat skydd mot spridning av smittämnen. Det ska skydda patienter och klinisk personal från korskontaminering samt ska agera som en barriär mellan den kliniska personalen och patienten under invasiva ingrepp.
Komfort	Plagget ska vara lätt att ta på och av samt vara komfortabelt att bära. Det innefattar både termo- och fysiologisk komfort. “Den termofysiska komforten beror på egenskaper såsom luft- och ånggenomsläpplighet, (...), taktil komfort (...) och fabrikationen.” (SIS 2019, s. 25). Ett lämpligt storleks-sortiment ska tillhandahållas, med en bekväm och ändamålsenlig passform, för att säkra olika bärarens kropps-konstitution.
Material	Materialet ska tillhandahålla en accepterad barriäreffektivitet, draperbarhet och mjukhet.
Brandsäkerhet	Plagget ska i sig ska inte vara antändligt. Tillverkare ska tillsammans med materialet bifoga information om brandrisk.
Dimensioner	Operationsrocken ska täcka de delar av kroppen som bedöms nödvändigt för att skydda den kliniska personalen under ingrepp.
Stabilitet	Tyget ska varken slitas av nötning eller bilda noppor under tänkta användningsförhållanden.
Livslängd	Plaggets prestanda är tänkt att hålla under ett ingrepp. Därefter krävs en sterilisering från smittämnen innan nästa användning.
Konstruktion	Plaggets design ska inte orsaka onödig irritation eller skada för bäraren. Om plagget triggar svettningar för bäraren, ska denna tas hand om: exempelvis genom ett material som absorberar och/eller medger en ånggenomsläpplighet.
Förpackning och dokumentation	Plagget ska levereras hopvikt och sterilt i en vakuumpförpackad plastförpackning. “Produkter som är märkta som sterila ska behandlas, tillverkas, förpackas och steriliseras med hjälp av lämpliga och validerade metoder” (EU 2017, s. 264). En bruksanvisning ska följa med leveransen: där förvaring, användning, rengöring, underhåll, service och desinfektion är dokumenterat. Noteringar från utförda tekniska provningar ska redovisas, detta för att fastställa skyddsnivåer eller skyddsklasser på plagget.

5. Diskussion

Studien har presenterat olika verktyg, kopplat till beredskap och verkställande av PO. Verktygen har kompletterats med tabeller över förutsättningar och behov gällande hanteringen av PO i kris, vilket kommer diskuteras i kapitlet.

5.1 Verktyg för produktionsomställning

Presenterade verktyg, utformade för att underlätta en PO, är ämnade att kunna användas i andra krissituationer än vid en pandemi samt till andra produkter än operationsrockar för engångsbruk. För att utifrån verktygen kunna dra relevanta slutsatser om möjligheterna till PO, kopplat till en viss produkt, bör ämnesspecifika och tekniska kunskaper gällande produktionsprocessen och produkten finnas.

5.1.1 Beredskap för produktionsomställning

De tre nivåerna i figur 8 ger en uppfattning om perspektivet och omfattningen av aktiviteterna som bör ingå i en beredskapsplan för PO. Ansvarsfördelningen i Nivå 1 lägger grunden till en beredskapsplan och ökar möjligheten till snabb samordning mellan behovsbilden, import av material och kommunikation mellan inblandade parter till en PO.

Nivå 2 möjliggör en nulägesbild för att dra slutsatser kring vilka behov och förutsättningar som finns. Behov av kritiska produkter bör uppskattas, både på kort och lång sikt. Uppskattningen av det långsiktiga behovet anses viktigt för att minska osäkerheten i de investeringar företag kan behöva göra för att möjliggöra sin omställning. En inventering av resurser i form av maskiner, kunskap och material behöver vara utförd, detta för att snabbt identifiera vad som är möjligt att producera när krisen väl uppstår. Branschorganisationer kan möjligen agera samordnare för att få en översikt över den industrin som finns att tillgå, och därigenom agera mellanhanden mellan myndigheter och producerande industrier. Industrin kommer i många fall vara fortsatt beroende av att importera råmaterial

Nivå 3 möjliggör verkställande av en PO. Arbetet har potential att förberedas genom att, för produkter som är kritiska, skapa specifikationer och manualer i lugna tider. Krav- och produktspecifikationer är högst produktionsgrundande dokument. Författarna föreslår att specifikationer för produkter som är nödvändiga i kris finns att tillgå när krisen utbryter och direkt är redo att kommuniceras till den producerande industrin. Att tillhandahålla produktionsgrundande dokument redan innan omställningen tagit plats, möjliggör anpassning av produktionen i tidigt skede. I specifikationerna återfinns krav, tester och standarder specificerade, även vilka material som bör användas samt instruktioner för konstruktionen. Genom att förbereda produktspecifikationer erhålls möjligheten att utföra tester såsom konstruktion, storleksgradering och material innan krisen uppstår. Förberedelser leder till att prototyp tillverkningen i kris kan fokuseras på att anpassa produkten utifrån producentens förutsättningar.

Kvalitetssäkring är centralt för PPE och MD då funktionen behöver garanteras för den som ska skyddas. I normala fall tar det ett tag för producenter att få deras

produkter certifierade, tiden varierar beroende på vilken produkt det gäller. I ett läge av kris, där tidsfaktorn är kritisk, har testning och certifiering av produkter identifierats som en flaskhals. För att tidsmässigt effektivisera kvalitetssäkringen bör minimikrav tydligt formuleras för olika kritiska produkter, det bör även vara tydligt vilka parter som är nationellt ansvarar för processen att kvalitetssäkra. Nationella minimikrav kan endast formuleras om CEN godkänner detta på EU nivå, då kvalitetssäkringen i ett normalläge styrs av detta organ. En samordnad kvalitetssäkring mellan länder ska inte underskattas som ett möjligt beredskapsverktyg.

5.1.2 Förutsättningar för produktionsomställning

De olika produktionskategorierna har värderats utifrån möjligheten att bidra till försörjning av produkter, samt PO. Genom att värdera förutsättningar erhålls en bild av vilka produktionskategorier som har enklast att effektivt och snabbt bidra till ett lands försörjning av efterfrågade produkter.

När balansen i de globala materialflödena rubbas i ett krisdrabbat samhälle och plötsliga behov uppstår, såsom framförallt PPE till vården följande Covid-19-pandemin, är det inledningsvis mest effektivt att snabbt stötta Kategori 1. Tabell 3 illustrerar att producenter som redan har en befintlig produktion uppfyller samtliga förutsättningar för en PO, vilket tar formen av en direkt uppskalning. Den största, identifierade utmaningen för uppskalning av denna produktionen är materialtillgången, vilket illustreras i tabell 4.

Kategori 2: omställd produktion, har likt Kategori 1 goda förutsättningar att ställa om produktionen. Möjligheten till omställning beror på produkt- och maskinflexibiliteten de har i normala förhållanden. Tidsaspekten för Kategori 2 är inte jämförbar med 1, då tiden för en omställning alltid tar en viss tid jämfört med en direkt möjlighet att skala upp. Det som möjliggör en snabb omställning är hur fort, nödvändigt produktionsunderlag kommuniceras och tillgängliggörs för lovande producenter. Kopplat till operationsrocken, kan detta underlag innefatta konstruktion, produktspecifikation och gällande standarder. Då behovsbilden för Kategori 2 är viktig innebär en bristfällig eller obefintlig analys, av nivå 2 i beredskapspyramiden, sämre förutsättningar för en effektiv PO.

Kategori 3: nystartad produktion, står inför ett antal utmaningar inför verkställandet av en omställning för MD och PPE. Det som bedöms underlätta för denna kategori är om organisationen har ett implementerat kvalitetsledningssystem, då ett förbättringsarbete ständigt pågår, kombinerat med ett processtänk. Behovet av kunskap syftar på att lokalisera underlag som är nödvändigt gällande lagar, standarder och processer kopplat till efterfrågade produkter och tillverkningen av dessa. Genom analys av tabell 4 anses prognos av behovet och beredskapen av kunskapsmaterial, likt Kategori 2, viktig för att ge goda förutsättningar för en PO till Kategori 3.

Kategori 4: hemproduktion, innebär inte en PO utan snarare en introduktion av decentraliserade produktionsenheter, alltså ett skapande av producenter.

Hemproduktion bedöms enligt författarna ha begränsade möjligheter till att försörja landet med efterfrågade skyddsprodukter i en tid av kris. Utifrån tabellerna 3 och 4 bedöms de specifika kraven för kvalitet och hygien vara särskilt kritiska, vilket gör hemproduktion av PPE och MD till ett icke-alternativ. Hemproduktion kan däremot vara ett alternativ om tillverkade produkter tolereras ha stor variation i kvalitet och inte kräver certifiering.

Beredskapspyramiden och produktionstriangeln kan med fördel användas tillsammans för att mobilisera en snabb PO i ett krisläge. För att veta vilka förutsättningar (tabell 4) som är kritiska för produktionskategorierna behövs en bild av behovet vilka definieras genom beredskapspyramiden (figur 9). Behoven specificerade för de olika produktionskategorierna (tabell 5) lägger grunden till prioritet av aktiviteter i beredskapspyramiden (figur 9).

5.1.3 Verkställande av produktionsomställning

För verkställandet av en PO bör ämneskunniga analysera den konventionella produktionsprocessen och utveckla produktionsgrundande dokument för den kritiska produkten. Verktyg kan användas som mallar för analys av andra produkter och i andra typer av kriser. Till följd av den textiltekniska kompetensen hos författarna, utformas mallarna för den medicintekniska produkten operationsrock för engångsbruk.

Genom att jämföra produktionsteorin med faktisk produktionsprocess av operationsrock, visualiseras likheten av processstegen som de flesta produkter går igenom i produktion. Genom att exemplifiera produktionsprocessen av en operationsrock, tillhandahålls en konkretiserad bild av vad det innebär att producera en tekniskt avancerad produkt. Komplexiteten av processkedjan för en operationsrock illustreras och beroendet av inflödet material blir tydligt.

Produktionsgrundande dokument och prototyp tillverkning är generell för tillverkning av de flesta produkter och konkretiseras med hjälp av operationsrocken som exempel. Vikten att få fram en kravspecifikation, för att därifrån skapa en produktspecifikation och därefter köra igång produktionen kan inte tryckas på nog. I en kris behövs kravspecifikationer, anpassade till olika berörda industrier som ska ställa om sina produktioner. Prototyp tillverkning ingår i produktutvecklingen som ligger till grunden för en optimerad produkt. Processen av produktoptimering tar i normala fall lång tid, för snabb omställning i en krissituation med materiell brist bör optimering av passform, storlek och ergonomi vara förberett så att prototyp tillverkningen kan fokuseras på att anpassa produkten efter tillverkarens förutsättningar.

Majoriteten av dagens operationsrockar på marknaden är utformade för engångsbruk, trots att varken ISO-standarderna eller CEN-lagstiftningen berör livslängden på produkten. Den litteratur vi tagit del av pekar på de höga kraven på sterilitet, vilket potentiellt försvårar rockarna utformade för flergångsbruks möjligheter att klara funktionskraven. I de standarder och lagar som berör MD och operationskläder återfinns inga miljökrav på produkten. Operationsrocken är inte

utformad för varken återbruk, återvinning eller cirkularitet. De existerande kraven har fokus på plaggets funktionskrav under användning, medan produktion och avfallshantering är i periferin. Den miljöprestanda som operationsrocken ska leverera, sker alltså från producentens initiativ, eller i form av krav från beställaren.

5.2 Hållbarhet

Upprätthållning av den sociala hållbarheten för berörda parter som arbetar inom samhällsviktiga organ, innebär bland annat att minimera de potentiella hälso- och säkerhetsrisker som uppstår i ett läge av kris. Det är även viktigt att säkerställa att de miljömässiga hållbarhetsmål som landet satt upp följs och inte skjuts åt sidan i en kris som en pandemi. Det finns en problematik med att engångsprodukter är framtagna specifikt för att användas en gång och sedan kasseras direkt efter användning. Den miljömässiga problematiken kopplat till de PPE och MD ämnade för engångsbruk blir självklar, där resursbehovet och avfallet snabbt blir stort. Vi anser att en beredskapsplan som prioriterar den miljömässiga hållbarheten, kan vara ett sätt att förbereda för en miljövänlig PO i kris. Engångsprodukter har visserligen sina sterila och hygieniska fördelar, speciellt när det kommer till en minskning av smittspridning. Det som kan planeras för är vilken nyttjandegrad och vilka arbetsrutiner som används för engångsprodukterna. Vi ser även möjligheter att analysera de plagg som ingår i munderingen för sjukvårdspersonal, för att utvärdera vilka möjligheter det finns att använda flegångsprodukter snarare än en majoritet av engångsprodukter.

När det kommer till en miljömässigt fördelaktig PO i en tid av kris, har de befintliga producenterna med ett implementerat miljöledningssystem en fördel. De har därtill rutiner för avfallshantering samt strategier för hur produktens miljöpåverkan kan optimeras. De arbetar med en ständig utveckling, processerna kring produktionen är optimerad och den miljöpåverkan som tillkommer i kris är en följd av den uppskalade produktionen. Risker hos industrier och producenter utan miljöledningssystem, kan bli att hänsynen till den miljömässiga hållbarheten åsidosätts, där fokuset hamnar på den kortsiktiga ekonomiska vinsten. Det finns miljömässiga vinster i att förhindra avfall, samt öka resurseffektiviteten och nyttjandegraden av skyddsutrustning. Genom att snabbt säkra kvaliteten från inhemsk produktion och/eller importerade produkter, kasseras potentiellt färre produkter innan de hunnit användas.

6. Slutsatser

- I. Studien har föreslagit ett antal verktyg som kan bidra till en inhemsk PO av MD och PPE i ett läge av kris. Det som kan underlätta för en samordnad och effektiv omställning är en tydlig och omfattande beredskap, med klara ansvarsfördelningar över de tre nivåerna och med underlag redo inför krisen, enligt presenterade beredskapspyramid. I fallet av kris, i de fall där hela värdekedjor ska ställas om i Sverige, behövs en överblick av hela produktionskedjan, likt den presenterad för operationsrocken. Olika alternativ av materialflöden är en fördel att ha tillgängliga till kritiska produkter, där ämneskunniga personer har stor möjlighet att bidra med vilka alternativ som anses goda för användningsområdet. Produktionsgrundande underlag kan med fördel vara en del av beredskapen inför PO i krisläge. Vidare bör verktygen appliceras på en mängd olika produkter till en heltäckande beredskapsplan, utöver den presenterade, textila operationsrocken.
- II. Kategori 1 och 2 värderas ha godast förutsättningar att snabbt ställa om produktionen. Befintliga producenter är tidsmässigt mest fördelaktiga att snabbt försörja ett krisdrabbat samhälle med efterfrågade produkter, förutsatt att det går att anpassa volymen och processflexibilitet finns. Efter stöttning av Kategori 1 bör Kategori 2 stöttas då de anses ha störst potential att anpassa produktionen efter de krav och kvalitetsledningssystem som krävs för PPE och MD. Omställningen bedöms som mest effektiv hos de industrier med en produktflexibilitet, som har möjlighet att ställa om sin produktion med redan existerande maskiner. Slutligen bör Kategori 1 och 2 direkt ges förutsättningar att ställa om, då förberedelserna trots allt tar sin tid.

7. Förslag till fortsatt arbete

Fokus i fallstudien har varit på den linjära tillverkningsprocessen av engångs operationsrockar. Tvättbara operationsrockar utformade för flergångsbruk finns redan idag ute på marknaden, men står för en mindre marknadsandel. Det bör finnas incitament att undersöka möjligheter för att öka cirkulariteten i dessa plagg och produkter, kopplat till den nationella strategin för cirkulär ekonomi som Regeringen är i en process att utforma¹⁸. Fortsatt arbete för att undersöka cirkulära materialflöden för engångsplagg är att öka nyttjandegraden vilket har med beteendemönster att göra. Arbetet kan även innebära att lyfta produkterna i avfallstrappan genom annorlunda materialval eller om användandet av biobaserade material är möjligt.

Som tidigare nämnt är en frekvent använd vattenavvisande slutberedning på operationsrocken fluorkarbon-baserad. Vidare arbete kan vara att styra bort industrins användning av dessa kemikalier till icke-toxiska sådana.

Flergångsprodukter möjliggör en längre livstid för plagget, vilket innebär att den ekonomiska kostnaden sprids över flera användartillfällen. Därmed föreslås fortsatt arbete för att undersöka möjligheten till användning och optimering av processen för tillverkning av flergångsprodukter. Kritiska aspekter för flergångsprodukterna är en garanti av sterilisering för det kontaminerade materialet. Som redovisats i rapporten består skyddsutrustning och engångs operationsrockar till stor del av syntetiska material i form av PE, PP eller PET. Förslag till fortsatt arbete är att undersöka möjligheten till återvinning av dessa material. Hur kan designen av produkterna kan möjliggöra cirkulära flöden?

För att möjliggöra effektiv och samordnad PO inför nästa kris föreslås utformning av rekommendationer kring PO inför nästa kris likt andra krisberedskapsverktyg. Utifrån de verktyg som presenterats beskrivs kritiska moment som underlättar vid PO. Exempel på vidare arbete är bestämning av ansvarsfördelning, inventering av resurser och utformning av förberedande produktionsdokument för kritiska produkter.

¹⁸ <https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/01/isabella-lovin-var-d-for-mote-om-cirkular-ekonomi/> [2020-05-24]

8. Referenslista

- Adnan, S. M., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N. & Siddique, R. (2020). COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses. *Journal of Advanced Research*, Vol. 24, ss. 91-98.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>
- Aibidu, D., Lenhmann, B. & Offermann, P. (2003). Image analysis for testing and evaluation of the barrier effect of surgical gowns. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol. 3(2), ss. 1-8.
- Ajmeri, J. R. & Ajmeri, C.-J. (2011). Nonwoven material and technologies for medical applications. I Bartels, V. T. (red.) *Handbook of Medical Textiles*. New Delhi: Woodhead Publishing Limited, ss. 106-131.
- Arbetsmiljöverket (u.å). *Att välja personlig skyddsutrustning* [broschyr].
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/broschyrrer/att-valja-personlig-skyddsutrustning-broschyr-adi489.pdf>
- Browne, J., Budois, D., Rathmill, K., Sethi, S.P. & Stecke, K.E. (1984). Classification of flexible manufacturing systems. *The FMS Magazine*, Vol. 2(2), ss. 114-117.
- Ennart, H. (2020). Ett snabbspår för att godkänna nya produkter ska sätta fart på leveranserna av skyddsutrustning till sjukvården. Regeringen väntas lägga fram ett förslag inom några dagar. *Svenska Dagbladet*, 5 april.
<https://www.svd.se/forslaget-snabbspar-for-att-godkanna-skyddsutrustning> [2020-05-18]
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2016/425 av den 9 mars 2016 om personlig skyddsutrustning. (EUT L 81/51, 31.03.2016, s. 6-47).
- Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2017/745 av den 5 april 2017 om medicintekniska produkter (EUT L 117/1, 05.05.2017, s. 3-177).
- EU-kommissionen. (2020). *Bedömning av överensstämmelse för skyddsutrustning*.
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/40521> [2020-05-18]
- Folkhälsomyndigheten (2019). *Pandemiberedskap. Hur vi förbereder oss - ett kunskapsunderlag*.
Stockholm: Folkhälsomyndigheten.
<https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/b6cce03c4d0e4e7ca3c9841bd96e6b3a/pandemiberedskap-hur-vi-forbereder-oss-19074-1.pdf>
- Folkhälsomyndigheten. (2020). *Sjukdomsinformation om coronavirus inklusive sars, mers och covid-19*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/coronavirus/> [2020-04-07]
- Groover, P. -M. (2010). *Fundamentals of modern manufacturing - materials, processes, and systems*. 4. uppl., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Kadolph, S. -J. (2014). *Textiles: Pearson New International Edition*. 11. uppl., Essex: Pearson Education Limited.

Kemikalieinspektionen. (2019). *Höglouerade ämnen - PFAS*
<https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen-pfas>
[2020-04-22]

Leonas, K. (2005). Microorganism protection. I Scott A, R. (red). *Textiles for protection*. Cambridge: Woodhead Publication in association with the Textile Institute, ss. 441-464. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-921-5.50032-2>

MSB. (2020a). *Om krisberedskap*
<https://www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/om-krisberedskap/> [2020-05-24]

MSB. (2020b). *Om totalförsvar och civilförsvar*
<https://www.msb.se/sv/amnesomraden/krisberedskap--civilt-forsvar/om-totalforsvar-och-civilt-forsvar/> [2020-05-24]

Nationalencyklopedin (NE). (u.å.a). *Invasiv*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/invasiv> [2020-05-04]

NE. (u.å.b). *Kapacitet*.
<http://www.ne.se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/kapacitet>
[2020-05-27]

NE. (u.å.c). *Kris*. [https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/kris-\(ekonomi\)](https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/kris-(ekonomi))
[2020-05-04]

NE. (u.å.d) *Komposit*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/kompositer> [2020-05-24]

NE. (u.å.e). *Produktivitet*.
<http://www.ne.se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/produktivitet>
[2020-05-27]

NE. (u.å.f). *Sterilitet*. [https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/sterilitet-\(inom-mikrobiologi\)](https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/sterilitet-(inom-mikrobiologi)) [2020-06-06]

NE. (u.å.g). *Variation*.
<https://www-ne-se.lib.costello.pub.hb.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/variation>
[2020-06-07]

Regeringskansliet. (2020). *Arbetsmiljöverket ska bidra till att säkerställa tillgång till skyddsutrustning* Stockholm: Regeringskansliet.
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2020/04/arbetsmiljoverket-ska-bidra-till-att-sakerstalla-tillgang-till-skyddsutrustning/>

RISE. (u.å.) *Meltblown och solution blown*. <https://www.ri.se/sv/vad-va-gor/expertiser/melt-och-solution-blown> [2020-05-02]

RISE. (2020). *Snabbspår för godkännande av skyddsutrustning - tester av personlig skyddsutrustning till vården under Covid-19-pandemin*.
<https://www.ri.se/sv/snabbspår-godkännande-av-skyddsutrustning> [2020-05-18]

Swedish Standards Institute (SIS). (2003). *SS-ISO 11224:2003 Textiles – Web formation and bonding in nonwovens – Vocabulary (ISO 11224:2003, IDT)*. Stockholm: SIS

SIS. (2015a). *SS-EN ISO 9001:2015 Ledningssystem för kvalitet – Krav (ISO 9001:2015, IDT)*. Stockholm: SIS

SIS. (2015b). *SS-EN ISO 14001:2015 Miljöledningssystem – Krav och vägledning (ISO 14001:2015, IDT)*. Stockholm: SIS

SIS. (2019). *SS-EN ISO 13795-1:2019 Operationskläder och draperingsmaterial – Krav och testmetoder – Del 1: Draperingsmaterial och operationsrockar (ISO 13795:2019, IDT)*. Stockholm: SIS

Socialstyrelsen (2020). *Lägesbild - kommunernas beredskap för allmän smittspridning av Covid-19*. Stockholm: Socialstyrelsen.
<https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/dokument-webb/ovrigt/lagesbild-kommunerna-covid-19.pdf>

Socialdepartementet (2018). *Hälso- och sjukvårdens beredskap och förmåga inför och vid allvarliga händelser i fredstid och höjd beredskap (dir:2018:77)*. Stockholm: Regeringskansliet

Sveriges radio (2020). Corona möts av brist på personal och skyddsutrustning. [radioprogram]. Sveriges Radio, P1, 21 mars

Tanchis, G. (2008). *The nonwovens*. Milano: Foundation ACIMIT.

Wang, X., Zhang, X & He, J. (2020). Challenges to the system of reserve medical supplies for public health emergencies: reflections on the outbreak of the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic in China. *BioScience Trends*. Vol. 14(1), ss. 3-8. <https://doi.org/10.5582/bst.2020.01043>

8.1 Figurreferenser

Figur 1: U.S. Air Forces in Europe & Air Forces Africa, tillåten att använda.
<https://www.usafe.af.mil/News/Article-Display/Article/2165182/501st-mission-partner-innovates-against-covid-19-spread/> [2020-05-23]

Figur 2: Picpik, tillåten att använda. <https://www.pickpik.com/man-and-woman-surgical-suits-surgery-surgeons-operation-62946> [2020-05-05]

Figur 3: Wikipedia, tillåten att använda.
[https://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:Conformité_Européenne_\(logo\).svg](https://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:Conformité_Européenne_(logo).svg) [2020-05-27]

Figur 4-12: Josefsson, R. (2020)

Bilagor

Bilaga 1. Produktanalys

Engångs operationsrockar

Ahlström-Munksjö

TenderGuard surgical gown fabric: <https://www.ahlstrom-munksjo.com/products/medical-life-sciences-and-laboratory/medical-barrier-fabrics/surgical-gown-fabric/> [2020-04-29]

Mölnlycke Health Care AB

Barrier operationsrock: <https://www.molnlycke.se/SysSiteAssets/master-and-local-markets/documents/sweden/surgical-documents/staff-clothing/gowns/barrier-operationsrock-primary-produktblad.pdf> [2020-05-12]

Medline

Sirus non-reinforced surgical gown: <https://www.medline.com/product/Sterile-Non-Reinforced-Sirus-Surgical-Gowns-with-Set-In-Sleeves/Disposable-Surgical-Gowns/Z05-PF02376?question=Sirus+non-reinforced&index=P5&indexCount=5#mrkMore> [2020-05-12]

Bilaga 2. Litteraturstudie

Vetenskaplig informationssökning från databaser

Datum	Databas	Sökord	Avgränsning	Antal träffar	Titel på valda källor	Användbarhet 1 = under tiden 2 = till slutet
6 april	Web of Science	(coronavirus AND masks)		85	Wang X, Zhang X & He J, (2020). Challenges to the system of reserve medical supplies for public health emergencies: reflections on the outbreak of the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) epidemic in China. <i>BioScience Trends</i> , 14(1), ss. 3-8. DOI: https://doi.org/10.5582/bst.2020.01043	2
		("covid-19" AND "protective*")		8	<i>Practical recommendations for critical care and anesthesiology teams caring for novel coronavirus (2019-nCoV) patients</i>	1
					refererad i ovanstående: <i>Environmental Contamination and Viral Shedding in MERS Patients During MERS-CoV Outbreak in South Korea</i>	1
	Textile Technology Complete	ppe AND infection control OR infection prevention AND gown OR "face mask" OR apron NOT surgical		7	<i>Face mask demand rises. Textile Horizons. Sep/Oct2009</i>	1
	Scopus	(material AND "face mask" OR gown OR apron AND virus*) AND ((textile)) AND (ppe)		14	<i>A review of isolation gowns in healthcare: Fabric and gown properties</i>	1
					<i>Evaluation of gowns and coveralls used by medical personnel working with Ebola patients against simulated bodily fluids using an Elbow Lean Test</i>	1

					<i>Comparison of spike and aerosol challenge tests for the recovery of viable influenza virus from non-woven fabrics</i>	1
8 april	Sökning på Woodheads hemsida: Leonas, K. (2005). Microorganism protection. I Scott A, R. (red) <i>Textiles for protection</i> . Cambridge, England: Woodhead Pub. in association with the Textile Institute. ss. 441-464 DOI: https://doi.org/10.1016/B978-1-85573-921-5.50032-2					2
23 april	Rekommenderad författare ifrån handledning: Groover, P M. (2010). <i>Fundamentals of modern manufacturing - materials, processes, and systems</i> . 4. uppl., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.					2
27 april	Standard hittad från referens i Tanchis, G. Swedish Standards Institute (SIS). (2019). <i>SS-EN 13795-1:2019 Surgical clothing and drapes – Requirements and test methods – Part 1: Surgical drapes and gowns</i> . Stockholm: SIS.					2
30 april	SIS. (2019). <i>SS-EN ISO 9092:2019 Nonwovens – Vocabulary (ISO 9092:2019)</i> . Stockholm: SIS.					1
	SIS. (2003). <i>SS-ISO 11224 Textiles – Web formation and bonding in nonwovens – Vocabulary</i> . Stockholm: SIS.					2
4 maj	Scopus	“medical textiles” AND “medical applications” AND nonwoven AND composites	Relevance	75	Ajmeri, J. R. & Ajmeri, C.-J. (2011). Nonwoven material and technologies for medical applications. I Bartels, V. T. (red.) <i>Handbook of Medical Textiles</i> . New Delhi: Woodhead Publishing Limited, ss. 106-131	2
17 maj	EUR-Lex	medical device directive surgical invasive	Author, Council of the European Union	95	Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2017/745 av den 5 april 2017 om medicintekniska produkter (EUT L 117/1, 05.05.2017, s. 3-177)	2

Informationssökning från sökmotorer

Datum	Sök- motor	Sökord	Priorit ering	Titel på lästa källor	Användbarhet 1 = under tiden 2 = till/mot slutet
22 april	Google Scholar	Size of Covid-19 and virus		COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses	2
11 maj	Google Scholar	manufacturing and volume* and classification* and quantity	Releva ns	Classification of Flexible Manufacturing Systems	2

Standarder, lagar och myndighetsinformation

Tack vare snöbollseffekten har underlag från myndigheter och internationella organisationer såsom (WHO) lett vägen till lagar, standarder och rutiner. Urvalet har gjorts utifrån källornas relevans till studien. De svenska myndigheterna är Folkhälsomyndigheten, Arbetsmiljöverket, Socialstyrelsen, MSB, RISE och Regeringskansliet.

CE-märkning RISE: <https://www.ri.se/sv/vad-vi-gor/tjanster/ce-markning-av-personlig-skyddsutrustning-ppe> [2020-05-12]

PPE & CE-märkning Europeiska Komminssionen:
https://ec.europa.eu/growth/sectors/mechanical-engineering/personal-protective-equipment_en [2020-05-12]

EU-lagar för PPE: Regulation (EU) 2016/425 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2016 on personal protective equipment. *Official Journal of the European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32016R0425> [2020-05-05]

Tidigare kurslitteratur

Tanchis, G. (2008). *The nonwovens*. Milano: Foundation ACIMIT.

Kadolph, S. J. (2014). *Textiles: Pearson New International Edition*. 11. uppl., Essex: Pearson Education Limited.