



**KTH Industrial Engineering
and Management**

OPTIMALA BIODRIVMEDEL FÖR INBLANDNING I DIESEL

- EN JÄMFÖRELSE MELLAN TRE BIODRIVMEDEL

Camilla Blomqvist och Natalie Zingmark

Kandidatexamensarbete
KTH – Skolan för Industriell Teknik och Management
Energiteknik - 2019
TRITA-ITM-EX 2019:XXX
SE-100 44 STOCKHOLM

Handledare: Peter Hagström
Examinator: Monika Olsson

Sammanfattning

2018 beslutade Sveriges regering att införa en reduktionsplikt som ämnar att reducera växthusgasutsläpp inom transportsektorn och därmed öka användningen av biodrivmedel. Bränsleleverantörer i Sverige har genom reduktionsplikten en skyldighet att blanda in förnyelsebart drivmedel i fossila bränslen. För diesel ska motsvarande 20 procent växthusgaser reduceras med hjälp av inblandning av biobränsle fram till 2020 och från 2021 och framåt ska 21 procent växthusgasemissioner reduceras varje år. Målet om en fossilfri fordonsflotta 2030 förväntas därför uppnås successivt år för år genom detta initiativ. Problematiken är dock att det idag inte finns tillräckliga mängder av biodiesel för att kunna ersätta fossilt diesel till den nivå som plikten ställer krav på. Det krävs därför forskning, innovationer och investeringar för att kunna möjliggöra en expanderande av biodieselproduktionen så att behovet av biodrivmedel kan mötas. Syftet med denna rapport är att undersöka vilket biodiesel som är mest optimalt för inblandning i diesel utifrån tillgång, kostnad och miljöpåverkan. Målet är en fossilfri och miljömässigt hållbar transportsektor och för att undersöka vilket biodiesel som presterar bäst har en litteraturstudie genomförts på drivmedlen HVO (hydrerad vegetabilisk olja), FAME (fettsyrametylester) i form av RME (rapsmetylester) och FT-diesel (Fischer Tropsch-diesel) i form av BTL (biogas i flytande form). Sedan har en multikriterieanalys (MKA) följt av en känslighetsanalys implementerats för att jämföra de tre alternativen mot varandra på ett flertal, av författarna utvalda, kriterier. Resultatet visade att HVO genererade högst medelvärde vilket antas vara det mest optimala. I känslighetsanalysen som genomfördes för att testa resultatets osäkerheter och sensitivitet mot hypotetiska förändringar, presterade HVO och FT-diesel bäst. RME presterade sämst i multikriterieanalysen och känslighetsanalysen, vilket innebär att den inte lämpar sig för att användas i större grad än det görs idag. Den kritik som riktar sig mot verktyget MKA innefattar oftast att resultatet innehar en viss typ av subjektivitet sådant att poängen som tilldelas påverkas av författarnas kunskaper och erfarenheter. En av anledningarna till att känslighetsanalys genomförs är för att försöka eliminera denna osäkerhet. De parametrar som har störst inverkan på resultatet och som författarna anser ha mest påverkan på den framtida utvecklingen är tillgången på råvaror, produktionskostnaden samt hur mycket som produceras av varje drivmedel årligen. Slutsatsen är att HVO är mest optimalt för inblandning i diesel idag, men står inför utmaningen att finna alternativa råvaror då restprodukter som HVO produceras av finns i begränsad mängd. BTL skulle vara en stark kandidat om det gjordes investeringar så att det skulle bli tillgängligt på den kommersiella marknaden. RME har många brister och lämpar sig inte för expanderande, ett beslut som EU redan tagit och som denna rapport styrker.

Nyckelord: diesel, biodrivmedel, HVO, RME, BTL, hållbar utveckling, reduktionsplikt, fossilfri transportsektor

Abstract

In 2018, the Swedish government decided to impose an obligation of reduction that aims to reduce greenhouse gas emissions in the transportation sector and thereby increase the use of biofuels in our society. Fuel suppliers in Sweden have through this obligation of reduction a responsibility to mix renewable fuels into fossil fuels. For diesel an equivalent of 20 percent of greenhouse gases must be reduced by mixing in biofuel until 2020 and from 2021 onwards, 21 percent greenhouse gases will be reduced each year. The goal of a fossil-free transportation sector in year 2030 is therefore expected to be achieved successively year by year through this initiative. The problem, however, is that there are not an enough amount of biodiesel today to be able to replace fossil diesel to the level required by the obligation. Therefore research, innovations and investments are required to enable the expansion of the biodiesel production so that the need for biofuels can be met. The purpose of this report is to investigate which biodiesel is the most optimal for mixing in to diesel based on supply, cost and environmental impact. The goal is a fossil-free and environmentally sustainable transport sector and to perform this investigation of which biodiesel performs the best, a literature study has been conducted on the fuels HVO (hydrogenated vegetable oil), FAME (fatty acid methyl ester) in the form of RME (rapeseed methyl ester) and FT-diesel (Fischer Tropsch diesel) in the form of BTL (biogas to liquid). Then, a multi-criteria analysis (MCA) followed by a sensitivity analysis has been implemented to compare the three alternatives against each other in a number of criteria selected by the authors of this report. The result showed that the fuel HVO generated the highest average value from the MCA, which is assumed to be the most optimal. In the sensitivity analysis conducted to test the results uncertainties and sensitivity to hypothetical changes in the future, HVO and FT diesel performed best. RME performed poor in the multi-criterion analysis and the sensitivity analysis, which means that it is not suitable for use to a greater extent than it is today. The criticism that is directed at the tool MCA usually involves the result having a certain type of subjectivity such that the points awarded are influenced by the authors' knowledge and experiences. One of the reasons why sensitivity analysis is carried out is to try to eliminate this uncertainty that the subjectivity brings. The parameters that have the greatest impact on the result and which the authors consider to have the greatest impact on the future development are the availability of raw materials, the production cost and how much is produced by each fuel annually. The conclusion is that HVO is most optimal for mixing in in diesel today, but is faced with the challenge of finding alternative raw materials since decay products that HVO are produced from occur in a limited amount. BTL would be a strong candidate to being the most optimal for blending in if investments were made so that it would be available on the commercial market. RME has many shortcomings and is not suitable for expansion, a decision that the EU has already taken and which this report validate.

Innehållsförteckning

1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	10
1.3 Frågeställning och mål	10
2 Metod	10
2.1 Litteraturundersökning	11
2.2 Vad är multikriterieanalys?	11
2.3 Känslighetsanalys	13
2.4 Avgränsningar	13
3 Litteraturundersökning	14
3.1 HVO	14
3.1.1 Tillgång	15
3.1.2 Kostnad	16
3.1.3 Miljöpåverkan	17
3.2 FAME	18
3.2.1 Tillgång	19
3.2.2 Kostnad	20
3.2.3 Miljöpåverkan	20
3.3 FT-diesel	21
3.3.1 Tillgång	22
3.3.2 Kostnad	23
3.3.3 Miljöpåverkan	24
4 Resultat	24
4.1 MKA	24
4.2 Poänggivning	26
4.3 Känslighetsanalys	27
4.3.1 Minskade växthusgasutsläpp	28
4.3.2 Årlig produktion	29
4.3.3 Tillgänglighet av råvaror	30
4.3.4 Restprodukter vid framställning	31
4.3.5 Avancerad framställningsteknik	32
4.3.6 Produktionskostnad	32
5 Diskussion	33
6 Slutsatser och framtida arbete	38
Referenser	39
Bilaga 1	45
Bilaga 2	46

Tabellförteckning

Här listas alla tabeller som finns med i rapporten.

Tabell 4.1.1	26
Tabell 4.2.1	26
Tabell 4.3.1	28
Tabell 4.3.2	29
Tabell 4.3.3	30
Tabell 4.3.4	31
Tabell 4.3.5	32
Tabell 4.3.6	33

Figurförteckning

Här listas alla figurer och bilder som finns med i rapporten.

Figur 1: Utvecklingskurva av dieselpriset	9
Figur 2: Processchema för produktionen av HVO	16
Figur 3: Processchema för produktionen av FAME	20
Figur 4: Processchema för produktionen av FT-diesel	23

Nomenklatur

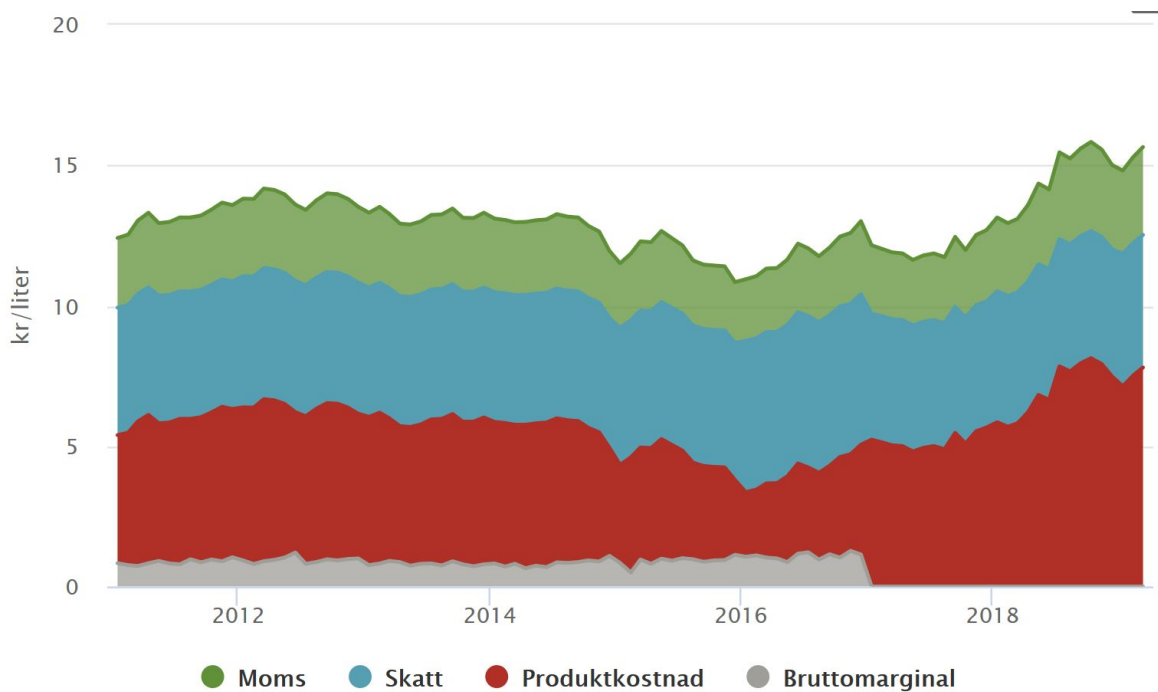
Särskilda begrepp och förkortningar förklaras nedan.

Biodiesel	Samlingsnamn på ersättare till fossilt diesel, är baserade på förnybara råvaror
Biogas	Produkt som bildas vid bland annat rötning eller förgasning av biomassa
BTL	<i>Biogas to liquid</i> , biogas i flytande form
FAME	<i>Fatty acid methyl ester</i> , fettsyrametylester
FT-Diesel	Fischer-Tropsch-diesel, tillverkad genom Fischer-Tropsch processen
GTL	<i>Gas to liquid</i> , biodiesel baserad på naturgas
HVO	<i>Hydrated vegetable oil</i> , hydrerad vegetabilisk olja
MKA	Multikriterieanalys, ett verktyg för att analysera och jämföra olika alternativ
MK1	Miljöklass 1, dieselstandard som används i Sverige
PFAD	<i>Palm fatty acid distillate</i> , palmfettsyradestillat
RED	<i>Renewable Energy Directive</i> , EU-direktiv
RME	Rapsmetylester

1 Inledning

Sedan 1970 har energianvändningen i hela Sveriges transportsektor successivt ökat, från 55 TWh till 93 TWh (Energimyndigheten, 2018a). Under 70-talet stod bensin för närmare 60 procent av allt bränsle som levererats till transportsektorn och diesel stod för mer än 20 procent. Resterande andel utgjordes främst av flygbränsle och el (Energimyndigheten, 2016a). Enligt den senaste rapporteringen av transportsektorns energianvändning 2017 utgjorde fossilt diesel 60 procent av den totala energin när andelen bensin motsvarande 31 procent (Energimyndigheten, 2018a). Under loppet av cirka femtio år har andelen bensin och diesel skiftat plats och idag är alltså diesel det dominerande drivmedlet inom Sveriges trafiksektor.

Diesel är ett fossilt bränsle som produceras från raffinerad råolja och består av tyngre kolväten än vad bensin gör (SPBI, 2019a; SPBI, 2019b). Detta påverkar energiförbrukningen vid förbränningen av de två drivmedlen, då diesel har tyngre kolväten innehållandes mer energi är energiförbrukningen lägre. Diesel har ett energiinnehåll på 43 MJ per kg och 36 MJ per liter, enligt Europaparlamentets och rådets direktiv bilaga III (2009) som regeringens förordning hänvisar till. Diesel förekommer i flera miljöklasser, men miljöklass 1 (MK1) är standard. Miljöklassningen bestämmer inte vilken sammansättning ett bränsle måste ha, istället begränsar det halter av ett antal ämnen. Till exempel är den maximala tillåtna svavelhalten sedan 2009 10 mg per kg diesel vilket även är ett krav över hela EU. Förutom svavel innehåller diesel MK1 även 50-70 procent paraffiner, 30-45 procent naftener samt 3-5 procent aromater (SPBI, 2019a). Miljöklassningen styr även vissa egenskaper som till exempel kokpunkt och oktantal, vilka har betydelse för både miljön och för att bränslet ska fungera väl i motorerna (drivmedelslagen SFS 2011:319) Biodrivmedel kan användas i dieselmotorer om dem uppfyller kraven enligt SS-EN 15940:2016+A1:2018+AC:2019 (SIS, 2019). Utvecklingen av dieselpriiset presenteras i figur 1 nedan. Det går att urskilja att det framförallt är produktionskostnaden som styr hur mycket konsumenterna behöver betala för diesel. I mars 2019 var produktionskostnaden för diesel 7,80 kr (SPBI, 2019c).



Figur 1 Utvecklingen av dieselpriiset där andelen moms, skatt och produktionskostnad redovisas. (SPBI, 2019c)

Diesel används i störst utsträckning av tunga vägbundna fordon, som lastbilar och bussar, men används även av arbetsmaskiner. Trenden att dieselanvändningen ökar är allvarlig eftersom diesel är det mest förorenande bland vägbundna fordonsbränslen. Naturvårdsverket bedömer att ur ett livscykelperspektiv bidrar diesel till ett utsläpp av 79,3 g CO₂ per MJ bränsle (Naturvårdsverket, 2018). Vid förbränning av fossilt diesel erhålls utsläpp i form av koldioxid, kväveoxid och små partiklar som påverkar klimatet negativt. Användningen av fossila bränslen, som utvinns ur den ändliga naturresursen olja, tillsammans med föroreningarna som släpps ut vid förbränning av dem förändrar jordens naturliga balanser och leder till negativa förändringar i klimat och miljö. Att bruka diesel i den utsträckning som under de senaste decennierna är inte hållbart eftersom det orsakar så pass stora förändringar på miljön och klimatet.

Idag bedrivs mycket forskning med hållbar utveckling som utgångspunkt. Det finns många tolkningar av hållbar utveckling och det är ett begrepp som är svårt att definiera. FN:s världskommission för miljö och utveckling kom fram till en samlad definition 1987 som lyder: "Hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov" (Andrew & Granath, 2012). Att tillämpa ett tankesätt med fokus på hållbar utveckling är avgörande för framtidens utveckling, för att undvika bland annat de negativa förändringar som fossilt diesel för med sig. Detta tankesätt har lett till att det forskats mycket kring förnyelsebara drivmedel vilket resulterat i att det idag finns flertalet olika biodrivmedel som kan substituera diesel i varierande utsträckning. Dessa biodrivmedel kan vara nyckeln till att nå en fossilfri och hållbar transportsektor.

Två vanliga biodiesel som idag används för inblandning i fossilt diesel är HVO (hydrerad vegetabilisk olja) och FAME (fettsyrametylester). HVO tillverkas av animaliska och vegetabiliska fetter medan FAME vanligtvis framställs ur raps och kallas då för RME (rapsmetylester). Ett annat biodiesel som

är i utvecklingsstadiet är BTL (*Biogas to liquid* - Biogas i flytande form) som är ett FT-diesel (Fischer Tropsch-diesel) och tillverkas genom förgasning av biomassa.

1.1 Bakgrund

För att implementera hållbar utveckling inom transportsektorn och göra den mer miljö- och klimatvänlig har Sverige initierat flertalet olika styrmedel och förordningar som ska främja produktion och användning av biodrivmedel. Några exempel på nationella styrmedel som Sveriges regering beslutat om presenteras nedan.

Lagen om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel ämnar att öka tillgängligheten av förnybara drivmedel genom att bränsleförsäljare måste tillhandahålla minst ett förnybart drivmedel om de har en försäljningsvolym större än 1500 m³ bränsle (SFS 2005:1248). Koldioxidifferentierad fordonsskatt gäller för bilar årsmodell 2006 eller senare och baseras på fordonets koldioxidutsläpp istället för dess vikt (SFS 2006:227;SFS 2006:228) samt ett klimatinvesteringsprogram (klimp) där regeringen mellan 2003-2008 avsatte nästan två miljarder kronor för stöd till klimatinvesteringar, där 20 procent gick till produktion och uppgradering av biogas och 8 procent till biogassystem för fordon (Forsberg m.fl., 2009).

Fram till och med 2012 var alla biobränslen skattebefriade från energi- och koldioxidskatt. På grund av risk för överanvändning har regleringarna ändrats flera gånger. Sedan 1 juni 2018 kommer skatteavdrag enbart att tillåtas för bensin- eller dieselbränslen där minst 98 volymprocent av drivmedlet har framställts från biomassa. Detta innebär att skatteavdrag inte sker för låginblandning av HVO och RME vilket är det som kommer undersökas i den här rapporten (Energimyndigheten, u.d).

Initiativen har dock inte varit tillräckligt effektfulla för att styra transportsektorn i den riktning man önskat nå. Sveriges regering beslutade därför om en förordning (SFS 2018:195) som trädde i kraft första juli 2018 vars syfte är att reducera mängden utsläpp av växthusgaser genom inblandning av biodrivmedel i fossila bränslen. Bestämmelserna i den förordningen ansluter till lagen om reduktion av växthusgaser. Lagen presenterar utöver tillsyn, redovisning av reduktionsarbetet och olika varianter av straffavgifter även hur stor andel av de fossila bränslena diesel respektive bensin som ska reduceras och ersättas med biodrivmedel. Den mängd som ersätts ska årligen motsvara en minskning av växthusgaser motsvarande minst 20 procent för diesel och 2,6 procent för bensin, fram till och med 2019. Från och med 2020 ska det ske en minskning på minst 21 procent för diesel och 4,2 procent för bensin varje år. Regeringen förväntar sig alltså att reduktionsplikten ska nås gradvis år för år (SFS 2017:1201). I förordningen framgår det att vid beräkning av reduktionen av växthusgas samt energiinnehåll för fortsatt hög bränslekvalité ska beräkningsvärden hämtas från Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG bilaga III och IV, där biodrivmedel som producerats någon gång under 2008 finns med i tabellen. Finns inte värden för önskat biodrivmedel med i tabellen bestäms dem enligt en separat föreskrift med stöd i förordningen (SFS 2018:195). Om drivmedelsleverantörer inte uppfyller reduktionsplikten får de betala böter.

Från regeringens håll råder stor otydlighet och osäkerhet gällande hur reduktionsplikten ska uppnås. De har satt ett mål som inte är möjligt att nå med dagens förutsättningar eftersom de samtidigt tagit en del beslut som begränsar möjligheterna till att producera hållbara drivmedel. Tidigare har till exempel

biobränsleråvaran PFAD (palmfettsyradestillat) klassats som en restprodukt men regeringen har beslutat att från och med den 1 juli 2019 kommer det istället att klassas som en samprodukt. Deras beslut är en åtgärd för att minska användningen av PFAD (Weimar, 2018). Samtidigt har EU-kommissionen beslutat (2018) om en omarbetning av förnybartdirektivet, RED II, där de klargör att en nivå på 7 procent av biodrivmedel får komma från grödebaserade råvaror, vilket är en nivå som Sverige ligger strax över idag. Detta gäller främst bränslena etanol och RME. Beslutet motiveras med att odlingsmarken kan användas till odling av mat som värderas högre än biodrivmedel. De beslutade även att från 2021 kommer palmolja förbjudas vilket påverkar HVO-produktionen (European Parliament, 2018).

Det framgår tydligt att det finns begränsat med resurser, så om reduktionsplikten ska uppfyllas måste det genomföras på ett smart sätt. Vad som behöver tas reda på är om klimatet klarar av ökade biodrivmedelsproduktioner för att vara säkra på att vi inte orsakar framtida problem. Det är därför intressant att utreda hur reduktionsplikten kan uppnås i fråga om vad som är lämpligast att blanda in i diesel. Det är även nödvändigt att ifrågasätta om kommissionens förslag är bra eller om det kommer försvåra arbetet med att fylla reduktionsplikten. I dagsläget finns det en del biodrivmedel som är väletablerade på marknaden och det finns andra som är färdigutvecklade och har potential men som ännu inte tagit sig in på marknaden. Reduktionsplikten har försatt oss i en situation som kräver stora satsningar omgående för att försöka hitta fungerande lösningar vilket är nödvändigt inför den stora omställning som krävs. Eftersom det finns begränsat med tid och ekonomiska resurser kan det vara värt att satsa på en typ av biodrivmedel som vi kan förlita oss på långsiktigt.

1.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att studera vilket biobränsle som har störst potential till att vara det mest optimala drivmedlet för inblandning i fossilt dieselbränsle i Sverige, med avseende på tillgång, kostnad och miljöpåverkan.

1.3 Frågeställning och mål

Det huvudsakliga målet är att hitta det mest optimala biodrivmedlet att blanda in i fossilt diesel som används i vägbundna fordon ur ett miljömässigt hållbart och långsiktigt perspektiv. Det första delmålet är att redogöra vilka biodrivmedel som är aktuella idag och i vilken grad de används. Det andra delmålet är att göra en multikriterieanalys med resultaten från litteraturundersökningen och utföra en känslighetsanalys. Multikriterieanalysen genomförs i form av en tabell och skall vara enkel att följa för läsaren. En förhoppning är att den här rapporten ska fungera som en vägledning för vilken typ av fortsatt forskning som bör genomföras, som sedan kan användas som beslutsunderlag för Sveriges utveckling gällande transportsektorn. Den skulle vara mest användbar för främst drivmedelsleverantörer och konsumenter på drivmedelsmarknaden.

2 Metod

Projektet ämnar att bidra till ett förbättrat nyttiggörande av det redan kända gällande inblandning av biobränslen i fossila drivmedel. Därför utförs en litteraturstudie med fokus på valda drivmedel som är aktuella för syftet. Författarna väljer några biobränslen som är etablerade i olika grad på marknaden. För att undersöka varje drivmedel definieras begreppen "tillgång", "kostnad" och "miljöpåverkan"

med hjälp av flera frågor som besvaras för samtliga drivmedel. Detta genomförs för att ge drivmedlen en liknande utgångspunkt vid jämförelse med varandra. Se bilaga 1 för frågor som ställs under respektive begrepp. Därefter sker en multikriterieanalys (MKA) där drivmedlen poängsätts beroende på hur väl de uppfyller valda kriterier. För att validera resultatet i MKA:n utförs känslighetsanalyser som testar känsligheten för de kriterier som antas kunna ändras inom den närmsta framtiden. Slutligen förs en diskussion utifrån MKA och känslighetsanalyserna. För att förenkla läsningen placeras tabellerna till respektive känslighetsanalys i bilaga 2, och istället redovisas korta sammanställande tabeller löpande i texten.

2.1 Litteraturundersökning

Rapporten utgörs i huvudsak en litteraturundersökning där information sammanställt från främst myndighetsrapporter, forskningsrapporter samt lagar och beslut. Denna information används sedan som grund för rapportens senare del.

Arbetet inleddes med att kartlägga vilka olika typer av biodiesel som finns som skulle kunna uppfylla rapportens syfte. Utifrån dessa identifierades tre alternativ som rapportens litteraturstudie behandlar. Avgränsningar gjordes baserat på vad för information som skulle inkluderas i litteraturundersökningen. För att följa dessa avgränsningar konstruerades frågeställningar som skulle besvaras för varje drivmedel, detta för att se till att det fanns relevant information, en tydlig struktur och en röd tråd i innehållet.

2.2 Vad är multikriterieanalys?

Multikriterieanalys är ett etablerat verktyg som används för att jämföra olika alternativ med varandra. Dessa alternativ kan ha varierande egenskaper, fördelar och nackdelar, och vid en första anblick kan det vara svårt att avgöra vilket av dem som är bäst. Därför används MKA ofta vid komplexa situationer som vid exploatering, stadsplanering, budgetförslag etcetera eller för att finna den bäst presterande produkten. Författarna har utgått ifrån den välrenommerade rapporten *Multi-criteria analysis: a manual* skriven av *Department for Communities and Local Government* (2009) i London som är en manual för olika typer av MKA.

I genomförandet av en MKA finns ett standardiserat tillvägagångssätt oavsett vilket typ av MKA som används. Stegen ser ut som följande:

Steg 1 - Etablera ett syfte med multikriterieanalysen

Syftet med multikriterieanalysen är att jämföra olika biodrivmedel med varandra för att komma fram till vilket som har möjlighet till att vara det mest optimala för inblandning i fossilt diesel. Analysen är relevant eftersom reduktionsplikten kommer innebära ökad användning av biodrivmedel och en ökad användning av någonting kan ibland innebära vissa risker. För att minimera risker för framtida komplikationer är det nödvändigt att undersöka hur ökad användning av biodrivmedel kan påverka oss människor, vår omgivning och vår planet. Målet med reduktionsplikten är att minska klimatpåverkan, men om man till exempel väljer att använda ett biodrivmedel som är framställt av förnybara råvaror men som bidrar till stora växthusgasutsläpp gör man ett dåligt val. För att göra ett så bra val som möjligt över vilka biodrivmedel man tänker använda kan det vara bra att undersöka flera aspekter,

som speglar mer än bara miljöpåverkan. Ökad användning av biodrivmedel behöver också vara lönsamt för konsumenterna och omgivningen.

Steg 2 - Identifiera alternativen som ska jämföras

De tre alternativen som undersöks är HVO, FAME och FT-diesel. För FAME är det närmare bestämt RME som undersöks och för FT-diesel är det BTL som undersöks.

Steg 3 - Identifiera mål och kriterier

Kriterierna, även kallade parametrar i rapporten, är valda så att de skall tillfredsställa syftet och frågeställningen samt ge en uppfattning av drivmedlen. Ju bättre ett drivmedel presterar i ett kriterium, desto högre värderas det vilket resulterar i ett högre poäng. För att ge en så trovärdig bedömning som möjligt är det viktigt att välja kriterier omsorgsfullt. Det är viktigt att kriterierna är oberoende av varandra, annars räknas ett betyg flera gånger. Vid val av kriterier så utgår man från kategorier, i vårt fall *tillgång*, *kostnad* och *miljöpåverkan*. För varje kategori ingår ett eller fler kriterier som definieras av indikatorer, vilka mäts i olika enheter. För att minska risken att räkna med liknande kriterier två gånger kan man försöka ha med indikatorer som mäts i olika enheter, som exempelvis kronor och kWh. För att kunna utföra en MKA är det viktigt att det finns information kring de kriterier som ingår i bedömningen, för att därefter kunna ta ställning till det i matrisen. Om det saknas information men kriteriet används ändå ger resultatet en felaktig bild. I den här MKA:n har det använts nio stycken kriterier.

Steg 4 - Betygsättning

Alternativen betygsätts beroende på hur väl de uppfyller olika kriterier, där poängskala 0-100 används. Det är inte lätt att poängsätta alternativen för respektive kriterium. I några av kriterierna får det bäst presterande drivmedlet inte högsta möjliga poäng, vilket beror på att de inte är avsevärt bättre än diesel i det undersökta kriteriet.

Steg 5 - Viktning

I den här undersökningen utförs ingen viktning mellan kriterierna, det vill säga en bedömning av om något kriterium är viktigare än ett annat. Istället läggs stort engagemang i att välja lämpliga kriterier som skall vara så oberoende av varandra som möjligt. Författarna upplever att i den här undersökningen kan en viktning skapa subjektivitet i resultatet, eftersom det är svårt att veta vilka kriterier som är viktigare än andra.

Steg 6 - Kombinera viktning och poäng

Poängen som tilldelas för respektive parameter räknas slutligen ut till ett medelvärde och det bränsle med högst medelvärde anses vara mest optimalt för inblandning i diesel utifrån tillgång, kostnad och miljöpåverkan.

Steg 7 - Undersök resultaten

Slutprodukten av den här rapportens MKA är en matris som skall vara tydlig och enkel att förstå för läsaren. För att man snabbt ska kunna urskilja poängen har författarna använt sig av färgkodning, vilket förklaras i avsnitt 4.1, se tabell 4.1.1. Resultatmatrisen presenteras i avsnitt 4.2.

Steg 8 - Känslighetsanalys

Resultatets känslighet mot förändringar testas genom att utföra känslighetsanalyser för ett urval kriterier, se avsnitt 2.2.

Fördelar med MKA är att beslutsfattarnas ställningstaganden framgår tydligt och att beslutsfattandet därmed blir transparent. Det är alltså ett strukturerat sätt att sammanställa olika kriterier vilket ger en nyanserad bedömning, vilket leder till att beslutsfattandet är mer transparent. Metoden är flexibel, de parametrar som ska poängsättas är enkla att ändras eller anpassas om det behövs. En nackdel med MKA är att den kan verka vetenskaplig trots att de undersökta kriterierna kanske är dåligt valda. Det kan även vara svårt att avgöra vilken nivå på poäng och viktning som är lämpligast vilket kan skapa en subjektivitet i resultatet, något som kan kritiseras då den kan utföras med en baktanke från de involverade intressenterna. Det finns flera olika typer av MKA-verktyg och det är troligt att de skulle ge skiftande svar om de tillämpades och det är inte säkert vilken metod som är bäst utifrån det som ska undersökas.

2.3 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys ämnar att undersöka hur tillförlitligt resultatet är genom att förändra förutsättningarna som genererat resultatet. Målet är att undersöka vilka parametrar och deras svar som antingen kommer från en opålitlig källa, har vaga och uppskattade svar eller är mycket subjektiva, för att sedan förändra dem så att den osäkerhet/känslighet dem innehar kan upptäckas, analyseras och elimineras. Sker stora förändringar i det nya resultatet jämfört med det gamla när känsligheten testas tolkas det som att parametern har en stor osäkerhet och det parametern bidrar med till resultatet bör beaktas som osäkert. Man bör alltså tolka ett MKA resultat med stor känslighet med försiktig tillförlitlighet, resultatet kan förändras och generera ett annat bästa alternativ om förutsättningarna förändras. Känslighetsanalyser kan utföras ur olika perspektiv och teorier.

Genom att ändra förutsättningarna och därmed poängsättningen genereras som sagt nya resultat. Om något/några av resultatet alltid presterar bättre än andra när känsligheten testas på olika sätt tolkas det som att alternativet dels har en relativt liten osäkerhet vilket innebär att det initiala resultat kan användas med säkerhet samt att alternativet även är bra vid eventuella förändringar något som genererar ännu större tillförlitlighet.

I denna rapport utfördes känslighetsanalyser på ett urval av parametrarna, vilka som detta utförs på eller ej motiveras i 4.3. Känslighetsanalysen genomförs med avseende att undersöka vilket biodrivmedel som lämpar sig för inblandning i diesel, vilket är varför ett scenarioperspektiv ur både lång- och kortsiktigt perspektiv appliceras.

2.4 Avgränsningar

Rapporten undersöker ett område som är väldigt brett. För att ge rapporten en tydlighet och på grund av begränsade resurser sätts en del avgränsningar. Reduktionsplikten avser både bensin och diesel men i det här arbetet undersöks endast biodrivmedel att blanda in i diesel. Bara tre biodrivmedel undersöks, trots att det finns fler sorter på marknaden. Valet att bara inkludera dessa tre biodrivmedel beror på att två av dem redan används storskaligt i Sverige och att det tredje används flitigt i några delar av världen och har stor potential för att användas i Sverige. Fördelen med att undersöka biodrivmedel som redan används är att konsumenten redan är bekant med produkten vilket kan vara

fördelaktigt i fråga om ökade investeringar. Vidare utgår författarna från Sveriges användning och marknad, läget kan vara annorlunda om man tittar globalt med tanke på tillgång till resurser, trender och så vidare. En ytterligare avgränsning är att rapporten utgår från befintliga regelverk, vilket är relevant med tanke på att de ändras kontinuerligt.

För att specificera rapportens syfte har det utformas frågeställningar som skall täcka de tre kategorierna kostnad, tillgång och miljöpåverkan. Det läggs stor omsorg på att välja så bra frågeställningar som möjligt, för att kunna ge en tydlig bild av biodrivmedlen, men så klart kan inte frågeställningarna täcka allt som relaterar till de tre kategorierna. Till exempel fokuserar kategorin kostnad på produktionskostnad och vad som påverkar det priset, när det egentligen finns otroligt många fler faktorer som kopplar till kostnader.

3 Litteraturundersökning

De senaste åren har mängden diesel på marknaden ökat men det har även mängden biodrivmedel. De vanligaste biodrivmedlen som blandas in i diesel är HVO och FAME. Biogas används rätt mycket men i gasform. Biogas i flytande form har varit vanligare men syns idag inte lika mycket på marknaden. Det används dock i stora mängder över andra delar av världen.

3.1 HVO

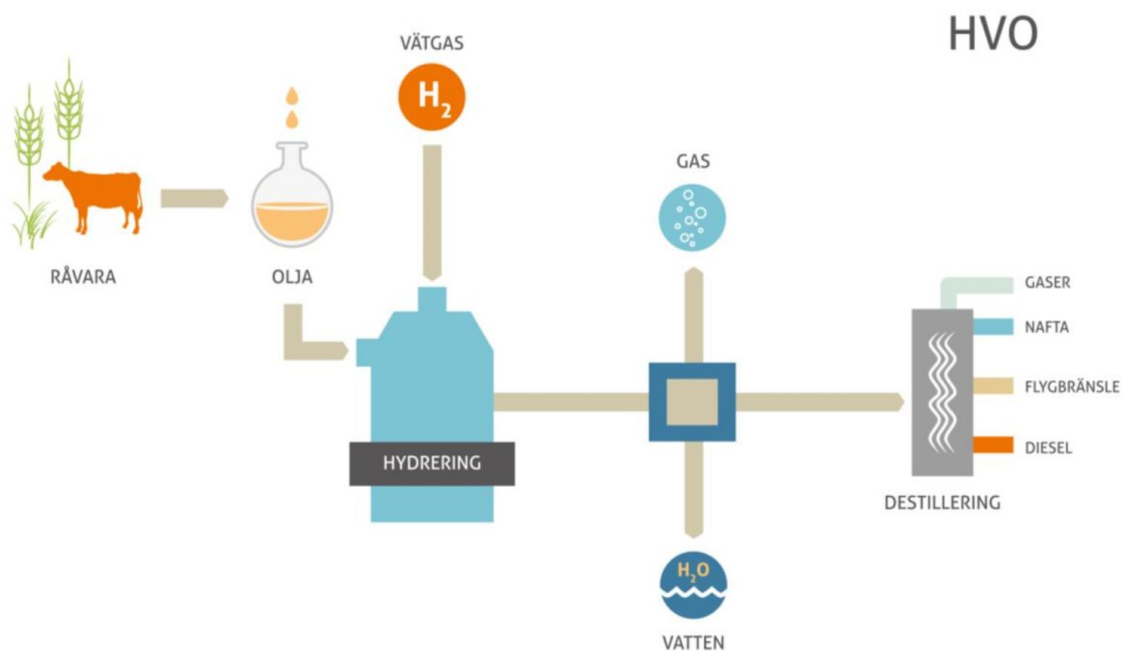
HVO är ett syntetiskt diesel som produceras av vegetabiliska oljor och animaliska fetter. Det har samma kemiska uppbyggnad som fossilt diesel vilket gör att det kan blandas in i stora mängder i fossilt diesel och fortfarande uppfylla dieselstandarden (Energimyndigheten, 2014a). Det finns ingen bestämd gräns för maximal inblandning men både Energimyndigheten och Shell menar att en nivå på 70-80 procent kan vara gränsen för att blandningen ska klara standardkraven (Energimyndigheten, 2018b; Shell, 2018). Det går att använda rent HVO som drivmedel, så kallat HVO100, men då uppfyller det inte dieselstandardkraven dels med avseende på densitet (Johansson, 2018). HVO har ett energiinnehåll på 44 MJ per kg och 34 MJ per liter (Europaparlamentets och rådets direktiv, 2009).

När HVO började produceras användes endast växtbaserade råvaror, därav dess namn. Men med teknikens utveckling har man kunnat använda flera typer av råvaror och idag är det möjligt att tillverka HVO från både vegetabiliska och animaliska fetter. Råvaror som används är råtallolja, slaktavfall, palmolja, PFAD, raps, majs, soja och korn. I Sverige är det främst PFAD (39 procent), slaktavfall (38 procent) och råtallolja (11 procent) som används. Tidigare har nivån för palmolja och PFAD varit ännu högre. (Energimyndigheten, 2017)

Under 2017 var HVO det biodrivmedel som förbrukades mest i Sverige. Det användes i genomsnitt 17,7 volymprocent HVO inblandat i diesel MK1 vilket motsvarar 943 266 m³ eller 8909 GWh (Energimyndigheten, 2018c; Energimyndigheten, 2018a). Utöver detta producerades 4 978 GWh som inte blandades in i fossilt diesel utan istället användes som HVO100 (Energimyndigheten, 2018a).

Framställning av HVO kan ske på två olika sätt, beroende på vilken slutprodukt som önskas. Den ena metoden använder bara bioråvaror vilket ger HVO100 och den andra metoden använder bioråvaror tillsammans med fossil olja vilket ger ett blandat drivmedel. Man kan räkna ut andelen förnybart med hjälp av massbalansberäkning. De två metoderna är i princip likadana. Den här rapporten har

utgångspunkt i reduktionsplikten och dieselstandarderna, som inte uppfylls vid användning av HVO100, därför följer en beskrivning av den andra metoden. Bioråvara blandas med vätgas och upphettad olja i gasform. Trycket och temperaturen höjs så att fettsyrorerna i bioråvaran ska reagera med vätgasen, som resultat får man en vätska och restprodukter i form av koldioxid, svavelväte och vattenånga. Vätskan och gaserna förs vidare i processen medans vattenången kyls ned och renas från föroreningar. Vätskan utsätts för lågt tryck vilket gör att ännu mer gas kan frigöras. Under processen reduceras syrehalten i vätskan vilket gör att bränslet blir väldigt likt fossilt diesel. En del av gaserna som bildas destilleras för att ge nafta som kan användas i bensin. I slutet av tillverkningen utförs isomerisering, som är en kemisk process där raka kolväten omvandlas till grenade kolväten. Detta görs för att bränslet ska fungera även vid låga temperaturer (Energimyndigheten, 2014). Processen skapar överskottsvärme som vanligtvis återanvänds till att bland annat värma upp bostäder (Preem, 2017a).



Figur 2 Produktionsprocess för HVO. (Lindström m.fl., 2017)

3.1.1 Tillgång

Det HVO som används i Sverige produceras främst av råvaror från Indonesien, Malaysia, Tyskland och USA, där Indonesien och Malaysia huvudsakligen bidrar med PFAD och palmolja. Totalt sett används råvaror från länder över hela världen. Drygt 5 procent av råvarorna kommer från Sverige. Råvarorna fraktas till Nederländerna och Finland där själva framställningen av HVO sker. Slutligen importeras den färdiga produkten till Sverige (Energimyndigheten, 2018a). De två största HVO-leverantörer i Sverige är Neste och Preem. Neste är finskt och har anläggningar i Finland och Nederländerna (Energimyndigheten, 2018b) medans Preem har anläggningar i Sverige (Preem, u.å.).

PFAD är billigt och är därför den vanligaste råvaran för att framställa HVO, men användningen av den ifrågasätts starkt. Motståndare till PFAD menar att det kan vara värre för miljön än fossila råvaror bland annat på grund av att det bidrar till ökad skövling av regnskogar. Regeringens beslut om att

omklassificera PFAD innebär att det inte längre kommer vara skattesubventionerat och att dess klimatpåverkan kommer bli högre eftersom växthusgasutsläpp från odling kommer räknas med. Det kommer även ställas högre krav på att man kan spåra produkten till det geografiska område där palmerna odlades vilket, enligt PFAD-leverantörer, anses vara svårt att genomföra. Beslutet kan även påverka andra råvaror som fria fettsyror och teknisk majsolja (Hansen m.fl., 2017).

Neste är den största leverantören av HVO i Sverige och för dem är PFAD en viktig råvara som de använder, tillsammans med andra råvaror, för att framställa HVO. De menar att det går att försvara användningen av PFAD och att det borde klassas som en restprodukt (Neste, u.å.a). Enligt Neste leder PFAD inte till ökad efterfrågan på palmolja, vilket Gröna Bilister (u.å.) menar är inkorrekt då det höga marknadspriset på PFAD ökar leverantörernas intresse för att framställa palmolja. Den näst största HVO-leverantören, Preem, väljer att bara använda svenska råvaror såsom råttolja och en liten del avfallsrester till sin HVO-produktion. Enligt Preem (u.å.) är användning av PFAD inte en hållbar lösning trots att det räknas som förnybart. De bedömer att det är rimligt att uppfylla reduktionsplikten och även målet om en fossilfri fordonsflotta 2030 med endast svenska råvaror (Preem, 2017b).

Regeringens beslut om omklassificeringen av PFAD kan innebära begränsat utbud av HVO eftersom det idag inte finns tillräckligt med andra råvaror (Liljas, 2016; Neste, u.å.a). Både Neste och Preem är överens om att den totala tillgången på råttolja och slakteriavfall inte kommer att räcka för den framtida produktionen av HVO. Råvarorna har bra klimatprestanda men tillgången är starkt begränsad och de används även inom andra sektorer som exempelvis industri och fjärrvärmeproduktion vilket skapar konkurrens. Neste och Preem söker därför efter andra billiga råvaror som kan användas storskaligt och lägger relativt stora summor pengar på forskning om detta. Några potentiella råvaror är olika sorter av biprodukter från skogsindustrin samt mikrobiella oljor och alger (Energimyndigheten, 2014a). Trafikutskottet (2018) bedömer att det finns stor potential för ökad användning av avfall och restprodukter utöver de som används idag.

3.1.2 Kostnad

Den stora användningen av HVO beror på flerårig skattebefrielse och att det är så enkelt att blanda in i fossilt diesel (Energimyndigheten, 2018c). Produktionskostnad för tallolja-baserad HVO är mellan 7-8 kr per liter bensinekvivalent (Energimyndigheten, 2016b). Kostnaderna påverkas till stor del av om det går att integrera produktionen med annan produktion. Investeringskostnader är höga för att börja tillverka HVO, vilket kräver stora produktionsvolymmer för att det ska vara lönsamt. Framförallt kan kostnader för anläggningar göra att produktionen blir dyr, detta är dock generellt för all typ av industri (Trafikutskottet, 2018). Råvarorna tillhör skilda prisklasser, 2018 var till exempel PFAD och palmolja billigt, rapsolja och sojaolja lite dyrare och råttolja dyrast (SPBI, 2018).

Forskare vid IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds universitet har gjort en studie som uppskattar hur stor den svenska biodrivmedelsproduktionen kan vara 2030. De bedömer att till dess kan framställningen av HVO från enbart råttolja ha ökat markant och att totala mängden HVO kan öka ännu mer, när teknikutvecklingen gör det möjligt att använda fler typer av restprodukter inom skogssektorn. (Martin m.fl., 2018)

3.1.3 Miljöpåverkan

PFAD är en biprodukt som uppkommer vid framställning av palmolja. Utöver framställning av HVO används det i tvålar, ljus och djurfoder. För att odla oljepalmer används stora plantager, främst i Indonesien och Malaysia. En av anledningarna till att PFAD anses vara dåligt beror på att man skövlar stora mängder regnskog för att få plats med plantagerna. Skövling av regnskog resulterar i stora utsläpp av växthusgaser, förluster av unika och oersättliga naturvärden och hot mot oersättlig biologisk mångfald samt bidrar till korruption och brott mot mänskliga rättigheter. Eftersom skövlingen vanligtvis sker genom att bränna ner regnskogen påverkas även landets befolkning av sämre luftförhållanden i form av smog och dålig luft (Preem, u.å.).

Råtallolja är en restprodukt som kommer från skogsindustrin. Vid massatillverkning sker avkokning, där vätskan svartlut avges. Svartlut innehåller bland annat råtallolja som kan användas till framställning av biobränslen och gröna kemikalier (Preem, u.å.). Användningen av råtallolja bidrar inte till ökad avverkning, eftersom det är en restprodukt och inte har så många användningsområden (Preem, 2017b).

Avfall och restprodukter som används för framställning av HVO har även flera andra användningsområden. Exempelvis kan slakteriavfall och animaliska biprodukter utnyttjas för framställning av djurfoder, organiska gödningsmedel, biogödsel eller som bränsleråvara i värmekraftverk (Jordbruksverket, 2018). Genom att använda restprodukter och avfall kan man undvika utsläpp och energianvändning som hade skett om man framställde råvarorna endast för att producera HVO.

På grund av den kemiska uppbyggnaden kan man hålla HVO direkt i tanken för en dieselmotor. Den kemiska likheten gör även att förbränning av HVO släpper ut nästan lika mycket koldioxid, kväveoxid och partiklar som vid förbränning av fossilt diesel (Miljöfordon, 2017). Men ur ett livscykelperspektiv släpper HVO ut mindre växthusgaser än fossilt diesel, 388 g CO₂-ekvivalenter per liter eller 40 g CO₂-ekvivalenter per kWh, vilket beror på att man använder förnybara råvaror (Naturvårdsverket, 2018). Vid förbränning av alla typer av biodiesel släpps det ut mindre svavel jämfört med fossilt diesel, vilket minskar försmurningen av miljön (Aydin and Ilkilic, 2011). Hur stor klimatpåverkan som orsakas av HVO beror till stor del på vilka råvaror som används och vart de kommer från. En jämförelse med dieseln livscykelutsläpp visar att HVO från svensk råtallolja reducerar utsläppen med 89 procent och HVO från slakteriavfall från Europa reducerar utsläppen med 87 procent (Energimyndigheten, 2014b). Anledningen till att utsläppsminskningen inte är 100 procent beror på att vätgasen framställs från fossila bränslen (Lundberg, 2017). Användning av HVO från palmolja reducerar utsläpp med 40 procent om processen inte är specificerad och 68 procent om processen i oljefabriken sker med omhändertagande av metan (Europaparlamentets och rådets direktiv, 2009). HVO är liksom diesel toxiskt och kan orsaka långvariga skador på vatten om det släpps ut i naturen (Trafikuskottet, 2018).

Det finns två olika indikationer som är intressanta att titta på för att få en djupare förståelse för hur hållbart och miljövänligt ett drivmedel är, produktutbyte och energiinsats. Produktutbyte eller drivmedelsutbyte är en typ av hållbarhetsmått och indikerar hur energi- och markeffektivt ett drivmedel är (Börjesson m.fl., 2016). Utbytet anger hur mycket färdigt drivmedel som kan tillverkas per hektar mark och per år om drivmedlet baseras på en odlad råvara. Produktutbyte kan jämföras med

en maskins verkningsgrad, energin som finns i slutprodukten är inte lika stor som energin som tillsätts i systemet utan vanligtvis sker en energiförlust i form av värme. Ett högt värde på produktutbytet anses vara mer hållbart, då det eftersträvas att markanvändningens effektivitet ska maximeras. I fallet för HVO som främst tillverkas på restprodukter som PFAD, råttallolja och slaktavfall går det inte att mäta hållbarhet med avseende på produktutbyte då mark inte är ämnad att användas enbart för odling av råvaror till HVO-framställning.

Den andra metoden för att mäta hur hållbart ett biodrivmedel är genom att räkna på den externa energiinsatsen utöver råvarorna som krävs för att systemet ska kunna producera ett fullvärdigt drivmedel. Energiinsatsen beskriver hur stor mängd extern energi som måste tillföras i förhållande till det producerade biodrivmedlets energiinnehåll och anges i procent. Till exempel, om ett system genererar 100 GJ drivmedel och kräver 10 GJ extern energi utöver råvaran som exempelvis el och värme, är energiinsatsen 10 procent. Ju lägre extern energiinsats som krävs desto bättre är det ur ett hållbart perspektiv. Energiinsatsen för HVO baserad på solrosolja och palmolja uppskattas till cirka 25-30 procent och det finns ingen tillgänglig data för HVO baserad på slakteriavfall. Detta beror dels på att det klassas som en restprodukt från ett annat system, vilket gör att en uppskattning på energiinsatsen får väldigt stora skillnader beroende på var bränsletillverkningens systemgränser sätts (Börjesson m.fl., 2013).

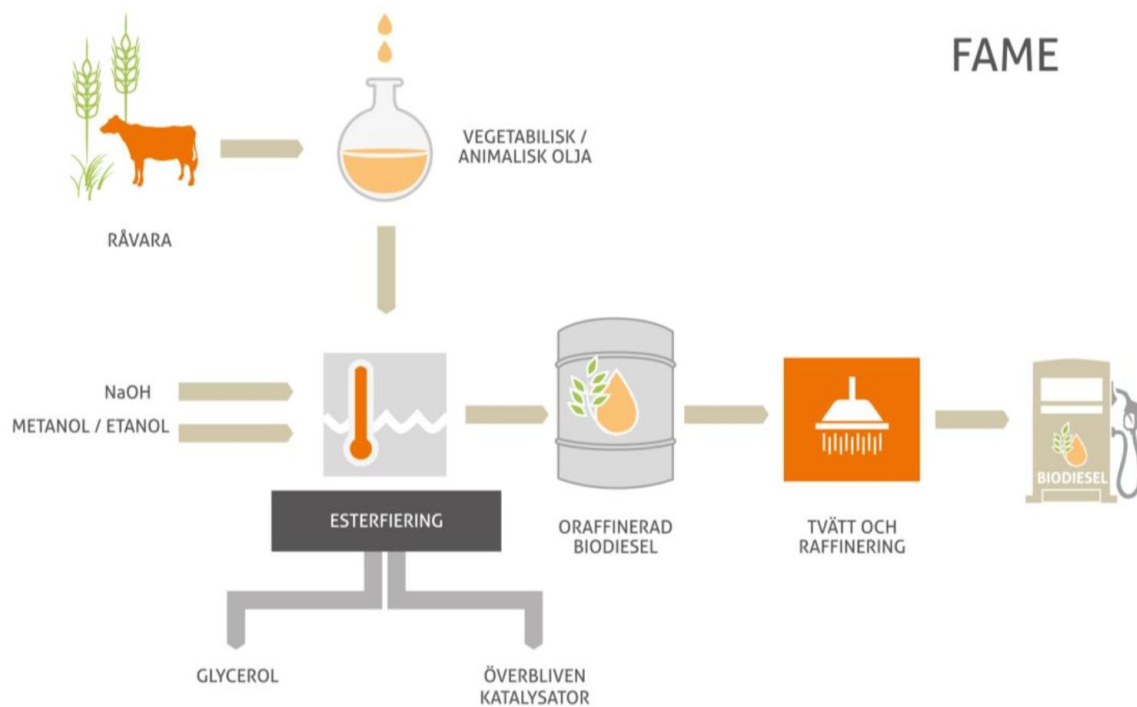
3.2 FAME

FAME är ett biodiesel som kan framställas från oljeväxter som exempelvis raps, solros, soja och palm. Det kan även tillverkas av animaliska fetter samt vegetabilisk och animalisk avfallsolja. I Sverige används uteslutande raps eftersom det ger en variant av FAME som bäst klarar av det kalla klimatet. FAME framställd av raps kallas för RME och har ett energiinnehåll på 34 MJ per liter och 37 MJ per kg (Europaparlamentets och rådets direktiv, 2009).

RME går att låginblandas i fossilt diesel eller användas rent, så kallat B100, och kräver då vissa ändringar av en vanlig dieselmotor och ett godkännande från motortillverkaren (Energimyndigheten, 2016c). Bränslekvalitetsdirektivet tillåter inblandning på upp till 7 volymprocent, på grund av att högre nivåer kan ge förslitningsskador på tankslangar och packningar i motorn. Högre nivåer RME ger lägre växthusgasutsläpp men konsekvenserna med ökade förslitningsskador väger tyngre än att det är förnyelsebart (Energimyndigheten, 2018b). Under 2017 låginblandades FAME in i fossilt diesel med en genomsnittlig andel på 5,3 volymprocent (Energimyndigheten 2018c). Det motsvarar 252 024 m³ eller 2 312 GWh. Utöver detta producerades 38 463 m³ som förbrukades i form av B100 (Energimyndigheten, 2018a).

Framställningen av RME är relativt enkel och driftsäker. Processen inleds med att kallpressa rapsfrön i en mekanisk press vid cirka 20°C för att erhålla rapsolja. I mer storskaliga processer används varmpressning där fröna först värms upp till 80°C och sedan pressas. De återstående resterna pressas igen för att extrahera så mycket olja som möjligt. Kvar blir resterna, rapsexpeller eller rapsmjöl, som kan användas för att göra djurfoder. Rapsexpeller kan även användas som gödningsmedel eller rötas för att utvinna biogas. I nästa steg sker rening av rapsoljan, genom antingen sedimentation, filtrering eller centrifugering, som därefter värms upp till 60°C. Produkten är nu redo för att förestras till RME, vilket sker genom tillsättning av metanol som får reagera med triglyceriden i rapsoljan. Metanolen kan vara tillverkad av fossila råvaror eller biomassa. För att snabba på processen tillsätts en katalysator,

vanligtvis något starkt alkaliskt ämne som kalium- eller natriumhydroxid. Produkterna blir RME och glycerol. Glycerol har högre densitet än RME och lägger sig därför under RME:n i ett lager som kan tappas ut från kärlets botten. Sista steget är att neutralisera, avsalta och filtrera biodieseln innan den förs över till ett förvaringskärl. Glycerol används bland annat för att göra tvål, kosmetika och läkemedel men kan även rötas för att utvinna biogas. Det är inte ekonomiskt lönsamt att framställa glycerol i en egen anläggning eftersom det skulle kräva enorma produktionsmängder (Bioenergiportalen, 2009).



Figur 3 Produktionsprocess för FAME. (Lindström m.fl., 2017)

3.2.1 Tillgång

Raps används för att framställa matolja och biodiesel och är den tredje viktigaste oljeväxten i världen efter sojaböna och oljepalm (Erlandsson & Granström, u.å.). Merparten av konsumerat FAME produceras i Sverige med råvaror importerade från Tyskland, Litauen, Danmark, Lettland och Australien. Endast 3 procent av råvarorna kommer från Sverige vilket beror på att Sveriges tillgång av raps är begränsad. Totalt sett kommer 79 procent av råvarorna från medlemsländer i EU (Energimyndigheten, 2017). Studien från IVL Svenska Miljöinstitutet och Lunds universitet bedömer att tillgången på oljeväxter är liten (Martin m.fl., 2017) vilket stämmer överens med en bedömning som Atabani m.fl. (2012) har gjort. De menar att den största begränsningen för FAME är att tillgången på råvaran är så pass begränsad. Ett bättre alternativ skulle vara om man kunde använda oätliga oljeväxter istället för raps, eftersom de ofta växer på icke odlingsbara marker och finns i stora mängder världen över. Detta skulle även minska kostnader och energianvändning för att odla dem.

De två största FAME-leverantörerna är Perstorp BioProducts AB och Ecobränsle AB. Perstorp har anläggningar i Sverige och Norge och står för den största delen av Sveriges FAME-framställning. De producerar FAME som är helt förnybar och använder biobaserad metanol som de importerar från

Nederländerna. Ecobränsle producerar mindre än Perstorps, och har de senaste åren valt att minska sin produktion på grund av minskad efterfrågan. De har sina anläggningar i Karlshamn. Utöver Perstorp och Ecobränsle finns andra aktörer som levererar FAME (Trafikuskottet, 2018).

3.2.2 Kostnad

Användningen av FAME har varit relativt stabil sedan 2011 men minskat under de senaste tre åren. Samtidigt har användningen av HVO ökat storartat (Energimyndigheten, 2018a). Teknikutvecklingen står relativt stilla för FAME och marknaden påverkas av regleringar på EU-nivå gällande hur stor del av biodrivmedelsanvändningen som får vara grödebaserad (Energimyndigheten, 2018b). FAME har inte varit skattebefriat de senaste åren på grund av risken att det annars överkompenseras. Studien som gjordes av Martin m.fl. (2017) uppskattar att det förmodligen inte kommer byggas fler anläggningar för framställning av FAME och att om de anläggningar som finns i dag används fullt ut kan det ge 2 TWh FAME, vilket är i linje med dagens nivå. Produktionskostnaden för RME beräknas ligga runt 7 kr per liter bensinekvivalenter, liksom uppgraderad biogas från grödor respektive flytgödsel (Energimyndigheten, 2016b). Vad som påverkar kostnader för framställning av FAME är bland annat förestringen och återvinningen av glycerol men vad som påverkar mest är råvarorna som står för 75 procent av alla kostnader (Atabani m.fl., 2012).

3.2.3 Miljöpåverkan

Ur ett livscykelperspektiv bidrar FAME till växthusgasutsläpp med 1 043 g CO₂-ekvivalenter per liter eller 112 g CO₂-ekvivalenter per kWh (Energimyndigheten, 2017; Naturvårdsverket, 2018). Användning av FAME bidrar till högre utsläpp av kväveoxider med cirka 10 procent jämfört med fossilt diesel, men bidrar till lägre utsläpp av koldioxid, kolväten och partiklar vilket totalt sett ger lägre växthusgasutsläpp än fossilt diesel (Trafikuskottet, 2018). En jämförelse med diesels livscykelutsläpp visar att användning av RME istället för fossilt diesel bidrar till en utsläppsminskning på 59,1 procent (Energimyndigheten, 2018a). Man tar då hänsyn till hela livscykeln – från odling av rapsen till förbränning i motorn.

FAME är icke-toxisk och biologiskt nedbrytbart om det kommer ut i naturen. Det har goda smörjegenskaper som är bra för motorn men kan vara aggressivt mot tankslangar och kan ge skador på lackade ytor. Dess känslighet mot låga temperaturer resulterar i att det för de flesta inblandningar kan köras på temperaturer ner till -20°C. FAME kan inte lagras under lång tid utan bör förbrukas inom sex månader. Det måste även förvaras mörkt för att minimera risken att mikroorganismer skall föröka sig i bränslet (Trafikuskottet, 2018).

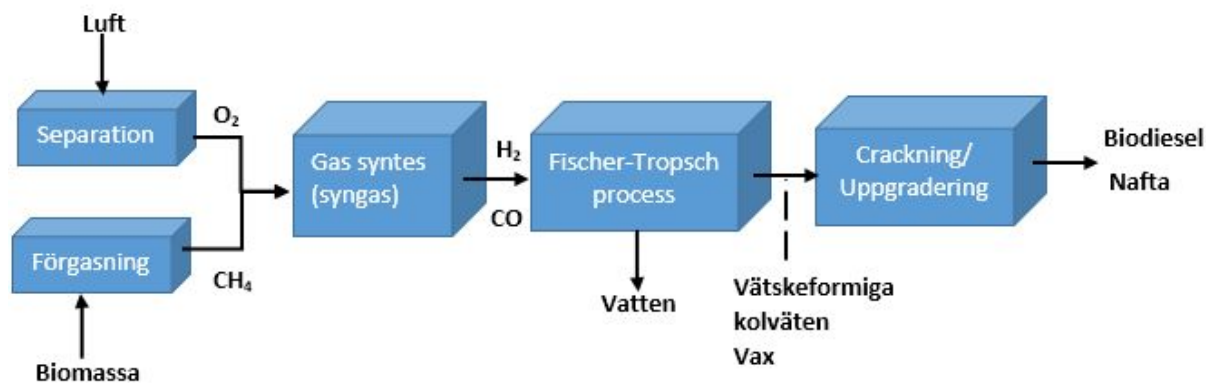
Vid odling av oljeväxter används vanligtvis bekämpningsmedel för att motverka olika typer av ogräs och skadedjur. Kemiska bekämpningsmedel påverkar mer än bara skadegörare och ogräs. Miljön och de djur som lever där påverkas vilket kan verka negativt för den biologiska mångfalden (Naturskyddsföreningen, 2019). Av insekter är det pollinerare, såsom bin och humlor, som påverkas mest av bekämpningsmedel. Utan pollinerare skulle den biologiska mångfalden hota och växterna skulle inte bli pollinerade, vilket är två allvarliga konsekvenser (Gonczi, 2019). Bekämpningsmedel sprids till omgivningen via vatten, luft och jord och kan på så sätt orsaka negativa effekter långt efter att de använts och på områden långt från odlingsplatsen. De flesta av de skadligaste bekämpningsmedlen har förbjudits men det råder fortfarande stora osäkerheter kring effekter av bekämpningsmedel (Naturskyddsföreningen, 2019).

Produktutbytet, det vill säga andelen drivmedel som produceras av biomassan per hektar mark och år, är för RME bland det lägsta av de undersökta biodrivmedlen, vilket ligger på cirka 20 procent (Börjesson m.fl., 2016; Börjesson m.fl., 2013). Processen där RME tillverkas från raps genererar knappt 50 GJ drivmedel per hektar och år, vilket även det är lägst bland bränslena. Energiinsatsen för RME ligger på antingen 15 procent eller på 45 procent beroende på vart systemgränsen sätts. Framställningsprocessen genererar nämligen även restprodukter på knappt ett ton protein per hektar och år vilket ger en indirekt åkermarksbesparing då behovet av proteinfoderodling minskar. Om denna indirekta markbesparing inkluderas i beräkningarna förbättras åkermarkseffektiviteten för spannmålsetanol och RME betydligt, vilket ger en energiinsats på 15 procent. Exkluderas den hamnar energiinsatsen istället på 45 procent (Börjesson m.fl., 2013).

3.3 FT-diesel

FT-diesel är ett syntetiskt dieselbränsle som består av syntetiskt mättade kolväten och framställs via förgasning. Den vanligaste metoden för att framställa syntetiskt diesel är Fischer-Tropsch-processen, som upptäcktes av och namngavs efter tyska kemister under 1920-talet vilket gett upphov till namnet på bränslet. Man kan framställa syntetisk diesel på olika råvaror; naturgas, biomassa med flera, vilket idag innebär att bränslet även benämns som bland annat GTL (gas-to-liquids) och BTL för att klargöra vilken råvara som bränslet är framställt av (Björklöf & Karlsson, 2009). Bränslets energiinnehåll är 44 MJ per kg och 33 MJ per liter (Europaparlamentets och rådets direktiv, 2009; SPBI, 2010). FT-diesel kan användas rent i dieselmotorer om den uppfyller kraven enligt SS-EN 15940:2016+A1:2018, men även blandas in i fossil diesel utan att komprimera kvalitetsstandarden (SIS, 2018). Detta innebär att det inte finns någon maximal inblandningsgräns. De klarar temperaturer ner till -35°C , vilket gör dem lämpliga för ett nordiskt klimat. Fördelen med att konvertera naturgas till GTL och inte till exempelvis LNG (liquefied natural gas) som också är ett bränsle baserat på naturgas är att GTL har bättre köldegenskaper och är mycket lättare att transportera än LNG. Däremot reduceras koldioxidemissioner ytterligare vid användandet av LNG (STI Group, 2014).

Processen för att framställa FT-bränsle genom Fischer-Tropsch-processen går ut på att producera vätskeformiga kolväten och består av fyra steg. I första steget förgasas biomassa (för att erhålla BTL) eller så omvandlas naturgas (för att erhålla GTL), båda råvarorna kräver syrgas för att reaktionen ska ske. Ur reaktionen erhålls syngas vilket är en blandning av kolmonoxid och vätgas. Därefter rensas syngasen från överflödiga partiklar och föroreningar. Kolmonoxiden och vätgasen i syngasen reagerar sedan med varandra med hjälp av en katalysator, oftast bestående av järn eller kobolt, och bildar syntetisk råolja i form av vätskeformiga kolväten. Längden på kolvätena som erhålls ur reaktionen varierar, varpå man slutligen arbetar upp råoljan till syntetiskt FT-diesel genom isomerisering. Utöver råoljan erhålls även värme och vax som arbetas om till nafta. Biprodukter i processen är vatten för BTL och koldioxid för GTL (NETL, u.å.).



Figur 4 Förenklat produktionsschema för FT-processen. Översatt och omarbetat av författarna från NETL (u.å).

Idag finns anläggningar som producerar GTL i Qatar, Sydafrika, Uzbekistan, Nigeria och Malaysia. I Sverige finns företaget EcoPar AB, som endast levererar GTL nationellt. BTL framställd via Fischer-Tropsch-process är idag endast i utvecklingsstadiet och det forskas på att utveckla tekniker för att kunna framställa bränslet storskaligt ur främst skogsråvara. Tyska företaget Choren var först med att 2003 lyckas framställa en produktionsprocess som var kontinuerlig i ett pilotprojekt (Choren, 2014). BTL tillverkas även genom annan metod än Fischer-Tropsch-syntes. Neste tillverkar en biomass-to-liquid genom att raffinera biomassa genom vätebehandling men då klassas biodrivmedlet som HVO (Neste, u.å.b).

3.3.1 Tillgång

Av de tre råvarorna, naturgas, biomassa och kol, som kan användas för att framställa FT-diesel är naturgas i form av metangas mest använt. Metangasen härstammar framförallt från fossil naturgas vilket innebär att bränslet GTL i de fallen inte är förnyelsebart, men klassas som ett alternativt drivmedel som är att föredra framför bränslen baserade på råolja. Metangas utvunnet ur biomassa används också för att tillverka FT-diesel i form av BTL. Idag finns anläggningar som producerar GTL i Qatar, Sydafrika, Uzbekistan, Nigeria och Malaysia vilka tillsammans producerar motsvarande cirka 36 567 m³ varje dag (EIA, 2017). Fram till 2008 levererade den svenska leverantören EcoPar motsvarande cirka 40 000 m³ GTL per år, vilket är cirka 367 GWh, till den svenska marknaden vilket utgjorde mindre än 1 procent av den totala mängden dieselbränsle på marknaden (Pröckl, 2008). Detta är den senast kända data på mängden GTL som levereras på marknaden.

GTL är med andra ord inte ett särskilt etablerat bränsle på svenska marknaden, men är ett viktigt biobränsle i övriga världen. Exempelvis står produktionen av GTL i Qatar, som ägs och drivs av företaget Shell, för 8 procent av företagets totala bränsleförsäljning vilket gör det till ett av deras viktigaste projekt (Shell, u.å). I Sydafrika står FT-diesel för 36 procent av landets bränslebehov, där det nationella företaget Sasol levererar majoriteten av den mängden (Ratshomo & Nembahe, 2017).

Naturgas som används för tillverkningen av GTL är inte förnyelsebart men genererar däremot ett märkbart renare bränsle, vilket är varför GTL-bränsle ändå är aktuellt som alternativ till fossilt diesel. Tillgången på naturgas är högre än tillgången på olja då man beräknar att naturgasreserverna som är upptäckta beräknas räcka cirka 65 år i dagens produktionstakt, jämfört med råolja som beräknas räcka i cirka 41 år (Råvarumarknaden, 2011). Naturgas återfinns spritt över jordklotet men de största

fyndigheterna finns i Ryssland, Iran och Qatar vilka står för 55 procent av världens naturgas. Sverige erhåller majoriteten av sin naturgas från Danmark men även en liten mängd från Norge, som är den femte största naturgasleverantören i världen (Energigas, 2017). Av all naturgas så används mindre än 1 procent till fordonsbränsle.

Biomassan som används för att tillverka BTL består främst av skogsråvara; virkesavfall eller odlad energiskog. Men BTL framställd via Fischer-Tropsch-process är idag endast i utvecklingsstadiet och det forskas på att utveckla tekniker för att kunna framställa bränslet storskaligt. Det tyska företaget Choren har varit ledande för att utveckla syntetiseringen av biomassa, 2003 sattes det första kontinuerliga BTL-systemet i bruk och den tekniken kallas Carbo-V (Choren, 2014). Finska företaget Forest BtL Oy fick 2012 antaget en finansiering från Europeiska programmet NER300 (som hjälper till att bistå koldioxidlåga energiförsörjningsprojekt), som skulle möjliggöra en BTL-anläggning med hjälp av Carbon-V teknologin. Anläggningen skulle ha en kapacitet på 115 000 ton bränsle och använda nästan 950 000 ton skogsvirke per år och målgruppen skulle vara den finska och svenska bränslemarknaden. Men 2014 togs beslutet att stoppa projektet med anledningen att EU:s klimat- och energistrategi som publicerades samma år inte överensstämde med de initiala överenskommelserna om utsläppsgränser och andel förnybart i trafikbränslen efter 2020 som Forest BtL Oy och NER300 gjorde. Det innebar att anläggningen inte skulle kunna producera långsiktigt och ekonomiskt hållbart (ETIP Bioenergy, 2016). Dessutom innebär det att det idag inte finns något BTL-bränsle producerat via Fischer-Tropsch-processen för kommersiellt bruk på Sveriges bränslemarknad.

Att BTL inte finns tillgängligt för kommersiellt bruk beror framförallt på en avancerad teknik och inte på underskott av råvaror. Det är främst skogsvirke som används vid BTL-testanläggningarna och enligt en prognos från Sveriges riksdag fanns det 2016 24-33 TWh skogsbaserad biomassa nationellt med kommentaren att tillgången på skogsbaserad biomassa anses vara god. Denna mängd är tillgänglig för samtliga branscher och verksamheter som använder skogsbaserad biomassa som råvara, det finns med andra ord konkurrens om råvaran. Potentialen finns för ett större uttag och mängden förväntas då öka till 36-50 TWh år 2050 utan att kompromissa med andra miljömål (Trafikutskottet, 2018). En ytterligare anledning till att BTL inte fått ett stort genomslag är att det i första skedet för framställning av BTL erhålls biogas, som kan användas direkt som drivmedel. För att erhålla BTL behöver gasen behandlas ytterligare. Med andra ord har BTL en tillverkningsprocess som kräver fler och mer tekniskt avancerade steg jämfört med biogas. Det är därför mer lönsamt att tillverka drivmedlet biogas och sedan tillverka och anpassa motorerna för att kunna förbränna gas, än att tillverka syntetiskt flytande biodiesel som kan användas i befintliga dieselmotorer utan att modifiera dem.

3.3.2 Kostnad

Tekniken bakom Fischer-Tropsch-processen, som beskrivs mer ingående i avsnitt 3.3, består av flera separata delsteg i form av bland annat förgasning, rening, syntetisering etcetera. Tekniken är avancerad och kräver underhåll varvid den i många fall väljs bort och en annan typ av drivmedel beslutas att produceras istället; exempelvis LNG istället för GTL av naturgas och biogas istället för BTL av biomassa.

Produktionskostnaden sett till hela livscykeln för FT-diesel baserad på skogsflis (BTL) beräknas till cirka 10 kr per liter, vilket är en av de högsta kostnaderna av alla biodrivmedel enligt undersökningen från Börjesson m.fl. (2016). I samma undersökning beräknas produktionskostnaden för biogas till 5 kr

per liter bensinekvivalent, vilket är ytterligare en indikation på komplexiteten i att tillverka drivmedlet BTL genom Fischer-Tropsch-processen.

3.3.3 Miljöpåverkan

Utsläpp som genereras från FT-diesel baserat på naturgas är lägre jämfört med fossilt diesel. Sett ur ett livscykelperspektiv minskar nettoutsläppet av koldioxid med 30-50 procent, där halten av kvävedioxid reduceras med 50 procent och mängden giftiga ämnen såsom kolmonoxid, bensen och marknära ozon minskar med över 90 procent. Utöver dessa reduktioner minskar även mängden sot och partiklar, svavelhalten är näst intill noll (EcoPar, u.å.).

Enligt bilaga V i Europaparlamentets och rådets direktiv som förordningen hänvisar till uppskattas utsläppen av växthusgaser minska med 95 procent för FT-diesel baserad på virkesavfall och 93 procent för FT-diesel baserad på odlad skog. Denna reduktion av emissioner över livscykeln är den högsta av samtliga biodrivmedel rapporterade i bilaga V som kan ersätta fossilt diesel (Europaparlamentets och rådets direktiv, 2009). En uppdaterad undersökning visade att växthusgasutsläpp minskades med 86,8 procent för hela livscykeln (Winjobi m.fl., 2018). FT-diesel tillverkad av skogsflis beräknas ha emissioner på cirka 528 g CO₂-ekvivalenter per kWh biodrivmedel för hela sin livscykel enligt ISO-standarden och enligt EU's Renewable Energy Directive (RED) har samma typ av bränsleemissioner om cirka 264 g CO₂-ekvivalenter per kWh enligt för hela sin livscykel (Börjesson m.fl., 2016). Spannet förväntas då ligga mellan cirka 264-528 g CO₂-ekvivalenter per kWh biodrivmedel. Att använda biomassa i form av skogsvirke är, ur ett långsiktigt perspektiv, ett effektivt sätt att reducera utsläppen av växthusgaser. Även om kolförluster i marken erhålls initialt vid uttag av skog så kompenseras det på lång sikt genom att mer koldioxid binds upp över tid än vad som frigjordes vid skövlingen. I längden är det alltså ett bättre alternativ än att elda fossila bränslen vilka dels är ändliga och även släpper ut stora mängder växthusgaser (Börjesson m.fl., 2016).

Produktutbytet för FT-diesel baserat på biomassa är lägre än flertalet andra biodrivmedel och ligger på 50-57 procent. I den andelen är FT-processens biprodukt inräknad, vilket är ett syntetiskt vax som används som smörjmedel. Om beräkningarna istället görs utan att inkludera vax blir produktutbytet ännu lägre, 32-44 procent. Produktutbytet genererar i genomsnitt 80 GJ FT-diesel per hektar och år beräknat på odlad salix (energiskog), detta är näst lägsta av alla biodrivmedel (Börjesson m.fl., 2016). Energiinsatsen för FT-diesel baserad på skogsflis eller odlad skog är bland de lägsta av alla biodrivmedel och ligger på mellan 8-10 procent (Börjesson m.fl., 2013).

4 Resultat

Information som presenterats i avsnittet om litteraturundersökningen samlas och poängsätts i en multikriterieanalys. Därefter utförs känslighetsanalyser med syftet att undersöka känsligheten i de olika kriterierna och hur beroende resultatet skulle variera på grund av dessa känsligheter.

4.1 MKA

Nedan presenteras kriterierna som valts för att jämföra biodrivmedlen som undersöks i denna rapport.

Energiinnehåll - Ju högre energiinnehåll och energidensitet ett bränsle har, desto längre kan ett fordon transporteras på det eftersom bränslet innehåller mer energi och fordonet förbrukar lika mycket energi per kilometer oavsett vilket bränsle som ligger i tanken. Ett högre energiinnehåll värderas högre än ett lägre energiinnehåll.

Årlig produktion - Hur mycket produceras för inblandning varje år? En hög befintlig kapacitet för att producera stora mängder biodrivmedel anses vara en god egenskap att ta avstamp i för att uppnå målet om en fossilfri fordonsflotta 2030. Vägen till att producera den mängd biodrivmedel som krävs för att uppnå målet blir kortare ju större mängd som redan produceras idag, därför rankas störst produktionsmängd högst.

Tillgänglighet av råvaror - Stor tillgång på råvaran rankas högt då syftet med reduktionsförordningen från regeringen är att minska mängden diesel som används vilket innebär att det bör finnas möjlighet till utökad produktion av biodrivmedlet som inte begränsas av tillgången på råvaran.

Restprodukter vid framställning - Erhålls användbara restprodukter vid produktion? Vid framställning av de undersökta biodrivmedlen erhålls olika typer av restprodukter. Alla restprodukter går att använda till andra syften, men vad de kan användas till varierar. Författarna jämför restprodukternas användningsområden som de vanligtvis går till och rangordnat hur stor nytta respektive restprodukt genererar till. Förenklat kan man uttrycka det som vilket drivmedel som bidrar till "nödvändigast" restprodukter.

Produktionskostnad - Det drivmedel med lägst produktionskostnad rankas högst, detta då det anses vara gynnsamt för samhället och den hållbara utvecklingen. Då större mängder biodrivmedel kan produceras för samma kostnad i jämförelse med ett dyrare drivmedel samt att försäljningspriset blir lägre är det större chans att fler aktörer investerar i tekniken och att konsumenter väljer det billigare alternativet.

Avancerad framställningsteknik - En mindre komplicerad processteknik rankas högt då det genererar en högre sannolikhet att investerare väljer att satsa på den tekniken än en mer avancerad teknik.

Minskade växthusgasutsläpp - Det drivmedel som reducerar växthusgasutsläppen mest jämfört med fossilt diesel ur ett livscykelperspektiv anses vara bäst ur ett miljömässigt och hållbart perspektiv.

Energiinsats - Som mer ingående beskrivet i kapitel 3.1.3 är energiinsatsen den mängden extern energi som krävs för att produktionsprocessen ska fungera. En låg energiinsats rankas därmed högt då det är mest energieffektivt och därmed mest långsiktigt hållbart.

Maximal inblandningsnivå - Hur stor andel av de undersökta biodrivmedlen som kan blandas in i diesel är en intressant parameter att undersöka eftersom det kan avgöra i hur stor grad reduktionsplikten kan uppnås.

Varje drivmedel kommer tilldelas en poäng utifrån hur väl den presterar mot kriteriet. Poängen motsvarar en färg för att ge en tydligare överskådlig bild av resultatet, se tabell 4.1.1. Poängen

resulterar i ett medelvärde och det drivmedel som genererat det högsta medelvärdet tolkas vara mest optimalt för inblandning i fossilt diesel, för att nå målet med reduktionsföreskriften och är då svaret på rapportens syfte och frågeställning.

Tabell 4.1.1 Redovisning av vilken poäng som genererar vilken färg, för en enklare visuell förståelse av svaren i resultaten.

Poängintervall:	Färg:
0-20	Red
21-40	Orange
41-60	Yellow
61-80	Light Green
81-100	Dark Green

Kriterierna som presenterats ovan genererar svar som är kvalitativa (utgörs av data; siffror, procent, pris) samt kvantitativa (utgörs av ord; fakta, förklaringar, bedömningar). De kvalitativa svaren kan med enkelhet översättas direkt till en poäng med motsvarande förhållande till de olika svaren, medan de kvantitativa svaren är svårare att finna ett sådant förhållande svaren sinsemellan.

4.2 Poänggivning

I tabell 4.2.1 presenteras resultatmatrisen efter genomförd MKA. HVO erhöll högst medelvärde på 68,33 poäng, därefter FT-diesel på 63,33 poäng och sist FAME på 61,89 poäng.

HVO presterar relativt bra i de flesta kriterium och har sämst betyg endast i kriteriet som berör energiinsats. FAME presterar på varierande nivå i bedömningen vilket ger ett lägre betyg än de två andra drivmedlen. FT-diesel presterar bäst i flest kriterier men har även lägst betyg i några kriterier, vilket totalt sett ger ett genomsnitt mellan HVO och FAME.

Tabell 4.2.1 Resultatmatrisen visar vilka poäng som tilldelats för respektive kriterium. Färgerna ger en snabb överblick av poängsättningen.

Kriterier	HVO	Score	FAME (RME)	Score	FT-diesel (BTL)	Score
Energiinnehåll?	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85
Årlig produktion	943 266 kubik / 8 909 GWh	90	252 024 kubik / 2 312 GWh	60	0	0
Hur mycket råvaror finns tillgängligt?	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	70	Begränsad tillgång	40	God tillgång på skogsvirke	90
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, tvål, mm	50	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	90	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	40
Produktionskostnad	HVO(tallolja): 7-8 kr per bensinekv	75	RME: 7 kr per bensinekvivalent	90	BTL: ca 10 kr/bensinekvivalent	40

Tabell 4.2.1 (cont)

Är framställningen tekniskt avancerad?	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	70	Nej	90	Ja	30
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(tallolja): 89% HVO(slaktavf): 87% HVO(PFAD): 40-68%	60	RME: 59,1%	60	BTL: Växthusgaser: 95%	95
Hur liten är energiinsatsen?	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90
Finns en maxgräns för inblandning i diesel? (och fortfarande uppfylla dieselstandarderna)	~80%	80	7%	7	100%	100
MEDEL:		68,33		61,89		63,333

4.3 Känslighetsanalys

Resultatet innehåller parametrar som genererat svar med olika grad av tillförlitlighet. Detta beror på hur tidsenlig och uppdaterad den tillgängliga faktan är samt hur stor subjektivitet från författarna som finns i svaret. Känslighetsanalysen genomförs med syftet att undersöka hur känsligt resultatet är för förändringar, alltså hur mycket det förändras när det utsätts för olika synsätt och villkor. Stora förändringar i medelvärdet innebär en stor känslighet, det vill säga resultatet kan relativt enkelt förändras i framtiden beroende på hur samhället förändras. Känsligheten testas även genom hur beroende resultatet är av enskilda parametrar vars tillförlitlighet kan ifrågasättas, alltså om resultatet påverkas mycket av det enskilda kriteriet. Då syftet med rapporten är att undersöka vilket biodrivmedel som har potential att vara mest optimalt för inblandning i diesel ur ett långsiktigt perspektiv kommer känslighetsanalysen genomföras dels ur ett realistiskt perspektiv (faktorer som har direkt påverkan i nuläget) och dels ur ett hypotetisk perspektiv för att genomföra scenarioanalys för framtiden. Det är såklart svårt att med säkerhet avgöra vilken nivå av förändring som kan anses generera att resultatet är beroende av någon parameter och därmed innehåller en hög känslighet med avseende på den undersökta parametern, men förenklat anses den största förändringen av de olika alternativen innebära den största känsligheten.

För vissa parametrar kommer inte känsligheten undersökas, eftersom dessa anses ha god tillförlitlighet och låg subjektivitet. Det innebär att känsligheten är låg och att en känslighetsanalys inte skulle generera några förändringar som har stor påverkan på slutresultatet. En parameter som inte undersöks ur ett känslighetsperspektiv är *energiinnehåll*, då tekniken genererar en viss nivå av energiinnehåll och den förändras marginellt vid exempelvis byte av råvara. Även parametern *maximal inblandningsnivå* utesluts ur känslighetsanalysen med motiveringen att EU arbetat fram dieselstandarder under flera decennier och att det inte är troligt att kvalitetskraven för diesel kommer sänkas. Kraven finns till för att optimera motorns funktion, prestanda, utsläpp och livslängd. En sänkning av kraven skulle innebära att hela fordonsflottans egenskaper, som nämnt i tidigare mening, påverkas vilket kan resultera i ett högre slitage, lägre verkningsgrad etcetera, som kan leda till en ökad

miljöpåverkan på lång sikt. Därför beslutas att *maximal inblandningsnivå* utesluts, då en ändring av dieselstandarden är enda möjligheten för högre inblandning av biodrivmedlen utan att modifiera processtekniken, vilket inte undersöks samtidigt då var parameter undersöks enskilt. En tredje parameter som utesluts ur känslighetsanalysen är *energiinsats* med motiveringen att flertalet andra parametrar påverkar hur drivmedlen presterar på detta kriterium vilket innebär att om endast detta kriterium ändras så återges inte en ett rättvist resultat. Med det sagt så bidrar ändå inte denna parameter till en direkt dubbelräkning av en enskild parameter då den är beroende av flertalet. Parametern anses ändå vara relevant för resultatet i 4.2 trots att en känslighetsanalys inte genomförs.

Nedan presenteras de parametrar som genomgått en känslighetsanalys. Till varje känslighetsanalys följer en fullständig matris som bifogas i bilaga 2. Förändringarna som gjorts i respektive känslighetsanalys markeras i orange. Det nya medelvärdet som erhålls i känslighetsanalysen presenteras tillsammans med medelvärdet från resultatet i 4.2 i en tabell för enkel jämförelse och analys av hur parametern påverkar.

4.3.1 Minskade växthusgasutsläpp

Reduktionsplikten är ämnad till att driva bränsleleverantörer till att effektivisera och utveckla processer som främjar förekomsten, tillgängligheten och egenskaperna på biodrivmedel varpå man kan dra slutsatsen att de biodrivmedel denna rapport undersöker kommer ha en minskad miljöpåverkan. Därför är det intressant att analysera hur kriteriet *minskade växthusgasutsläpp* påverkar resultatet om ovan nämnda scenario uppfylls. Hur skulle resultatet se ut om samtliga drivmedel blev miljövänligare i form av reducerade transporter, lägre energibehov och mindre utsläpp i deras livscyklar? Då det är svårt att avgöra hur mycket som kan komma att effektiviseras kring de undersökta bränslena testas känsligheten genom att öka andelen växthusgasutsläpp de reducerar. Detta testas genom att en godtycklig procentsats tilldelas samtliga drivmedel, vilket genererar ett bättre svar och därefter ges en poäng utifrån det nya resultatet, detta för att se hur de presterar under samma villkor.

I tabell 4.3.1 har resultatet erhållits efter att kriteriet fått sitt nya värde. En reduktion på 100 procent anses vara ett idealt värde. Känsligheten testas genom att 50 procent av skillnaden mellan erhållt resultat i 4.2 och det idealiska värdet adderas till det ursprungliga resultatet. Det är denna summa som känsligheten testas på. Exempelvis RME som innan hade en reduktionsgrad på 59,1 procent ökar då till 79,55 procent (~80 procent). Se bilaga 2 tabell 1 för samtliga bränslens nya värden på kriteriet.

Tabell 4.3.1 *Jämförelse mellan resultatet i 4.2 samt resultatet efter känslighetsanalys på kriteriet minskade växthusgasutsläpp.*

	HVO	FAME	FT-diesel
Medelvärde från basfallet (tabell 4.2.1):	68,33	61,89	63,33
Medelvärde efter känslighetsanalys av parameter:	71,11	64,11	63,89

Resultatet efter känslighetsanalysen visar att HVO och FAME gynnas mest av att bli ännu mer miljövänliga då medelvärdet för HVO ökar med 2,78 poäng, FAME med 2,22 poäng och sedan FT-diesel med 0,56 poäng. Dock krävs mest resurser, innovation och ekonomi för att detta scenario ska uppfyllas för dem då reduktionen av växthusgaser är mycket större än för FT-diesel som redan

presterade bra innan. Det krävs alltså mer av aktörer som arbetar med HVO och FAME för att uppfylla ovan utforskade scenario, något som har en stor känslighet i sig. Dock är det i många fall lättare att effektivisera en process som har flera förbättringsområden än en som redan är effektivare inom de områdena. Känslighetsanalysen visar alltså att HVO och FAME är beroende av hur mycket utsläpp dem genererar under sin livscykel. Att medelvärdet för FT-diesel inte ökar mer tolkas som att resultatet inte är beroende av hur väl bränslet presterar på dess miljövänlighet utan att det är andra egenskaper som påverkar medelvärdet och som är mer angelägna att åtgärda sådant att FT-diesel ska vara en likvärdigt alternativ till andra biodiesel i framtiden.

Det bör dock nämnas att känsligheten går att testas på motsatt vis genom att en godtycklig mängd tilldelas varje drivmedelstyp vilket leder till att de nya resultaten ökar med olika procentsatser. Detta innebär att utfallet blir det motsatta jämfört med att tilldela en fast procentsats då drivmedel med ett högt utsläpp som reduceras med en godtycklig mängd får en lägre reduktionsprocent än ett drivmedel som släpper ut mindre och som reduceras med samma mängd.

4.3.2 Årlig produktion

I dagens läge kan inte något av de tre undersökta drivmedlen enskilt uppfylla reduktionsplikten, detta då det inte finns en tillräckligt stor mängd drivmedel av dem för att kunna brukas i den stora utsträckningen. Marknaden är alltså beroende av att produktionen av biobränsle hela tiden ökar. Tillgången på mängden bränsle av varje undersökt drivmedel är alltså intressant och viktigt att belysa kring. Framförallt för FT-diesel då förekomsten av en storskalig produktionsanläggning inte är en omöjlighet i framtiden så det redan varit nära att det byggdes en.

Som tidigare nämnts i avsnitt 4.3.1 går det att reducera utsläppsmängden ytterligare och analysera resultatet. Det finns två olika sätt att testa detta på som ger två olika utfall. Antingen appliceras en godtycklig procentsats eller en godtycklig mängd. Beroende på vilket angreppssätt som väljs erhålls motsatta resultat. Teoretiskt i detta fall bör den lägst presterande gynnas av att en godtycklig mängd adderas till svaret (genererar en större procentuell ökning) och den bäst presterande gynnas mest av att en godtycklig procentandel adderas till svaret (genererar en större ökning i mängd). I känslighetsanalysen av parametern *årlig produktion* har antagandet gjorts att produktionen av HVO och FAME ökar med 20 procent samt att tillgången på BTL motsvarar den kapacitet som den planerade BTL-anläggningen i Finland skulle haft, vilket motsvarar 1406 GWh. Dessa scenarion anses av författarna vara rimliga i framtiden då efterfrågan ständigt ökar på biodrivmedel, varför de antaganden appliceras på känslighetsanalysen. Se fullständig matris och beräkning i bilaga 2 tabell 2.

Tabell 4.3.2 Jämförelse mellan resultatet i 4.2 samt resultatet efter känslighetsanalys på kriteriet årlig produktion.

	HVO	FAME	FT-diesel
Medelvärde från basfallet (tabell 4.2.1):	68,33	61,89	63,33
Medelvärde efter känslighetsanalys av parameter:	68,88	62,17	69,44

Resultatet av känslighetsanalysen genererade en ökning på 0,55 poäng för HVO, 0,28 poäng för FAME och en ökning på 6,11 poäng för FT-diesel. Detta nya resultat genererar högst medelvärde för

FT-diesel vilket då kan anses vara det optimala drivmedel för inblandning med förutsättning att en första BTL-anläggning initieras. Detta ger indikationer på att FT-diesel är starkt beroende av hur stor tillgång det finns på bränslet, vilket inte är en överraskning med tanke på att den tidigare tilldelades 0 poäng vilket HVO och FAME även skulle påverkas stort av om de erhöll samma poäng. Att FT-diesel ändå presterar högt med ett så lågt resultat tyder på att BTL innehar många goda egenskaper som kan vara värdefulla för bränslemarknaden, transportsektorn och framtiden.

4.3.3 Tillgänglighet av råvaror

Parametern som indikerar hur stor tillgången på råvaror är högst intressant vid undersökning av samtliga drivmedel. Det logiska är ju att för att nå en fossilfri transportsektor till 2030 krävs det att det finns tillräckligt med råvaror för att kunna producera den mängd bränsle som behövs för att klara av den omställningen. Dock är det otroligt svårt att ge ett exakt svar på hur stor tillgången är nu och ännu svårare att ge svar på hur stor den kommer vara i framtiden. Det är svårt att avgöra huruvida tillgången ökar eller minskar, dels på grund av att efterfrågan av förnyelsebart material inom samtliga branscher i samhället ökar vilket kan generera att en minskad andel råvaror som ämnas för drivmedel samt att det är osäkert om det går att utvinna mer av någon råvara. Men även på grund av att det sannolikt kan användas flera olika typer av råvaror för att producera drivmedel i framtiden än vad det finns idag. Detta gör det ännu svårare att spekulera kring något som redan är osäkert. Detta är anledningen till varför svaren på denna parametern i kapitel 4.2 utgörs av bedömningar från experter inom området, men trots denna expertis finns en stor osäkerhet i den bedömningen. Då prognosen som den är redan innehar en hög känslighet skulle det inte gynna resultatet om författarna av denna rapport spekulerar ytterligare kring om tillgången ökar eller minskar då de inte innehar en expertiskunskap inom området. Det skulle endast leda till en ökad känslighet av resultatet om man spekulerar kring något som redan är osäkert. För att försöka eliminera denna typ av osäkerhet kommer därmed denna känslighetsanalys genomföras genom att parametern *tillgänglighet av råvaror* exkluderas ur matrisen för känslighetsanalysen. Se bilaga 2 tabell 3 för fullständig matris, resultatet sammanfattas i tabell 4.3.3.

Tabell 4.3.3 *Jämförelse mellan resultatet i 4.2 samt resultatet efter känslighetsanalys på kriteriet tillgänglighet av råvaror.*

	HVO	FAME	FT-diesel
Medelvärde från basfallet (tabell 4.2.1):	68,33	61,89	63,33
Medelvärde efter känslighetsanalys av parameter:	68,16	64,62	60

Förändringen resulterar i att HVO minskar med 0,17 poäng, FAME ökar med 2,73 poäng och FT-diesel minskar med 3,33 poäng. Poängen som tilldelats initialt i 4.2 är förstås avgörande för det nya resultatet, är den tilldelade poängen lägre än medelvärdet i 4.2 kommer känslighetsanalysens nya resultat bli högre och vice versa. Detta innebär att framför allt för RME som bedöms ha en begränsad tillgång på råvaror såklart presterar bättre om de aspekten utesluts, då den erhöll 40 poäng i 4.2. Detta är en mycket viktig iakttagelse då det indikerar att det är väldigt betydelsefullt vilka aspekter som inkluderas när olika drivmedel undersöks och bedöms. Hade beslutsfattare utvärderat FAME (RME) utan att ta hänsyn till hur tillgången till råvaror ser ut kan det få stora konsekvenser både miljömässigt och ekonomiskt, då det finns risk att investeringen inte skulle vara långsiktigt hållbar. Förekomsten av

FAME är därför starkt beroende av möjligheten att kunna tillverka bränslet på flera alternativa råvaror, då den presterar någorlunda väl när den aspekten utesluts. För FT-diesel är det väntat att nya resultatet sjunker då den tilldelades 90 poäng i 4.2. Likt fallet med FAME är FT-diesel även beroende av vart systemgränserna sätts, men motsatt till RME så bör dem inkluderas vid utvärdering av bränslet. Att en analys av tillgången på råvaror genomförs i samband med utvärdering av bränslen anses av författarna vara en nödvändighet och ett grundkrav för att kunna göra kloka och hållbara val inom transportsektorn.

4.3.4 Restprodukter vid framställning

Som tidigare nämnts genomförs känslighetsanalysen för att undersöka hur osäkerheten och subjektivitet påverkar resultatet och därmed försöka eliminera dem. En parameter som är högst subjektiv, men ändå intressant att ha med i beaktning när det mest optimala bränslet ska utredas, är *restprodukter vid framställning*. Svaren som erhålls från litteraturstudien angående vilka användningsområden som bränsletyperna har, utöver rollen som transportbränsle, är mycket svåra att utvärdera eftersom de kan vara så pass olika. Resultatet på denna parameter är därför väldigt subjektivt, författarna har tagit ett beslut utifrån vad dem tolkar vara det bästa utifrån sin kunskapsnivå men har ingen gedigen faktagrund likt den som erhålls genom en litteraturundersökning som dem baserar beslutet på då den sådana studie är utanför rapportens avgränsningar. För att eliminera denna typ av subjektivitet i resultatet utförs känslighetsanalysen genom att parametern utesluts helt och hållet, för att undersöka hur de olika biodrivmedlen beror på vart avgränsningen sätts. Det nya resultatet presenteras i tabell 4.3.4, fullständig matris återfinns i bilaga 2 tabell 4.

Tabell 4.3.4 *Jämförelse mellan resultatet i 4.2 samt resultatet efter känslighetsanalys på kriteriet restprodukter vid framställning*

	HVO	FAME	FT-diesel
Medelvärde från basfallet (tabell 4.2.1):	68,33	61,89	63,33
Medelvärde efter känslighetsanalys av parameter:	70,63	58,38	66,25

Då denna parameter och dess ursprungliga poäng tas bort helt ur resultatmatrisen erhålls ett nytt medelvärde utan ett bidrag från produktionsteknikens svårighetsgrad. FT-diesel ökar med 2,92 poäng, HVO ökar med 2,30 poäng och RME minskar med 3,51 poäng. Detta tolkas som att framförallt för FAME är subjektiviteten en viktig aspekt för hur bra bränslet är då det är det enda bränslet som inte gynnas av att restprodukterna exkluderas från systemgränsen. Som redovisat i avsnitt 3.2.3 presterar även FAME-bränslet RME bättre på andra parametrar om dess restprodukt inkluderas i systemet. Exempelvis är *energiinsatsen* på 15 eller 45 procent beroende på om restprodukten, som är djurfoder, tas med i beräkning. Det är såklart viktigt att ta hänsyn till vilka restprodukter som erhålls men det är inte försvarbart att jämföra dem med varandra då de har så olika användningsområden. FAME och därmed RME har alltså mest att förlora om restprodukten lämnas ute, detta är en indikation på att RME inte presterar särskilt väl på resterande parametrar och egenskaper. För FT-diesel och HVO som istället ökar innebär det att de inte alls är lika beroende av denna parameter och har därmed en mindre känslighet med avseende på huruvida deras restprodukter uppfattas och inkluderas. HVO bedöms fortfarande vara det mest optimala bränslet för utblandning då den genererar högst medelvärde trots en lägre poängökning, men att FT-diesel gynnas mest av denna objektivitet. Summan av denna

känslighetsanalys är att FAME är beroende av en viss grad av subjektivitet för att kunna mätas med resterande bränslen, medan FT-diesel är minst beroende av det.

4.3.5 Avancerad framställningsteknik

Kriteriet *Avancerad framställningsteknik* har endast en ekonomisk inverkan på resultatet och det finns en stor känslighet i svaret. För samtliga alternativ finns en befintlig teknik som kan producera bränsle storskaligt, fastän det inte finns en sådan anläggning för BTL så är tekniken möjlig med rätt finansiella medel. Om man skulle bortse från en av de ekonomiska aspekterna, tekniken, hur presterar biodrivmedlet med avseende på övriga parametrar? Kan det styrkas att vara en lämplig investering oberoende tekniken? För att undersöka hur teknikens svårighetsgrad påverkar resultatet tas detta kriterium bort ur matrisen. Detta genererar en matris, se bilaga 2 tabell 5, som sammanfattas i tabell 4.3.5.

Tabell 4.3.5 *Jämförelse mellan resultatet i 4.2 samt resultatet efter känslighetsanalys på kriteriet avancerad framställningsteknik.*

	HVO	FAME	FT-diesel
Medelvärde från basfallet (tabell 4.2.1):	68,33	61,89	63,33
Medelvärde efter känslighetsanalys av parameter:	68,16	58,38	67,5

För RME som tilldelats den högsta poängen av de tre bränslena för sin enkla teknik i 4.2 sjönk medelvärdet med 3,51 poäng om den aspekten utesluts. Detta betyder att FAMEs övriga egenskaper och dess användbarhet till viss del är beroende av dess enkla produktionsprocess. För FT-diesel förändrades medelvärdet mest av alla och ökade med 4,17 poäng och medelvärdet är endast 0,66 poäng i från HVO:s nya, som marginellt påverkades och sjönk med 0,17 poäng. Det betyder att FT-diesels övriga egenskaper generellt är i samma klass som HVO men att dess produktionsteknik är en stor avgörande faktor i dess prestation. Då den ekonomiska delen är en central del i investeringar är det stor sannolikhet att förekomsten av BTL på marknaden hänger och faller på dess avancerade teknik. Men hade planen för produktionsanläggningen i Finland genomförts hade FT-diesel fått ett högre betyg på tillgången av bränslet, se tabell 4.3.2 i det tidigare kapitlet 4.3.2, vilket innebär att FT-diesel presterar högre på flertalet andra parametrar än HVO och kan då anses vara ett lämpligare biodrivmedel om det inte vore för att priset för konsumenten ofta avgör i slutändan.

4.3.6 Produktionskostnad

Produktionskostnaden för samtliga drivmedel är kopplade till omkostnader för hela deras livscyklar, som tillgången på råvaror, transporter och storskalighet på produktionen. I tidigare kapitel när parametrarna *tillgänglighet av råvaror* och *årlig produktion* undersöks i MKA har de testats var för sig, men för att kunna genomföra denna analys vävs dessa aspekter samman för att ge underlag till hur produktionskostnaden kan komma att ändras i framtiden för varje drivmedel. För HVO är tillgången till råvaror god men begränsad, ytterligare begränsad blir den tillgången när användningen av PFAD minskas på grund av sin miljöpåverkan, något som det talas om redan idag. En hög efterfrågan på en begränsad tillgång resulterar i ett högre pris, vilket innebär att produktionspriset för HVO sannolikt kommer öka då priset på råvarorna ökar. För FAME kommer priset på råvarorna förmodligen också

öka men med avseende på att markvärdet ökar på odlingsbar mark. För FT-diesel förväntas den motsatta prisutvecklingen ske, detta då prognosen är att tillgången på skogsvirke kommer öka vilket resulterar i att råvarupriset för BTL blir lägre.

Ponera att scenariot för BTL som beskrivs i avsnitt 4.3.2 går igenom och en liknande anläggning likt den planerade i Finland 2012 byggs och en storskalig, kommersiell produktion av BTL existerar i framtiden. Det skulle innebära att produktionspriset för FT-diesel skulle minska ännu mer då storskalig produktion i majoritet är billigare än småskalig. För HVO och FAME som redan är etablerade skulle en ökad produktion inte påverka kostnaderna lika mycket. Kostnaderna för själva produktionstekniken för biodrivmedlen antas förbli densamma, då samtliga tekniker funnits länge och är välanvända och effektiviseringar bör ha genomförts till en sådan grad att ytterligare förändringar inte kommer ha stora effekter på produktionskostnaden. För HVO sattes produktionspriset till 9 kr (från ursprungliga 7-8 kr), FAME sattes till 9 kr (från ursprungliga 7 kr) och FT-diesel sattes till 8 kr (från ursprungliga 10 kr) Se bilaga 2 tabell 6 för fullständig matris där känsligheten testas för denna parameter.

Tabell 4.3.6 *Jämförelse mellan resultatet i 4.2 samt resultatet efter känslighetsanalys på kriteriet produktionskostnad.*

	HVO	FAME	FT-diesel
Medelvärde från basfallet (tabell 4.2.1):	68,33	61,89	63,33
Medelvärde efter känslighetsanalys av parameter:	65,56	57,44	67,22

Känslighets- och scenarioanalysen av produktionskostnaden för var drivmedel resulterade i att HVO:s medelvärde sjönk med 2,77 poäng, FAME med 4,45 poäng och FT-diesel ökade med 3,89 poäng. Detta genererar även att HVO för första gången inte har högst medelvärde och därmed anses vara mest optimalt, utan nu har FT-dieslet BTL förstaplatsen. Detta är ett väldigt intressant resultat då produktionspriset är det kriterium som har högst sannolikhet att förändras då det är världsmarknaderna som styr tillgång och pris på råvaror, produktionsmängd, transporter etc. Att FT-diesel då presterar så bra endast av att kostnaderna minskar, samt utan någon förändring av poängen i råvarutillgången och den årliga produktionen indikerar på att den presterar väl på många av de kriterier som är mer statiska och som har lägre sannolikhet att förändras. Därmed finns det en stor känslighet för att skapa scenarier för framtiden, varpå detta resultat bör tolkas in med försiktighet gällande hur väl FT-dieslet BTL skulle konkurrera på marknaden om det producerades storskaligt.

5 Diskussion

Rapporten syftar till att hitta det mest optimala biodrivmedlet för inblandning i fossilt diesel. Men vad menas med att ett drivmedel är optimalt? Vad som förväntas är att biodrivmedlet ska prestera så bra som möjligt i de undersökta kriterierna, vilket så klart är en omöjlig förväntning. En kompromiss är att det mest optimala drivmedlet presterar bäst av alternativen i den här rapporten. Målet är att diesel ska fasas ut, vilket kräver en eller flera stabila ersättare som vi kan förlita oss på. Som resultatet visar är det inte lätt att finna det mest optimala biodrivmedlet som presterar bäst i alla kriterier, då de alla har egenskaper som anses vara mer eller mindre bra. Enligt resultatet från MKA är HVO det mest

optimala biodrivmedlet, men det skiljer inte mycket mellan den och de två andra. En översiktlig granskning av känslighetsanalyserna visar att både HVO och FT-diesel i form av BTL är de drivmedel som sammanlagt presterar bäst. HVO har fördelen att det redan är ett så etablerat biodiesel på marknaden, medans BTL:s klimatpåverkande egenskaper är bättre. BTL skulle med stor sannolikhet även vara ett bra och optimalt alternativ om det fick chansen att produceras kommersiellt.

En av de viktigaste förutsättningarna för att kunna framställa biodrivmedel är att det finns tillräckligt med råvaror. Som tidigare nämnts visar bedömningar från leverantörer och bransch-kunniga att det finns tillräckligt med råvaror för en ökad produktion av HVO och att mängden råvaror förväntas öka när teknikutvecklingen gör det lönsamt att använda fler typer av råvaror, som exempelvis alger. För BTL verkar det finnas en god tillgång på råvaror, men hur pass god är ytterst osäkert. För RME framgår det tydligt att tillgången på råvaror är starkt begränsad och att den inte klarar av så mycket större produktionsvolymmer än dagens nivå. Enligt känslighetsanalysen framgår det att HVO inte skulle ha något större beroende av hur tillgången på råvaror ser ut medan det i själva verket är ett drivmedel som verkar vara i stort behov av fler alternativa råvaror, detta då 40 procent av allt HVO baseras på PFAD som tidigare nämnts, vilket har den största miljöpåverkan av alla biodrivmedelsråvaror trots att det är förnyelsebart. Att använda PFAD kommer inte hjälpa oss att minska klimatpåverkan, tvärtom gör det större skada än nytta för alla i omgivningen. Om man väljer att satsa på HVO behöver man därför hitta andra råvaror som kan ersätta PFAD. I författarnas tycke bör det mest optimala biodrivmedlet produceras där dess marknad är placerad samt använda råvaror som produceras "lokalt" för att minimera transporternas oundvikliga emissioner. Detta är ett krav som endast HVO (som inte tillverkas av PFAD) och BTL skulle kunna uppfylla och samtidigt kunna produceras i en mängd som kan tillfredsställa behovet.

En ytterligare viktig förutsättning för att det ska vara lönsamt att satsa på ett biodrivmedel är att det ska gå att blandas in i diesel i så stor grad som möjligt - reduktionsplikten måste uppfyllas och utsläppen måste minska. RME klarar inte höga inblandningsnivåer vilket är otroligt begränsande för dess prestation i denna utredning. Om det hade varit så att RME presterade på topp i de andra kriterierna men begränsades av denna faktor hade man ändå kunnat motivera till att använda det. Men med en nivå på sju procent kommer man inte långt. Hur mycket av biodrivmedlet som är tillåtet att blandas in i fossilt diesel och hur mycket växthusgaserna minskar vid inblandning är extra viktigt eftersom det mest optimala biodrivmedlet måste kunna uppfylla reduktionsplikten. Med andra ord kan även denna rapport styrka att beslutsfattarna med stor sannolikhet tagit rätt beslut genom att begränsa förekomsten av RME. HVO och BTL å andra sidan kan blandas in upp till höga nivåer och även användas rent i dieselmotorer utan problem. Genom att helt övergå till HVO eller BTL skulle det vara möjligt att uppfylla reduktionsplikten.

Kriteriet som mäter energiinnehållet genererar värden som är väldigt jämna och på ungefär samma nivå som diesel, vilket anses vara bra då det innebär att det inte behövs markant större mängder av biobränslet vid transporter. Dock hade det genererat ett tydligare resultat till något drivmedels fördel om energiinnehållet varierat mer. Informationen som parametern bidrar med är absolut relevant men det kan diskuteras huruvida detta kriterium var nödvändigt att inkludera i MKA. För ett framtida arbete skulle det kunna uteslutas för en större struktur och en tydligare övergripande bild av resultatet.

Kriteriet för årlig produktion har en stor inverkan på resultatet och det med all rätt. Då det krävs en transformation av transportsektorn, vilket är en stor uppgift, är varje droppe biobränsle ett steg

närmare en fossilfri fordonsflotta. I BTL:s fall skulle det innebära en längre resa att bli ett biodiesel som samhället kan förlita sig på, till skillnad mot HVO som det redan finns en hög tilltro till, och på grund av denna höga tilltro finns en större säkerhet vid ytterligare investeringar av HVO. Att BTL får ett lågt betyg på den årliga produktion och HVO ett högt skulle kunna tolkas som en återspeglning av tillförlitligheten för bränslets möjligheter till storskalig produktion med en konkurrenskraftig prislapp. RME har en årlig produktionsnivå som är mycket större än BTL:s nollnivå, vilket höjer dess medelvärde. Att det redan finns anläggningar för framställning av RME är en fördel om man skulle välja att öka dess produktionsmängd. En ökad produktion skulle dock innebära att man konkurrerar med odlingsytor som kan användas till odling av mat. Ökad produktion skulle även innebära större mängder skadliga bekämpningsmedel i naturen. Det faktum att nivån för RME inte bedöms kunna öka så mycket mer än dagens nivå gör att den sjunker i bedömningen.

En av de parametrar som innehar störst osäkerhet är restprodukter vid framställning. Det är subjektivt att värdera vilka restprodukter som är värda mest. Som redan diskuterat i känslighetsanalysen är det svårt att jämföra restprodukter med olika funktion mot varandra, varpå en stor subjektivitet infinner sig. Ett alternativ till att kunna jämföra dem mer opartiskt är att mäta deras ekonomiska värden mot varandra. Men trots en kvantitativ jämförelse skulle det fortfarande finnas osäkerhet kring resultatet då det är svårt att hitta priser på de obehandlade restprodukterna, innan de utvecklats till de slutliga produkterna. I denna rapport gjordes valet att värdera restprodukterna subjektivt istället för att jämföra deras ekonomiska värde då den informationen inte hittades för samtliga drivmedel när litteraturundersökningen genomfördes. Skulle denna undersökning genomföras igen är det en av de aspekterna som kan ifrågasättas huruvida det kriteriet ska inkluderas eller exkluderas, eller om det finns andra mätvärden som kan användas istället.

Den största anledningen till att reduktionsplikten infördes är för att minska växthusgasutsläppen, där man utgår från att biodrivmedel bidrar till en minskning av växthusgasutsläpp. Det är därför förstått från start att de undersökta drivmedlen bidrar till minskade växthusgaser jämfört med fossilt diesel. Men klimatsituationen är kritisk och kräver drastiska åtgärder för att minska klimatpåverkan. Därför måste det mest optimala biodrivmedlet bidra till så stor minskning som möjligt. MKA visar att BTL bidrar till störst minskning och att HVO bidrar till nästan lika stor minskning om man utesluter att använda PFAD. En faktor som kan minska utsläppen är om råvaror används från Sverige eller närliggande områden, eftersom det bidrar till kortaste frakter. RME bidrar till en lägre utsläppsminskning än de två andra alternativen, vilket beror på att stora mängder raps importeras från olika delar av världen och att odling av raps är relativt energikrävande. Utsläppsnivåerna påverkas även av att raps som används inte är en restprodukt utan är odlad med syftet att användas som drivmedel. Även BTL tillverkas bland annat av odlad skogsvirke i form av salix, men då den biomassan är mycket tätare på energi samt binder koldioxid under sin tillväxt reduceras växthusgasutsläppen ändå mycket mer än i fallet med RME. HVO som tillverkas av restprodukter och avfall såsom råttolja och slaktavfall bidrar inte till en ökad skogsavverkning eller ökade mängder avfall vilket är nyttigt ur miljö- och klimatsynpunkt. Genom att använda avfall kan man ta till vara på energi som man annars hade gått miste om.

På grund av att framställningen av RME kräver så pass mycket raps och markanvändning för att producera ett fullvärt dieselsubstitut kan dess miljövänlighet ifrågasättas. Det kan vara mer värt att använda marken till andra ändamål som har en större lönsamhet för samhället och istället framställa biodrivmedel av andra råvaror än från raps. Som tidigare nämnt bidrar RME till restprodukter som

kan omvandlas till djurfoder vilket värderas högt i denna rapport. Det värderas högt eftersom det används stora ytor jordbruksmark för odling av djurfoder. Om man kan använda restprodukter för att producera djurfoder istället för att ägna odlingsmark endast till det syftet kan man tjäna på det i form av pengar, mark, resurser, vatten och energi. Detta kan dock ifrågasättas då majoriteten av de djur som livnär sig på det producerade djurfodret kommer slaktas för att bli mat. Köttindustrin är en av de sektorer som bidrar till störst klimatförstöring. Ett alternativ till minskad klimatförstöring skulle vara att äta mindre kött. Att värdera produktion av djurfoder med hjälp av restprodukter högt kan därför vara motstridigt med tanke på att rapporten skall göras med hänsyn till klimathänsyn. Varför den värderas högt är för att det anses vara positivt att hanteringen av raps kan bidra till så många samhällsnyttiga effekter, såsom RME, djurfoder och biogas.

Gemensamt för HVO och BTL är att de kan tillverkas på råvaror från skogsindustrin. Även för HVO och FAME gäller att de kan tillverkas på samma vegetabiliska och animaliska fetter. Den signifikanta skillnaden mellan drivmedlen är med vilken process de framställts. HVO och RME har relativt enkla processer som inte är avsevärt kostsamma, men för BTL gäller att framställningen är tekniskt avancerad. Man undra om den här faktorn är relevant att undersöka och det är den. Om framställningsprocessen anses vara för kostsam är det sannolikt att producenten på något sätt justerar processen så att den blir rimligt kostsam, de vill ju kunna göra en god affär på att producera och sälja drivmedlet. Men om framställningen är alldeles för hög kan det skrämja leverantörer från att använda den. De kan tjäna mer på att tillverka ett biodrivmedel med en enklare och billigare teknik. Det här är fallet för BTL, då det är enklare och billigare att tillverka biogas av biomassa istället för BTL. Produktionskostnaden påverkar även priset på drivmedlet, vilket konsumenten märker av. En komplicerad process ger troligtvis ett högre pris på drivmedlet.

Priset på biodrivmedlen utgörs till stor del av produktionskostnader, men som beskrivs i känslighetsanalysen påverkas det även av exempelvis tillgången på råvaror. Kriteriet för produktionskostnad är viktigt med tanke på att konsumenten måste vara villig att köpa drivmedlet samt att det ska vara lönsamt för producenten att tillverka och sälja det. Om ett drivmedel presterar bra på alla fronter men är dyrt att framställa finns en stor risk att det inte kommer lyckas på marknaden eftersom det i slutändan är upp till konsumenten att köpa drivmedlet. Detta kan såklart regleras med hjälp av subventioner och skatter, som är en av anledningarna till att HVO:s marknadsandelar ökat lavinartat sedan det introducerades på marknaden. Idag är endast bensin- och dieselbränslen som är tillverkade av minst 98 procent förnyelsebara råvaror som är skattebefriade. Det optimala för bränslemarknaden är om biodrivmedel skulle vara billigare än fossilt diesel. Ett tillvägagångssätt för att det skulle bli verklighet är med hjälp av subventionering/skattebefrielse för biodrivmedel och ett skattepålägg för fossila bränslen i kombination med den rådande reduktionsplikten. Det skulle förmodligen resultera i att det blir mer lönsamt för bränsleleverantörer att er hålla biobränsle då konsumenterna blir mer villiga att välja biobränsle, fram tills det att marknaden ställt om till fossilfritt.

Det är alltid relevant att diskutera valet av källor som används i undersökningar, beroende på typ av källa påverkas tillförlitligheten i rapporten och dess resultat. En typ av källa som används i denna rapport som kan ifrågasättas är från företag. Informationen och faktan som återfinns på deras plattformar kan vara selektivt utvalt för att gynna deras intresse, då det är fördelaktigt att presenteras företagets bästa delar. Det kan även argumenteras för det motsatta; företag kan vara extra kritiska mot sina konkurrenter och då sprida en mer ärligare version av verkligheten och därmed belysa även sina

egna utmaningar. Oavsett så tenderar företag att inte vara helt transparenta med sin verksamhet i det publika och information som skulle kunna användas mot dem försöks då döljas. Till exempel var det svårt att hitta information om kostnader kring produktion, råvaror, teknik etc eftersom företag inte vill ge ut sådan information då det är lätt att bli kritiserad för det. Detta genererar ytterligare en osäkerhet i denna rapport då produktionskostnaderna i litteraturundersökningen gäller för specifika råvaror och inte är en generalisering. Hade produktionskostnader gällt för samtliga råvaror som används till biodrivmedlen hade det gett en tydligare bild och ett mer nyanserat resultat. Denna brist på information från bränsleleverantörer är en av orsakerna till att den typen av osäkerheter uppstår.

I denna rapport har flertalet rapporter och undersökningar från myndigheter används. Då företag är skyldiga att rapportera delar av sin verksamhet till myndigheter och myndigheterna själva genomför projekt finns mycket relevant information att hämta hos dem. Myndigheter anses även vara pålitliga som källa då de har en granskande roll mot de aktörer som är aktiva i branschen, vilket innebär att de ska vara objektiva och transparenta i sitt arbete. Sammanfattningsvis är en majoritet av innehållet i litteraturundersökning tillförlitligt, men till ett eventuellt fortsatt arbete bör innehållet anpassas efter den information som finns att tillgå hos tillförlitliga källor. Alternativt inkludera en kvalitativ del i metodiken och litteraturundersökning där informanter från myndigheter intervjuas med hopp om att dem besitter ytterligare djupare kunskap om bränslemarknaden som inte inkluderats i publicerade rapporter.

I multikriterieanalysen ingår nio kriterier som är valda med hänsyn till frågeställningarna, se bilaga 1. Utifrån de valda frågeställningarna hade även andra kriterier kunnat ingå i MKA men författarna valde att göra en avgränsning vid dessa nio kriterier. Något som påverkade valet av kriterier var att det var svårt att hitta samma typ av information för de tre alternativen. Förslagsvis hade undersökningen kunnat undersöka hur många anläggningar som finns i Sverige eller nära Sverige, vilka aktörer som finns på marknaden utöver de en eller två största, vad konsumenter vill se mer av på marknaden, miljöpåverkan på andra sätt än i form av växthusgasutsläpp. Det är svårt att tilldela poäng i multikriterieanalysen som inte är subjektiva utifrån författarnas erfarenheter och kunskaper oavsett hur gedigen informationen kring varje svar är. Det är detta som gör att kritik genereras mot att verktyget MKA kan uppfattas som partiskt och subjektivt utifrån aktörers intresse. Det är på grund av denna osäkerhet som en känslighetsanalys genomförs, för att undersöka hur subjektivt resultatet är och därmed försöka utesluta det. Känslighetsanalysen visar att medelpoängen ändras mycket på kriterium där stora förändringar är möjliga i framtiden. Det skulle därför kunna diskuteras att fler perspektiv och scenarion bör ha analyserats i känslighetsanalysen för en ökad förståelse för helhetsbilden.

Beslut som politiker tar kan ifrågasättas och mycket beroende på vilken partipolitisk syn man värderar högst. Politiker är dessutom inte experter inom alla områden de tar beslut inom vilket kan skapa följdproblem för samhället. Då världen står inför och är mitt i en massiv omställning av bland annat transport- och energisektorn kan det då ifrågasättas huruvida klokt det var av EU att förändra sitt klimatprogram på ett sådant sätt som förhindrade planerna av BTL-anläggningen i Finland att genomföras. Precis som det testades i känslighetsanalysen skulle BTL kunna vara konkurrenskraftigt mot HVO om det bara fick en möjlighet att etablera sig. Hade alltså den planerade anläggningen fått det ekonomiska och juridiska bistånd som lovats av EU hade marknaden för biodiesel sett annorlunda ut nu, när världen är i ännu större behov av förnyelsebara bränslen än den var då planerna slopades. För i och med att läget ändå är relativt kritiskt finns det inte riktigt utrymme att välja bort bra

alternativ till fossilt diesel, för att några av egenskaperna inte anses vara fullt tillfredsställande där och då. Vår åsikt är att ett litet bidrag från flera olika alternativa bränslen är bättre än att förlita sig helt på några få, då framtiden ändå är oviss och förutsättningar kan förändras. Kanske är det så att beslutet som EU tog 2014 om att inte sjösätta BTL-anläggningen fått mycket större konsekvenser än dem tagit in i beräkning?

Sammanfattningsvis verkar det rimligt att uppfylla reduktionsplikten kortsiktigt, men då behovet av biodrivmedel ökar krävs fortsatt forskning för att kunna tillverka mer biodrivmedel på fler typer av råvaror för att kunna möta det växande behovet. Biogas och el verkar med stor sannolikhet vara de dominerande drivmedlen i framtiden, dels tack vare att möjligheten att det går att producera mycket bränsle på flera typer av råvaror väldigt billigt. Men för att kunna bruka dem i stor skala behövs en utfasning av de befintliga motorerna och maskinerna som drivs på fossil diesel, det skulle inte vara miljömässigt försvarbart att skrota allt och ersätta med biogas- och eldrivna motsvarigheter direkt. Därför är det ändå viktigt och relevant att fortsätta forska kring hur samhället mest effektivt kan ersätta dieseldrivna fordon, vilket utifrån denna rapports resultat leder till frågeställningen huruvida det skulle vara mer samhällsekonomiskt och miljömässigt högst värderat att satsa på att hitta fler råvaror för att expandera produktionen av HVO, eller att investera i anläggningar för framställning av BTL. Det är något som skulle vara relevant att undersöka i fortsatt forskning.

6 Slutsatser och framtida arbete

Utifrån resultatet är samtliga biodrivmedel väldigt snarlika varandra, där det ena presterar bra presterar ett annat sämre. Känslighetsanalyserna testar alternativens känslighet för förändringar i poängsättningen och visar att HVO och BTL är de två biodieseln som presterar bäst över lag. HVO är etablerat på marknaden men behöver fler råvarualternativ för att kunna produceras tillräckligt i den mängd som framtidens biodrivmedelsanvändning kräver. BTL inte finns på den svenska marknaden än men visar stor potential för att kunna användas storskaligt och medföra goda effekter, men detta kräver investeringar i anläggningar och i att etablera den på marknaden. Det går inte att säga vilket alternativ som skulle vara bättre än det andra i framtiden. RME finns på marknaden men har inte goda förutsättningar för att växa som bränsle och presterar även sämst mot miljön av de tre alternativen.

Slutsatsen som kan dras är att för att nå reduktionsplikten långsiktigt är inget av dessa biodrivmedel ensamt optimalt. Istället är den mest optimala lösningen att användningen består både av HVO och BTL för att uppnå reduktionsplikten. Framtida arbeten kan handla om att titta ur ett större perspektiv, till exempel Norden. Ett annat framtida arbete kan vara att försöka hitta lämpliga råvaror att använda för framställning av drivmedel. Det skulle även vara intressant att göra ett motsvarande arbete om inblandning i bensen, för att se om liknande utmaningar finns där.

Referenser

ANDREWS, A. L. & GRANATH, B. 2012 *FN-fakta nr 2/12: Hållbar utveckling - Omställning till hållbar värld brådskar* FN-förbundet [online] Tillgänglig via:

<https://fn.se/wp-content/uploads/2016/08/Faktablad-2-12-H%C3%A5llbar-utveckling.pdf> [Hämtad 2019-02-19]

ATABANI, A.E., SILITONGA, A.S., BADRUDDIN, I.A., MAHLIA, T.M.I., MASJUKI, H.H. & MEKHILEF, S. 2012 *A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics* Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 4, 2012, ISSN: 1364-0321

AYDIN, H. & ILKILIC, C. 2011 *Exhaust Emissions of a CI Engine Operated with Biodiesel from Rapeseed Oil* Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 33:16, 1523-1531, DOI: 10.1080/15567030903397982

BIOENERGIPORTALEN 2009 *Så framställs RME JTI* (Instituten för jordbruks- och miljöteknik), Uppsala [online] Tillgänglig via:

http://www.bioenergiportalen.se/?p=5945&m=1710&page=lagring_av_rmehttp://www.bioenergiportalen.se/?p=5945&m=1710&page=lagring_av_rme [Hämtad 2019-04-14]

BJÖRKLÖF, D. & KARLSSON, D. 2009 *Biodrivmedelsproduktion i Sverige - en analys av potentialen för framställning av BTL-diesel och cellulosabaserad etanol* Institutionen för fysik och astronomi, Uppsala Universitet [online] Tillgänglig via:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwixrofm773iAhWrtYsKHdHbBHYQFjABegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fstudentportalen.uu.se%2Fuusp-fil-earea-tool%2Fdownload.action%3FnodeId%3D107944%26toolAttachmentId%3D46792&usg=AOvVaw1ZSc2FQxQ6JHufMwYseHfB> [Hämtad 2019-04-26]

BÖRJESSON, P., LUNDGREN, J., AHLGREN, S. & NYSTRÖM, I. 2013 *Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel Underlagsrapport från f3 till utredningen om FossilFri Fordonstrafik f3*, Lunds Universitet, Luleå Tekniska Universitet, Sveriges Lantbruksuniversitet, f3 2013:13

BÖRJESSON, P., LUNDGREN, J., AHLGREN, S. & NYSTRÖM, I. 2016 *Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel – i sammandrag f3*, Lunds Universitet, Luleå Tekniska Universitet, Sveriges Lantbruksuniversitet, CIT Industriell Energi, f3 2016:03

CHOREN 2014 *Choren industrietechnik GMBH* [online] Tillgänglig via:

<https://www.choren.com/en/company.html> [Hämtad 2019-04-10]

DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT 2009 *Multi-criteria analysis: a manual* Eland House, Bressenden Place, London, ISBN: 978-1-4098-1023-0

ECOPAR AB u.å. *EcoPar AB* [online] Tillgänglig via: <http://ecopar.se/drivmedel/ecopar-a/> [Hämtad 2019-04-17]

EIA (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION) 2017 *Global gas-to-liquids growth is dominated by two projects in South Africa and Uzbekistan* Washington [online] Tillgänglig via: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=33192> [Hämtad 2019-04-11]

ENERGIGAS 2017 *Produktion och distribution* [online] Tillgänglig via:
<https://www.energigas.se/fakta-om-gas/naturgas/produktion-och-distribution/> [Hämtad 2019-04-15]

ENERGIMYNDIGHETEN 2014a *Marknaderna för biodrivmedel 2014 Tema: HVO* ER 2014:27, ISSN: 1403-1892

ENERGIMYNDIGHETEN 2014b *Biodiesel från skog och avfall ökade kraftigt 2013* [online]
Tillgänglig via:
<http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2014/biodiesel-fran-skog-och-avfall-okade-kraftigt-2013/> [Hämtad 2019-03-28]

ENERGIMYNDIGHETEN 2016a *Marknaderna för biodrivmedel 2016* ER 2016:29, ISSN: 1403-1892

ENERGIMYNDIGHETEN 2016b *Transport* [online] Tillgänglig via:
<http://www.energimyndigheten.se/statistik/transport/> [Hämtad 2019-02-19]

ENERGIMYNDIGHETEN 2016c *Förslag till styrmedel för ökad andel biodrivmedel i bensin och diesel - en rapport inom uppdraget Samordning för energiomställning i transportsektorn* ER 2016:30, ISSN: 1403-1892

ENERGIMYNDIGHETEN 2017 *Växthusgasutsläpp* [online] Tillgänglig via:
<http://www.energimyndigheten.se/fornybart/hallbarhetskriterier/drivmedelslagen/vaxthusgasutslapp/> [Hämtad 2019-04-10]

ENERGIMYNDIGHETEN 2018a *Energiindikatorer 2018 - uppföljning av Sveriges energipolitiska mål* ER 2018:11, ISSN: 1403-1892

ENERGIMYNDIGHETEN 2018b *Drivmedel 2017 redovisning av uppgifter enligt drivmedelslagen och hållbarhetslagen* ER 2018:17, ISSN: 1403-1892

ENERGIMYNDIGHETEN 2018c *Omvärldsbevakning - biodrivsmedelsmarknaden* [online]
Tillgänglig via:
<http://www.energimyndigheten.se/globalassets/om-oss/lagesrapporter/biobransle/pm---omvarldsbevakning-biodrivmedelsmarknaden.pdf> [Hämtad 2019-03-22]

ENERGIMYNDIGHETEN u.å. *Skattebefrielse för biodrivmedel* [online] Tillgänglig via:
<https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/energiskatterp-abranslen/skattebefrielseforbiodrivmedel.4.2b543913a42158acf800021393.html> [Hämtad 2019-03-26]

ERLANDSSON, U. & GRANSTRÖM, B. u.å. *Rapsodling* Nationalencyklopedin [online] Tillgänglig via:
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/raps/rapsodling> [Hämtad 2019-04-14]

ETIP BIOENERGY 2016 *Discontinued BtL Projects* [online] Tillgänglig via:
<http://www.etipbioenergy.eu/value-chains/conversion-technologies/advanced-technologies/biomass-to-liquids/discontinued-btl-projects> [Hämtad 2019-04-10]

EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/28/EG *Om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG* Europeiska unionens officiella tidning

EUROPEAN PARLIAMENT 2018 *MEPs set ambitious targets for cleaner, more efficient energy use* [online] Tillgänglig via:

<http://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20180112IPR91629/meps-set-ambitious-targets-for-cleaner-more-efficient-energy-use> [Hämtad 2019-05-08] Ref.: 20180112IPR91629

FORSBERG, C., JANSSON WESTIN, A. & WOCKELBERG HEDLUND, J. 2009 *Pumplagen - uppföljning av lagen om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel* 2009/10:RFR7, ISSN: 1651-6885, ISBN: 978-91-85943-83-8, Riksdagstryckeriet, Stockholm

GRÖNA BILISTER u.å. *Fossilfrihet till varje pris?* Stockholm [online] Tillgänglig via:

<http://www.gronabilister.se/miljo-mobilitet/val-av-bil-och-bransle/fossilfrihet-till-varje-pris/ar-pfad-en-restprodukt-> [Hämtad 2019-04-08]

GÖNCZI, M. 2019 *Miljöeffekter av bekämpningsmedel* Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet [online] Tillgänglig via:

<https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/kompetenscentrum-for-kemiska-bekampningsmedel/information-om-bekampningsmedel-i-miljon1/exponering-och-miljoeffekter> [Hämtad 2019-05-13]

HANSEN, M.B., NÆSS-SCHMIDT, S., DANIELSSON, C.V., WILKE, S. & KARLSSON, T.F. 2017 *PFAD - en restprodukt* Copenhagen economics, Neste [online] Tillgänglig via:

https://www.neste.com/sites/neste.com/files/image_gallery/renewable_products/copenhagen_economics_-_pfad_-_en_restprodukt_-_2017-09-26_sv_0.pdf [Hämtad 2019-04-10]

HANSSON, J. & GRAHN, M. 2013 *Utsikt för förnybara drivmedel i Sverige: Uppdatering och utvidgning av studien Möjligheter för förnybara drivmedel i Sverige till år 2030 av Grahn och Hansson, 2010* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm, Rapport B2083

JOHANSSON, J. 2018 *Statens energimyndighetsförfattningssamling* Energimyndigheten, STEMFS 2018:2, ISSN 1650-7703

JORDBRUKSVERKET 2018 *Animaliska biprodukter* [online] Tillgänglig via:

<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/produkterfrandjur/animaliskabiprodukter.4.67e843d911ff9f551db80002182.html> [Hämtad 2019-04-24]

LILJAS, P. 2016 *HVO-diesel utan palmolja på väg att ta slut* Sveriges Natur [online] Tillgänglig via:

<http://www.sverigesnatur.org/aktuellt/hvo-diesel-utan-palmolja-pa-vag-att-ta-slut/> [Hämtad 2019-04-07]

LINDSTRÖM, V., ÖBERG, C., LARSSON, J., HALLÉN, A., KANDIEL, H., BREIMARK, O., SILFVER, E. 2017 *En studie om förnybara drivmedel och dess förutsättningar i norra Sverige* BioFuel Region, Umeå universitet, Umeå [online] Tillgänglig via:

<http://biofuelregion.se/wp-content/uploads/2017/02/2017-Studie-om-fornybara-drivmedel-och-forutsattningar-i-norra-Sverige.pdf> [Hämtad 2019-04-14]

LUNDBERG, F. 2017 *Biobaserad diesel är på frammarsch som fordonsbränsle* NyTeknik [online] Tillgänglig via:
<https://www.nyteknik.se/fordon/biobaserad-diesel-ar-pa-frammarsch-som-fordonsbransle-6872453>
[Hämtad 2019-04-16]

MARTIN, M., WETTERLUND, E., HACKL, R., HOLMGREN, K.M. & PECK, P. 2017 *Assessing the aggregated environmental benefits from by-product and utility synergies in the Swedish biofuel industry* Biofuels, DOI:10.1080/17597269.2017.1387752

MILJÖFORDON 2017 *Tanka HVO* [online] Tillgänglig via:
<https://www.miljofordon.se/tanka/tanka-hvo/> [Hämtad: 2019-02-01]

NATURSKYDDSFÖRENINGEN 2019 *Risker och effekter av bekämpningsmedel* [online] Tillgänglig via: <https://www.naturskyddsforeningen.se/nyheter/risker-och-effekter-av-bekampningsmedel>
[Hämtad 2019-04-30]

NATURVÅRDSVERKET 2018 *Vägledning i Klimatklivet - Beräkna utsläppsminskning* [online] Tillgänglig via:
<https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/bidrag-och-ersattning/bidrag/klimatklivet/berakna-utslappsminskning-vagledning-klimatklivet-2018-09-04.pdf> [Hämtad 2019-04-02]

NESTE u.å.a *Frågor och svar om PFAD* [online] Tillgänglig via:
<https://www.neste.se/hallbarhet/ravaror/fragor-och-svar-om-pfad> [Hämtad 2019-04-08]

NESTE u.å.b *NEXBTL Förnybar diesel* [online] Tillgänglig via:
<https://www.neste.se/produkter/neste-my/nexbtl> [Hämtad 2019-05-22]

NETL u.å. *10.2 Fischer-Tropsch synthesis* [online] Tillgänglig via:
<https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/ftsynthesis> [Hämtad 2019-04-09]

PREEM 2017a *Linda svarar på frågor om biodrivmedel* [online] Tillgänglig via:
<https://www.preem.se/om-preem/insikt-kunskap/gronare-drivmedel/asa-svarar-pa-fragor-om-biodrivmedel/> [Hämtad 2019-04-09]

PREEM 2017b *Så raffinerar bioråvaran till diesel med samma egenskaper som fossil diesel* [online] Tillgänglig via:
<https://www.preem.se/om-preem/insikt-kunskap/gronare-drivmedel/sa-raffineras-bioravaran-till-diesel/> [Hämtad 2019-04-15]

PREEM u.å. *Frågor och svar om palmolja och PFAD* [online] Tillgänglig via:
<https://www.preem.se/om-preem/hallbarhet/fornybara-ravaror/faq-palmolja-och-pfad/> [Hämtad: 2019-04-08]

PROPOSITION 2010/11:1 *Budgetproposition för 2011*. s. 143-144 Stockholm: Finansdepartementet

PRÖCKL, E. 2008 “*Inget nytt med deras bränsle*” NyTeknik [online] Tillgänglig via: <https://www.nyteknik.se/energi/inget-nytt-med-deras-bransle-6440690> [Hämtad 2019-04-09]

RATSHOMO, K. & NEMBAHE, R. 2017 *Overview of the Petrol and Diesel Market in South Africa between 2007 and 2016* Department of Energy, Pretoria, ISBN: 978-1-920435-11-0

RÅVARUMARKNADEN 2011 *Naturgas – nästan som olja men ändå inte...* [online] Tillgänglig via: <http://ravarumarknaden.se/naturgas-nastan-som-olja-energi/> [Hämtad 2019-04-15]

SFS 2005:1248 *Lag (2005:1248) om skyldighet att tillhandahålla förnybara drivmedel* Stockholm: Regeringskansliet

SFS 2011:319 *Drivmedelslag* Miljö- och energidepartementet, Regeringskansliets rättsdatabaser

SFS 2017:1201 *Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen* Stockholm: Regeringskansliet

SFS 2018:195 *Förordning (2018:195) om reduktion av växthusgasutsläpp genom inblandning av biodrivmedel i bensin och dieselbränslen* Stockholm: Regeringskansliet

SHELL 2018 *Säkerhetsdatablad Diesel MK1, Version 3.1, Förordning 1907/2006/EG*

SHELL u.å. *The world's largest Gas-to-liquids plant* [online] Tillgänglig via: <https://www.shell.com/about-us/major-projects/pearl-gtl/the-world-s-largest-gas-to-liquids-plant.html> [Hämtad 2019-04-11]

SIS 2019 *Fordonsbränslen - Paraffiniskt dieselbränsle från syntes eller hydrobehandling - Krav och provningsmetoder* SS-EN 15940:2016+A1:2018+AC:2019

SPBI 2010 *Syntetiskt diesel* [online] Tillgänglig via: <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/drivmedel/fornybara-drivmedel/syntetisk-diesel/> [Hämtad 2019-04-10]

SPBI 2018 *HVO - Hydrogenated Vegetable Oil* [online] Tillgänglig via: <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/drivmedel/fornybara-drivmedel/hvo-hydrogenated-vegetable-oil/> [Hämtad 2019-04-16]

SPBI 2019a *Diesel* [online] Tillgänglig via: <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/drivmedel/dieselbransle/> [Hämtad 2019-03-22]

SPBI 2019b *Bensin* [online] Tillgängligt via: <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/drivmedel/bensin/> [Hämtad 2019-03-22]

SPBI 2019c *Diesel Priser & Skatter* [online] Tillgängligt via: <https://spbi.se/statistik/priser/diesel/> [Hämtad 2019-05-25]

STI GROUP 2014 *Guide to Understanding Liquefied Natural Gas and Gas-To-Liquids* [online]

Tillgänglig via:

<https://setxind.com/energy-markets/guide-to-understanding-liquefied-natural-gas-and-gas-to-liquids/>
[Hämtad 2019-05-04]

TRAFIKUTSKOTTET 2018 *Fossilfria drivmedel för att minska transportsektorns klimatpåverkan – flytande, gasformiga och elektriska drivmedel inom vägtrafik, sjöfart, luftfart och spårbunden trafik*
ISSN: 1653-0942, ISBN: 978-91-88607-48-5 Riksdagstryckeriet, Stockholm, 2017/18:RFR13

WEIMAR, A. 2018 *PFAD blir av med skattelättnader* ATL [online] Tillgänglig via:

<https://www.atl.nu/entreprenad/pfad-klassas-inte-langre-som-restprodukt/> [Hämtad 2019-04-03]

WINJOBI, O., TAVAKOLI, H., JEAN KLEMETSURUD, B., HANDLER, R., MARKER, T., ROBERTS, M., & SHONNARD, D. 2018 *Carbon Footprint Analysis of Gasoline and Diesel from Forest Residues and Algae using Integrated Hydrolysis and Hydroconversion Plus Fischer-Tropsch (H₂ Plus cool GTL)* ACS Sustainable Chemistry & Engineering, DOI: 10.1021/acssuschemeng.8b02091

Bilaga 1

Allmänt:

- Vad är det för biodrivmedel?
- Kort om utsläpp vid förbränning, energiinnehåll, vad säger föreskriften?
- Hur framställs det? Vilka råvaror används?
- Hur mycket produceras av biodrivmedlet varje år?

Tillgång:

- Hur mycket råvaror finns eller produceras varje år? Vart finns dem?
- Har råvarorna andra användningsområden?
- Hur ser miljöpåverkan ut för utvinning/produktion av råvarorna?
- Erhålls användbara restprodukter?

Kostnader:

- Vilka kostar produktionen?
- Är produktionen tekniskt avancerad?
- Krävs driftunderhåll?

Miljöpåverkan:

- Sker utsläpp av emissioner?
- Hur mycket sänks växthusgasutsläppen jämfört med diesel?
- Hur mycket CO₂-ekv släpps ut?
- Vilken miljöpåverkan orsakar biodrivmedlet vid produktion?
- Hur är drivmedelsutbytet?

Bilaga 2

Här följer fullständiga tabeller för känslighetsanalysen.

Tabell 1 *Känslighetsanalys av kriteriet minskade växthusgaser.*

Kriterium::	HVO	Poäng:	FAME	Poäng:	FT-diesel (BTL)	Poäng:
Energiinnehåll	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85
Årlig produktion	943 266 kubik / 8 909 GWh	90	252 024 kubik / 2 312 GWh	60	0	0
Tillgänglighet av råvaror	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	70	Begränsad tillgång	40	God tillgång på skogsvirke	90
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, tvål, mm	50	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	90	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	40
Produktionskostnad	HVO(tallolja): 7-8 kr per bensinekv	75	RME: 7 kr per bensinekvivalent	90	BTL: ca 10 kr/bensinekvivalent	40
Avancerad framställningsteknik	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	70	Nej	90	Ja	30
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(tallolja): 95% HVO(slaktavf): 93% HVO(PFAD): 70-84%	85	RME: 80%	80	BTL: Växthusgaser: 98%	100
Energiinsats	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90
Maximal inblandningsnivå	~80%	80	7%	7	100%	100
MEDEL:		71,11		64,11		63,89

Tabell 2 *Känslighetsanalys av kriteriet årlig produktion.*

Kriterium:	HVO	Poäng:	FAME	Poäng:	FT-diesel (BTL)	Poäng:	
Energiinnehåll	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85	
Årlig produktion	10 691 GWh	95	2 774 GWh	62,5	1406 GWh	55	FTD: 1406 GWh motsvarar den kapacitet som BTLanläggningen skulle haft
Tillgänglighet av råvaror	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	70	Begränsad tillgång	40	God tillgång på skogsvirke	90	Uträkning: 44 MJ/kg x 1000 = 44 MJ/ton, Kapacitet på 115 000 ton, 44 MJ/ton x 115000 /3600= 1405555 MWh = 1 406 GWh
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, tvål, mm	50	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	90	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	40	
Produktionskostnad	HVO(tallolja): 7-8 kr per bensinekv	75	RME: 7 kr per bensinekvivalent	90	BTL: ca 10 kr/bensinekvivalent	40	
Avancerad framställningsteknik	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	70	Nej	90	Ja	30	
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(tallolja): 89% HVO(slaktavf): 87% HVO(PFAD): 40-68%	60	RME: 59,1%	60	BTL: Växthusgaser: 95%	95	
Energiinsats	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90	
Maximal inblandningsnivå	~80%	80	7%	7	100%	100	
MEDEL:		68,89		62,17		69,44	

Tabell 3 *Känslighetsanalys av kriteriet tillgång på råvaror.*

Kriterium:	HVO	Poäng:	FAME (RME)	Poäng:	FT-diesel (BTL)	Poäng:
Energiinnehåll	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85
Årlig produktion	943 266 kubik / 8 909 GWh	90	252 024 kubik / 2 312 GWh	60	0	0
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, tvål, mm	50	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	90	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	40
Produktionskostnad	HVO(talloolja): 7-8 kr per bensinekv	75	RME: 7 kr per bensinekvivalent	90	BTL: ca 10 kr/bensinekvivalent	40
Avancerad framställningsteknik	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	70	Nej	90	Ja	30
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(talloolja): 89% HVO(slaktavf): 87% HVO(PFAD): 40-68%	60	RME: 59,1%	60	BTL: Växthusgaser: 95%	95
Energiinsats	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90
Maximal inblandningsnivå	~80%	80	7%	7	100%	100
MEDEL:		68,125		64,625		60
Tillgänglighet av råvaror	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	0	Begränsad tillgång	0	God tillgång på skogsvirke	0

Tabell 4 *Känslighetsanalys av kriteriet restprodukter.*

Kriterium:	HVO	Poäng:	FAME	Poäng:	FT-diesel (BTL)	Poäng:
Energiinnehåll	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85
Årlig produktion	943 266 kubik / 8 909 GWh	90	252 024 kubik / 2 312 GWh	60	0	0
Tillgänglighet av råvaror	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	70	Begränsad tillgång	40	God tillgång på skogsvirke	90
Produktionskostnad	HVO(tallolja): 7-8 kr per bensinekv	75	RME: 7 kr per bensinekvivalent	90	BTL: ca 10 kr/bensinekvivalent	40
Avancerad framställningsteknik	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	70	Nej	90	Ja	30
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(tallolja): 89% HVO(slaktavf): 87% HVO(PFAD): 40-68%	60	RME: 59,1%	60	BTL: Växthusgaser: 95%	95
Energiinsats	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90
Maximal inblandningsnivå	~80%	80	7%	7	100%	100
MEDEL:		70,625		58,375		66,25
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, tvål, mm	0	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	0	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	0

Tabell 5 *Känslighetsanalys av kriteriet avancerad produktionsteknik.*

Kriterium:	HVO	Poäng:	FAME	Poäng:	FT-diesel	Poäng:
Energiinnehåll	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85
Årlig produktion	943 266 kubik / 8 909 GWh	90	252 024 kubik / 2 312 GWh	60	0	0
Tillgänglighet av råvaror	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	70	Begränsad tillgång	40	God tillgång på skogsvirke	90
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, tvål, mm	50	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	90	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	40
Produktionskostnad	HVO(tallolja): 7-8 kr per bensinekv	75	RME: 7 kr per bensinekvivalent	90	BTL: ca 10 kr/bensinekvivalent	40
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(tallolja): 89% HVO(slaktavf): 87% HVO(PFAD): 40-68%	60	RME: 59,1%	60	BTL: Växthusgas er: 95%	95
Energiinsats	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90
Maximal inblandningsnivå	~80%	80	7%	7	100%	100
MEDEL:		68,125		58,375		67,5
Avancerad framställningsteknik	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	0	Nej	0	Ja	0

Tabell 6 *Känslighetsanalys av kriteriet produktionskostnad.*

Kriterium:	HVO	Poäng:	FAME	Poäng:	FT-diesel (BTL)	Poäng:
Energiinnehåll	44 MJ/kg 34 MJ/l	90	37 MJ/kg 34 MJ/l	50	44 MJ/kg 33 MJ/l	85
Årlig produktion	943 266 kubik / 8 909 GWh	90	252 024 kubik / 2 312 GWh	60	0	
Tillgänglighet av råvaror	God tillgång, men krävs fler restprodukter för ökad produktionsmängd	70	Begränsad tillgång	40	God tillgång på skogsvirke	90
Restprodukter	Glycerol, till djurfoder, två, mm	50	Ja, 1 ton protein per ha som går till djurfoder	90	Syntetiskt vax, används till smörjmedel	40
Produktionskostnad	HVO(talloolja): 9 kr per liter bensinekv	50	RME: 9 kr per liter bensinekvivalent	50	BTL: ca 8 kr liter	
Avancerad framställningsteknik	Nej, inte om den inte integreras med vanlig produktion av diesel	70	Nej	90	Ja	30
Minskade växthusgasutsläpp	HVO(talloolja): 89% HVO(slaktavf): 87% HVO(PFAD): 40-68%	60	RME: 59,1%	60	BTL: Växthusgaser : 95%	95
Energiinsats	25-30%	30	15%	70	BTL: 8-10%	90
Maximal inblandningsnivå	~80%	80	7%	7	100%	100
MEDEL:		65,5555556		57,4444444		67,2222222