



CHALMERS



Förebygg Greenwashing: Från data till påverkan i svensk bergmaterialindustri

Kandidatarbete inom maskinteknik

MICHAEL CRONA
FABIAN FLAA
FILIP LINNÉR
WILHELM JONSSON
ERIK PYMAY
BJÖRN SOLÉR

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se

**INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**

Göteborg, Sverige 2022
www.chalmers.se



CHALMERS

Förebygg Greenwashing: Från data till påverkan i svensk bergmaterialindustri

Michael Crona
Fabian Flaa
Filip Linnér
Wilhelm Jonsson
Erik Pymay
Björn Solér

© Michael Crona, Fabian Flaa, Filip Linnér, Wilhelm Jonsson, Erik Pymay & Björn Solér,
2022

Examinator: Erik Hulthén, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Handledare: Kanishk Bhadani, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Handledare: Christina Lee, Institutionen för industri- och materialvetenskap

Bilden på framsidan är från stenbrottet i Tagene som NCC driver.

Kandidatarbete IMSX15-22-05
Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg

Förord

Detta arbete har utförts under våren 2022 som ett kandidatarbete vid Institutionen för industri- och materialvetenskap vid Chalmers tekniska högskola. För arbetet har Erik Hulthén vid Institutionen för industri- och materialvetenskap varit examinator. Handedarna för arbetet har varit Kanishk Bhadani och Christina Lee, båda vid Institutionen för industri- och materialvetenskap. På NCC har Christopher Andersson och Patrik Österberg varit kontaktpersoner, där Christopher är platschef och Patrik är *environmental product declaration (EPD) process manager*.

Vi som genomfört arbetet vill rikta ett stort tack till alla er som gjort det möjligt för oss att genomföra ett givande och intressant kandidatarbete. Utan er hjälp hade ett resultat aldrig kunnat presenteras.

Abstract

The rock crushing industry is one of Sweden's largest industries extracting and crushing around 100 million tonnes of rock annually [1]. These products are then used in the construction of roads, buildings and other infrastructure. With an industry that has so many different types of customers, it is important to clearly be able to differentiate from the competitors, mainly when it comes to the environmental impact. This is what is presented in an *Environmental Product Declaration* also known as an EPD.

The goal with an EPD is to create transparency between businesses and customers which makes it important to use standardization in order for comparisons to be made. To do this successfully there are a number of standards available with the purpose of creating a practice when doing environmental impact declarations for products. These standards are today built on a "worst case"-scenario when conducting the environmental impact which is why assumptions is being used heavily today.

This project aims to develop methods to be able to reduce the number of assumptions that is needed for today's environmental impact assessment. This in order to give both the company as well as the customers correct data for the environmental impact of the products. This work also aims to investigate how the incentive to implement these more accurate allocations can be increased for the companies.

Studies have been made on the stone and quarry industry as a whole and also more in depth on a quarry in Tagene. The work has been partly based on literature studies, in order to get a better understanding of subject but also about the problem. The work does also consist of interviews with two actors in the industry, a site visit and also data handling.

The results concluded in this project shows that the allocation of frequent data is in line with the existing EPD's. This means that the use of the developed method for allocation has succeeded in tackling the problem of allocating energy to the various products in a more detailed way. The result has highlighted the problems when producing an EPD. In turn that has created some solutions to minimize these problems, partly due to results from the allocation method.

Keywords: Quarry, allocation, energy allocation, stone- and minerals industry, environment declaration, EPD, life cycle analysis, LCA, data handling, data analysis

Sammandrag

Bergmaterialindustrin är en av Sveriges största industrier och bryter strax över 100 miljoner ton sten årligen [1]. Från de produkter som tillverkas byggs bland annat vägar, byggnader, och annan infrastruktur. Med en bransch som har så många olika typer av kunder är det viktigt att kunna särskilja sig, och visa att produkterna har en låg miljöpåverkan. Detta redovisas i en *Environmental Product Declaration*, förkortat EPD.

Målet med EPD:er är att skapa transparens mellan företag och kunder vilket gör det extra viktigt att den är standardiserad då den skall kunna jämföras. För att lyckas med detta finns ett antal olika standarder med syfte att skapa en praxis när det kommer till deklaration av miljöpåverkan för produkter. Dessa standarder bygger i dagsläget på "worst case" gällande miljöpåverkan vilket medför att antaganden måste göras vid miljöpåverkansbedömning.

Detta arbete syftar därmed till att utveckla metoder för att kunna minska antagnaden vid miljöpåverkansbedömning av bergmaterialprodukter gör att ge så väl företag som kund en riktig och rätt bild av miljöpåverkan på produkter. Arbetet syftar även att undersöka på vilket sätt incitamentet för att genomföra dessa mer exakta allokeringar kan öka för företagen.

Under arbetets gång har studier genomförts av bergmaterialindustrin som stort och även en mer detaljerad studie på ett stenbrott i Tagene. Arbetet har utgått från bland annat litteraturstudier, för att öka förståelsen för ämnet men även för att se var problemen finns. Metoden består även av intervjuer med två aktörer inom bergmaterialindustrin, platsbesök samt datahantering.

Resultatet av arbetet visar att allokeringen av frekvent data ligger i linje med existerande EPD:er, vilket betyder att metoden som utvecklats lyckats angripa problemet med allokering av energi till de olika produkterna på ett mer detaljerat vis. Resultatet har även försäkrat vilka problem som finns i skapandet av en EPD:er och därmed belyst hur dessa problem kan lösas med information från allokeringsmetoden.

Sökord: Stenbrott, allokering, energiallokering, bergmaterialindustri, miljövarudeklaration, EPD, livscykelanalys, LCA, datahantering, dataanalys

Förkortningar

- *EN* - Standarder för den europeiska marknaden
- *EPD* - *Environmental Product Declaration*, miljövarudeklaration
- *ISO* - Internationella standardiseringsorganisationen
- *KPI* - *Key Performance Indicator*, nyckeltal
- *LCA* - *Life Cycle Assessment*, livscykelanalys

Notationer

- a - Den så kallade "aktiva dagar"-faktorn som definieras $a = \frac{d_p}{d_f}$
- d_f - Antalet dagar som stenbrottet är aktivt under en fakturaperiod
- d_p - Antalet dagar som stenbrottet är aktivt under en vald tidsperiod
- E - Energi
- K - Total konsumtion av en storhet
- m - Massa
- $\dot{m}$ - Massflöde
- N - Nyckeltal [konsumtion per viktenhet]
- p_i - Andel av konsumtion av en storhet som produkt i står för

Innehåll

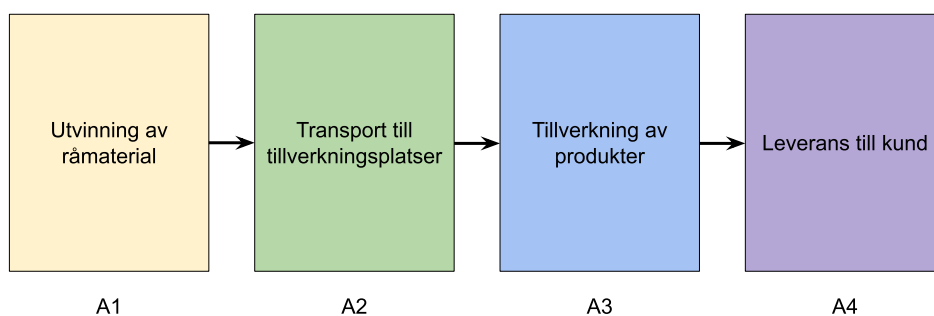
1	Introduktion	1
1.1	Syfte	2
1.2	Frågeställningar	2
1.3	Avgränsningar	3
2	Teoretisk referensram	5
2.1	LCA	5
2.2	EPD	6
2.2.1	EPD:er inom bergmaterialindustrin	6
2.2.2	Tagenes EPD	6
2.3	Standarder vid miljöpåverkansbedömning	7
2.3.1	EN 15804:2012+A2:2019	7
2.3.2	ISO 14001	8
2.3.3	ISO 14025	8
2.3.4	ISO 14040	8
2.3.5	ISO 14044	9
2.4	Miljöpåverkan från stenbrott	9
2.5	Problem vid utförande av LCA/EPD i stenbrott	10
2.5.1	Metodologiska problem	10
2.5.2	Systematiska problem	10
2.6	Fyllnad av datagap	11
2.6.1	Linjär interpolation	11
2.6.2	Spline interpolation	11
3	Metod	12
3.1	Litteraturstudie	12
3.2	Intervjuer	12
3.3	Platsbesök	13
3.4	Utveckling och utvärdering av allokeringsmetoder	13
3.5	Datahantering	14
4	Resultat	16
4.1	Frågeställning 1 - Metod för frekvent dataallokering	16
4.2	Frågeställning 2 - Metod för infrekvent dataallokering	21
4.2.1	Metod 1 - Fakturaavläsning och jämn fördelning	21
4.2.2	Metod 2 - Fakturaavläsning och anpassad fördelning	22
4.2.3	"Aktiva dagar"-faktorn	22
4.2.4	Metod 3 - Prediktera nyckeltal för hela produktionen	24
4.2.5	Metod 4 - Prediktera nyckeltal för varje produkt	25
4.2.6	Sammanställning av utvärderingen av metoderna	25
4.3	Frågeställning 3 - Applicering av metoder för dataallokering	26
4.3.1	Applicering - allokering av frekvent data	26
4.3.2	Applicering - allokering av infrekvent data	34
4.4	Frågeställning 4 - Undersöka ökad nytta av LCA/EPD	37
4.4.1	EPD-ansvarig	38
4.4.2	Platschef	38
4.4.3	Informationsflöde	39
4.4.4	Förening av informationsflöde	40

5	Diskussion	42
5.1	Frekvent data: allokeringssmetod och tillämpning	42
5.2	Infrekvent data: allokeringssmetoder och tillämpning	43
5.2.1	Allokeringssmetoder	43
5.2.2	Tillämpning av allokeringssmetoderna på stenbrottet i Tagene	45
5.3	Öka nyttan av LCA	47
6	Slutsats	49
	Referenser	51
	Bilagor	53
A	Förslag på intervjufrågor	53
A.1	Till EPD-ansvarig hos NCC	53
A.2	Till platschef hos NCC	54
B	Transkribering	55
B.1	Transkribering av intervju med EPD-ansvarig	55
B.2	Transkribering av intervju med platschef	64
C	MATLAB-kod för allokering av frekvent data	69

1 Introduktion

Bergmaterial är en essentiell produkt när nya vägar, byggnader och annan infrastruktur ska byggas [2]. Asfalt består till 95% av bergmaterial, motsvarande siffra för betong är 80%. Mängden bergmaterial som produceras under ett år i Sverige är i storleksordningen 100 miljoner ton [1]. Detta innebär utsläpp av 0,25-0,45 miljoner ton koldioxidkvivalenter [3], vilket motsvarar ungefär 0,5% - 1% av Sveriges totala koldioxidutsläpp [4]. Samtidigt är målet att bergmaterialindustrin ska vara fossilfri till 2045 - detta kräver förändring.

Färdplan för fossilfri konkurrenskraft - Bergmaterialindustrin [3] beskriver hur processerna i bergmaterialproduktionen delas in i fyra delar (se figur 1), i enlighet med standarden EN 15804 [3], [5]. I del A1 ingår bland annat sprängning av berg. I nästa steg, del A2, transporteras råmaterialet till tillverkningsplatsen. I steg tre, A3, tillverkas slutprodukterna genom en rad kross- och siktningssprocesser. Slutligen transporteras produkterna till kund, detta är del A4.



Figur 1: Översikt av tillverkningsprocessen för bergmaterialprodukter från utvinning till leverans [3].

I detta arbete undersöks tillverkningen av bergmaterialprodukter, del A3. I *Bergmaterialindustrin i praktik och teori* delas tillverkningsanläggningarna in i två typer, fasta och mobila [6]. I en mobil anläggning går krossmaskinerna att flytta medan i en fast anläggning är maskinerna stationära. Det går åt mellan 7 och 12 kilowattimmar energi för att producera ett ton bergmaterialprodukt i fast anläggning. Denna energiförbrukning kommer främst från maskinerna i tillverkningsprocessen, interna transporter och lastning. Maskinerna på en fast anläggning drivs med el medan de i en mobil anläggning ofta drivs med diesel. Energibehovet för en mobil anläggning är ofta högre än i en fast. Kostnaden för energi vid bergmaterialproduktion är ungefär 20% [6] av den totala tillverkningskostnaden, därav finns ekonomiska incitament för organisationer att minska energianvändningen och få bättre kunskap om den.

I arbetet studeras ett aktivt stenbrott i Tagene utanför Göteborg. Det är en fast anläggning som tillhandahåller produkter såsom bergkross och makadam för

privatpersoner och företag [7]. I figur 2 ses en bild från stenbrottet i Tagene. Anläggningen drivs av företaget NCC.



Figur 2: Bild tagen på toppen av stenbrottet i Tagene.

Livscykelanalys (LCA) är ett verktyg för att undersöka miljöpåverkan från produkter och tjänster [8]. I en LCA kvantifieras miljöpåverkan från exempelvis en produkt genom att ta hänsyn till hela dess livscykel, från utvinning av råmaterial till avfall. Lee et al. [8] beskriver utmaningarna med att utföra LCA:er inom bergmaterialindustrin. De lyfter bland annat fram svårigheten med att korrekt allokera miljöbelastningen från varje produktionssteg till varje enskild produkt. Detta framhåller de som ett område för vidare forskning. Vidare beskrivs bristen på produktionspecifik data som en utmaning.

En *Environmental Product Declaration* (EPD), eller miljövarudeklaration, är ett dokument som syftar till att kommunicera miljöpåverkan från en produkt eller tjänst, ofta för användning mellan företag ("business-to-business") [8]. EPD:er skapas i enlighet med ramverket ISO 14025. Till grunden för en EPD ligger alltid en LCA. I arbetet undersöks stenbrottet i Tagenes EPD [9].

1.1 Syfte

Arbetet syftar till att undersöka hur allokeringen av miljöpåverkan till bergmaterialprodukter, vid utförande av LCA, kan göras så precis som möjligt, och hur realtidsdata kan användas till detta. Det syftar även till att undersöka om utförandet av LCA kan bidra med nytta på andra sätt för företag än att endast generera en EPD.

1.2 Frågeställningar

Den första frågeställningen syftar till att undersöka om det med befintlig data går att förbättra energiallokeringen i bergmaterialindustrin.

Frågeställning 1: Hur kan frekvent data från produktion av slutprodukter allokeras till bergmaterialprodukter?

Med frekvent data (realtidsdata) menas den data som kan avläsas med täta intervall, till exempel varje minut. Genom användning av litteraturstudier och datahantering utvecklades en metod för allokering av frekvent data.

Den andra frågeställningen undersöker hur allokering av infrekvent data sker i dagsläget och om det finns bättre metoder.

Frågeställning 2: Hur kan infrekvent data från tillverkningsprocessen allokeras till bergmaterialprodukter?

Infrekvent data är data som endast kan läsas av med längre intervall, till exempel varje månad. Denna frågeställning har i första hand undersökts genom litteraturstudier och metodutveckling.

Den tredje frågeställningen rör hur metoderna från de två ovanstående frågeställningarna kan appliceras i verkligheten på stenbrottet i Tagene.

Frågeställning 3: Hur kan dessa allokeringmetoder för frekvent och infrekvent data appliceras på tillverkningsprocessen i stenbrottet i Tagene?

För att kunna besvara frågeställningen genomförs en fallstudie av stenbrottet. Sedan tillämpas allokeringmetoderna från frågeställning 1 och 2 på stenbrottet med hjälp av egenskrivna MATLAB- och Excel-program.

Den sista frågeställningen syftar till att undersöka hur nyttan av att utföra LCA kan öka för en organisation i bergmaterialindustrin.

Frågeställning 4: Hur kan nyttan av att utföra LCA öka?

Med "ökad nytta" menas i det här fallet hur antalet användningsområden kan öka från utförande av LCA och EPD. För denna frågeställning har intervjuer, platsbesök och litteraturstudier varit de främsta hjälpmedlen.

1.3 Avgränsningar

Första frågeställningen begränsas av tillgänglig information om hur produktionsprocessen fungerar. Det kan handla om energiförbrukning för olika maskiner men även hur produktionen skall antas fungera. Vidare finns begränsningar gällande utvärdering av metoden då det endast kan genomföras med äldre data. Detta innebär att arbetet fokuserats kring äldre, befintlig data.

Andra frågeställningen besvaras genom beskrivning och utvärdering av olika allokeringmetoder. I metoderna antas att det som konsumeras under en fakturaperiod används under samma period. Detta antagande stämmer nog oftast inte, men utan antagandet hade det varit svårt att formulera allokeringmetoder som bygger på data från fakturor (infrekvent data). För en del av metoderna krävs förkunskaper om produktionen. För andra metoder krävs användning av metoder för att förutsäga framtida förbrukning baserat på historisk förbrukning, så kallade prediktionsmetoder. Att beskriva hur sådana förkunskaper kan inhämtas och hur olika prediktionsmetoder fungerar ligger utanför detta arbete.

Vidare hänvisar arbetet till standarden EN 15804, som är en europeisk standard för utförande av EPD [5], vid resonemang om huruvida allokeringsmetoderna som presenteras uppfyller kraven för att användas för att skapa EPD:er. Således blir dessa resonemang endast giltiga för europeiska stenbrott.

Tredje frågeställningen begränsas bland annat av tillgång testdata, särskilt gällande den infrekventa datahanteringen. Det innebär att det kan vara svårt att veta hur väl metoderna fungerar vid applicering gällande precision. För den frekventa datahanteringen finns begränsningar även där i datatillgänglighet, vilket leder till att arbetet endast undersöker en mindre del av stenbrottet.

Sista frågeställningen begränsas av den information som de intervjuade innehar samt vad de kan lämna ut. En annan avgränsning är validering av resultatet, de förslag som presenteras kommer ej kunna appliceras för utvärdering i det undersökta stenbrottet.

Utöver avgränsningar för de specifika frågeställningarna finns även avgränsningar i form av tidsbegränsningar för arbetet, som ska genom- och slutföras under vårterminen 2022. Vidare undersöks i detta projekt bara den bokföringsinriktade LCA:n, då energiallokeringen till olika produkter analyseras, inte påverkan av olika strategiska val inom stenkrossanläggningen.

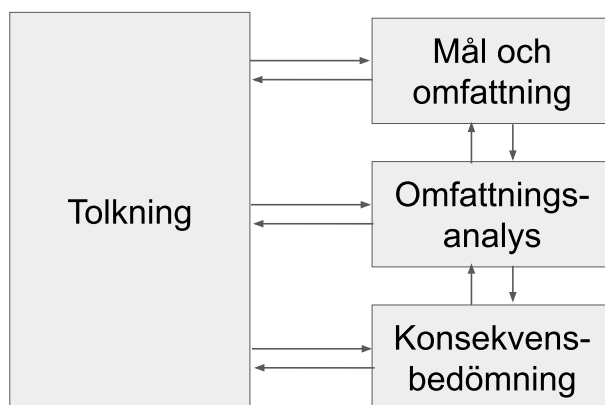
2 Teoretisk referensram

I syfte att skapa en förståelse för området har en teoretisk referensram sammanfattats som omfattar arbetets berörda ämnen. Referensramen omfattar dels övergripande information om hur LCA samt EPD fungerar, men även mer ingående teori gällande datahantering. Då miljöpåverkan är en central del i arbetet har även nuvarande miljöpåverkan från stenbrott undersökts i litteratur. Vidare har även problem med utförande av LCA/EPD identifierats för bakgrundsinformation till den fjärde frågeställningen.

2.1 LCA

LCA är en metodik som används för att analysera miljöpåverkan för produkter och system under dess livscykel. Denna metod kallas ofta "från vaggan till graven". Denna syn är viktig då den ger ett systemperspektiv för produkten [10]. LCA:n används som grund i utvecklingen av en EPD för att korrekt beskriva miljöpåverkan för produkter samt system. Produkterna i detta fall är de olika typer av produkter som produceras i stenkrossanläggningarna.

För att en livscykelanalys ska kunna användas i en EPD måste en specifik metod användas för att få ett jämförbart resultat. Metoden som används är baserad på ISO 14040:2006, vilket är en standard för genomförande av LCA. Denna ISO-standard formaliserar de kvalitativa samt kvantitativa processerna som ingår i en LCA. Det finns fyra faser i denna ISO-standard [10], dessa syns i figur 3. ISO-standarder kommer från *Internationella standardiseringsorganisationen*, förkortat ISO.



Figur 3: Visualisering av ramverk för LCA [11].

De fyra olika faserna är mål och omfattning, omfattningsanalys, konsekvensbedömning samt tolkning av resultat (se figur 3). Mål och omfattning ger en insikt i vad som ingår i analysen samt syftet med LCA. Omfattningsanalysen handlar om att samla information och data, konsekvensbedömningen beskriver själva miljöpåverkan.

Förutom ISO-ramverket som ska följas delas LCA-metoden ofta in i två olika huvudprinciper, förändringsorienterad och bokföringsinriktad LCA. I en förändringsorienterad LCA studeras delar av system som får en påverkan av

förändringar eller som påverkas av olika förändringsalternativ. En bokföringsinriktad LCA omfattar hela livscykeln [12] och processer som ingår "från vaggan till graven".

2.2 EPD

En EPD består av två delar, den första delen är en rapport som bland annat beskriver hur LCA:n har utförts, i den andra delen presenteras resultaten av LCA:n [13]. I ISO 14025 beskrivs att utförandet av LCA:n ska följa *Product Category Rules* (PCR). Dessa är riktlinjer för hur miljöpåverkan av en viss produkt ska beräknas [14]. Mer specifikt beskriver PCR vilka systemgränser som ska användas vid utförande av LCA och reglerna för allokering. EPD:er som tas fram med samma PCR är jämförbara med varandra [13]. ISO 14025 beskriver främst användningen av miljövarudeklarationer riktade mot andra företag, däremot kan dessa dokument även användas för privatkunder [15].

2.2.1 EPD:er inom bergmaterialindustrin

År 2021 fanns 38 giltiga EPD:er för bergmaterialprodukter [14] från Europa publicerade. Med tanke på att det vid samma tid fanns ungefär 26 000 stenbrott i Europa är detta ett lågt antal. Dessa EPD:er följer inte heller en och samma PCR vilket leder till att de inte är fullt jämförbara med varandra. Olika programoperatörer (aktörer som skapar EPD:er) använder sig av olika PCR. Då det ännu inte finns en standard-PCR för bergmaterialindustrin är olika metoder för allokering ett aktuellt forskningsområde [8].

Utförandet av miljövarudeklarationer kan skapa marknadsdrivna miljöförbättringar genom en ökad efterfrågan på produkter som har verifierats på korrekt vis [15]. En effekt av den potentiellt ökande efterfrågan för miljövänligare produkter är konkurrens mellan producenter där reducerad miljöpåverkan ger marknadsfördel[15].

2.2.2 Tagenes EPD

Stenbrottet i Tagene har en publicerad EPD [9]. Denna visar att produkterna delats in i kategorier utifrån energianvändning. Det som avgör gruppens energianvändning är den produkt som förbrukar mest. Som ett exempel, en produktkategori som består av 5 produkter där alla produkter förutom en förbrukar 10 megawatt energi per producerat ton, den sista produkten förbrukar istället 20 megawatt per producerat ton. Det innebär att alla produkter i gruppen anses förbruka 20 megawatt energi per ton, snarare än det verkliga värdet för varje enskild produkt.

Till grunden för EPD:n ligger ett års data över förbrukningen av diesel, el och olika ämnen [9]. Gällande smörjmedel och oljor har approximationer använts från befintliga dataset då det inte funnits tillgänglig data på dessa parametrar. Vidare har även körsträckorna för maskiner uppskattats med hjälp av personal vid stenbrottet i syfte att komma så nära verkligheten som möjligt. Från tabell 7 i EPD:n ser man att produktionens dieselkonsumtion har allokerats "jämnt" till de olika produktkategorierna, det vill säga att man har ansatt att diesel förbrukningen per producerad massa är densamma för alla olika produkter. För elförbrukningen används kunskap från experter i stenbrottet avseende vilka produkter som förbrukar vilken energi. På så sätt kan produkterna delas in i kategorier efter det, och så kan elförbrukningen allokeras till

produktkategorierna baserat på hur stor andel av elförbrukningen de står för. Även nyckeltalen för elförbrukningen kan ses i tabell 7 i EPD:n. Funktionell enhet som används för alla faktorer är per ton, alltså per 1000 kilogram. Slutligen har den undersökta EPD:n verifierats internt av operatören i en process som certifierats av *Bureau Veritas* i enlighet med ISO 14025:2006.

2.3 Standarder vid miljöpåverkansbedömning

Standarder för miljöpåverkansbedömning innehåller riktlinjer för bland annat krav på system [16] som används vid miljöpåverkansbedömning och principer [15] för dessa procedurer. I kommande avsnitt presenteras olika standarder som används vid skapandet och användningen av EPD:er. Fem standarder har undersökts, en EN-standard och fyra ISO-standarder. EN-standarder är europeiska standarder som även fungerar som svenska standarder [5].

2.3.1 EN 15804:2012+A2:2019

Syftet med EN 15804 är att bistå med ett standardiserat sätt att skapa, verifiera och presentera EPD:er [5] för produkter inom byggsektorn. Standarden är uttryckligen menad för byggnadsbranschen och dess tillhörande produkter. Allokering av miljöpåverksdata ska ske utifrån ekonomiska värden, i det här fallet produktens påverkan på företagets omsättning. Om två produkter har liknande påverkan på omsättningen ska istället fysiska faktorer användas, såsom massa. I standarden är stor skillnad i omsättning definierat som 25%. Det finns fyra steg beskrivna i livscykeln, dessa beskriver produktion, konstruktion, användning, avfallshantering samt fördelar och nackdelar utanför systemgränserna. Vidare beskrivs även att beroende på produktens natur så krävs olika mått på dess produktion, det kan handla om massa, volym och längd för att beskriva hur mycket som har producerats.

För data finns det beskrivet att gap ska fyllas på konservativt vis, exempelvis genom generisk data eller medelvärden [5]. Utöver det nämns även krav på specifik data när det gäller processer som utfärdaren själv kan påverka, om flöden från icke-påverkningsbara källor finns med i analysen kan generisk data användas för dessa. Data som används vid beräkningar måste vara från det analyserade året. Utöver det finns krav på producentspecifik data att vara representativ för ett referensår under de senaste fem åren.

2.3.2 ISO 14001

Huvudsakligt syfte med standarden ISO 14001 är att ge krav och ramverk för miljöledningssystem [16]. Standarden har fokus på kravsättning av ledningssystem med miljömässig inriktning, snarare än att bistå med kravsättning på miljöanalyser. Det finns uppgifter beskrivna för högsta ledningen i organisationer för att möjliggöra ett miljöledningssystem, det handlar bland annat om ansvarstagande, skapande av miljöpolicy samt kommunikation. Utöver det har krav bestämts gällande kontinuerlig förbättring av systemet samt en minskning av organisationens miljömässiga påverkan.

Miljömål ska upprättas enligt standarden, vilka bland annat måste gå att mäta samt kunna övervakas [16]. Som stöd ska kunskap finnas, det kan handla om utbildad personal som kan påverka den dagliga driften men även vid hantering av miljöledningssystemet. Slutligen måste resultaten av systemet utvärderas, vilket är ett krav i standarden.

2.3.3 ISO 14025

Fokus i ISO 14025 är miljödeklarationer [15] som främst är syftade att användas i företagskommunikation. Standarden beskriver målet med deklarationerna som att tillhandahålla miljömässig information om produkter. Syftet med informationen är att skapa underlag för kunder att använda icke-vilseledande fakta om produkter som de köper. Användare kan bland annat vara inköpare.

Som data för miljödeklarationer kan LCA användas [15]. Dessa ska då delas in i moduler för att visa var i produktens livscykel påverkan sker. För att möjliggöra jämförbarhet ska ingående data vara så transparent som möjligt, med detta menas att uppvisa begränsningar i deklarationerna.

2.3.4 ISO 14040

ISO 14040 är en standard som används för att skapa ett ramverk för LCA-analys. Framförallt beskrivs standarder för vilka mål och omfattningar som skall definieras i en LCA-analys samt vilka huvudsyften en LCA har [11]. Den används också för att beskriva vad *life cycle inventory*(LCI) och *life cycle impact assessment*(LCIA) analyser skall omfatta, detta är exempelvis hur insamling av data och allokeringar skall genomföras.

Standarden beskriver också hur rapporteringen av analysen bör göras samt hur denna sedan skall kunna tolkas. Detta involverar också vikten av en kritisk granskning för att kunna bibehålla hög kredibilitet för LCA-analysen [11]. En kritisk granskning innebär att dess utförande granskas, såsom metod och tolkning. Däremot undersöker en granskning inga mål och lämnar inte något godkännande av resultatet. Granskning kan ske både internt och externt med både en och flera experter involverade.

2.3.5 ISO 14044

Den sista standarden att presenteras är ISO 14044. Den fokuserar på vilka krav som ställs på LCA [17]. ISO 14044 bygger vidare på ISO 14040 genom att ställa krav på de processer som beskrivs i ISO 14040. ISO 14044 beskriver inte konkreta krav utan vad som bör beaktas vid kravställande. Ett steg i en LCA är datainsamling, vilket det finns områden givna om vad som bör täckas vid kravställande på data, det handlar bland annat om ålder och precision av data. När det gäller allokering så bör det främst undvikas, om det inte är möjligt ska det i första hand ske utifrån fysikaliska egenskaper och i andra hand utifrån ekonomiska värden. Som utvärdering av en LCA ska bland annat en känslighetsanalys genomföras i syfte att förstå hur resultatet påverkas vid exempelvis olika typer av allokeringsmetoder och varierande data.

2.4 Miljöpåverkan från stenbrott

Verksamheten i stenbrott påverkar miljön dels i närmiljön men även den globala miljön, såsom genom utsläpp av växthusgaser. Både damm och buller skapas vid drift av ett stenbrott, och påverkar närmiljön. Effekten av damm och buller beror bland annat på vilket klimat anläggningen befinner sig i. Buller och damm kan även bidra till en sämre arbetsmiljö för de som arbetar vid anläggningarna [6].

Energianvändningen vid stenbrott är idag ofta av fossilt ursprung, det handlar främst om maskiner som använder diesel som drivmedel. I en fast anläggning krävs mellan sju och tolv kilowattimmar energi för produktion av ett ton bergprodukt [6]. Energiåtgången sker främst vid transporter på anläggningarna, vid krossning samt vid lastning. Vidare är återställning av marken nödvändigt när verksamheten inte längre nyttjar området, det innebär bland annat att biologiskt mångfald återställs [6].

Tillverkningsprocessen kan som beskrivet i inledningen delas upp i fyra delar, A1, A2, A3 samt A4 (se figur 1) [3]. A1-processer innefattar utvinning av råmaterial, såsom sprängning. A2-processer berör transport för frakt av materialet till tillverkningsplatser, det kan ske både internt och externt. Vid tillverkning av produkterna används processer i del A3, det kan exempelvis vara krossning. Slutligen sker processer från del A4, vilket är leverans till kunderna, något som kräver transport. Dessa steg återfinns i den branschspecifika standarden EN 15804 [5]. Beroende på vilka typer av maskiner som används fördelas utsläppen mellan A1, A2 och A3 olika. Om krossanläggningen är eldriven är fördelningen ungefär 30% för A1, 20% för A2 och 50% för A3 [3]. En krossläggning driven på diesel har en annorlunda fördelning av utsläpp jämfört med den eldrivna, nämligen cirka 22% för A1, 11% för A2 samt 67% för A3. Dessa utsläpp är av koldioxid.

Koldioxid bidrar till ökad växthuseffekt och därmed den globala uppvärmningen. Inom Europa har "Mining and Quarrying Sector" undersökts med fokus på utsläpp vid produktion. Den visade att nio procent av utsläppen inom sektorn kommer från bergmaterialindustrin [18]. Förenta nationernas klimatpanel (IPCC) anser att utsläpp av växthusgaser är avgörande i hur den globala uppvärmningen kommer fortgå i framtiden [19].

2.5 Problem vid utförande av LCA/EPD i stenbrott

I dagsläget finns få antal publicerade EPD:er inom bergmaterialindustrin och det förekommer hinder som försvårar processen med att skapa en EPD. Stenbrottsindustrin är en icke-standardiserad industri, och problem uppstår när standardiserade mätningssystem baserade verktyg som EPD och LCA används i industrin [8]. Ifall nyttan med genomförande av EPD och LCA ska bli större så måste problemen som uppkommer vid dess utförande hanteras, varför detta är ett viktigt ämne att behandla. Problemen som uppstår brukar delas upp i två kategorier, metodologiska och systematiska.

2.5.1 Metodologiska problem

Allokering av miljöpåverkan till individuella produkter på ett träffsäkert sätt är ett av de viktigare metodologiska problemen [8]. Detta kan uppkomma genom att exempelvis massflödet i stenbrottet har recirkulation på något ställe, där en mängd material cirkuleras tillbaka till en tidigare punkt i processen. Om detta är en del av systemet så blir det svårare att allokera exempelvis energiåtgången i en stenkross när en del av materialet åker igenom den två gånger. Problemet är att det rekommenderade tillvägagångssättet för LCA-standarder är att allokera miljöpåverkan till produkter enbart baserat på massa, vilket blir en icke-precis lösning när material recirkuleras. Även i gruvbranschen, som är närliggande till stenbrytningsbranschen, behöver hänsyn tas till recirkulerat material, vilket skapar problem vid energiallokering. Vidare nämns här att det kan vara svårt att få tag på tillräcklig data från vissa subaktiviteter för att kunna allokera dess miljöpåverkan till individuella produkter [20]. Till följd av detta har vissa aktörer slutat allokera miljöpåverkan till individuella produkter, något som resulterar i att kunder inte kan jämföra olika produktval baserat på miljöpåverkan [8].

Bristande tillgänglighet och insamling av data som är specifik för individuella stenbrott är ett annat metodologiskt problem [8]. Det kan handla om exempelvis dieselbrukning för maskinerna i stenbrottet eller massflödesdata som inte samlas in. Dessa faktorer har tidigare forskning identifierat som en hög risk för både implementation och resultaten av en LCA studie, bland annat på grund av att detta skapar datagap som måste fyllas, varpå pålitligheten av datan kan ifrågasättas, men också för att det blir omständigt att genomföra en LCA studie, vilket i sin tur minskar sannolikheten att den genomförs överhuvudtaget.

2.5.2 Systematiska problem

Varje stenbrott verkar på olika sätt och detta kommer sannolikt inte förändras, då det är en följd av geologiska och logistiska variationer. Tidigare har specifika riktlinjer och verktyg för industrin utvecklats för att öka prevalensen av LCA i stenbrotten, dessa projekt har dock avtagit i sin utveckling och har nu inte uppdaterats på tio år [8]. Detta tros vara på grund av att standardiserade metoder för utförande av LCA-studier har anammats av industrin, dessa används mer för kommunikation mellan företag än för att förbättra deras miljöpåverkan. Utan specifika verktyg för bergmaterialindustrin riskerar precisionen av studierna vara relativt låg, samtidigt som implementationen också blir svårare.

Lee et al. [8] beskriver vidare hur användningen av en LCA-studiers resultat är relativt låg, vilket är det sista systematiska problemet som tas upp i denna del. På ett företag så

används LCA bara för att utveckla en EPD, som i sin tur används för kommunikation "business-to-business". Detta uppmanar inte företagen till att använda LCA för förbättring av sin miljöpåverkan från ett systematiskt synsätt. Däremot hjälper detta tillvägagångssätt allokering av humana och finansiella resurser, då LCA:n ges ett tydligt värde för företaget. Detta problem påverkar inte i sig precisionen av en LCA eller sannolikheten att den utförs, men det är tydligt att dess värde kan vara större än vad som idag nyttjas.

2.6 Fyllnad av datagap

I dagens stenbrott sker en utveckling mot en allt mer digitaliserad produktionsprocess där allt från massflöden till bränsleförbrukning mäts [8]. Omfattning skiljer mellan stenbrott där vissa ser ett större värde i denna typ av mätning. Det börjar bli en marknadsfördel att kunna vara transparent gällande miljöpåverkan för produkter som saluförs vilket är varför detta sannolikhet kommer att bli allt vanligare [8]. Ett problem som kan uppkomma är saknad mätdata. För att kompensera denna saknade data finns olika metoder för att uppskatta datan baserat på föregående och efterkommande punkter.

2.6.1 Linjär interpolation

Genom användning av datapunkterna före och efter datagapet kan en linjär datalinje användas för att approximativt hitta värdet på den data som saknas. Den nackdel som finns med linjär interpolation är att den inte är en så bra approximation för icke-linjära funktioner [21].

2.6.2 Spline interpolation

Vid användning av *Spline interpolation* nyttjas derivatan för de datapunkter som används vid approximeringen. Det resulterar i en icke-linjär funktion mellan punkterna som sedan kan användas för att approximera saknade punkter. Denna metod är i många fall mer exakt i jämförelse med linjär interpolation men kräver i gengäld mer datorkraft att genomföra [21].

3 Metod

Fyra övergripande metoder har använts för att besvara frågeställningarna. Dessa metoder är litteraturstudier, intervjuer, platsbesök, utveckling och utvärdering av allokeringsmetoder samt datahantering. I detta avsnitt beskrivs hur de olika metoderna har använts för respektive frågeställning.

3.1 Litteraturstudie

Genom artikelsökning inom valt område hittades källor som sammanställdes för vidare utvärdering. För att finna relevant information inom området användes sökningar i databaser med sökord relevanta för området, såsom "life cycle inventory", "frameworks for EPD's", "quarrying" och "aggregates". Den vidare utvärderingen innebar beslut om varje källa skulle undersökas djupare eller ej, baserat på innehållets grad av relevans för arbetet. De utvalda källorna sammanfattades för att kunna överblickas under det fortsatta arbetet och vara till grund för den teoretiska referensramen i arbetet. Av de källor som undersöktes användes inte alla till den teoretiska referensramen, utan de med mest relevans valdes att ta med. De som inte användes i den teoretiska referensramen kunde ändå bidra med ökad förståelse inom området, vilket i förlängningen underlättade arbetet med de valda källorna.

Vidare studerades de standarder som sätter reglerna för hur LCA:er och EPD:er får utföras. Även Tagenes EPD studerades. Dessa litteraturstudier bidrog med kunskap om hur allokeringen i bergmaterialindustrin sker idag, vilket lade grunden för att kunna ta fram allokeringsmetoderna som frågeställning 1 respektive 2 efterfrågar. Litteraturstudierna lade även grunden för att kunna besvara frågeställning 4.

3.2 Intervjuer

För insamling av kvalitativ data genomfördes intervjuer. Två personer intervjuades, först EPD-ansvarig vid NCC och sedan platschefen för Tagene-anläggningen. Intervjuerna bidrog med en kunskapsöversikt för hela arbetet samt utgjorde ett konkret underlag för att besvara frågeställning 4. Begränsningar för arbetet blev också tydliga efter genomförda intervjuer, bland annat begränsningar av den data som fanns tillgänglig för att kunna tillämpa metoderna. Detta resulterade i att frågeställning 3 fick avgränsas.

Intervjuerna förbereddes innan genomförande med avsikten att på strukturera och standardisera dem. En kvalitativ intervju, även kallad semistrukturerad, ger möjlighet för intervjuaren att förstå svaren i hög grad och respondenten ges möjlighet att framföra dess åsikt mer ingående [22]. Intervjuerna som genomfördes var av högre grad av standardisering, då intervjuernas område var bestämt på förhand [22]. Däremot var båda intervjuerna av förhållandevis låg grad av strukturering, främst på grund av öppna frågor där respondenten gavs möjlighet att svara ingående på ställda frågor [22].

Vidare användes en så kallad *tratt-teknik* [22] som innebär att öppna frågor ställs som sedan mynnar ut i frågor som har högre grad av specificitet. Intervjuaren förberedde olika följdfrågor som kunde passa in på de inledande, öppna frågorna. En risk med kvalitativa intervjuer är att de påverkas av faktorer som ej syns, så som skillnader i

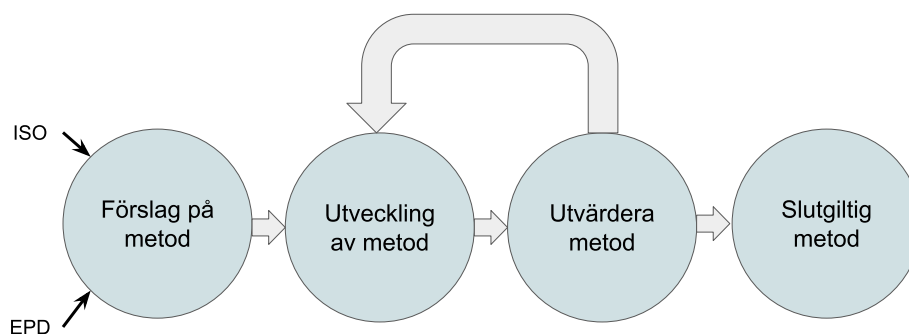
kunskap, personliga åsikter och bakgrund [22]. Genom bland annat kunskap om ämnet hos både intervjuaren och respondenten kan risken för påverkan i intervjun minskas [22]. Intervjuaren var påläst om ämnet inför intervjuerna. Ämnet och potentiella frågor skickades vid den första intervjun (EPD-ansvarig) till respondenten innan intervjuens genomförande, i syfte att minska påverkan. Inför den andra intervjun skickades inga frågor på förhand i samråd med handledare. De förberedda frågorna för EPD-ansvarig kan ses i bilaga A.1 och för platschefen i bilaga A.2. Frågorna som är bifogade var förslag på frågor som kunde ställas under intervjuerna.

3.3 Platsbesök

I syfte att skapa en bättre förståelse för verksamheten genomfördes ett platsbesök där processen föränvisades av platschefen på stenbrottet. Platsbesöket möjliggjorde en bättre förståelse för verksamheten samt en intervju med platschefen. Frågor som framkommit under projektet kunde besvaras, vilket skapade underlag för vidare arbete. Frågor under platsbesöket berörde, bland annat, utförande av EPD, den data som givits från stenbrottet samt specifikationer på maskiner. Under platsbesöket togs även bilder på anläggningen i syfte att presentera i denna rapport men även för att minnas hur anläggningen såg ut efter besöket.

3.4 Utveckling och utvärdering av allokeringsmetoder

Som tidigare nämnt lades grunden till att kunna utforma allokeringsmetoder för frekvent och infrekvent data genom litteraturstudier, främst genom att studera standarderna för hur allokering ska genomföras samt Tagenes EPD. För att utveckla metoden för allokering av frekvent data skapades först en modell för hur allokeringen kan ske. Sedan testades metoden genom att implementera den i ett egenskrivet MATLAB-program som kördes med data från maskiner på Tagene-anläggningen. På så sätt växelverkade arbetet med att utforma metoden i frågeställning 1 med att applicera metoden i frågeställning 3. Metoden justerades iterativt efter test av funktionalitet och utvärdering av förbättringsområden. Processen för att utveckla metoden visualiseras i figur 4.

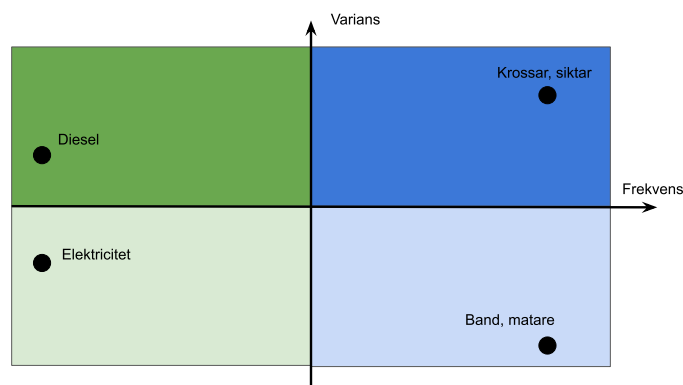


Figur 4: Arbetsgång för utveckling av metod för frekvent data.

För att utveckla metoderna för allokering av infrekvent data var det essentiellt att undersöka hur allokeringen går till idag. Detta gjordes främst genom att studera Tagenes EPD. Därefter utvärderades allokeringsmetodernas möjligheter till förbättring. Med hjälp av återkoppling från handledare formulerades och utvecklades olika allokeringsmetoder för att möta de brister nuvarande allokeringsmetoder har. Varje metod utvärderades utifrån fem egenskaper: Precision, hur mycket arbete den kräver, möjligheten att automatisera metoden, flexibiliteten i tidshorisont för allokeringen och huruvida metoden kan uppfylla kraven som standarderna för utförande av LCA och EPD ställer. Utvärderingen av metoderna syftade till att kvalitativt jämföra dem med varandra och belysa för- och nackdelar snarare än att gradera metodernas egenskaper på en absolut skala.

3.5 Datahantering

För att kunna tillämpa allokeringsmetoderna från frågeställning 1 och 2 på stenbrottet i Tagene, som frågeställning 3 efterfrågar, undersöktes vilken karaktäristik datan över olika typer av miljöpåverkan och förbrukning har. Intervjuerna och platsbesöket bidrog med information om detta. För att överblicka datans karaktäristik placerades de olika typerna av data i grafen i figur 5. Grafen har två axlar, en för varians och en för frekvens. Med varians menas hur stora skillnader som uppkommer i datan. Med frekvens menas med vilken frekvens som datan avläses, frekvensen kan exempelvis vara per månad eller per minut. Grafen har ingen exakt skala, utan de olika typerna av data placerades i grafen endast utifrån sina kvalitativa egenskaper.



Figur 5: Hur analyserad data förhåller sig gentemot varandra.

Utifrån var de olika typerna av data är placerade i grafen i figur 5 avgjordes vilken typ av allokeringsmetod som skulle appliceras på vilken data. Därför applicerades metoden för allokering av frekvent data på energikonsumtionen hos band, matare, krossar och siktar, och metoderna för allokering av infrekvent data applicerades på produktionens dieselförbrukning. Vid appliceringen spelade det inte någon roll hur data varierade, appliceringen skedde på samma sätt så länge den tillhörde samma kategori av frekvens som given metod var utformad för.

För att tillämpa metoden för allokering av frekvent data användes det egenskrivna MATLAB-programmet. Stenbrottet tillhandahöll frekvent data över effekten hos olika maskiner på anläggningen från en treveckorsperiod. Dock fanns inte data över effekt för

alla maskiner. Detta resulterade i att metoden endast kunde appliceras på en mindre del av tillverkningsprocessen. Genom att köra MATLAB-programmet med den tillgängliga datan applicerades allokeringssmetoden för frekvent data på energikonsumtionen för en del av tillverkningsprocessen, för treveckorsperioden.

Då det inte fanns någon verklig infrekvent data att tillgå genererades fiktiv infrekvent data över anläggningens dieselförbrukning. Med hjälp av enkla Excel-program tillämpades allokeringssmetoderna från frågeställning 2 på denna fiktiva data.

4 Resultat

Följande avsnitt är uppdelat efter de olika frågeställningarna. Gällande den frekventa datahanteringen skapades en metod med fem steg där målet är att ta fram användbar och trovärdig information utifrån den data som genereras i dagsläget. I syfte att testa metoden för frekvent data applicerades den på stenbrottet i Tagene. Samma sak gjordes för infrekvent data, först metodutveckling och sedan applicering.

Data allokerades till produkter i stenbrottets första steg för både frekvent och infrekvent data, däremot inte för de sista två stegen i produktionsprocessen. Resultatet för den frekventa datan låg i linje med vad som presenterats i EPD:n [9] för stenbrottet under det första steget i produktionen.

Den sista frågeställningen visade inom vilka områden nyttan med LCA/EPD kan öka, vilket visar sig främst handla om ökat nyttjande av den data som används vid LCA/EPD. För ökat nyttjande finns potential inom drift av stenbrottet i form av effektivitetsmått.

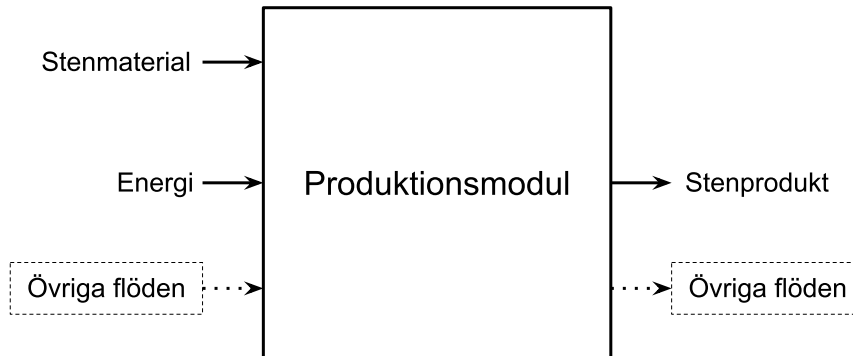
4.1 Frågeställning 1 - Metod för frekvent dataallokering

Den första frågeställningen behandlar data som befinner sig i det högra halvplanet (se figur 5), alltså den med högre frekvens jämfört med resterande data. Denna, frekventa data, är även indelad i två grupper beroende på hur den antas variera. Den senare indelningen påverkar hur datan ska behandlas, där de med lägre varians kommer behandlas som binär. Med binär menas att maskinerna antas vara antingen på eller av gällande energiförbrukning. En metod för allokering av frekvent data bestående av fem steg har skapats.

1. Uppdelning av produktionsprocessen i moduler utifrån processens uppbyggnad
2. Beskrivning av modulen med avseende på maskiner
3. Fastställande av modulens in- och utflöden av råvara samt energi
4. Bearbetning av data för ökad kvalitet
5. Sammanställ och presentera resultatet

Som ett första steg i metoden delas hela produktionen in i moduler. I varje modul finns maskiner, så som krossar, band och siktare. Varje modul har en energikonsumtion som är summan av maskinernas energikonsumtion. In i varje produktionsmodul matas även stenmaterial, det kommer antingen direkt från ett stenbrott eller från en tidigare produktionsmodul. Ut från varje modul kommer stenprodukter, dessa säljs antingen till kund eller går till nästa modul för vidare bearbetning. Det finns även flöden som ej analyseras i detta arbete, dessa kallas "övriga flöden". I "övriga flöden" ingår sådant som ej finns representerad i frekvent data, så som slitagedelar i maskiner (bussningar, packningar med mera) och ämnen för produktionsförbättring (vätska för minskad dammbildning, med mera). För att visualisera detta skapades en "black box" för en produktionsmodul i syfte att underlätta förståelsen för det första steget i den utarbetade metoden (se figur 6). Denna black box ligger som grund till mer detaljerade modeller av varje modul. Anledningen till att moduler används är ISO 14025 [15]. Som tidigare beskrivet står det i standarden att moduler ska användas för att visa var miljöpåverkan

sker. I detta fall innebär det att moduler med hög energiåtgång kan identifieras och förbättras.



Figur 6: Black box för produktionsmodul där produkter som beaktas i arbetet markeras utan streckade linjer och med heldragna pilar. Flöden som existerar men ej ges hänsyn till i arbetet markeras med streckade rutor och streckade pilar.

Metodens första steg är alltså:

1. Uppdelning av produktionsprocessen i moduler utifrån processens uppbyggnad.

Nästa steg blir förståelse för hur produktionen i de enskilda modulerna fungerar. Det handlar om att fastställa vilka maskiner som verkar i varje modul. Detta görs då vissa maskiner kan antas vara binära, alltså antingen vara i drift vid en bestämd effekt eller helt avstängda. I förlängningen påverkas den slutgiltiga energiförbrukningen av hur maskinerna fungerar, därav kravet på uppställning av maskinerna som verkar. Andra maskiner har effekt given som utdata, vilken då kan användas direkt i de senare beräkningarna. Som hjälp i detta arbete kan mer detaljerade modeller av den "black box" som beskrivs tidigare användas. I och med det formuleras metodens andra steg:

2. Beskrivning av modulerna med avseende på maskiner.

Som nästa steg i metoden allokeras energikonsumtionen till varje produkt efter hur stor andel av den totala massan varje produkt har, denna process upprepas för varje maskin i hela modulen (se ekvation 1). Anledningen till att massandel används är på grund av att det är fördelningen som beskrivs i EN 15804:2012+A2:2019 för allokering av miljöpåverkansdata. I ekvation 1 är E energiåtgång, m massa, k antalet maskiner i modulen produkter genomgår och t antalet tidssteg som undersöks. I detta fall är m_{total} den totala massan av stenmaterial som går genom maskin n och $m_{produkt}$ massan av den produkt som ska undersökas gällande energiåtgång. Denna beräkning genomförs för varje tidssteg i datan. I summeringarna är n index för maskinen som undersöks och j för tidssteg.

$$E_{produkt} = \sum_{n=1}^k \sum_{j=1}^t E_{maskin_{nj}} \frac{m_{produkt_{nj}}}{m_{total_{nj}}} \quad (1)$$

Mer ingående kan massorna m_{total} och $m_{produkt}$ beskrivas enligt följande uttryck då dessa varierar beroende på vilka produkter som produceras i anläggningen under olika tidsperioder. Först att beskrivas är m_{total} enligt ekvation 2, där t är antalet tidssteg som undersöks. Den summerar alltså den totala massan under ett bestämt antal tidssteg.

$$m_{total} = \sum_{i=1}^t m_{total_i} \quad (2)$$

Den totala massan kan även beskrivas med hjälp av en integral enligt ekvation 3, där används istället massflödet $\dot{m}_{total}$ under en bestämd tidsperiod t . Det är viktigt att ingående data representerar det tidssteget för vilket det finns data för så att den inte representerar ett snitt för ett kortare tidssteg.

$$m_{total} = \int_0^t \dot{m}_{total} dt \quad (3)$$

Anledningen till de två varianterna av uträkning för m_{total} är då tillgänglig data påverkar vad som är möjligt att genomföra. Nästa massa att beskrivas mer ingående är $m_{produkt}$, alltså massan för en viss produkt. Även här behövs definition av hur massan är beräknad, då den varierar beroende på hur produktionen är inställd samt vilken tidsperiod som undersöks. Det första fallet är när producerad massa per tidssteg är given, då beräknas $m_{produkt}$ enligt ekvation 4, där t är antalet tidssteg som undersöks.

$$m_{produkt} = \sum_{i=1}^t m_{produkt_i} \quad (4)$$

Även för $m_{produkt}$ finns ett annat alternativ för att räkna ut massan, det är när massflödet är angivet och längd på tiden som undersöks (t). Uträkningen kan ses i ekvation 5.

$$m_{produkt} = \int_0^t \dot{m}_{produkt} dt \quad (5)$$

Dessa uträkningar blir den tredje delen av metoden för allokering av frekvent data, vilket innebär att modulens in- och utflöden av energi och massa fastställs för att kunna göra vidare beräkningar. Detta ger metodens tredje steg:

3. Fastställande av modulens in- och utflöden av råvara samt energi.

När data för in- och utflöden insamlats behöver den behandlas. Mätfel kan uppkomma vilket kan ge felaktiga värden, exempelvis kan negativa mätvärden uppkomma där de egentligen ska vara positiva. Ett annat område inom mätfel är saknade datapunkter. Oavsett vilka former av mätfel som uppkommer måste data som används behandlas för att uppvisa så trovärdigt resultat som möjligt. Det är viktigt att den data som ändras eller fylls i görs på ett konservativt vis, i enlighet med EN 15804:2012+A2:2019. Detta leder till metodens fjärde steg:

4. Bearbetning av data för ökad kvalitet.

När de tidigare fyra stegen är genomförda är sammanställning och presentation det sista steget som genomförs, i syfte att överblicka den information som har tagits fram. Det kan handla om att ta fram nyckeltal för produktionen med hjälp av den data från tidigare steg. Det kan även omfatta sammanställning av de slutliga produkternas

energiåtgång. Detta genomförs genom att som nedan beskrivet summera alla energisignaturer från respektive modul. I ekvation 6 är z modulen som undersökts och x antalet totala moduler i systemet.

$$E_{produkt_{total}} = \sum_{z=1}^x E_{produkt_z} \quad (6)$$

Vidare kan även effektivitetsmått beräknas så som andelen aktiv tid av totalt tillgängliga tiden. Detta ger det femte, och sista steget:

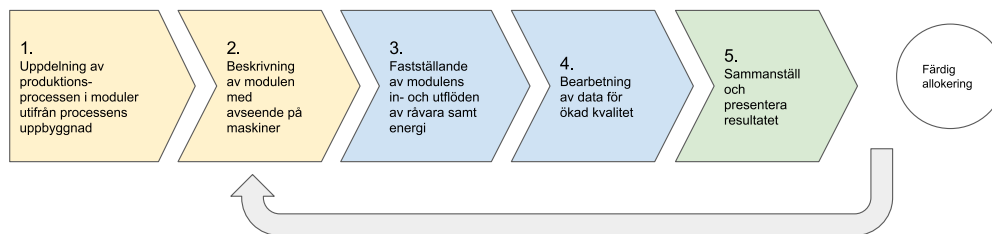
5. Sammanställ och presentera resultat.

Det som framställs i sista steget är beroende på vad utföraren vill uppnå med analysen. Vissa kan efterfråga resultatet som ett genomsnitt över hela året samtidigt som andra kan efterfråga upplösning på minutbasis. Målet med metoden är bland annat att möjliggöra olika former av analyser med avseende på tidsram. Det är i sista steget allokeringen sker.

Beskriven metod innehåller fem huvudsakliga steg där alla syftar till att allokera frekvent data med avseende på energiförbrukning till slutprodukt. Om alla steg används är målet att skapa ett resultat som uppfyller flertalet ISO-standarder. Koppling till ISO 14001 finns genom applicering av metoden i organisationers miljöledningssystem för kommunikation av resultaten. Vidare kommer miljödeklarationer utförda enligt ISO 14025 underlättas genom korrekt data som kan användas med syfte att ej vilseleda information som når kunder om produkterna. För att skapa transparens enligt ISO 14025 delades produktionen in i moduler för att underlätta förståelse och möjlighet för identifiering av miljöpåverkan. ISO 14040 berörs genom rapportering av resultat från analysen. Resultaten skapar underlag till en LCA som i nästa led beskriver den miljömässiga påverkan som produkterna ger upphov till. Då allokering genomförs i metoden utifrån fysiska egenskaper (massa) hos materialen så uppfylls även delen av ISO 14044 som bland annat behandlar metoder för allokering av data.

För att visualisera metoden har en modell skapats över metoden med tre aktivitetsområden (se figur 7). Med aktivitetsområden menas vilken form av arbete som ska utföras i varje av de fem stegen. Första arbetet är det sammanställande som skapar förståelse för processen, i modellen markerat med gult. Därefter kommer databehandling som representeras av blått i modellen. Databehandling innefattar både insamling och bearbetning av data. Det sista steget är det redovisande där resultaten blir förståeliga och användbara för olika målgrupper, i modellen visas detta steg med grön färg.

Tanken är att dessa steg upprepas för varje modul i produktionsprocess (med undantag för steg 1 som redan är gjort efter ett varv) vilket innebär att metoden fungerar oavsett hur många moduler som omfattas. Steg 5 är det sista steget som genomförs innan allokeringen är slutförd.



Figur 7: Visualisering av utarbetad metod för frekvent data. Gult representerar förståelse för processen, blått representerar databehandling och grönt representerar sammanställning av resultat.

En utarbetad metod för allokering av frekvent data kan vara en del i ett miljöledningssystem i enlighet med ISO 14001. En sådan metod kan användas vid bland annat utveckling av miljödeklarationer och utbildning av personal, vilka båda är delar i ISO 14001. Vidare kan även en metod användas i kommunikation av organisationens ansvarstagande gällande miljöarbete.

För att möjliggöra implementering i en operativ verksamhet av de framtagna metoderna för energiallokering krävs det att dessa är i enlighet med givna standarder inom området. Detta är något som under arbetet var svårt att veta huruvida metoderna är i linje med standarder eller ej. Gällande allokering av frekvent data har några områden från standarder tagits i beaktning vid utformningen. Det första är att energiallokering sker utifrån fysikaliska egenskaper hos produkterna, vilket är givet som metod i både EN 15804 [5] samt i ISO 14044 [17]. I detta fall sker allokering utifrån produkternas massa, vilket är fysikalisk egenskap. En annan egenskap som hade kunnat beaktas är densitet, som är kopplat till massa och volym. Ett annat område som till viss del styrts av standarder är hantering av datapunkter som saknas. I implementeringen saknades i princip inga datapunkter men det togs hänsyn till detta ändå i enlighet med EN 15804 [5]. Gällande utformning av den övergripande metodiken användes ISO 14001 [16], ISO 14025 [15] samt ISO 14040 [11] som inspiration men även som vägledning. Det handlar exempelvis om att skapa kunskap om metoden och möjliggöra mätning av miljömål i enlighet med ISO 14001. Vidare användes moduler för att dela in produktionsprocessen, vilket beskrivs i ISO 14025. För att verka i enlighet med ISO 14040 så presenteras uträkningar som leder till den slutgiltiga allokeringen för att låta metoden granskas kritiskt.

4.2 Frågeställning 2 - Metod för infrekvent dataallokering

I följande avsnitt behandlas arbetets andra frågeställning: *Hur kan infrekvent data från tillverkningsprocessen allokeras till bergmaterialprodukter?* Sex olika allokeringsmetoder presenteras och utvärderas för att besvara frågan. Metoderna utvärderas baserat på precision, hur mycket arbete som krävs, möjlighet till automatisering, flexibilitet att välja tidshorisont för allokeringen och huruvida de möjligen uppfyller standarder för utförande av LCA och EPD. Automatisering av metoderna är önskvärt då detta hade gjort dem tidseffektiva att tillämpa samt underlättat utförande.

Allokeringsmetoderna kan delas in i två grupper, retroaktiva metoder och proaktiva metoder. I arbetet definieras en retroaktiv metod som en metod för att fördela *redan uppmätt* data på produkter. Metoden som används i det studerade stenbrottet är ett exempel på en retroaktiv metod. Proaktiva metoder fördelar prognosticerad data på produkter.

4.2.1 Metod 1 - Fakturaavläsning och jämn fördelning

Metod 1 är en simpel retroaktiv metod. Dieselallokeringen i det studerade stenbrottet, beskriven ovan, är ett exempel på denna metod. Metodens algoritm är följande:

1. Välj en typ av infrekvent data och en tidsperiod för allokering. Tidsperioden måste vara ett helt antal fakturaperioder.
2. Summera konsumtionen av given data för vald tidsperiod genom att summera värdena från fakturorna under perioden och summera den totala massan av de under tidsperioden producerade produkterna.
3. Ansätt nyckeltalet för varje produkt till

$$N = \frac{K}{m}, \quad (7)$$

där N är produktionens nyckeltal [konsumtion per viktenhet], K är summan av konsumtionen av given data för perioden och m är den totala massan av periodens produktion.

Metod 1 allokerar konsumtionen jämnt på alla produkter, vilket EN 15804 godkänner som allokeringsmetod. För diesel förbrukning på Tagene-anläggningen används denna typen av jämna allokering i EPD:n. Den totala mängden av den infrekventa data K som ska allokeras är exakt. Flexibiliteten i tidshorisont är måttlig då man bara kan välja denna till ett helt antal fakturaperioder. Om det inte finns förkunskap om hur konsumtionen av given infrekvent data skiljer sig mellan de olika produkterna kan det vara rimligt att anta att konsumtionen fördelar sig jämnt mellan produkterna, i brist på mer precisa alternativ. Detta antagande kan återspegla verkligheten om konsumtionen faktiskt är jämnt fördelad, men det kan vara en grov förenkling om den inte är det, i så fall riskerar de resulterande värdena att bli missvisande. Generellt bedöms metodens precision att vara låg.

4.2.2 Metod 2 - Fakturaavläsning och anpassad fördelning

Denna metod är retroaktiv och fungerar likt metod 1 fast är mer precis och kräver förkunskaper om hur mycket varje produkt bidrar till konsumtionen av given infrekvent data. Metodens algoritm är följande:

1. Välj en typ av infrekvent data och en tidsperiod för allokering. Tidsperioden måste vara ett helt antal fakturaperioder.
2. Antag en fördelning av hur stor andel av den totala konsumtionen av given data som varje produkt bidrar med under den aktuella tidsperioden.
3. Summera konsumtionen av given data för vald tidsperiod genom att summera värdena från fakturorna under perioden. För *varje enskild produkt*, summera den massa som har producerats under perioden.
4. För produkt i , ansätt nyckeltalet N_i till

$$N_i = \frac{p_i K}{m_i}, \quad (8)$$

där K är den totala konsumtionen av given data, p_i är andelen av den totala konsumtionen som produkt i bidrar med under den valda tidsperioden och m_i är den producerade massan av produkt i .

Denna metod uppfyller rimligen kraven som standarderna ställer då elförbrukningen på Tagene-anläggningen i EPD:n allokeras på ett snarlikt sätt, med hjälp av förkunskaper om hur mycket de olika produkterna konsumerar relativt varandra. Liksom metod 1 beräknar metod 2 den totala mängden av datan som ska allokeras exakt. Flexibiliteten i tidshorisont är måttlig, som för metod 1.

Visst arbete krävs för att ta fram hur stor andel av konsumtionen varje produkt står för under perioden. För att ta fram dessa andelar krävs för det första kunskap om hur stor andel respektive produkt utgör av den totala massan färdiga produkter under perioden. För det andra behövs kunskap om hur mycket de olika produkterna konsumerar relativt varandra. Därefter kan dessa andelar beräknas. Själva beräkningen kan enkelt göras med hjälp av datorprogram och hade kunnat automatiseras. Om man har kunskap om hur mycket de olika produkterna konsumerar relativt varandra ger denna metod mer precisa resultat än metod 1. Metodens precision beror på hur exakt förkunskapen om de olika produkternas konsumtion är.

4.2.3 "Aktiva dagar"-faktorn

Genom att använda "aktiva dagar"-faktorn (a) kan man använda metod 1 och 2 (eller snarlika versioner av metoderna) för tidsperioder kortare än en fakturaperiod. I arbetet definieras denna faktor som

$$a = \frac{d_p}{d_f}. \quad (9)$$

Här är d_p antalet dagar som stenbrottet är aktivt under tidsperioden som allokering sker för. Stenbrottet räknas som aktivt de dagar då det producerar produkter. Vidare är d_f

antalet aktiva dagar under fakturaperioden. En förutsättning för att kunna använda "aktiva dagar"-faktorn är att hela den aktuella tidsperioden ligger i en och samma fakturaperiod. Beräkningen av a kan enkelt automatiseras.

Algoritmen för metod 1 med "aktiva dagar"-faktorn blir följande:

1. Välj en typ av infrekvent data och en tidsperiod för allokering. Tidsperioden måste ligga inom en och samma fakturaperiod.
2. Beräkna "aktiva dagar"-faktorn a för den valda tidsperioden enligt formeln 9.
3. Summera den totala massan av de under tidsperioden producerade produkterna och avläs konsumtionen av given data från fakturan från aktuell fakturaperiod.
4. Ansätt nyckeltalet för varje produkt till

$$N = \frac{aK}{m}, \quad (10)$$

där K är konsumtionen av given data under fakturaperioden och m är den totala massan av de producerade produkterna under den valda tidsperioden.

Om man istället för att använda "aktiva dagar"-faktorn hade delat konsumtionen jämnt på alla dagar under fakturaperioden hade resultatet blivit felaktigt. Om den valda tidsperioden enbart hade innehållit aktiva dagar hade resultatet blivit för lågt och om den hade innehållit en stor andel inaktiva dagar hade det blivit för lågt.

Med denna justering kan tidshorisonten för metod 1 väljas från mellan en dag (eller den minsta tidsenhet datan innehåller över produktionen) till en fakturaperiod. Denna flexibilitet kommer dock på bekostnad av att mängden given data som ska allokeras inte längre är exakt. Uttrycket aK är en uppskattning av hur mycket av den givna datan som konsumerades under tidsperioden utifrån förenklingen att konsumtionen är lika stor under varje aktiv dag. Uppskattningen är mer eller mindre bra beroende på hur mycket konsumtionen varierar mellan aktiva dagar. I övrigt har denna variant av metod 1 samma egenskaper som beskrivits tidigare. Det är värt notera att man kan använda en annan faktor än "aktiva dagar"-faktorn om det finns mer kunskap om hur konsumtionen fördelar sig mellan olika dagar under en fakturaperiod.

Algoritmen för metod 2 med "aktiva dagar"-faktorn blir följande:

1. Välj en typ av infrekvent data och en tidsperiod för allokering. Tidsperioden måste ligga inom en och samma fakturaperiod.
2. Beräkna "aktiva dagar"-faktorn a för den valda tidsperioden enligt formeln 9.
3. Antag en fördelning p_i baserat på förkunskaper.
4. Avläs konsumtionen av given data från fakturan under aktuell fakturaperiod. För *varje enskild produkt*, summera den massa som har producerats under perioden.
5. För produkt i , ansätt nyckeltalet N_i till

$$N_i = \frac{p_i a K}{m_i}, \quad (11)$$

där K är konsumtionen av given data under fakturaperioden, p_i är andelen av den totala konsumtionen som produkt i bidrar med under den valda tidsperioden och m_i är den, under tidsperioden, producerade massan av produkt i .

Liksom för metod 1 är skillnaden mellan metod 2 med och utan "aktiva dagar"-faktorn att för den sistnämnda kan en kortare tidsperiod väljas, men denna har också sämre precision då mängden av den givna datan som ska allokeras inte blir exakt utan en uppskattning. Metod 1 och 2 med "aktiva dagar"-faktorn riskerar att inte uppfylla kraven från EN 15804 på grund av detta.

4.2.4 Metod 3 - Prediktera nyckeltal för hela produktionen

Metod 3 syftar till att förutsäga ett nyckeltal för hela produktionen (motsvarande nyckeltalet från metod 1 enligt ekvation 7) för en tidsperiod som man ännu inte fått fakturan för. Det är en proaktiv allokeringssmetod som ansätter det resulterande nyckeltalet till alla produkter. Den prognosticerade konsumtionen fördelas alltså jämnt på alla produkter. För att förutsäga kommande perioders nyckeltal används någon typ av prediktionsmetod som med hjälp av historiska nyckeltal kan uppskatta framtida nyckeltal. Man kan till exempel använda sig av rullande medelvärde eller säsongindex [23], men detta arbete går inte djupare in på prediktionsmetoder.

Algoritmen för metod 3 är följande:

1. Välj en typ av infrekvent data, en tidsperiod för allokering och en prediktionsmetod. Prediktionsmetoden antas kräva n historiska nyckeltal från n på varandra följande fakturaperioder fram till den valda tidsperioden.
2. Utför metod 1 för dessa n fakturaperioder och spara de resulterande nyckeltalen $\frac{K}{m}$.
3. Använd prediktionsmetoden för att prediktera den valda tidsperiodens nyckeltal.
4. Ansätt nyckeltalet för varje produkt till detta predikterade nyckeltal.

Eftersom allokeringen i metod 3 inte bygger på uppmätt data från tidsperioden utan prognosticerad borde den inte uppfylla kraven från standarder för utförande av LCA. På samma sätt som för metod 1 är precisionen i allokeringen för metod 3 låg eftersom konsumtionen (eller för metod 3, den prognosticerade konsumtionen) fördelas jämnt på alla produkter. Dessutom tillkommer prediktionsmetodens fel. Hur stort detta fel blir beror på hur väl prediktionsmetoden fungerar för det aktuella fallet. Metoden har stor flexibilitet i tidshorisont, tidsperioden kan vara av valfri längd. För att undvika fel borde dock tidsperioden väljas till samma som den prediktionsmetoden predikterar nyckeltalet för. Att ansätta prediktionsmetodens nyckeltal till en kortare eller längre period hade lett till en grövre uppskattning.

Då metod 1 utförs n gånger i steg 2 kräver detta steg rimligen n gånger mer arbete än metod 1. Sedan tillkommer arbetet att med hjälp av prediktionsmetoden prediktera nyckeltalet, men detta lär inte vara så stort för enkla prediktionsmetoder. Hur mycket arbete som metod 3 kräver beror alltså på prediktionsmetoden och hur många historiska nyckeltal den kräver. Steg 1 och 2 går inte att automatisera då de kräver avläsning av

faktura. Prediktionsmetoden borde däremot i många fall kunna automatiseras.

Om metod 3 utförts väl en gång är det inte lika mycket arbete att utföra den för nästkommande period. Då behöver bara metod 1 utföras en gång till och få det senaste "historiska nyckeltalet" och sedan tillämpa prediktionsmetoden igen. Denna procedur hade krävt ungefär lika stort arbete som att utföra metod 1.

4.2.5 Metod 4 - Prediktera nyckeltal för varje produkt

Metod 4 är en proaktiv allokeringssmetod som syftar till att förutsäga nyckeltalen för varje produkt (motsvarande nyckeltal från metod 2 enligt ekvation 8). Metodens algoritm är följande:

1. Välj en typ av infrekvent data, en tidsperiod för allokering och en prediktionsmetod. Prediktionsmetoden antas kräva n historiska nyckeltal från n på varandra följande fakturaperioder fram till den valda tidsperioden.
2. Utför metod 2 för dessa n fakturaperioder och spara de resulterande nyckeltalen $\frac{p_i K}{m_i}$.
3. Använd prediktionsmetoden för att prediktera nyckeltalen för varje produkt i .
4. För produkt i , ansätt nyckeltalet N_i till det predikterade nyckeltalet för produkt i .

Då även denna metod bygger på prognosticerad data snarare än uppmätt borde den inte uppfylla standarder för utförande av LCA. Den kan dock vara mer precis än metod 3 då den fördelar den prognosticerade konsumtionen efter förkunskap om produkternas individuella konsumtion. Precisionen beror på hur precisa de historiska nyckeltalen är (som fås från metod 2), vilket beror på hur precisa konsumtionsandelarna p_i är för de tidigare fakturaperioderna. Metod 4 är mindre precis än metod 2 på grund av prediktionssteget. Hur mycket de prognosticerade nyckeltalen avviker från de faktiska nyckeltalen beror på prediktionsmetodens precision. På samma sätt som beskrevs för metod 3 är flexibiliteten i tidshorisont stor, men för att undvika ytterligare fel bör tidsperioden för allokering väljas till den tidsperiod som prediktionsmetoden avser att prediktera nyckeltal för.

Arbetsinsatsen som krävs för denna metod är relativt hög. I steg 2 behöver metod 2 utföras n gånger. Varje gång behöver man ta fram hur stor andel av konsumtionen som varje produkt står för för just den perioden. Även metod 4 är svår att automatisera eftersom de två första stegen kräver faktura-avläsning, men prediktionssteget borde kunna automatiseras.

Om metod 4 redan utförts en gång är det inte lika mycket jobb att utföra metoden igen för nästkommande period. Då behöver bara metod 2 utföras en gång till, för den senaste fakturaperioden, för att nyckeltalet för nästkommande period ska kunna predikteras.

4.2.6 Sammanställning av utvärderingen av metoderna

En sammanfattande utvärdering av metoderna presenteras i tabell 1. De omdömen som ges i tabellen är förenklade och bör främst användas för att jämföra metoderna med varandra.

Tabell 1: Sammanställning av utvärderingen av metoderna.

	Metod 1	Metod 2	Metod 1 med <i>a</i>	Metod 2 med <i>a</i>	Metod 3	Metod 4
Proaktiv/retroaktiv	Retroaktiv	Retroaktiv	Retroaktiv	Retroaktiv	Proaktiv	Proaktiv
Uppfyller LCA-standarder	Ja	Ja	Möjligen	Möjligen	Nej	Nej
Tidseffektivitet	Hög	Relativt låg	Hög	Relativt låg	Medel	Låg
Precision	Relativt låg	Relativt hög	Låg	Medel	Låg	Medel
Flexibilitet i tidshorisont	Låg	Låg	Hög	Hög	Hög	Hög
Möjlighet till automatisering	Låg	Låg	Låg	Låg	Låg	Låg

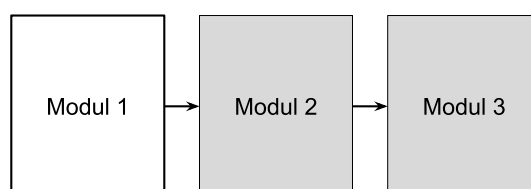
4.3 Frågeställning 3 - Applicering av metoder för dataallokering

Den tredje frågeställning använder de tidigare presenterade metoderna för allokering av både frekvent och infrekvent data. Detta i syfte att påvisa funktionaliteten hos metoderna. För frekvent data analyserades det första steget i produktionen hos undersökt stenbrott. För infrekvent data användes fiktiv data då riktig inte fanns att tillgå.

4.3.1 Applicering - allokering av frekvent data

I syfte att påvisa utvecklad metods funktionalitet applicerades på stenbrottet i Tagene. Den frekventa data som användes var bland annat minutvis effektdata från en treveckorsperiod för en del av maskinerna på Tagene-anläggningen. Den utvecklade metoden efterföljdes och resultaten från det presenteras i följande avsnitt. Bland annat togs nyckeltal fram för energianvändning. Som referensvärde på nyckeltalen finns EPD:n [9] från stenbrottet i Tagene att jämföra med. I bilaga C finns de program som skapats vid allokering av frekvent data.

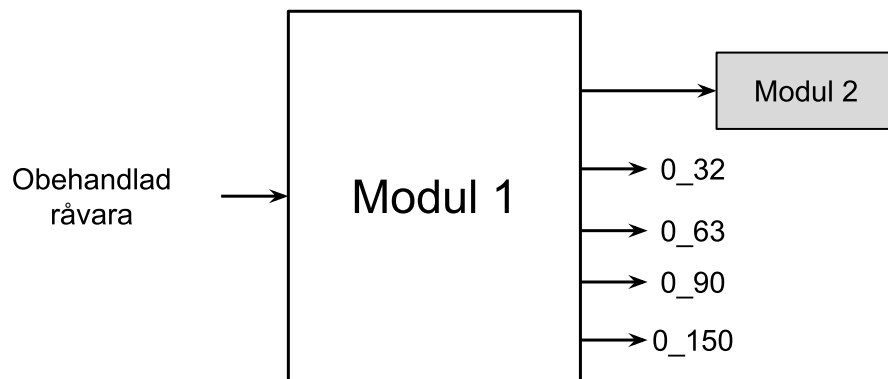
Steg 1 Först skapades tre moduler (se figur 8) enligt steg 1. Uppdelningen baserades på tillgänglig processbeskrivning av anläggningen, där varje steg skapar produkter som har mindre och mindre kornstorlek. Under arbetet med implementeringen lades fokus på den första modulen då det ej fanns någon ritning över resterande delar av anläggningen eller tillräcklig data att tillgå för de två sista modulerna. Detta omöjliggjorde en trovärdig allokering för de två sista stegen i produktionen.



Figur 8: Moduler i undersökt stenbrott.

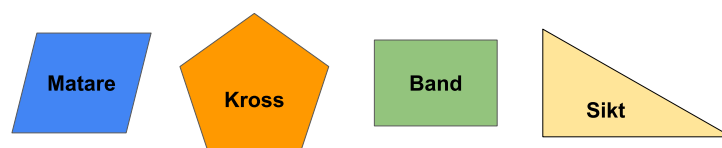
Modul 1 i appliceringen kallas i branschtermen *förkross* och är den första bearbetningen som sker i processen (frånsett brytningen). Det innebär att alla produkter som tillverkas

vid stenbrottet går genom modul 1. Från modul 1 kommer fyra slutprodukter ut, dessa kallas 0_32, 0_63, 0_90 och 0_150 (se figur 9). Utöver de fyra slutprodukterna går även material vidare till de andra modulerna på anläggningen.



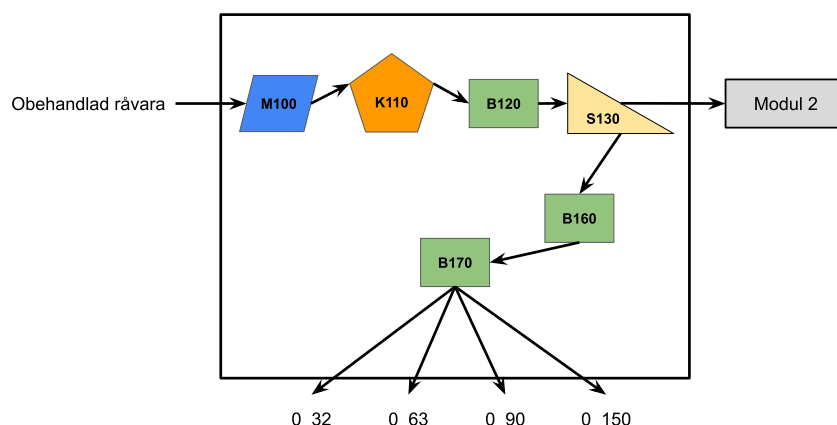
Figur 9: Flöde av produkter i modul 1 presenterat i black box-diagram.

Steg 2 När den övergripande modellen var klar skapades en mer detaljerad överblick, där maskiner i modulen fastställdes. Till det skapades visuella modeller för de olika maskintyperna (se figur 10). Totalt finns fyra typer av maskiner i den undersökta modulen.



Figur 10: Typer av maskiner som används i modul 1

Maskinerna placerades sedan ut i en översiktbild enligt tillgänglig information om produktionssystemet (se figur 11).



Figur 11: Visualisering av produktionsflöde i undersökt modul.

De olika maskinerna som finns i modul 1 sammanställdes även i tabell 2. Sammanställningen och beskrivningen är delar i steg 2 hos metoden för allokering.

Tabell 2: Sammanställning av maskiner i modul 1.

Maskin	Typ	Vilka produkter
M100	Matare	Alla
K110	Kross	Alla
B120	Transportband	Alla
S130	Sikt	Alla
B160	Transportband	0.32, 0.63, 0.90, 0.150
B170	Transportband	0.32, 0.63, 0.90, 0.150

Från figur 11 och tabell 2 går det att urskilja att alla maskiner inte behandlar alla produkter. Det innebär att all energi från givna maskiner ej kan fördelas jämnt till alla produkter. I modul 1 produceras fyra "slutprodukter". Med slutprodukt menas de produkter som inte kräver vidare förädling innan försäljning. Det går även råvara vidare till nästa steg i produktionen, de produkter som går vidare ingår i "alla" produkter. Gällande modeller för de maskiner som används krävs antaganden då modeller på matare och transportband ej fanns angivna. Information sammanställdes om alla maskiner i modul 1 där data gällande effekt för vissa av maskinerna fick antas (se tabell 3). Antaganden baseras på vilka maskiner som skulle kunna användas utifrån de maskiner som finns på marknaden idag. Anledningen till att *K110* och *S130* tar effekt "från data" är på grund av att den fanns given i kontinuerlig data från stenbrottet. Sammanställningen var det sista arbetet i metodens steg 2.

Tabell 3: Modeller och effektdata för maskiner i modul 1.

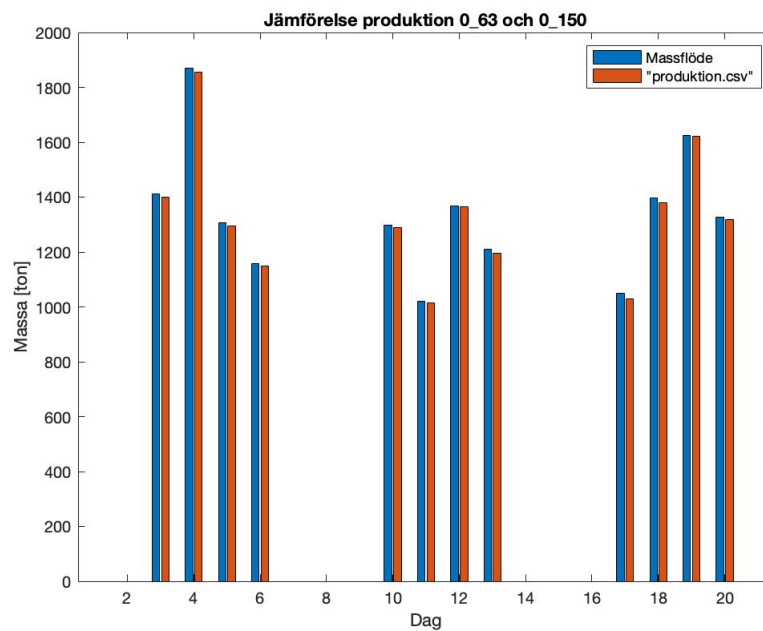
Maskin	Effekt	Kommentar
M100	15 kW	Antagande [24]
K110	Från data	Givet i data
B120	22 kW	Antagande [25]
S130	Från data	Givet i data
B160	9,2 kW	Antagande [25]
B170	9,2 kW	Antagande [25]

Steg 3 Nästa steg i appliceringen var fastställande av in- och utflöden hos modulen i enlighet med steg 3. Till hjälp fanns dagsproduktion av varje slutprodukt samt olika former av kontinuerlig data från berörda maskiner. Formen på tillgänglig data för maskinerna varierade och finns sammanställt i tabell 4.

Tabell 4: Tillgänglig kontinuerlig data för maskiner i modul 1.

Maskin	Form av data	Frekvens
M100	Hastighet, materialnivå	Minut
K110	Effekt, materialnivå	Minut
B120	Massflöde	Minut
S130	Effekt	Minut
B160	Massflöde	Minut
B170	Massflöde	Minut

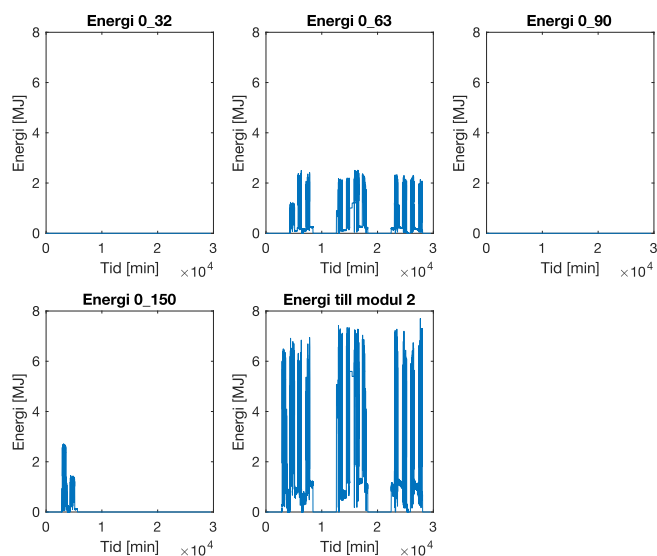
När information om tillgänglig data var fastställd fanns en grund att basera in- och utflöden hos modulen på. För flödet av råmaterial användes en kombination av massflöden från band och den dagliga produktionen från produktionsdata. Energiflöden fastställdes genom undersökning av effektdata samt fastställning av tidpunkter då maskiner utan tillgänglig effektdata varit i drift genom bland annat hastigheter och massflöden. För maskiner utan tillgänglig effektdata användes ett binärt antagande. Det innebar att dessa maskiner antogs verka vid en effekt om 80% av maxeffekt när de uppvisade data på att vara i drift. Maskinerna antogs vara i drift när effekten var 1% eller högre av det maximala värdet. Som ett led i att säkerställa att flöden stämmer överens mellan olika datakällor gjordes ett stickprov genom att jämföra massflöden för produkterna 0_63 och 0_150 från två källor av data (se figur 12). Jämförelsen visar att båda datakällorna ger liknande utfall. Efter att flöden var fastställda kunde nästa steg påbörjas i allokeringen.



Figur 12: Jämförelse av massflöde från datakällorna massflöde från maskiner samt sammanställd produktion (benämnd "produktion.csv").

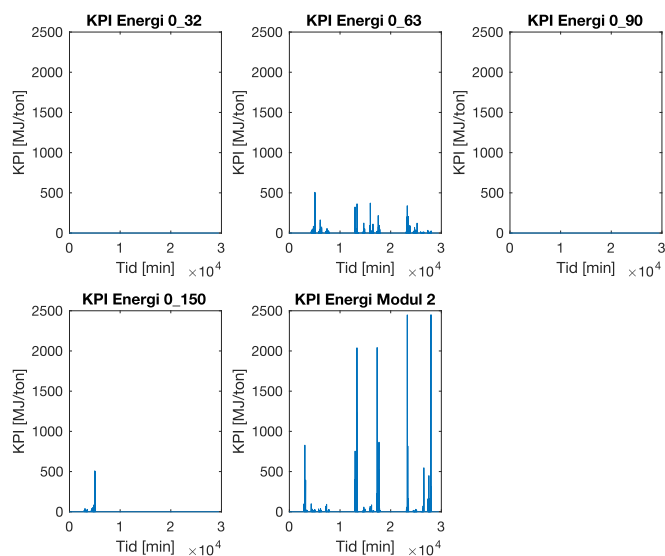
Steg 4 Det fjärde steget innehållande bearbetning av data skedde först genom att säkerställa att den data som givits har värden som fungerar i praktiken. Det handlade om borttagning av negativa värden där dessa ej är möjliga, så som för massflöden. Om felvisande värden används blir allokeringen fel, då energi eller massa inte kommer sammanställas på korrekt vis. De två källorna som fanns tillgängliga var total produktion under varje dag för undersökt period samt frekvent data för varje minut hos alla maskiner (se tabell 4). För att fylla potentiella datagap användes "spline interpolation" på grund av den mer precisa fyllningen jämfört med "linjär interpolation". Nästa del i bearbetningen var allokering av energi till de olika produkterna i modul 1. Det första steget var sammanställning av de totala flödena i modulen av energi och sten. När detta var genomfört var datan behandlad för att kunna presenteras i nästa steg.

Steg 5 Presentation och sammanställning av data skedde via diagram och nyckeltal. Ett diagram för energiåtgången gjordes (se figur 13), från vilket kan ses att åtgången är jämn över tid för alla produkter. Värt att nämna är att inga produkter av typ 0_32 och 0_90 producerades under treveckorsperioden.



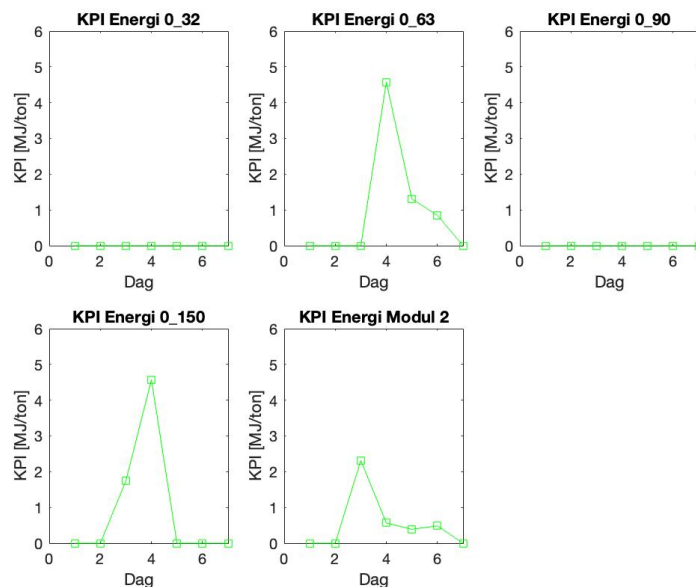
Figur 13: Energiåtgång för de olika produkterna under undersökt tidsperiod.

Det nyckeltal som presenteras nedan är energiåtgång per producerad massa. Det gjordes för olika tidsperioder. Den första tidsperioden som presenteras är per minut (se figur 14). Från graferna kan det ses att stora variationer förekommer, vilket kan vara på grund av låga massflöden trots att maskiner fortfarande är i drift.



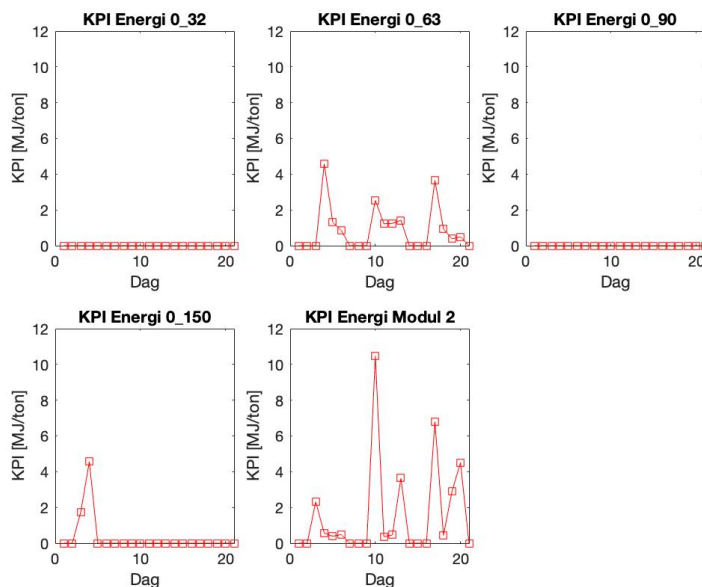
Figur 14: Graf över energiåtgång per producerad massa för varje minut. I graferna kallas energiåtgång per producerad massa för KPI (*Key Performance Indicator*), vilket är synonymt med nyckeltal.

Nästa tidsperiod att presenteras är varje dags nyckeltal (se figur 15) under den första veckan för undersökt period. Dessa värden varierar inte lika mycket som för minutupplösning vilket dessutom gör dem lättare att läsa ut visuellt.



Figur 15: Graf för varje dags energiåtgång per producerad massa under periodens första vecka.

Ett lite längre tidsperspektiv presenteras även i form av energiåtgång per massa för hela treveckorsperioden (se figur 16).



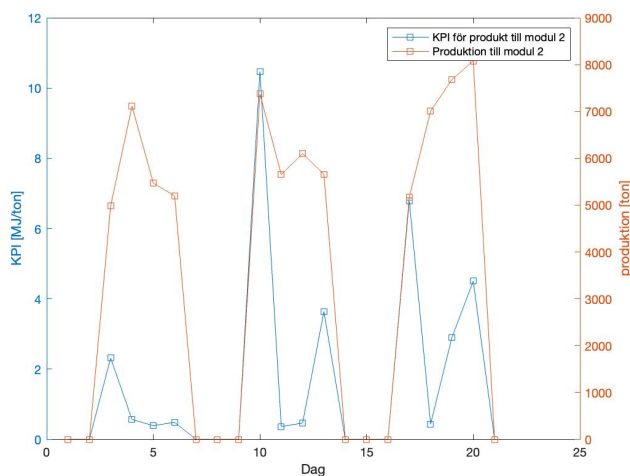
Figur 16: Graf för varje dags energiåtgång per producerad massa under hela treveckorsperioden.

Den sista tidsperioden att presentera är ett genomsnitt under hela treveckorsperioden (se tabell 5).

Tabell 5: Genomsnittliga värden för energiåtgång per producerad massa under hela perioden.

Produkt	Energiåtgång per producerad massa (MJ/ton)
0_32	0
0_63	4,19
0_90	0
0_150	6,12
Till modul 2	7,50

Sammanfattning En jämförelse gjordes mellan energiåtgången given i EPD:n för stenbrottet samt det resultat som utvecklad metod genererade. Det som jämfördes var medelvärdet på energiförbrukning per massenhet under hela treveckorsperioden, vilket är vad som undersökts på årsbasis i EPD:n. I EPD:n redovisas en energianvändning av förnyelsebar energi (elektricitet) på 6,9 megajoule per ton för produktgrupp 1 [9], i produktgrupp 1 ingår de slutprodukter som analyserats i detta arbete. Resultatet som utvecklad metod skapat visar en energiförbrukning mellan 4,19 och 6,12 megajoule per ton (se tabell 5). Det innebär att det resultat som skapats med metodiken i detta arbete stämmer förhållandevis väl överrens med det officiella värdet som publiceras. Som ett försök till att se någon form av mönster mellan mängden produkt som produceras och energiförbrukning per massenhet skapades en graf där dessa jämförs på daglig bas (se figur 17). Från denna figur ses en tydlig trend, att energiförbrukningen per massenhet är högre i början av varje vecka jämfört med slutet. Vad detta beror på kan bland annat vara mindre effektiva uppstartprocesser i veckostarten. Utöver detta är den direkta korrelationen mellan massflöde och energiåtgång per ton relativt stokastisk. Då undersökt period endast är 21 dagar innebär det att några säkra resultat gällande dessa trender är svåra att bestämma.



Figur 17: Jämförelse mellan massflödet av produkt till modul 2 och dess tillhörande energiförbrukning per massa över undersökt period.

4.3.2 Applicering - allokering av infrekvent data

Tagene-anläggningen får infrekvent data över dieselförbrukningen från fakturor. För att visa hur applicering av de olika metoderna för allokering av infrekvent data kan ske så har en mängd av fiktiv data över dieselförbrukningen skapats. Anledningen till att en påhittad datamängd används är att det inte funnits tillgång till en tillräckligt stor mängd infrekvent data för att kunna applicera metoderna. I avsnittet appliceras metod 1, metod 2, metod 2 med "aktiva dagar"-faktorn och metod 3. Metod 1 med "aktiva dagar"-faktorn och metod 4 appliceras inte då tillämpningen av andra metoder tydligt visar hur dessa metoder skulle fungera.

Datan som tillämpningen av metoderna bygger representerar månadsfakturor för diesel under en treårsperiod. Värdena på dessa fiktiva fakturor antas vara lika med dieselkonsumtionen under motsvarande fakturaperioder. Datan presenteras nedan i tabell 6.

Tabell 6: Fiktiv data över dieselförbrukning (i liter) under en treårsperiod.

År/Månad	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
2018	21 000	22 400	20 300	19 600	20 300	19 320	17 780	18 060	19 600	21 140	21 140	22 400
2019	21 420	22 680	20 300	20 020	20 860	19 600	17 920	18 620	20 300	21 560	21 140	22 680
2020	20 440	21 980	20 300	19 320	20 034	18 830	17 360	16 940	19 180	20 300	20 440	21 840

Tabell 7 visar fiktiv data om producerad vikt av fyra produkter under året 2020. De påhittade värdena har en storlek som approximativt representerar det undersökta stenbrottet i Tagenes dieselkonsumtion respektive producerade massa.

Tabell 7: Fiktiv data över producerad massa (ton) av fyra produkter år 2020.

Produkt	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
0.32	0	3 000	5 000	4 000	2 300	4 300	4 000	2 600	3 400	3 500	1 000	4 300
0.63	17 000	13 600	10 200	20 400	18 360	17 000	13 600	14 620	10 200	19 380	17 340	10 200
0.90	3 000	4 000	3 400	1 000	2 400	3 800	4 000	2 800	2 000	2 500	2 640	1 400
0.150	6 000	5 000	4 000	8 000	7 200	5 200	5 800	6 800	8 000	4 800	6 000	5 000

Värdena i tabell 7 tillsattes genom att kolla på tre veckors produktionsdata från Tagene, och därifrån ta med andelarna av den totala produktionen som de olika produkterna utgör. Sedan ökades storlekarna på producerad massa för att representera ett normalstort svenskt stenbrott. Detta gjordes då datan som tabellen är baserad på inte innefattar alla produkter som produceras i stenbrottet, och därav inte hela den producerade volymen. I det här fallet sattes den årliga produktionen slutligen till 324 040 ton, vilket ses som en rimlig uppskattning av den faktiska produktionen.

Applicering av metod 1 Applicering av metod 1, som är den enklaste metoden, går till på följande vis enligt algoritmen som tidigare definierats:

1. En tidsperiod väljs, i detta fall januari-juni 2020.
2. Konsumtionen under tidsperioden samt producerad massa av varje produkt summeras.
3. Nyckeltalen för varje produkt ansätts till:

$$N = \frac{K}{m}. \quad (12)$$

Här är K summan av dieselkonsumtionen för perioden och m den totala massan av periodens produktion. N är nyckeltalet för konsumtion av diesel per producerad massa (l/ton). Resultatet finns presenterat i tabell 8. Det visar att nyckeltalen blir identiska för alla produkter när metod 1 används.

Tabell 8: Appliceringsresultat av metod 1.

Produkt	Dieselkonsumtion per producerad massa (l/ton)
0_32	0,7180
0_63	0,7180
0_90	0,7180
0_150	0,7180

Applicering av metod 2 Som tidigare nämnt kräver denna metod förkunskap om hur mycket varje produkt bidrar till konsumtion av aktuell data. För demonstrerings skull antas att experter på stenbrottet vet att produkt 0_32 kräver längre transportsträcka och således bidrar till en större andel av dieselförbrukningen. Därav bör den allokeras en större andel konsumtion av den infrekventa datan, här viktas den som i tabell 9.

Tabell 9: Viktning av förbrukning inför applicering av metod 2.

Produkt	Viktning (%)
0_32	0,31
0_63	0,23
0_90	0,23
0_150	0,23

Så här appliceras metoden enligt tidigare definierad algoritm:

1. En tidsperiod väljs, i detta fall januari-juni 2020.
2. En fördelning av varje produkts relativa konsumtion antas, där produkten 0_32 viktas högre än de andra produkterna.
3. Konsumtionen under tidsperioden samt producerad massa av varje produkt summeras.
4. För varje produkt i ansätts nyckeltalet N_i för dieselkonsumtion per producerad massa (l/ton) till:

$$N_i = \frac{p_i K}{m_i}. \quad (13)$$

Här är K den totala dieselförbrukningen, p_i andelen av den totala konsumtionen som produkt i bidrar med under tidsperioden och m_i är den producerade massan av produkt i . Då blir resultatet som följer i tabell 10. Här ses att nyckeltalen nu varierar mellan produkterna, vilket kan representera verkligheten bättre.

Tabell 10: Appliceringsresultat av metod 2.

Produkt	Dieselsonsumtion per producerad massa (l/ton)
0_32	0,9332
0_63	0,6923
0_90	0,6923
0_150	0,6923

Applicering av metod 2 med "aktiva dagar"-faktorn "Aktiva dagar"-faktorn kan användas i metod 1 såväl som 2 för att allokera över kortare perioder än en fakturaperiod. För att demonstrera detta appliceras metod 2 med "aktiva dagar"-faktorn över perioden 1-21 mars 2020. Första steget blir att ta fram "aktiva dagar"-faktorn, givet att stenbrottet är aktivt måndag till torsdag varje vecka (vilket är fallet på stenbrottet i Tagene):

$$a = \frac{d_p}{d_f} = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} \quad (14)$$

Sedan följer vi algoritmen för metod 2 med "aktiva dagar"-faktorn:

1. En tidsperiod väljs, i detta fall 1-21 mars 2020.
2. En fördelning av varje produkts relativa konsumtion antas, där produkten 0_32 värderas dubbelt så högt som de andra
3. Konsumtionen under tidsperioden samt producerad massa av varje produkt summeras
4. För varje produkt i ansätts nyckeltalet N_i till

$$N_i = \frac{p_i a K}{m_i}, \quad (15)$$

där K är dieselsonsumtionen under fakturaperioden, p_i är andelen av den totala konsumtionen som produkt i bidrar med under fakturaperioden och m_i är den under tidsperioden producerade massan av produkt i . Efter detta blir resultatet som följer i tabell 11. Här kan ses att nyckeltalen varierar med samma proportioner som med appliceringen av metod 2, samt att de resulterande värdena skiljer från tidigare appliceringar på grund av att tidsperioden inte är densamma.

Tabell 11: Appliceringsresultat av metod 2 med "aktiva dagar"-faktorn.

Produkt	Dieselsonsumtion per producerad massa (l/ton)
0_32	1,1241
0_63	0,8301
0_90	0,8301
0_150	0,8301

Applicering av metod 3 - proaktiv metod De proaktiva metoderna som presenterats syftar till att prognostisera framtida nyckeltal över förbrukning (av till exempel diesel) per producerad massa. Ett sätt att prognostisera är med hjälp av säsongsindex. För att kunna prognostisera relativt precist med enbart säsongsindex behövs åtminstone ett par

års förbrukningsdata, samt att denna gärna ska vara så jämn som möjligt för att öka precisionen av prognosen. Som tabell 6 visar är datan över dieselkonsumtion som används här relativt jämn mellan åren, så precisionen bör vara hög, förutsatt att inga oförutsägbara händelser leder till att produktionen blir lägre än vanligt.

Här prognostiseras dieselförbrukningen (ej nyckeltalen) under januari 2021. För att göra detta räknas medelvärdet av månadsvis förbrukning ut först, dessa medelvärden presenteras i tabell 12.

Tabell 12: Uträknade medelvärden för månadsvis förbrukning av diesel (l).

År/Månad	Januari	Februari	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Augusti	September	Oktober	November	December
2018	21 000	22 400	20 300	19 600	20 300	19 320	17 780	18 060	19 600	21 140	21 140	22 400
2019	21 420	22 680	20 300	20 020	20 860	19 600	17 920	18 620	20 300	21 560	21 140	22 680
2020	20 440	21 980	20 300	19 320	20 034	18 830	17 360	16 940	19 180	20 300	20 440	21 840
Medelvärde	20 953	22 353	20 300	19 647	20 398	19 250	17 687	17 873	19 693	21 000	20 907	22 307

Nästa steg är att räkna ut månadsvikterna, för det behövs medelvärdet A över alla månader. Sedan görs uträkningen på följande vis:

$$v_i = \frac{A_i}{A} \quad (16)$$

Där v_i är vikten för den aktuella månaden i och A_i är det månadsvisa medelvärdet som tidigare beräknats. A är medelvärdet av alla A_i . För att prognostisera en månad framåt behövs endast vikten för december och januari. De resulterande månadsvikterna kan ses i tabell 13.

Tabell 13: Månadsvikter för januari och december.

Månad	Månadsvikt
Januari	1,0374
December	1,1044

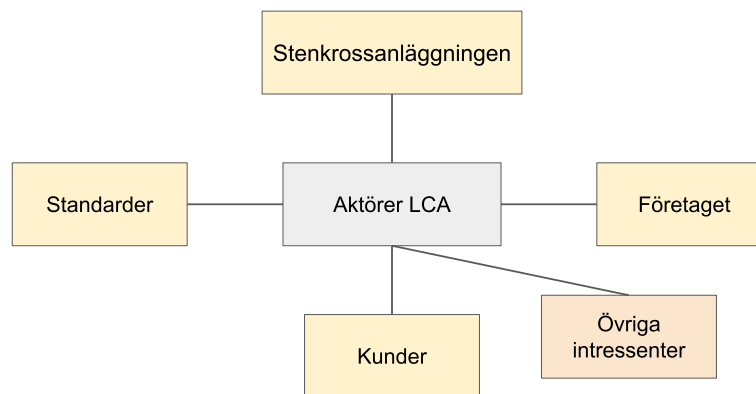
Det sista steget för att räkna ut en prognos för januari 2021 är att ta förbrukningen från december 2020, och vikta om den till januari. Detta görs på följande vis där K_i är januari månads uppskattade förbrukning och K_{i-1} är december 2020:s förbrukning:

$$K_i = K_{i-1} * \frac{v_i}{v_{i-1}} = 21840 * \frac{1.0374}{1.1044} = 20515 \quad (17)$$

Således prognostiseras en förbrukning av 20 515 liter diesel under januari 2021. Huruvida detta är ett rimligt svar är svårt att avgöra då något referensvärde ej finns.

4.4 Frågeställning 4 - Undersöka ökad nytta av LCA/EPD

Den fjärde frågeställningen behandlar hur nyttan av att utföra en LCA/EPD kan öka. Intervjuer samt platsbesök står till grund för denna frågeställning då de olika intressenterna måste förstås. Två intervjuer hölls, en med EPD-ansvarig (se bilaga B.1) på det studerade företaget samt en med platschefen på anläggningen (se bilaga B.2). Figur 18 visar de olika aktörerna som har kontakt med LCA-processen samt hanterar och framställer EPD-dokument. Totalt finns fyra huvudsakliga aktörer som påverkas eller påverkar LCA:er i företaget, dessa är stenkrossanläggningen, företaget, kunder och standarder.



Figur 18: Aktörer för en LCA/EPD.

De fyra aktörerna har tagits fram utifrån vad som sagts i intervjuer samt vad som funnits i den teoretiska bakgrunden. Stenkrossanläggningen bidrar med data till LCA för verksamheten som de driver. Företaget är de som utför LCA, alltså ställs krav på företaget för hur de ska utföras. Kunder efterfrågar indirekt LCA genom att vilja ha EPD-dokument för produkter som saluförs av företaget, utan LCA skapas inga EPD:er. Slutligen är även standarderna en aktör för LCA, då dessa organ bidrar med krav på LCA:er, vilket påverkar hur de genomförs. Övriga intressenter definieras som intressenter som ej har diskuterats under platsbesök och intervjuer, såsom tredjepartgranskning av LCA eller EPD-dokument.

4.4.1 EPD-ansvarig

Den EPD-ansvarige jobbar med att sammanställa EPD:er. Enligt personen jobbar de med att ta fram EPD:er som de sen ska kunna visa för deras kunder. Kunderna består delvis av andra företag men även privatpersoner. Många kunder är intresserade av att se miljöpåverkan av produkterna de köper. EPD-ansvarig utvecklade detta resonemang genom att beskriva att EPD:er också är bra för att se vilken del av produktionen som har största miljöpåverkan. Med den informationen kan de försöka lägga ansträngningar för att minska och bevaka miljöpåverkan från stenbrottet.

4.4.2 Platschef

Genom intervjun med platschefen byggdes det upp en förståelse för hur de jobbar på anläggningen. Enligt platschefen jobbar de idag väldigt manuellt med alla maskiner. Under en lång period har de utgått från ett manuellt kontrollrum för att se om maskiner går som de ska eller ej. På detta sätt har de manuellt fått gå ut och kolla till maskinerna och laga dem om det skulle behövas. I dagsläget håller de på att ställa om sin kontroll över produktionen från manuellt till digitalt. Denna förändring innebär att det kommer få bättre överseende och kontroll över produktionen. Denna investering har som mål att effektivisera processerna. En mer effektiv process skulle enligt platschefen leda till minskade kostnader i form av energi och dieselförbrukning för anläggningen. Effektivitet

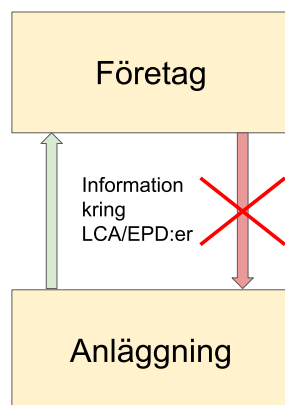
var något som platschefen lyfte fram som något viktigt och användbart för anläggningen.

Projektets applikation av allokering för frekvent data skulle det vara intressant för platschefen. Med mer kontinuerlig data skulle en tydlig utnyttjandegrad av maskinerna kunna synas. Om det då skulle ske små ändringar i prestandan av maskinerna skulle åtgärder kunna vidtas. Enligt platschefen skulle de då också kunna köra maskinerna på olika sätt för att se vilken uppsättning som ger bäst utnyttjandegrad. Detta är något som är möjligt att implementera och använda i samband med att data för EPD:er sammanställs.

Stenbrottet i Tagene har ett publicerat EPD-dokument [9]. Utifrån intervjuerna har det framkommit att anläggningen ej arbetar med att ta fram EPD:er direkt, utan bara förser EPD-ansvarig på NCC med data. Den data platschefen förser EPD-ansvarig med är "dieselförbrukning, och lite annat". Det har även framkommit från intervjuerna att anläggningen ej använder informationen från EPD-dokumentet i sin vardagliga styrning av anläggningen. Det betyder att de inte tar hänsyn till LCA-analyserna för att förbättra anläggningen.

4.4.3 Informationsflöde

Från intervjuerna framkommer det att det finns ett tydligt informationsflöde från anläggningen till företaget, då de förser EPD-ansvarig med data. Enligt EPD-ansvarig på företaget är EPD-dokumentet delvis till för att ge insikt i vilken del av produktionen som har störst miljöpåverkan. Dock framkom det av platschefen att anläggningen inte nyttjar LCA/EPD-dokumentet för att förbättra anläggningen. Figur 19 illustrerar att det saknas ett tydligt tillbakaflöde av information från företaget till anläggningen.

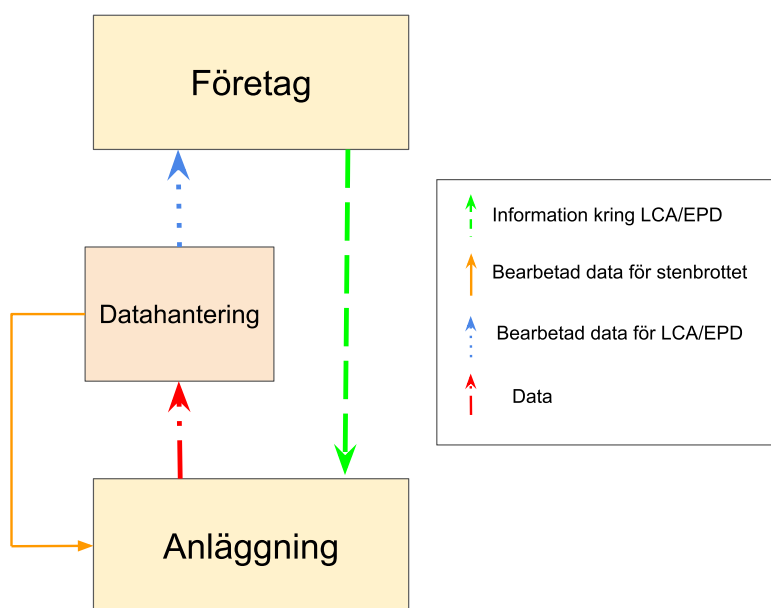


Figur 19: Dagens informationsflöde mellan företag och anläggning.

Från figur 19 ses att potential finns till en tydlig ökning av informationsflödet vid utförandet av en LCA, då informationen från analysen får ytterligare ett användningsområde. Om anläggningen kan förena informationsflödet, så att den även drar nytta av det som i dagsläget endast skickas till EPD-ansvarig så kan flödet av information öka och därmed nyttan av LCA.

4.4.4 Förening av informationsflöde

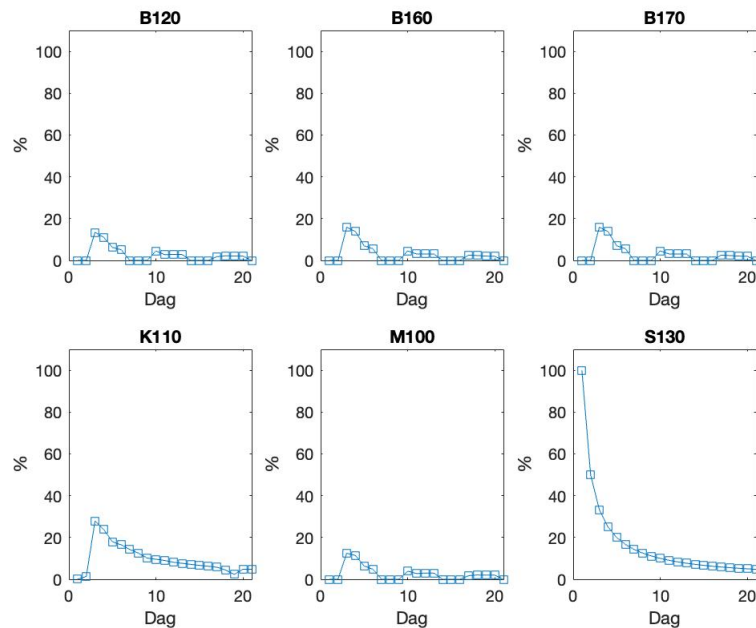
För att få informationsflödet att förenas måste anläggningen bli bättre på att nyttja informationen från LCA-analyser i driften. I praktiken kan det handla om framtagning av effektivitetsmått och kontinuerliga uppföljningar, detta kan härledas till ett miljöledningssystem enligt ISO 14001. Då bland annat miljömål ska kunna mätas och övervakas kan denna form av informationsflöde bli en viktig del i sådant system. Vidare kan ökat informationsflöde skapa en bättre kunskap inom området, något som också är viktigt enligt ISO 14001. Figur 20 visar hur informationsflödet kan återförenas till stenbrottet genom både bearbetad data och information från LCA/EPD och nyttan därmed ökas.



Figur 20: Förslag till nytt informationsflöde mellan anläggning och företag för ett ökat informationsflöde.

Övergripande kan det sägas att i undersökt stenbrott så är problemen av systematisk karaktär. Data för utförandet finns och används, det är däremot användningen av EPD:er som inte sker i den utsträckning som möjlighet ges till. I synnerhet det mervärde som kan skapas genom högre nyttjandegrad av den data som används vid livscykelanalyser.

För att påvisa vad som kan göras med den data som idag finns tillgänglig skapades figur 21 som visar hur stor andel av tillgänglig tid som maskinerna är i drift. Detta är möjligt att skapa med hjälp av data som används för allokering av frekventa data. Effektivitetsmåt likt detta är ett exempel på hur data som används vid frekvent allokering kan nyttjas för andra användningsområden. På det sättet har nyttan av utförandet av LCA:n ökat genom en biprodukt som gynnar stenbrottet.



Figur 21: Andel av tillgänglig tid som maskinerna är i drift. Med tillgänglig tid menas den totala tid som undersökt data omfattar.

5 Diskussion

Under detta avsnitt kommer resultaten från respektive frågeställning att diskuteras. Utöver detta kommer även aspekter som lösningsbegränsningar och styrkor samt svagheter för resultaten presenteras. Även vissa områden för framtida forskning kommer fastställas.

5.1 Frekvent data: allokeringsmetod och tillämpning

Resultatet av frågeställning 3 har ett utfall som är värt att diskutera. Det visar att produkterna som går vidare till modul 2 får högre andel energi per massenhet jämfört med slutprodukterna från modul 1. Intuitivt kan det tänkas att de produkter som går genom fler steg i produktionen bör ha en högre genomsnittlig energiåtgång per massenhet. I verkligheten stämmer inte alltid detta, vilket fallstudien visar. Anledningen till detta resultat kan bero på främst två saker. Den första är antagandet att maskiner utan tillgänglig effektdata anses vara binära. Det innebär att maskiner med låga hastigheter/massflöden antas vara igång, med hög effekt, och därmed hög energiförbrukning även när de har en låg hastighet/massflöde. Andra metoder lär kunna användas men dessa rymdes inte inom ramen för detta arbete. Alternativa metoder riskerar även bli svårare att använda vid implementering då det kan innebära att mer mätdata krävs, vilket kan vara kostsamt att framställa. Den andra anledningen till varför produkter till modul 2 har högre energiåtgång kan vara att under perioder där bara dessa produkter tillverkas så är massflöden lägre, vilket innebär att energiåtgången ökar per massenhet, delvis på grund av det binära antagandet för vissa maskiner.

Om figur 15 undersöks för dag 2 kan det ses att både produkt 0_150 och det som går till modul 2 har ungefär samma KPI för energi. Det kan påvisa att det under enskilda dagar är små skillnader och det finns även fall (se dag 3 i figur 15) där slutprodukter har flera gånger mer energiförbrukning jämfört med produkt som går till modul 2. En referens att använda i denna diskussion är officiella siffror från EPD:n gällande den undersökta anläggningen. Den officiella energiåtgången per producerat ton är trots allt i linje med vad som fastställts i frågeställning 3 gällande frekvent data. Anledningen till varför energiförbrukningen är högre för produkter i modul 2 (i genomsnitt för undersökt period) kan vara underlag för vidare arbete, det kan bland annat vara av intresse att undersöka modeller för att uppskatta effekten mer precist hos band och siktar med hjälp av den tillgängliga datan.

Gällande den första frågeställningen hade ett alternativt sätt att utforma metoden kunnat vara framtagning av flera förslag som sedan utvärderats. Det hade kunnat skapat en möjlig jämförelse, likt den i frågeställning 2, vilket i sin tur visar på styrkor och svagheter. Om detta angreppssätt använts hade kravställning kunnat vara en hjälp vid utvärderingen. Den främsta anledningen till att utvecklingen snarare var av "trial-and-error" metod är att det är tidskrävande att framställa flertalet färdiga metoder, risken finns även att metoderna är snarlika varandra vilket tar bort nyttan med att skapa flera för jämförelse. Alla givna standarder har varit hjälpmedel vid arbetet, vilket kan ha begränsat en helt ny lösning jämfört med om inga standarder hade beaktats. Förmodligen är det till det bättre om standarder finns inom området, även om det varit intressant att se hur en metod skapats utan vetskap om hur allokering sker i dagsläget.

Något som var svårt att förutsäga vid arbetets början var hur mycket tillgänglig data som fanns att tillgå från stenbrottet. Det innebar i praktiken att det i arbetets början antogs att det fanns mer data och information än vad som egentligen var tillgängligt. Som resultat av detta analyserades endast den första modulen under frågeställning 3 vid allokering av frekvent data. Om mer data och information gällande produktionsprocessen funnits tillgänglig under arbetet hade de sista modulerna kunnat analyserats, vilket hade skapat ett bredare underlag att testa metoden på. Ett bredare underlag hade lett till ett tydligare resultat för metoden genom fler punkter att jämföra med EPD:n för stenbrottet.

Applicering av metodik för frekvent data sker anläggningsspecifikt och kan därför vara tidskrävande att göra för ett annat stenbrott. Fokus i detta arbete var att skapa en övergripande metodik snarare än att skapa en modulär appliceringsteknik. Detta har både för- och nackdelar. Fördelen med en övergripande metod är att den är enkel att förstå och heller inte beroende på vilken frekvens applicerad data har. Möjlighet för användning inom andra branscher ökar om metodiken är generell, vilket ses som en fördel. Gällande nackdelar finns även sådana. En nackdel med fokus på en övergripande metodik för allokering är att appliceringen blir mindre specifik och därmed mer tidskrävande att applicera vid förändringar i produktionsprocessen alternativt vid andra anläggningar i jämförelse med en mer modulär applicering. Samtidigt är det viktigt att allokering sker transparent, enligt ISO 14040, för att kunna skapa kritiska granskningar av analysen, något som kan vara svårare vid produktions specifika metoder jämfört med modulära metoder. Som arbete i framtiden kan fokus vara att skapa modulära enheter för energiallokering som minskar tidsåtgång och svårighet för implementering.

5.2 Infrekvent data: allokeringsmetoder och tillämpning

Sex olika allokeringsmetoder presenterades i resultatdelen. De är formulerade på ett så generellt sätt som möjligt för att de ska kunna vara applicerbara för alla typer av data och stenbrott. De två första metoderna, metod 1 och 2 är allokeringsmetoder som idag redan används. Båda metoderna används för allokering i livscykelanalyserna i Tagenes EPD. Metod 1 fördelar konsumtionen av given data jämnt över alla produkter och metod 2 fördelar konsumtionen efter förkunskap om hur stor andel av konsumtionen respektive produkt står för. Därefter presenteras hur metod 1 och 2 kan justeras så att tidshorisonten för allokeringen fritt kan väljas till kortare tidsperioder än en faktura period. Dessa modifierade metoder kallades metod 1 med "aktiva dagar"-faktor respektive metod 2 med "aktiva dagar"-faktor och extrapolerar data för den förväntade konsumtionen under en kortare tidsperiod från den reella konsumtionen under en fakturaperiod. Sedan presenterades två proaktiva som också extrapolerar förväntad konsumtionen för dels hela produktionen, dels varje produkt, för en kommande tidsperiod, baserat på data över detta för historiska tidsperioder.

5.2.1 Allokeringsmetoder

Genom att undersöka Tagenes EPD och standarder för utförande av LCA bildades en uppfattning om hur allokeringen går till idag. Med utgångspunkt i möjliga förbättringsområden justerades befintliga metoder. På så sätt utvecklades metoderna på ett teoretiskt plan. Vissa av metoderna tillämpades på fiktiv data i resultatdelen, men processen att ta fram metoderna hade med fördel kunnat innehålla praktiska test av

dem på riktiga data, för att iterativt kunna justera metoderna.

Ett av arbetets syften är att undersöka hur miljöpåverkan på ett så exakt sätt som möjligt kan allokeras till bergmaterialprodukter. Från tabell 1 ses hur metodernas precision varierar. Om man bara tar precision i beaktning så är metod 2 den bästa metoden. Men de olika metoderna har olika för- och nackdelar och lämpar sig olika bra för olika syften och aktörer, ingen av metoderna är optimal utifrån alla parametrar. Ett förslag till framtida studier är att mer noggrant undersöka i vilka fall som vilken allokeringmetod är att föredra.

Den första metoden är den metod som kräver minst arbete och uppfyller kraven från EN 15804. Därför kan den vara ett bra alternativ för den aktör som vill skapa en EPD för sina produkter utan att lägga ner för mycket arbete. Sådana aktörer kan till exempel vara små- och mellanstora företag (SMEs) som ännu inte arbetat med miljökommunikation men som vill börja med det. I resultatdelen för frågeställning 4 presenteras att det kan vara affärsmässigt gynnsamt att som aktör ha en publicerad EPD. Således utgör metod 1 ett verktyg för SMEs att på ett inte särskilt arbetskrävande sätt allokera miljöpåverkan till sina produkter vid skapande av EPD.

Andra metoden är ett bättre alternativ om man vill uppnå en mer precis fördelning. Denna metod uppfyller också kraven från EN 15804. Genom att på ett mer exakt sätt fördela miljöpåverkan på produkterna blir produktionens miljöpåverkan mer transparent. Att kartlägga miljöpåverkan från olika produkter är det första steget för att kunna göra förändringar till det bättre, som Lee et al. beskriver [8]. Att kunna visa upp ett ambitiöst hållbarhetsarbete kan också vara affärsmässigt gynnsamt. Möjligen kan det också utgöra en affärsmässig fördel att kunna visa upp att vissa produkter har högre miljöpåverkan och andra lägre.

Metod 2 kräver däremot en större arbetsinsats då den kräver att kunskap finns om hur stor andel av konsumtionen som varje produkt står för under given tidsperiod. För att räkna ut dessa andelar krävs det för det första ett antagande, eller förkunskap, om hur mycket de olika produkterna konsumerar relativt varandra. Denna förkunskap finns kanske inte i alla fall, och kan därmed kräva arbete att ta fram. Ett felaktigt antagande kan ge missvisande nyckeltal, så om förkunskapen inte är tillräckligt god kan det vara bättre att anta en jämn fördelning mellan produkterna, som i metod 1. För det andra krävs information om hur stor andel av produktionen respektive produkt står för under en given period. Att ta fram dessa andelar borde inte vara lika arbetskrävande. Sammantaget lämpar sig metod 2 för de aktörer som har god förkunskap om de olika produkternas konsumtion av given data och de som vill bedriva ett mer ambitiöst hållbarhetsarbete.

Övriga metoder lever inte med säkerhet upp till kraven som ställs i bland annat EN 15804. Ett förslag till vidare forskning är att fortsätta vidareutveckla extrapolerande allokeringmetoder och undersöka om dessa kan uppfylla kraven från standarder för att användas vid utförande av LCA.

Metod 1 med "aktiva dagar"-faktor och metod 2 med "aktiva dagar" faktor har i princip samma egenskaper som de vanliga metod 1 och 2, men tidshorisonten kan väljas kortare genom att konsumtionen från en fakturaperiod extrapoleras till en kortare

tidsperiod. På så sätt kan man få nyckeltal över miljöpåverkan för kortare tidsperioder än en fakturaperiod. Just dessa metoder kanske inte ger särskilt sofistikerade uppskattningar av nyckeltalen, men att få nyckeltal med tätare intervall kan ge fördelar. Mer frekvent information om produkternas konsumtion av given data ger större transparens och möjlighet till förändring.

Tredje och fjärde metoden är exempel på proaktiva allokeringmetoder. De uppfyller inte kraven som standarderna för utförande av LCA ställer, men de visar på möjligheten att förutsäga framtida nyckeltal. Sofistikerade proaktiva metoder hade möjligen kunnat resultera i tillförlitliga nyckeltal. På så sätt hade man kunnat undvika att behöva ha fått fakturan för en tidsperiod för att kunna visa upp ett nyckeltal.

Ett annat sätt att kunna ta fram nyckeltal utan att behöva invänta faktura är att samla in data över produkternas konsumtion mer frekvent. Det hade även möjliggjort en mer precis uppdelning mellan de olika produkterna. Således kan man konstatera att det mest effektiva sättet att precis allokera miljöpåverkan från produkter är att övergå från att samla in infrekvent data till att samla in frekvent data. Detta är ett intressant område med möjlighet till fortsatt forskning.

5.2.2 Tillämpning av allokeringmetoderna på stenbrottet i Tagene

Resultatet av tillämpningen av allokeringmetoderna på Tagene har mynnat ut i en del intressanta punkter, men då datan som använts för appliceringen är fiktiv så bör denna förklaras för att ge lite kontext till resultatet. Tabell 6 som visar dieselförbrukningen över åren 2018 till 2020 skapades genom att ett grovt värde över hur mycket diesel som går åt på stenbrottet under en vanlig månad gavs vetskap om, sedan tillsattes något varierande värden som är centrerade runt siffran som platschefen på Tagene presenterade. Värdena sattes så att det skulle bli tydligt att det finns säsongvariation, vilket inte garanterat stämmer överens med verkligheten. Det gjordes för att kunna visa hur en proaktiv metod med säsongsindeks skulle kunna appliceras ifall detta mönster ses i verkligheten.

Applicering av metod 1, alltså avläsning av faktura och jämn fördelning över produkterna, gav enligt tabell 8 att alla undersökta produkter över den valda perioden konsumerar 0,72 liter diesel per ton producerad massa. Jämförs detta med Tagenes EPD[9] så ses det att de har allokert en konsumtion på 0,71 liter diesel per ton producerad massa för produkter i kategorin som har undersökt. Med det värdet så anses approximationen ligga inom en smal felmarginal från verkligheten. Dock ska det komma ihåg att beräkningarna gjorda i detta arbete är baserade på uppskattningar, inte faktisk data, därav kan det vara lite av en slump att värdena hamnade så pass nära varandra. Slutsatsen som kan dras här är att detta är en mycket enkel metod att utföra, som ger resultat som i dagsläget är tillräckligt precisa för branschen. Resultaten anses vara tillräckligt precisa för att använda vid utförande av EPD:er. Detta är något som på senare år har börjat bli en konkurrensfördel, men området är ännu relativt underutvecklat och det har inte varit ett problem att de presenterade värdena är högre än de verkliga värdena. Detta är något som kan ändras framöver när miljöpåverkan blir en allt mer viktig konkurrensfördel. Då kan det vara intressant att uppnå en mer precis representation av miljöpåverkan. Detta är vad de mer utvecklade allokeringmetoderna

försöker lägga grund till.

Vid applicering av metod 2, alltså avläsning av faktura och fördelning baserat på tidigare vetenskap om vilka produkter som kräver mer diesel ger lite annorlunda värden jämfört med metod 1. Resultatet av metod 2 ses i tabell 10, där ses det att produkten 0_32, som anses bidra till en större del av dieselförbrukningen än de andra produkterna, allokeras en konsumtion av 0,93 liter diesel per ton producerad massa. Samtidigt allokeras 0,69 liter diesel per ton producerad massa till de övriga produkterna. Den viktiga jämförelsen här är mellan denna och metod 1, då dessa är beräknade över samma tidsperiod. Vad som kan ses är att den här metoden möjliggör att individuella produkter ges olika mycket konsumtion, vilket möjliggör att produkter som inte bidrar lika mycket till konsumtionen som andra får en bättre miljöpåverkan. Detta är dock debatterbart då skillnaden mot allokerad förbrukning baseras på utfärdarens kunskap om stenbrottet, vilket gör denna metods precision ifrågasättbar. Denna metod innebär även en ökad arbetsbörda för utfärdaren, något som inte är attraktivt, särskilt i dagsläget när det inte finns några ekonomiska incitament för detta ökade arbete.

Appliceringen av "aktiva dagar"-faktorn på metod 2 gjordes över en period på 20 dagar för att visa möjligheterna att göra en LCA över en period som är kortare än en faktureringsperiod. Resultatet ses i tabell 11 och använde samma faktor för produkten 0_32 som i stycket ovan. Värdena i sig är inte särskilt relevanta att jämföra, det som är intressant är att de ligger inom ramen för rimliga värden trots att den korta perioden som används skulle kunna leda till stor avvikelse från snittet över året. Det är då möjligt att skapa en korttids-LCA som kan hjälpa företaget att snabbare testa påverkan av förändringar i produktioner med målet att kunna optimera verksamheten på en kortare tidshorisont än vad som i dagsläget är möjligt. Dock kräver även denna metod mer arbete, så ekonomiska incitament behövs innan den här metoden kan bidra med nytta till företagen. Det ska också nämnas att standardavvikelsen kommer vara högre när tidsperioden som mäts minskar, hur hög denna är vid olika tidsperioder faller utanför detta arbete men kan vara intressant för framtida studier på området.

Metod 3, alltså utförandet av en proaktiv LCA med hjälp av säsongsindex ger en rimlig uppskattning av nästkommande månads dieselförbrukning, förutsatt att förbrukningen inte drastiskt förändras av någon oförutsedd anledning. Det är i dagsläget svårt att se någon nytta med metoden, då nyttan som företagen får genom att utföra en LCA måste öka och bör inkludera någon eller några av de tidigare nämnda metoderna i syfte att optimera verksamheten. Anledningen till detta är att proaktiva metoder bara anses ha värde för verksamhetsoptimering om retroaktiva metoder redan används för detta syfte. Exempelvis så ses metoder med "aktiva dagar"-faktorn som ett steg på vägen mot användning av proaktiva metoder. Om inte en sådan metod redan utnyttjas för optimering så kommer inte en proaktiv metod i dagsläget fylla någon vidare funktion. Dessutom är metoden underutvecklad och mer studier i området behövs för att kunna dra konkreta slutsatser om dess användbarhet i praktiken.

5.3 Öka nyttan av LCA

Resultatet av frågeställning 4 visar på att det saknades ett informationsflöde mellan företaget och anläggningen. Anläggningen tog alltså inte del av informationen som fås fram genom LCA och EPD-skapandet. Att förena det informationsflödet leder till en ökad nytta att utföra LCA och EPD. I dagsläget tar inte anläggningen del av färdiga EPD:er på grund av att det inte finns några incitament för detta, varken för ökad effektivitet eller ekonomi. Företaget som studeras, liksom alla andra företag, har som mål att skapa värde. Därmed utan några värdeskapande fördelar finns det inget som driver företaget till förändring.

Under resultatet presenterades ett exempel på ett effektivitetsmått, nämligen andel av tillgänglig tid som maskinerna är i drift. Platschefen hänvisade till att effektivitet är något de strävar efter att kunna mäta på anläggningen, då detta skulle ge dem större möjlighet att ta beslut kring driften av anläggningen. Om då platschefen kan förbättra driften av anläggningen på detta sätt, tillkommer det även ekonomiska fördelar. Till exempel skulle det kunna vara besparingar på grund av högre effektivitet. Det finns även möjlighet till mer försäljning på grund av högre andel producerat material. Detta skapar incitament att utöka nyttan av utförandet av en LCA och EPD. Exakt hur mycket pengar som kan besparas med användning av dessa metoder är fortfarande obesvarat, och därmed en intressant frågeställning till framtida arbeten.

Förutom ekonomiska incitament finns det även miljömässiga. De miljömässiga incitamenten grundas på att anläggningen får bättre kunskap om miljöpåverkan baserat på utförandet av LCA och EPD. Med bättre effektivitet av maskinerna, som diskuterats tidigare, skulle maskinerna kunna producera en större mängd material utan att öka energiförbrukningen. Användning av mindre el och bränslen per produkt resulterar i sin tur till ett lägre totalt klimatavtryck. Detta stödjer även det som EPD-ansvarige tog upp som del av EPD-dokumentationen. Han menade att EPD-dokumentationen kunde ge dem insikt om var i processen det sker störst miljöpåverkan, för att sedan förändra det. Däremot, med tanke på att inte informationen når anläggningen går det inte att genomföra ett sådant iterativt förbättringsarbete. Med denna metod kan anläggningen nyttja informationen om miljöpåverkan bättre, vilket betyder att miljöpåverkan enklare syns och enklare kan förbättras.

I och med att dessa två incitament går samman så kan detta vara en intressant utveckling på ovan besvarade frågeställningar. Genom att använda frekvent dataanalys kan resultaten för livscykelanalysen bli bättre genom att inte bara använda en metod som inte utgår från "worst-case". En sådan analys kan också genomföras med lägre frekvens än tidigare, vilket kan användas för att fatta välgrundade beslut. Den mer detaljerade datan kommer också resultera i att EPD-dokumentationen uppvisar mer exakt miljöpåverkan (ofta lägre då "worst case"-indelningen frångås) för produkter, vilket i sin tur leder till att EPD-dokumentationen får ett ökat intresse från kunder som vill ha lägre miljöpåverkan från sina produkter. En annan aspekt som inte undersökts under detta projekt men som kan vara ett framtida intressant område för utvecklingen av dataanvändning i bergmaterialindustrin är beslut om drift baserat på miljöpåverkan. Detta är något som därmed kan snabba på utvecklingen av en allt grönare bergmaterialindustri.

I den teoretiska referensramen beskrivs två problem vid utförandet av LCA och EPD, de

metodologiska och systematiska problemen. De metodologiska problemen som togs upp var svårigheterna med allokeringen av miljöpåverkan till individuella produkter, samt den bristande tillgängligheten och insamlingen av data som är specifik för individuella stenbrott. Genom de metoder som tagits fram i arbetet, hanteras dessa problem. Allokeringen blir enklare och på det sättet elimineras de hinder som företagen har att utföra LCA och EPD. Om fler företag producerar EPD-dokument kommer det bli en allt större konkurrensfördel att ha en bra miljöpåverkan, och då finns ytterligare en anledning att minska miljöpåverkan.

De systematiska problemen är problem såsom att det finns få standardiserade arbetssätt i branschen samt att informationen från LCA-analyser ej används inom anläggningarna. Problemet med att standardiseringen är låg i branschen kan bero på flera olika anledningar. Dock kan detta problem hanteras med de metoder som utvecklats under arbetet. Metoderna är utvecklade på ett modulärt sätt vilket betyder att de passar in på andra stenbrott än det studerade. Om flera stenbrott skulle använda dessa metoder skulle standardiserade ramverk kunna byggas upp kring dem. Detta är även ett område som kan undersökas mer i framtida arbeten, då det skulle ha en stor påverkan på branschen. Avslutningsvis förebygger dessa metoder de olika problem som finns i skapandet av LCA och EPD.

6 Slutsats

Den övergripande röda tråden genom projektet har varit hur "Greenwashing" kan förebyggas i industrin, med fokus på tillförlitlig information om miljöpåverkan. Detta kopplades till hur frekvent och infrekvent data kan användas för att redogöra miljöpåverkan, samt hur detta kan skapa ytterligare incitament för aktörer inom bergmaterialindustrin att utföra bedömningar gällande miljöpåverkan. Utifrån de frågeställningar som besvarats har flera metoder för hur detta kan genomföras utvecklats för olika datatyper. Framför allt handlar det om att minska osäkerheten och antaganden som förekommer i dagens stenbrott.

För allokeringen av frekvent data har en metod tagits fram för att kunna fördela energi till de slutgiltiga produkterna. Metoden utvecklades främst genom "trial and error". Allokeringsmetoden applicerades på stenbrottet i Tagene med hjälp av MATLAB och visade att energiallokering kan ske under kortare tidsperioder än vad som genomförs idag. Genom prövning av metoden på stenbrottet i Tagene har även mer exakt energiåtgång för slutprodukter skapats, något som tidigare fastställts genom mindre precis "worst-case"-metod. Resultat från applicering visade att metoden genererade energiåtgång liknande de som anges i EPD:n för stenbrottet i Tagene. Vid arbetets gång konstaterades det att vid mån om mer tid hade ett gynnsamt tillvägagångssätt varit att utveckla flera olika metoder för frågeställning 1 parallellt, likt frågeställning 2. Då hade de olika metoderna kunnat ställas mot varandra och en bättre utvärdering av metoderna kunnat göras.

Infrekvent data kräver fler antaganden vid applicering vid anpassning av tidshorisont, vilket gör det svårare för metoderna att uppfylla de krav som ställs från standarder i branschen. För att göra metoden för hantering av infrekvent data så rätt som möjligt undersöktes ett antal existerande allokeringsmetoder genom litteraturstudier samt en anpassning av dessa för att passa ändamålet. Två olika typer av allokeringsklasser skapades, retroaktiva samt proaktiva klasser och inom dessa utformades totalt 6 metoder. För att skapa en rättvisande bild över miljöpåverkan kan utföraren välja metod utifrån behov. På grund av otillräckligt med infrekvent data kunde metoderna för infrekvent allokering inte verifieras baserat på verklig data utan applicerades istället med fiktiva värden. Vid fortsatta studier bör en verifiering med riktig data från en anläggning utföras för att stärka metodernas lämplighet.

Sist undersöktes hur nyttan kring utförandet av EPD/LCA kan öka. Huvudsakligen sker informationsflödet vid utförandet av EPD från anläggningen till företaget, där anläggningen inte har någon användning av informationen från LCA/EPD:n. För att sluta informationsflödet finns det värde i att kunna få ut nyttig data från anläggningen som också kan användas i LCA:n. Till exempel kunde effektivitetsmått såsom tillgänglig tid som maskinerna är i drift tas fram ur data som används för LCA:n. Då företaget visade intresse för att få förbättrade möjligheter att mäta nyttjandegrad, finns det miljömässiga och ekonomiska incitament till att utveckla informationsflödet och samtidigt öka nyttan av utförandet av EPD och LCA. Dessutom fanns systematiska problem som försvårade arbetet med miljöpåverkansbedömning. Dessa behöver tid för förändring, men med standardiserat arbete kring LCA/EPD:er kan utvecklingen gå i rätt riktning.

En viktig aspekt för metoderna var att de skulle vara generella för att kunna anpassas till

olika anläggningar. För applicering på andra stenbrott kan framtida användare modifiera metoden till deras egen anläggning genom addering eller reducering av maskiner och moduler samt rätt val av metod för infrekvent data.

Slutligen visar detta arbete att energiallokering kan genomföras på en kortare tidshorisont än vad som idag används vid framtagande av EPD:er. Detta kan skapa möjligheter för organisationer att visa upp mer precisa miljövarudeklarationer för kunder än vad som idag är möjligt, vilket förebygger "greenwashing". Det i sin tur kan skapa ett ökat värde för de produkter som tillverkas och saluförs.

Referenser

- [1] "Index och branschstatistik." (u. å.), [Online]. Tillgänglig: <https://www.sverigesbergmaterialindustri.se/dokumentbank/index-och-branschstatistik>.
- [2] "Om bergmaterialindustrin." (u. å.), [Online]. Tillgänglig: <https://www.sverigesbergmaterialindustri.se/sbmi-och-bergmaterialindustrin/om-bergmaterialindustrin>.
- [3] "Färdplan för fossilfri konkurrenskraft bergmaterialindustrin," u. å. [Online]. Tillgänglig: https://www.sverigesbergmaterialindustri.se/images/pdf/fossilfri/FFS_Bergmaterialindustrin.pdf.
- [4] "Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser." (u. å.), [Online]. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/>.
- [5] "Hållbarhet hos byggnadsverk – Miljödeklarationer – Produktspecifika regler," EN SS-EN 15804:2012+A2:2019, 2019.
- [6] "Bergmaterialindustrin i praktik och teori," Stockholm, 26 juni 2019. [Online]. Tillgänglig: https://www.sverigesbergmaterialindustri.se/images/pdf/om_sbmi/For_hogskolor/Bergmaterialindustrin-litteratur_med_studiehandledning.pdf.
- [7] *Tagene-Göteborg*, u. å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.ncc.se/ballast/hitta/vastra-gotalands-lan/tagene-goteborg/>.
- [8] C. Lee, P. Papadopoulou, G. Asbjörnsson, E. Hulthén och M. Evertsson, "Understanding Current Challenges in Evaluating Environmental Impacts for Aggregate Producers through a Case Study in Western Sweden," *Sustainability*, årg. 14, nr 3, 2022, ISSN: 2071-1050. DOI: 10.3390/su14031200. [Online]. Tillgänglig: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1200>.
- [9] NCC, "Environmental Product Declaration for aggregates from Gothenburg quarry – Tagene," EPD S-P-05222, 2021.
- [10] H. S. Matthews, C. T. Hendrickson och D. Matthews, *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions that Matter*. 2014.
- [11] "Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur," ISO SS-EN ISO 14040:2006, 2006.
- [12] M. Berglund, *Klimatberäkningar metod och resultat*, 2015. [Online]. Tillgänglig: <http://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2015/04/klimatberakningar-metod-och-resultat-av-sammanstallning-gardsanlaggningar.pdf?fbclid=IwAR15p6ar0SWA6HYhN8drxRgiQ7quYHQIwMJRbVeWY4spaQfAoqPCuq5DHuQ>.
- [13] "Environmental Product Declarations." (u. å.), [Online]. Tillgänglig: <https://www.environdec.com/all-about-epds/the-epd>.
- [14] P. Papadopoulou, D. Peñaloza, G. Asbjörnsson, E. Hulthén och M. Evertsson, "Development of a Pre-Verified EPD Tool with Process Simulation Capabilities for the Aggregates Industry," *Sustainability*, årg. 13, nr 17, 2021, ISSN: 2071-1050. DOI: 10.3390/su13179492. [Online]. Tillgänglig: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/17/9492>.

- [15] "Miljömärkning och miljödeklarationer - Typ III miljödeklarationer - Principer och procedurer," ISO SS-EN ISO 14025:2010, 2010.
- [16] "Miljöledningssystem – Krav och vägledning," ISO SS-EN ISO 14001:2015, 2015.
- [17] "Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning," ISO SS-EN ISO 14044:2006, 2006.
- [18] A. Fugiel, D. Burchart-Korol, K. Czaplicka-Kolarz och A. Smoliński, "Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries," *Journal of Cleaner Production*, årg. 143, s. 159–168, 2017, ISSN: 0959-6526. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.136>. [Online]. Tillgänglig:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616322004>.
- [19] Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. A. Meyer och (eds.), "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change," IPCC, Geneve, Schweiz, Tech. Rep., 2014.
- [20] S. Durucan, A. Korre och G. Munoz-Melendez, "Mining life cycle modelling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry," *Journal of Cleaner Production*, årg. 14, nr 12, s. 1057–1070, 2006, Improving Environmental, Economic and Ethical Performance in the Mining Industry. Part 2. Life cycle and process analysis and technical issues, ISSN: 0959-6526. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.12.021>. [Online]. Tillgänglig:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965260500051X>.
- [21] N. S. Ottosen, *Introduction to the finite element method*. Hertfordshire: Prentice Hall International, 1992.
- [22] R. Patel och B. Davidson, *Forskningsmetodikens grunder*. Lund: Studentlitteratur, 2019.
- [23] P. Jonsson, *Logistics and Supply Chain Management*. Maidenhead, England: McGraw-Hill Education, 2008.
- [24] Sandvik, *A Full Range of Proven Feeders and the People to Support you*, 2015. [Online]. Tillgänglig:
<https://go.rockprocessing.sandvik/l/490131/2021-03-30/8mxmhd>.
- [25] ABB, *Product note Low voltage flameproof motors for underground mining*, 2015. [Online]. Tillgänglig: https://library.e.abb.com/public/0bb562b7b74d4a8e8a64dc05350b779a/Mining_flameproof_ci_productnote_9AKK106688_EN_09-2015_final.pdf?x-sign=R9EJ3dXLDjmII36SIesMNlGaFjiQlYDeg7mOI5ZdPSrUXW/6pne3bd7t/ydfA6Wr.

Bilagor

A Förslag på intervjufrågor

A.1 Till EPD-ansvarig hos NCC

- Hur används EPD/LCA hos NCC idag med avseende på stenbrott?
- Hur ser ni att nyttan med LCA kan ökas?
- Ser ni att kritiska områden finns i utförandet av EPD/LCA?
- Datainsamling
 - Hur ser ni på att använda mer avancerad mätteknik och därmed dyrare utrustning på era anläggningar i syfte att förenkla utförandet av EPD/LCA?
 - Sammanställning av data/framtagande av dokument
 - Tidsåtgång
- Vilka användningar av LCA/EPD finns det i andra områden än miljö?
- Ser ni fler användningsområden för datan som används vid framtagandet av EPD/LCA?
- Skulle ni vilja genomföra EPD/LCA med högre frekvens?
 - Varför?
 - Med vilken frekvens?
- Hur ser energifakturor ut?
 - Syns det var konsumtionen sker?
 - Hur ofta kommer dessa?
- Hur ser variationen ut över året?

A.2 Till platschef hos NCC

- EPD/LCA
 - Ser ni nyttan med EPD/LCA?
 - Hur tror ni nyttan med LCA kan ökas?
 - Hur mycket tid spenderar ni på att hjälpa till vid framtagning av EPD/LCA?
- Tekniskt
 - Material Average Level, hur mycket material kan ackumuleras per maskin.
 - Vilka kapaciteter har maskinerna?
 - Maskinamn för specifikation
 - Maskinamn (B110, B100 etc för nuvarande layout)
 - Vilket intervall har ni på materialdata (dagligen, veckovis etc)
 - Energiåtgång för feeder, conveyor och separator.
 - Layout på dagbrott
 - Varför har ni inte mätdata överallt?

B Transkribering

I = Intervjuare

R = Respondent

B.1 Transkribering av intervju med EPD-ansvarig

I: Vi kan ju börja med att bara fråga allmänt på NCC, hur används EPD- och LCA-analys idag med avseende på stenbrott?

R: Jag vet inte hur pass insatta ni är i EPD:er och miljövarudeklarationer, är det någonting som ni har arbetat med i flera månader eller är det någonting som ni bara kommer i kontakt med för det här kandidatarbetet?

I: Just LCA har vi faktiskt haft lite mer insikt i genom andra kurser, men EPD och miljövarudeklaration är det första gången vi har kommit kontakt med nu för det här arbetet. Vi har ändå jobbat med det nu och läst in oss på ämnet så jag skulle nog säga att vi har lite koll. Det är mycket att lära sig kvar såklart, men nu är vi ändå hyfsat insatta som det är.

R: Nej, men jag förstår kontexten. Alltså en miljövarudeklaration ska ju då förklara en produkts miljöprestanda helt enkelt, det vill säga om vi producerar ett ton av den här fraktionen eller den här fraktionen eller den här fraktionen så ska du veta att när du köper den så bidrar du till klimatpåverkan så och så mycket du bidrar till övergödning så och så mycket, sedan också ett gäng andra miljöpåverkanskategorier. Och förlåt, nu tappade jag bort vad frågan var från början.

I: Frågan var mer hur EPD och LCA används idag med avseende på stenbrott hos er på NCC.

R: Jag representerar ju en ganska så liten del av NCC. NCC är ju klassiskt sett ett stort byggbolag så jag sitter på en del av NCC som heter "industry" och där på en division som sysslar med täktverksamhet, alltså bergmaterial. Och där har vi sett ett ökande behov av att kunna presentera transparent och tredjepartsgranskade miljödata till våra kunder och beställare just för att större aktörer såsom Trafikverket och Boverket börjar ställa krav på att man ska kunna leverera det när man lämnar anbud på projekt. Så att därför så har vi gjort ett ganska så gediget arbete med att få en process certifierad. Och via den här processen så tar vi då fram vår miljödeklaration eller EPD:er.

Och för att då göra en EPD så krävs det en livscykelanalys. Du tittar på materialets livscykel från det att vi spränger loss ur berget till det att vi stoppar in det i förkrossen, transporterar den till nästa kross, eller om det är transportband, eventuell hantering om vi blandar in salt om det ska vara någon form av salt, halkstopp eller halkbekämpningsprodukt.

Och sen så tittar vi även på miljöpåverkan som uppkommer i transport till kund i vissa fall. Men i de allra flesta fall så tittar vi på miljöpåverkan fram till det att de är lastade på lastbil och sen när det går ut till kund eller där de tar slut.

Det är allt och det kan man då se i de EPD:er som vi har publicerade med hänvisning till de moduler som finns deklarerade i EPD:n. Hur pass familjära är ni med begreppet moduler och standarden för byggprodukter i EN 15804? Säger det någonting?

I: Nej, inte mycket för mig personligen.

R: Nej, nej, men det är helt ok jag bara försöker att förstå och förklara kontexten. Så är det: för att allihop ska göra på samma sätt så finns det en övergripande standard för hur man tar fram miljövarudeklarationer eller EPD:er. Den standarden är gemensam för byggprodukter och då har man delat in materialets livscykel i moduler. Så för att kunna jämföra olika EPD:er så behöver du titta på vilka delar av livscykeln finns med i den här EPD:n. Det är så klart att du kommer ha en mycket högre miljöpåverkan i EPD:n om du har tagit med både modul 1, 2, 3, 4, 5, 6 jämfört med någon som bara har tagit med 1, 2 och 3. Så att den kan vara värd att ta en titt på före bara för att förstå vilken typ av information som finns med och vilken information som lämnas utanför EPD:n.

I: Nu en snabb fråga, de här modulerna, exempelvis sprängning och alla andra olika stegen, är det det du menar med moduler?

R: Nej, utan den här standarden är det som sagt antagen till byggprodukter, så den här standarden är inte utformad med täktverksamhet i bakhuvudet så att den är väldigt generell. Du har den första modulen som är "raw material supply" och där på något vis ska du kunna baka in påverkan från det råmaterial som du stoppar in i produkten sen så är det modul A2 som är själva transporten av materialet. Och sen så har du modul A3 som är själva tillverkningen så att det är de moduler som är absolut vanligast förekommande, om man tittar på EPD:er för stenmaterial och vi har en hel del EPD:er publicerade där ni kan se den här informationen. Så att bara för att återknyta till frågan du ställer från början, vi använder livscykelanalys för att kunna ta fram en EPD och med den EPD:n kan vi tala om för våra kunder: Det här är den miljöpåverkan som vi har i vår produktion idag. Men den ger oss också en förståelse för vilken del av produktionen är det som genererar högst miljöpåverkan, och så kan vi försöka att lägga våra ansträngningar på den för att liksom minska ner.

I: Kopplat till EPD:er, så klart igen, ser ni att det finns några kritiska områden i utförandet av en EPD och LCA analys som är speciellt svåra, kanske?

R: Så är det absolut. Du har en manuell datainsamling som är omfattande och lite tidskrävande. Men den absolut största felkällan skulle jag vilja säga är de dataset du tillägnar de förbrukningsvaror som går åt i produktionen, det vill säga för att kunna veta hur mycket miljöpåverkan som uppstår när vi har producerat ett år material, då tittar vi på hur mycket diesel som har gått åt, hur mycket el, hur mycket sprängmedel, hur mycket smörjolja, hur mycket avfall har genererats och så vidare och så vidare. Och för att kunna räkna på det så behöver vi ha en emissionsfaktor för vart och ett av de här materialen.

Vilken emissionsfaktor ska man då välja? För det är tyvärr så att alla leverantörer kan inte erbjuda EPD:er för sina produkter. I ett drömscenario, så hade vår leverantör av diesel haft en EPD, för sprängmedlet har det funnits en färdig EPD och då hade vi bara kunna tagit den siffran multiplicerat med hur många ton som vi har förbrukat och där har

vi en miljöpåverkan. Men oftast så finns inte det. Du kan inte ha leverantörer erbjuda EPD:er av den omfattningen, så att då får man använda sig av generella dataset och då kan det vara: Det finns LCA-databaser med omfattande typer av data där man får information om vilken miljöpåverkan som har uppkommit vid raffineringen av den här dieseln och all den tidigare livscykeln som den färdiga produkten har gått igenom. Så att vi använder i en del fall en nordisk elmix till exempel. Det är inte specifikt från den leverantör som vi köper det, men när vi inte har specifik data, ja, då får vi använda oss av generisk, och där finns det en ganska så stor felkälla som man tyvärr inte kommer undan om vi inte kan få data direkt från våra leverantörer. Och det kan inte alla leverantörer erbjuda i dagsläget.

I: Så det verkar ju då som att det de kritiska punkterna ligger inte inom gränserna av stenbrotten själva utan mer allting som går in som kan vara lite svårt, till exempel el och liknande.

R: På sätt och vis, det går att approximera den här miljöpåverkan ganska så bra, det är ju det är vad vi gör i dagsläget och vi lyckas att få ihop ganska så stor andel specifik data, men den kommer aldrig att bli lika bra som om vi hade fått specifik data från varje leverantör. Men det kommer vi aldrig att få så länge inte varje leverantör tar sitt ansvar och kartlägger utsläppen ifrån deras del av värdekedjan.

I: En liten följdfråga här då, om vi kollar på de här förbrukningsvarorna, så hur stor andel ungefär står de för av energi eller utsläpp när det kommer till era färdiga produkter om man jämför med till exempel elförbrukningen?

R: Vi kan se så här, nu finns det ju en mängd olika miljöpåverkanskategorier. Det stål som slits av krossmantlarna och hamnar liksom i produkterna och räknar vi som ett partikelutsläpp och den är den absolut största bidragande faktorn till miljöpåverkanskategorin förbrukning av minerala resurser, något i den stilen. Det finns alltså en miljöpåverkanskategori där den slår väldigt högt och är absolut största bidragande faktorn.

Tittar vi på miljöpåverkanskategorin klimatpåverkan, alltså utsläppen av koldioxid då är det absolut dieseln som har störst påverkan. Där är den helt klart den som har störst bidrag av alla förbrukningsvaror.

I: Ja just det, så då blir det att inom vissa miljöpåverkanskategorier så kan det vara stor skillnad på hur noggrant ni kan räkna ut det om ni räknar på det själva internt på stenbrotten eller om ni måste förlita er på era leverantörer som ska ha tillförlitliga uträkningar på påverkan.

R: Ja, men så är det ju, vi kan bara använda oss av specifika dataset eller specifika EPD:er i de fall där vi får dem annars så får vi använda den här generiska datan som, ja, det är svårt att säga hur väl de representerar den här specifika leverantörens tillverkning av el eller specifika tillverkningen av smörjmedel.

I: Skulle man kunna säga att i ditt exempel här med förslitning jämfört med förbrukningen av diesel att man har mycket aggregerad felmarginal jämfört med förslitningen på maskinerna.

R: Beror på vad du menar med felmarginal.

I: Hur stor risk det är att det inte stämmer överens med verkligheten?

R: Där skulle jag vilja säga att det är så svårt att säga för att det finns hundratals typer av stållegeringar. Och det finns även så oerhört många olika typer av diesel för att det enda vi egentligen vet är att vi köper den här typen av diesel, men om det faktiskt är den dieseln vi får in i maskinen, det är inte givet.

Hela bränsleindustrin har någonting som kallas för reduktionsplikten som de följer, det vill säga de ska hela tiden öka andelen förnyelsebart i de volymer som de säljer för att få ner utsläppen så ökar de bara andelen av förnyelsebart som de säljer, så om vi köper diesel med 7 procent förnyelsebart, så är det inte givet att det är det som vi faktiskt får i på våran tank och som vi tankar i, men vi har köpt en andel så att vi får ju räkna på att det är 7-procentig diesel. Men om det är faktiskt det som har stoppats in i maskinen. Det kan vi inte svara på, för i så fall ska vi gå och mäta halten förnyelsebart i liksom varje liter diesel som vi stoppar in i våra maskiner i våra liksom 100-tal anläggningar bara i Sverige och det är liksom inte ett alternativ.

Så att det finns felmarginaler absolut, men det är för att olika leverantörer tillhör olika industrier och där har man olika approacher till den här typen av data?

I: Ja, men det är ändå lite intressant att få inblick i just hur det kan se ut just på olika inflöden på eran verksamhet.

I: Yes lite mer kopplat till det kritiska områden igen. Jag tänker på datainsamling så här på maskiner och så finns det någonting där ni ser att det, skulle inte säga saknas, men något svårare område där när man väl samlar in data, till exempel en stenkross?

R: Egentligen alltihop, ja all datainsamling är kritisk, den behövs göras. Och i dagsläget har vi inte någon bra approach på det mer än att det behöver göras manuellt. All den typen av information finns, det vill säga vi vet... Om vi börjar bara från början. För att göra en EPD, behöver vi göra en livscykel. Vi tittar på en årsproduktion, vi tittar på vad har vi förbrukat under det året? Ju mer vi har producerat och ju mindre vi har förbrukat desto bättre såklart.

Därför behöver vi veta hur mycket diesel har vi köpt under den här tidsperioden? Hur mycket el, hur mycket smörjmedel, etcetera etcetera. Och det här har vi ju, vi får ju alltid den faktura som vi betalar, den finns i våra affärssystem. Vi går in där och sen öppnar vi en PDF. Titta där står det 400 kWh. Vi antecknar den i ett excelark. Stänga ner och öppna nästa, anteckna de kilowattimmarna. Det är ett väldigt tidskrävande och skittråkigt arbete, men det är tyvärr så det ser ut i dagsläget för att vårt system kan inte läsa av fakturorna på den detaljnivån.

Vi kan alltid få ut hur mycket pengar vi har betalat för det, vi kan få ut leverantörer, vi kan få ut vilket konto som har lagts på. Men vi kan inte få ut faktiska kilowattimmarna. Utan det behövs göras manuellt. Det skulle vi kunna få, nu bara det här är sånt som jag skulle vilja få till, alltså att vi har någon form av AI som läser av fakturan och bara: det här är en

bränslefaktura, de ser generellt ut på det här viset. Du har en volym, du har en enhet kubik. Anteckna den eller liksom se till så att den finns i ett digitalt format. Det hade sparat oss hur mycket tid som helst i just framtagandet av EPD.

Men där finns det ett annat värde också, att kunna följa upp det på en noggrannare nivå än vad vi gör i dagsläget. Så att datainsamlingen är kritisk ur det avseendet den tar tid, det är omfattande. Skulle vi kunna få ut informationen direkt från våra fakturasystem så hade det varit mycket bättre. Då hade vi haft en helt annan koll på datan än vad vi har, eller koll på datan har vi, men det skulle vi spara tid. Så där kan vi lämna det.

I: Yes, tänker ytterligare då, om man tänker sammanställning av data och egentligen framtagning av dokumenten ser ut. Är det också en tidskrävande process då? För nu pratade vi lite om förut att just om man sätter in allting manuellt. Så då på något sätt att kunna korta ner den tiden även målet egentligen då?

R: För att nu har ju vi på NCC en certifierad process för att ta fram EPD:er. Vi har rutiner, vi har kompetensen, vi har all den här dokumentationen på plats, det vill säga via färdiga mallar för hur bakgrund rapporten ska se ut hur EPD:n ska se ut, vi har en datainsamlingsmall. Vi har det väldigt bra på det viset. Vi kan ta fram EPD:er på relativt kort tid just på grund av den här processen.

Men annars om du talar för ett annat generiskt företag som ska påbörja arbetet med att ta fram en miljövarudeklaration, så är det lite krångligare, för då behöver du ta fram all den här dokumentationen från början. Nu så finns det färdiga mallar hos programoperatörerna. Om ni går in på environdec.com, till exempel så finns där färdiga mallar för hur, vad, vilken typ av information ska inkluderas i EPD:n och bakgrundsrapport har för mig att det finns också. Där kan man få hjälp på traven, men det är fortfarande ett omfattande arbete att få all dokumentation på plats för du behöver alltid kunna visa i efterhand vilka antaganden har du gjort, vilken data har du samlat in. Och det ska inte bara finnas i ett Excel ark, det ska då finnas också i en sammanställd bakgrundsrapport.

I: Så med mera standardiserade processer där så kan ju ni verkligen då dra ner tiden?

R: Jo, det kan vi absolut. Det är att ta fram en EPD:er från början till slut. Det är en väldigt omfattande process, det kan ta månader eller det kan ta år om du inte har rutiner för det eller har tidigare erfarenhet. Vi kan ta fram EPD:er för stenmaterial på veckor, någon månad om det skulle behövas så att det är en oerhörd skillnad där.

I: Okej, jag tänker också användningarna av LCA och EPD:er. Vi pratar lite om det förut. Finns det, förutom då miljöpåverkan, andra områden där det finns en nytta att använda det nu i dagsläget?

R: Det finns en intern fördel av att precis som jag sa förut, vi får ju en förståelse för vilken delar av produktionen är det som har störst bidrag till miljöpåverkan. Där kan vi rikta våra ansträngningar för att få ner inte bara miljöpåverkan. Men oftast så är det rätt så tätt förknippad med kostnader kan vi minska dieselanvändningen där? Då sparar vi inte bara på miljön, utan vi sparar även kronor. Vi driver projekt där vi aktivt arbetar med att minska just dieselanvändningen för att vi ser att det är en stor påverkan på

klimatpåverkan, men också att vi förlorar pengar där helt enkelt och är onödiga kostnader som hela tiden bara löper på och kan vi spara in dem på 100 anläggningar, ja då blir det en hel del.

I: Exakt, och då antar jag också att den här datan som samlas in då, eller som ni får in från fakturor och liknande och från olika stenbrotten. Den används också då för att såklart kolla vart miljöpåverkan ligger i LCA och EPD:er men också där kostnaden ligger.

R: Jo nu så har vi ju här enbart pratat om datainsamling från fakturor, det vill säga retroaktivt nu. Då samlar man in data som har varit, men det finns ju en nytta med att kunna förutsäga var datan kommer hamna. För vi samlar in en hel del data, även liksom live data. Vi har bandvågar på våra band som mäter hur många ton är det som går. Vi har effektmätare på både krossar som visar hur många kilowatt timmar går det åt i den här krossen just nu. Det vill säga vi kan få in, på en del anläggningar den typen av live data och om du skulle kunna koppla den informationen tillsammans med ja, men en live insamling av, dieselförbrukning, smörjmedel, och komplettera med kanske generiska siffror för de förbrukningsvaror som inte har lika stor inverkan på miljö. Då skulle du kunna ha en live EPD som hela tiden uppdateras och visar i realtid att "just nu går krossen på högvarv. Det är den är fullmatad motorn får arbete som sjutton och då genererar det den här miljöpåverkan."

Det skulle vi kunna göra i framtiden om vi skulle liksom kunna sammanlänka alla de här datakällorna och få dem att samverka med en LCA databas.

I: Ja, det är ju lite det vi kollar på just nu faktiskt i våra projekt där med livedatan. Där fick vi data från Tagene, så där har vi ju livedata som vi kollar på. Det är där vi försöker allokera energiförbrukningen i varje kross till exempel och alla delar ingående för att då allokera om olika produkterna som produceras. Men det är kul och då ser man i alla fall att det finns en nytta för de live EPD grejerna också.

R: Det finns det absolut och det är inte enbart kopplat till EPD:er och miljöpåverkan. Skulle du kunna få den livedatan på plats, så finns andra möjligheter då där vi skulle kunna få en tätare uppföljning på produktionen ute i verksamheten och säga att ja, "av någon anledning så ser vi varje torsdag så har vi en topp eller en spik i förbrukningen av den här förbruknings varan, på den här anläggningen. Varför det?"

Ja, men då ser vi att det är Tommy som går ner. Sen startar en hjullastare och kör gasen i botten för han tycker att det är lite roligt. Ja, men den typen av information skulle man kunna börja titta på och se trender på ett helt annat sätt.

I: Skulle ni vilja genomföra LCA och EPD:er med högre frekvens? Då så finns det ju såklart som du sa, lite intresse för det, men med vilken frekvens skulle ni vara intresserade av att göra det på? Är det någon veckovis då? Eller är det dagligen? När ni kollar på om ni vill sammanställa sådana EPD:er. Nej, det kanske bättre att ställa frågan som vad har ni möjlighet till? Vi kollade på live data för krossar och sånt där och det blir väldigt enkelt att allokera, för där har vi så detaljerad data ända in på minutnivå, men säg typ bränsleförbrukning och det som är fakturabaserat. Vilken frekvens har ni där och vilken är den lägsta frekvensen mellan datapunkter som finns i processen nu?

R: Det där är en väldigt relevant fråga för vi har en verksamhetstyp som är väldigt långsiktig. Det går inte att sticka under stolen med. Vi har produktion som varierar över året beroende på storleken av anläggningen. Vi kan ha anläggningar där vi bara krossar ett par månader om året. Vi kan ha dagar, veckor då vi krossar jätteintensivt för att kunna bygga upp ett lager inför en period då vi märker att här finns det ett högre behov. Och ska man då titta på live data på det viset? Ja, men då kommer du ha en produktion som svänger. Du kommer ha en miljöpåverkan som svänger. Det finns det inte riktigt intresse av det för just den EPD:en, för då är det ingen som vill ha material eller köpa. Det är just det material som har producerats när vi var på en peak. Det finns ju ingen mening med det så därför så finns det ju den här standarden på plats som kräver ett års produktionsdata.

Problemet är att vår verksamhet är mer långsiktig än så. Det skulle behövas en PCR, alltså produktkategoriregler på plats för stenmaterial som ännu mer detaljerat förkunnade hur man ska hantera den frågan, för i dagsläget så lutar vi oss mot den här EN-standard som är för byggprodukter snarare än stenmaterial, och där är det bara ett års produktionsdata. Men för vår typ av verksamhet som pysslar med krossning. Vi har avbaning, alltså där vi behöver ta bort vegetation, hugga ner träd, gräva bort jord, grus och allt sånt för att komma åt berget under och det är någonting man kanske gör under ett år, så gör man det jättemycket nästa år så gör man ingenting tredje året, fjärde året börjar man behöva avbaningen igen. Hur allokera du den miljöpåverkan om du bara tittar på ett år? Så ena året kommer det se jättebra ut, för då slipper du den miljöpåverkan nästa år så kommer det helt att vara mycket högre. Och där finns det inga tydliga riktlinjer hur man allokera den typen av miljöpåverkan.

Så att största problemet skulle jag inte vilja säga är att göra allokeringen. Det går alltid, det kan man alltid hitta någon form av lösning på, men att få någonting som är representativt och få alla aktörer att göra det likadant, det är svårare. Så att ha det lite i bakhuvudet, att vi har olika typer av processer som har lite olika typer av frekvens. Om jag nu ska försöka sätta mig in i erat perspektiv och liksom datainsamling där.

I: Jag har en liten kortare fråga var är största kostnaden i produktionen och kollat på energin är det diesel som är dyr eller elen som är dyr?

R: Om du pratar energi så är det ju helt klart diesel. Öppnar du Dagens Nyheter eller SVT Nyheter så säger du att dieselpriserna pekar spikrakt uppåt vi har en stor del av produktionen som sker med mobila krossar, det vill säga vi kan flytta dem mellan olika anläggningar. De går ju då på diesel och det är liksom. Det är bara så det är och deras fasta kostnader, alltså drivmedelskostnader där de har ju fullkomligt exploderat under senaste året så att har dieseln ökat med, jag vet inte hur många kronor och det är liksom miljontals kronor helt plötsligt som så där kom från ingenstans och belastade våran produktion. Så att kostnaden för drivmedel är helt klart en springande faktor och därför så arbetar vi med att aktivt försöka elektrifiera våra mobila krossar.

Vi har ett antal fasta anläggningar såsom i Tagene till exempel. Där har vi en stationär kross. Den stod på ett och samma ställe, den går på el. Där är allting lugnt, där har vi el, men på de lite mindre anläggningarna där vi kanske inte krossar hela året, har vi bara 3, 4 månader där vi behöver produktion. Då har vi liksom inte ekonomin att ha en fast stationär kross och då är det jättebra att ha en mobil kross, men då går ju den på diesel.

Och att få ekonomi på att dra in en elkabel är inte gångbart om inte tåkten eller produktionen är så pass stor under de här fåtal månaderna, så det är alltid en avvägning tyvärr.

I: Det vore intressant att förstå lite totalkostnaden.

I: Ja, det här är lite mer mjukare kanter som jag funderade lite på just under driften av stenbrotten för det kanske inte alls är möjligt, men jag tänker att man kan ha några enklare KPI:er som du konstant kan kolla på under driften som bland annat kan ta sig energiförbrukning i form av el i krossarna. Säg att man på förhand har räknat ut att det här är en KPI för den här krossen vid det här massflödet. Hade det varit något vettigt då att man har färdiga, liksom konstanter som du bara kan slänga in i ett program och säger ja, för varje producerat ton av den här produkten sker det så här mycket åtgång av el, diesel, förbrukningsvaror, etcetera.

R: Det är klart att det finns genomsnittssiffror men för att producera den här typen av fraktion med den här typen av anläggning? Ja, men då går det åt ungefär så här många kilowattimmar per ton eller så här många liter diesel per ton. Den kunskapen, den är gammal, den har vi sedan tidigare. Problemet är att allting varierar i och med att det är en så pass lokal verksamhet vi har. Tittar vi på Tagene är som är egentligen ganska stor anläggning så kommer du inte få samma genomsnitt. Kilowattimmar per ton som du har i en liten bergtäkt uppe i Burträsk eller någonting sånt där du har produktion några månader om året bara.

Så att, jo, det går att ta fram KPI:er eller liksom ungefär så här mycket går det åt, men om vi ska titta ur en EPD synpunkt: Om alla använder dem där generiska, liksom schablonkopier så här mycket går åt per ton, då tappar du den här transparensen, det är här vi ska med EPD:er kunna presentera exakt vilken miljöpåverkan som har uppkommit för att producera det här tonnet som ligger på den där lastbilen. Och om du bara använder dig av de här schablonsiffrorna? Ja, men för att producera ett ton 8, 16, då går det åt typ så här mycket kilowattimmar per ton. Då finns det inget behov av live data eller någonting egentligen om du bara ska titta på schablonsiffror så att därav finns det ett behov av att få in den här specifika informationen.

I: ja, men det låter rimligt, tycker jag.

R: Ni har nog fått en hel del information här som kan vara lite svår att sälla ut. Det ska vi börja liksom gå från början till. Varför är behovet av EPD:er så som det ser ut som det gör, hur man bäst anpassar behovet kontra arbetsmängden för att få till det på ett smidigt sätt, men ändå möta marknadens efterfrågan på EPD:er. Ja, men då skulle vi behöva någon timme till, men jag tror att ni har fått en övergripande bild i alla fall alltså vad det handlar om.

I: Gud ja, det tycker jag. Vi har fått klar inblick i hur ni jobbar där på NCC och nyttan liksom för en EPD mycket tydligare.

R: För att fortsätta på det spår du pratar om där, att varför använder man inte bara en schablon? Siffror är liksom en KPI, men vi vet att det är så och så många liter diesel per ton. Så här många kilowattimmar per ton. Återigen, för du tappar den här transparensen.

Du kan inte, för en revisor, en tredjepartsgranskare, tala om att det är exakt den här miljöpåverkan som uppstår för det här producerade tonnet om du bara använder er av schablonsiffror. Det ska ju finnas en vinning med att presentera specifika siffror för just sin verksamhet. Vi vill ju gå mot specifik data för att annars som alla aktörer på marknaden använder sig av samma schablon siffra, då kommer miljöpåverkan från alla bergtäkter var likadant.

Och det finns det ingen vinning, men vi vill ju kunna visa våra ansträngningar för att minska miljöpåverkan. De vill vi kunna visa. Vi vill kunna visa att vi är bättre än andra företag. Därför så gör vi det här arbetet, för den illustrerar att våra ansträngningar här och där, har resulterat i inte bara minskad miljöpåverkan, utan vi har även spara in si och så många kronor på att minska dieselförbrukningen i just det här steget. Vi har rationaliserat bort den här hanteringen av materialet för att vi såg att det lade på si och så många kilo koldioxid per ton.

I: Jag förstår att man utåt sett ska använda den datan som är så specifik som möjligt och för varje enskilt fall. Om man skulle använda den datan och räkna ut en ett KPI för den tidsperioden och sedan använda internt när man kör stenbrotten hade det varit av intresse att man har uppdaterade KPI:er för varje aktuellt stenbrott som man kanske uppdaterar då om man gör det en gång per år om man göra en varje månad med hjälp av EPD data så att man ser att: Okej men nu ser man att vissa KPI:er börjar dra åt olika håll, att man ser trender på utvecklingen av dem, att då gå in och justera saker.

R: Absolut absolut. Det finns ett värde. Och det är ju precis det jag nämnde förut med den här uppföljningen ut av produktionen och då är det fan i mig inte en fråga om årligen. Det här är någonting vi vill göra dagligen, veckovis det här. Det är sånt som ska kunna komma in varje dag alltså effektförbrukningen från våra krossar, hur många ton är det som passerar och det får vi in vid de här bandvågarna. Det är en väldigt noggrann mätning av produktionen man man kan få på det viset och det finns väldigt mycket information du kan få ifrån den typen av data.

I: Du nämnde exempelvis produktionen för att det hade varit väldigt intressant att se att här har vi nu en spik på torsdagar därför att det är någon som trycker på gaspedalen. Har ni kollat någonting på mäta dieselförbrukning direkt i maskiner för då får den detaljen på och så då?

R: Det har vi. Det är den typen av information som finns i hjullastarna idag. Där har tillverkarna faktiskt väldigt mycket data att tillgå och vi har ett abonnemang som med Volvo kraft där de skickar data från maskinerna som vi sedan kan sammanställa och på en aggregerad nivå, men också även sajtvis. Problemet där är att vi inte får "tracka" den typen av information med hjullastarförare alltså, det är lite GDPR som kommer in där, men visst finns det tendenser på vissa förare som man skulle kunna vilja jobba bort så är det. Det är helt klart en del av vår produktion som vi kan få med den här live uppdaterade datan från våra "gula maskiner" som vi kallar det, alltså hjullastare, dumprar grävmaskiner, och det är någonting som vi får in idag.

I: Ja, ja, det är väldigt spännande för vi har inte hört talas om det innan.

R: Det finns rätt många aspekter av en bergtäkt där man skulle kunna samla in data. En

del av det gör vi riktigt bra idag. En del av anläggningar gör det inte alls på så det varierar.

B.2 Transkribering av intervju med platschef

R: 230 är ju mataren till steg 2, M230 sitter för K240 sen B240 sikt 260

I: Vad är en MF? För vi har silo data på en MF?

R: Det är Mata-Ficka, det är liksom som en buffert ficka i den mataren. Så B220 upp till MF230

I: Vad är Radien på silon?

R: Diameter är 9 meter.

I: Hur mycket kostar detta system?

R: Det är ett strategiskt initiativ och anläggningen betalar 8 tusen i månaden. Och då får man färdigbehandlade bilder i programmet. Jag har kört på detta i 2,5 år och grävt om alla kablar och bestämt avstånden i detta verktyg Det betalar av sig väldigt snabbt. Ni kan skicka ett mail med det ni vill ha svar på

I: Det är just flödesschemat och värdena i det som vi behöver.

R: Det kan jag fixa, elektrikern vet ju hur stora motorerna är på varje maskin.

R: Här har vi en månadsfaktura på el, här får vi reda på hur mycket vi har förbrukat i termer av kWh.

I: Är det för hela anläggningen?

R: Inte för asfaltsanläggningen.

I: Är det så att om ni tar bort krossar och band skulle ni ha fått byggnads förbrukningen? Eller vad är det som går in i fakturan?

R: Precis, då blir det värme, fläktar och liknande.

I: Det finns ingen höftning på hur mycket som kommer från krossar och maskiner jämfört med byggnaden?

R: Inte om inte EPD ansvarig kan svara på det.

I: Det här tar han del av också när han räknar fram EPD'erna?

R: Ja. Så i EPD arbetet är det enda som jag och vår administratör gör att vi har försett EPD ansvarig med data över dieselförbrukning och lite annat.

I: Hur mycket diffar den fakturan per månad?

R: Den ligger mellan 200 tusen och 250 tusen kWh producerade, sen kan vi också ta reda på hur mycket volym diesel vi använder oss av. Sen tillkommer lite skatter och liknande roliga saker. Det priset har gått upp ganska mycket som ni vet. Vi har avtal med vattenfall och köper grön el, men vi har inget fast pris. Detta märks av, vi är otroliga elförbrukare. Man har aldrig behövt ett fast avtal, i alla fall i min värld trodde jag det, eftersom priserna har varit ganska jämnt ganska länge. Men nu hade vi en peak i december där kostnaderna var ungefär dubbelt det normala.

I: Vi hade lite frågor om frågeställning 2 kopplade till det här.

I: Dessa är ganska kopplade till EPDer så vi kan kanske maila EPD ansvarig om det.

R: Är det detaljfrågor kring EPD så är jag ingen expert.

I: Nej det är mer kopplade till EPD/LCA och hur mycket ni använder det i ert arbete och om ni använder det alls?

I: Vi har 20 min kvar.

R: Om tiden rinner ut kan vi alltid köra ett teams möte.

I: I dagsläget allokeras el från en och samma faktura, men el från fastigheten allokeras jämt på alla produkter efter att man fått fakturan, samma med diesel i fordonen. Eller?

R: Där har vi gjort en uppdelning, först har vi transport och matning till förkrosseen, den får alla produkter ta del av då allt bergmaterial åker igenom den vägen. Sen har vi de som tömmer i sista steget, den kostnaden och den dieseln lägger vi på produkterna. Produkterna blir dyrare i miljöpåverkan ju längre de färdas i processen, det har vi försökt visa med de indelningarna på dieseln för att få en schysst uppdelning.

I: Efter att ha läst igenom EPD:en så såg jag att det skulle vara uppdelat så. Men sen såg jag också att i fältet där det står hur mycket man förbrukar så hade alla samma.

R: Alla produkter?

I: Ja.

R: Så ska det inte vara.

I: Man hade principer att man skulle ta det högsta, worst case scenario så det är det vi tycker är intressant. Kan vara missvisande negativt, att det ser ut värre än vad det är. Därför vill vi bryta ner det lite mer och kanske fråga de standarder här i EPD'n.

I: Det vi tänkte är ifall det finns andra metoder att göra samma sak (fördela fakturan över produkter) fast under kortare tid, så ta fram hur mycket diesel som går åt under 2 veckor, som är mindre än faktureringstiden. Man kan ta till exempel fakturan man får efteråt och multiplicera med en faktor på 0.5 om det är 2 veckor och fakturan är på en

månad. Om produktionen skulle ligga nere en av veckorna kan man justera och multiplicera med $\frac{1}{4}$ istället. Det är en metod vi kommit på. En annan metod är om man inte vill vänta till fakturan kommer, kan man ha något nyckelvärde för hur mycket diesel går åt att producera så här mycket produkt. Då kan man se hur mycket man producerat under en period och multiplicerar med detta nyckelvärde. Enligt vår handledare så används detta i branschen, använder ni er av denna metod?

R: Under det dagliga arbetet räknar vi inte så detaljrikt på det, nu med den här ändringen har det varit intressant för vi behöver inte vänta ett år för att se effekten. Typ i processtyrningen kan man läsa av elförbrukningen på en kortare period på ett mer detaljerat sätt än vad vi kan nu, utan att vänta ett år. Men i det dagliga så är det en generell siffra vi räknar på. Det gäller att lägga materialet på rätt ställe. I det produktionsflöde som är, är det ganska konstant och där räknar jag nästan aldrig på en förändring eller vad det kan innebära. Bara vid större investeringar blir det intressant, till exempel om vi ska flytta ner första och andra kross steget. Det ska ner till botten nu då. Då kan man räkna på besparingar i diesel. Det är stora case men på det dagliga så räknar vi inte på det utan generell summa per ton som vi räknar med.

I: Elen börjar bli lite mer live inriktad, vi kan få detaljerad data. Kollar ni på alternativ med förbrukning på diesel? Det var något vi tog upp med EPD ansvarig kring LCA. Dethär med att ni har möjlighet att plocka ut data från tillverkarna. Är det något ni jobbar med?

R: Nej, inte just nu. Det går ju då bränsle rapport från Volvo. Och vi har strategiskt initiativ på norden nivå just med tomgångskörning att pressa ner på det så det är ett brett initiativ vi jobbar med. Det är egentligen det vi läser av, mer än liter/timme jobbar vi inte med. Det finns inte tid i verksamheten för att sitta och grotta i detaljer. Det blir för detaljerat. I min roll finns det så mycket grejer man behöver peta med så det blir egentligen väldigt långt ner på priolistan. Det här med tomgångskörning jobbar vi också med men det är mer att konstatera att de ska skärpa sig och hoppas att de gjort ett bättre jobb till nästa rapport. Med det flödet vi har omsätter vi ungefär 100 miljoner och som platschef har man ekonomiskt ansvar, miljöansvar och arbetsmiljöansvar. Miljöfarlig verksamhet så ligger det ett vattenhus område där får vi insyn från miljökontoret i kommunen. Vi har förhållningsregler till vibrationer, damm och buller i både sprängning och krossverksamhet. Med processtyrning så får vi möjlighet att läsa av utnyttjandegraden av en maskin. Det är viktigare än hur mycket el den drar. Visar det sig att krossen på C sidan står tom 44 procent genomsnitt, då behöver jag göra någonting. Elförbrukningen stiger inte om vi får upp utnyttjandegraden utan den är konstant.

I: Utnyttjandegraden går hand i hand med miljöpåverkan

R: Vi kan krossa en kortare stund exempelvis. Det är sånt som är värdefullt. Innan har vi inte kunnat läsa av något på maskinerna, nu kommer vi kunna göra det.

I: Så stor nytta skulle kunna ligga i en analys som ni kan använda med korta mellanrum för beslutsunderlag.

R: Egentligen hade man kunnat avsätta en person att grotta ner sig i detaljer. Tillgängligheten, samma som lastbilarna. Har vi 4 maskiner med 4 maskinister som har 50 procent tomgång var då är det läge att avveckla en. Enkel matematik. Innan hade

man 5 minuter att åka från gropen uppför backen, det har alltid varit uppdelat, en maskin som lastar uppe och en som lastar nere. Nu är det några sekunders färd mellan dem. Tidigare behövdes 4 maskinister, nu räcker oftast 3 och idag använder vi bara 2 stycken. Mycket effektivare, bara en sådan sak.

I: Om man har en tätare uppdatering på nyckeltal så kan man vara snabbare på att reagera.

R: Det är jätteintressant. Med processtyrningen, om vi lägger om och kör på ett visst sätt märker vi en viss utnyttjandegrad. Om vi gör lite annorlunda kan vi se en annan utnyttjande grad. Exempelvis att vi lägger finare sten tidigare i steget kan man se en förbättrad utnyttjandegrad.

I: Det är anläggningsmaskinerna som är den stora svårigheten att styra, har jag tolkat det rätt? Eller är det grävorna?

R: Ja det enda vi kan mäta där är hur många ton vi säljer och slå ut det på hur många timmar man har kört. Sen bär de även färdigproducerad material från gropen. Och den stora grävmaskinen hyr vi, vi betalar en kostnad per ton,

I: Effektivitet känns som ett bra mått.

R: Visst.

I: Med mer data kan ni få en bättre helhetssyn för att styra.

R: Som du säger med investeringar. Kan man visa med data att detta blir faktiskt skillnaden", det finns kronor/ton och då kan man lätt ställa upp en formel och visa att denna investering på 3.5 miljoner kommer betala av sig på 4 år. Är det maskiner som kommer köra i 20 år så är det en jättebra investering.

I: Om man kollar på fasta maskiner, skulle ni se mer nytta med kunskap om driftparametrar?

R: Ja du menar med kross uppställ med siktare och sådant? Ja, återigen är det det med utnyttjandegraden. Av total tid som den går, hur mycket av den tiden är den belastad? Tänker man på fläktarna, de drar jätte mycket ström. De går från 6 på morgonen till 20. Man kanske kan lägga in en investering i den fläkten som sparar mycket pengar i elkostnader. Det går att räkna på det. Sådana grejer är hela fabriken akilleshäla. Även om vi inte matar sten så går maskinerna. Då borde det vara ett större haveri som gör att de stänger ner. Det kommer bli bättre för nu har vi ju den här digitala styrningen och mycket lättare att stänga av eller se vad som behöver stängas av. Förr hade vi en diod tavla som visade vad som var igång och vilka fickor behövs tömmas. Lastbilschauffören gick ju där och han kunde alla gamla system, varit lite negativ till det nya men förvånansvärt positiv till det överlag.

I: Hur mycket kan ni styra i anläggningen? Säg ni får in data som säger att ni är oeffektiva på en plats hur mycket finns det för att öka effektiviteten men ändå producera det man vill?

R: Det är problemet med den här anläggningen: till en viss gräns får du bestämt utfall av något, man vill hitta den perfekta kundmixen så man säljer hela ditt utfall. Så fort du ska returkrossa då lastar man stenarna igen och det blir krossen jätte oeffektiv. Den vill inte krossa utan den vill ha en bra mix av stenar. Egentligen behöver man sälja materialet hela tiden men man kan inte göra det. Det är egentligen 8/16 som vi har problem med. Anläggningen är delvis uppbyggd för att klara betong leverantörens behov som vi inte har kvar längre så då har vi en överproduktion av det. Däremot har vi en avsättning på de andra produkterna, vi har lite asfalt verk.

Normalt sett har man problem i bergverk för man bygger lager på 0.2 som man säger där restprodukt är stenmjöl finaste men det säljer vi till asfaltverket och dels så säljer vi den här jorden som vi köpte in. Den blandar vi in stenmjölen i. Vi har ganska bra massbalans och ganska bra flöde på allting. Om man tänker sig i de nyare uppställningarna där mobila enheter då har man inte samma retur kross möjligheter som vi har här. Fördelen med denna fabriken är att den är otroligt komplicerat byggd under med returband och spjäll, man kan returkrossa hela tiden. Det är inte ekonomiskt men möjligheten finns. Istället för att bygga lager på 100 tusen ton och de som sitter längre upp binder mindre kapital så det är ett nödvändigt ont.

I: Hur ser kommunikationen mellan EPD ansvarig och platschef ut?

R: Det vi använder EPD idag är våra kunder som efterfrågar det. Jag jobbar inte dagligen utan det är säljaren som jobbar.

I: Finns ett större intresse?

R: Under förra året efterfrågade fler kunder det så vi har även gjort EPD på asfalt produktionen.

I: Kan datan från nya systemet användas för CA och EPDer? Är det något du pratat med EPD ansvarige om?

R: Nej. Gör vi större förändringar får man uppdatera EPD n. Går vi tillbaka till effektiviseringen så har vi stora kostnader som fasta kostnader. Exempelvis; mängden vi producerar i tvåskift, skulle vi kunna producera samma mängd på ett skift? Det är lätt att räkna ut besparingen. Sådana saker är intressanta.

C MATLAB-kod för allokering av frekvent data

```
%% Effektivitetsberäkning Modul 1 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
%   Av: Filip Linnér & Michael Crona
%   Senast ändrad: 2022-05-05
%
%   Beskrivning: programmet plockar in data för maskinerna B120,160,170,
%   S130, K110 och M100 och beräknar den aktiva tid som maskinerna används
%   vilket därmed ger effektiviteten för maskinerna.
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% Rensa programmet
clc
clear all
close all

%% Konstanter för binära funktioner
effektDrift = 0.8;      % Bestämmer hur stor andel av maxeffekten som används
felMarginal = 0.01;    % Bestämmer när maskin ska antas vara i drift

%% Konstanter som väljs utifrån maskindata
maxEffektM100 = 15;
maxEffektB120 = 22;
maxEffektB160 = 9.2;
maxEffektB170 = 9.2;

%% Läs in data från .csv-filerna
% Läs in B120
B120 = readtable('B120.csv','NumHeaderLines',1);
dataB120 = table2array(B120(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataB120);
indexing = 1:numel(dataB120);
dataB120(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataB120(~indexIsNan), indexing(
(indexIsNan), 'spline');

tidStegB120 = table2cell(B120(:,1));
tidStegB120 = datetime(tidStegB120, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in B160
B160 = readtable('B160.csv','NumHeaderLines',1);
dataB160 = table2array(B160(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataB160);
indexing = 1:numel(dataB160);
dataB160(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataB160(~indexIsNan), indexing(
(indexIsNan), 'spline');

tidStegB160 = table2cell(B160(:,1));
tidStegB160 = datetime(tidStegB160, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');
```

```
% Läs in B170
B170 = readtable('B170.csv','NumHeaderLines',1);
dataB170 = table2array(B170(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataB170);
indexing = 1:numel(dataB170);
dataB170(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataB170(~indexIsNan), indexing
(indexIsNan), 'spline');

tidStegB170 = table2cell(B170(:,1));
tidStegB170 = datetime(tidStegB170, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in K110
K110 = readtable('K110.csv','NumHeaderLines',1);
dataK110 = table2array(K110(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataK110);
indexing = 1:numel(dataK110);
dataK110(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataK110(~indexIsNan), indexing
(indexIsNan), 'spline');

tidStegK110 = table2cell(K110(:,1));
tidStegK110 = datetime(tidStegK110, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in M100
M100 = readtable('M100.csv','NumHeaderLines',1);
dataM100 = table2array(M100(:,3));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataM100);
indexing = 1:numel(dataM100);
dataM100(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataM100(~indexIsNan), indexing
(indexIsNan), 'spline');

tidStegM100 = table2cell(M100(:,1));
tidStegM100 = datetime(tidStegM100, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in S130
S130 = readtable('S130.csv','NumHeaderLines',1);
dataS130 = table2array(S130(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataS130);
indexing = 1:numel(dataS130);
dataS130(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataS130(~indexIsNan), indexing
(indexIsNan), 'spline');

tidStegS130 = table2cell(S130(:,1));
tidStegS130 = datetime(tidStegS130, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in produktionsdata
produktion = readtable('production.csv','NumHeaderLines',1);
dataProduktion = table2array(produktion(2:end,2))/1000;
tidStegProduktion = table2cell(produktion(2:end,1));
```

```
% Massflöde till modul 2
dataMassaModul2 = dataB120 - dataB160;

%% Behandling av data
% Tar bort alla negativa värden
dataB120(dataB120 < 0) = 0;
dataB160(dataB160 < 0) = 0;
dataB170(dataB170 < 0) = 0;
dataK110(dataK110 < 0) = 0;
dataM100(dataM100 < 0) = 0;
dataS130(dataS130 < 0) = 0;
dataProduktion(dataProduktion < 0) = 0;
dataMassaModul2(dataMassaModul2 < 0) = 0;

% Omvandlar enheter
dataB120 = dataB120./3600;           % kg/s
dataB160 = dataB160./3600;           % kg/s
dataB170 = dataB170./3600;           % kg/s
dataMassaModul2 = dataMassaModul2./3600; % kg/s

%% Räkna effektivitet
effektivitetDataB120 = zeros(1,length(dataProduktion));
effektivitetDataB160 = zeros(1,length(dataProduktion));
effektivitetDataB170 = zeros(1,length(dataProduktion));
effektivitetDataM100 = zeros(1,length(dataProduktion));
effektivitetDataS130 = zeros(1,length(dataProduktion));
effektivitetDataK110 = zeros(1,length(dataProduktion));

k = 1;
for i = 1:length(dataProduktion)
    for j = 1:(length(dataB120)/length(dataProduktion))

        % k kan bli längre än längden på data, därför bryts loopen om detta
        % sker så bryts loopen
        if k>length(dataB120)
            break
        end
        if dataB120(k) > 0
            effektivitetDataB120(i) = effektivitetDataB120(i) + 1;
        else
            if dataB160(k) > 0
                effektivitetDataB160(i) = effektivitetDataB160(i) + 1;
            else
                if dataB170(k) > 0
                    effektivitetDataB170(i) = effektivitetDataB170(i) + 1;
                else
                    if dataK110(k) > 0
                        effektivitetDataK110(i) = effektivitetDataK110(i) + 1;
                    else
                        if dataM100(k) > 0
```

```
    effektivitetDataM100(i) = effektivitetDataM100(i) + 1;
else
end
if dataS130(k) > 0
    effektivitetDataS130(i) = effektivitetDataS130(i) + 1;
else
end

% k stegar produktionen per dag
    k = k + 1;
end
effektivitetDataB120(i) = effektivitetDataB120(i)/k;
effektivitetDataB160(i) = effektivitetDataB160(i)/k;
effektivitetDataB170(i) = effektivitetDataB170(i)/k;
effektivitetDataM100(i) = effektivitetDataM100(i)/k;
effektivitetDataS130(i) = effektivitetDataS130(i)/k;
effektivitetDataK110(i) = effektivitetDataK110(i)/k;
end

yMax = 110;

figure(1)
hold on
subplot(2,3,1)
plot(effektivitetDataB120*100, '-s')
title('B120')
xlabel('Dag')
ylabel('%')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,2)
plot(effektivitetDataB160*100, '-s')
title('B160')
xlabel('Dag')
ylabel('%')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,3)
plot(effektivitetDataB170*100, '-s')
title('B170')
xlabel('Dag')
ylabel('%')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,4)
plot(effektivitetDataK110*100, '-s')
title('K110')
xlabel('Dag')
ylabel('%')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,5)
plot(effektivitetDataM100*100, '-s')
title('M100')
xlabel('Dag')
```

```
ylabel('%')  
ylim([0 yMax])  
  
subplot(2,3,6)  
plot(effektivitetDataS130*100, '-s')  
title('S130')  
xlabel('Dag')  
ylabel('%')  
ylim([0 yMax])
```

```
function [effektUtMatare] = effektMatare(matareData,maxEffektMatare,effektDrift,↵
felMarginal)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% effektMatare ger effekt att använda vid EPD/LCA
% Om matareData är mindre än 1% av maximala effekten antas uteffekten vara
% lika med noll
%
%   Indata:
%       matareData = hastighetsdata från mataren
%       maxEffektMatare = maximal effekt hos mataren
%
%   Utdata:
%       effektUtMatare = vektor med effektvärden för mataren
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
effektUtMatare = zeros(length(matareData),1);
for i = 1:length(matareData)
    if matareData(i) > felMarginal*max(matareData)
        effektUtMatare(i) = effektDrift*maxEffektMatare;
    else
        effektUtMatare(i) = 0;
    end
end

end
```



```
function [effektUtBand] = effektBand(bandData,maxEffektBand,effektDrift,felMarginal)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% effektBand ger effekt att använda vid EPD/LCA
% Om bandData är mindre än 1% av maximala effekten antas uteffekten vara
% lika med noll
%
%   Indata:
%       bandData = massflödesdata från bandet
%       maxEffektBand = maximal effekt hos bandet
%
%   Utdata:
%       effektUtBand = vektor med effektvärden för bandet
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

effektUtBand = zeros(length(bandData),1);
for i = 1:length(bandData)
    if bandData(i) > felMarginal*max(bandData)
        effektUtBand(i) = effektDrift*maxEffektBand;
    else
        effektUtBand(i) = 0;
    end
end

end
```

```
%% Energiberäkning Modul 1
%
% Av: Filip Linnér & Michael Crona
% Senast ändrad: 2022-05-11
%
% Beskrivning: programmet plockar in data för maskinerna B120,160,170,
% S130, K110 och M100 och beräknar den aktiva tid som maskinerna används
% vilket därmed ger effektiviteten för maskinerna.
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% Rensa programmet
clc
clear all
close all

%% Konstanter för binära funktioner
effektDrift = 0.8;      % Bestämmer hur stor andel av maxeffekten som används
felMarginal = 0.01;    % Bestämmer när maskin ska antas vara i drift

%% Konstanter som väljs utifrån maskindata
maxEffektM100 = 15;
maxEffektB120 = 22;
maxEffektB160 = 9.2;
maxEffektB170 = 9.2;

%% Läs in data från .csv-filerna
% Läs in B120
B120 = readtable('B120.csv','NumHeaderLines',1);
dataB120 = table2array(B120(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataB120);
indexing = 1:numel(dataB120);
dataB120(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataB120(~indexIsNan), indexing(indexIsNan),'spline');

tidStegB120 = table2cell(B120(:,1));
tidStegB120 = datetime(tidStegB120, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in B160
B160 = readtable('B160.csv','NumHeaderLines',1);
dataB160 = table2array(B160(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataB160);
indexing = 1:numel(dataB160);
dataB160(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataB160(~indexIsNan), indexing(indexIsNan),'spline');

tidStegB160 = table2cell(B160(:,1));
tidStegB160 = datetime(tidStegB160, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in B170
B170 = readtable('B170.csv','NumHeaderLines',1);
dataB170 = table2array(B170(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataB170);
indexing = 1:numel(dataB170);
dataB170(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataB170(~indexIsNan), indexing(indexIsNan),'spline');

tidStegB170 = table2cell(B170(:,1));
tidStegB170 = datetime(tidStegB170, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in K110
K110 = readtable('K110.csv','NumHeaderLines',1);
```

```

dataK110 = table2array(K110(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataK110);
indexing = 1:numel(dataK110);
dataK110(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataK110(~indexIsNan), indexing(indexIsNan), 'spline');

tidStegK110 = table2cell(K110(:,1));
tidStegK110 = datetime(tidStegK110, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in M100
M100 = readtable('M100.csv', 'NumHeaderLines', 1);
dataM100 = table2array(M100(:,3));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataM100);
indexing = 1:numel(dataM100);
dataM100(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataM100(~indexIsNan), indexing(indexIsNan), 'spline');

tidStegM100 = table2cell(M100(:,1));
tidStegM100 = datetime(tidStegM100, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in S130
S130 = readtable('S130.csv', 'NumHeaderLines', 1);
dataS130 = table2array(S130(:,2));

%Spline interpolation för saknad data
indexIsNan = isnan(dataS130);
indexing = 1:numel(dataS130);
dataS130(indexIsNan) = interp1(indexing(~indexIsNan), dataS130(~indexIsNan), indexing(indexIsNan), 'spline');

tidStegS130 = table2cell(S130(:,1));
tidStegS130 = datetime(tidStegS130, 'InputFormat', 'yyyy-MM-dd-HH:mm:ss');

% Läs in produktionsdata
produktion = readtable('production.csv', 'NumHeaderLines', 1);
dataProduktion = table2array(produktion(2:end,2))/1000;
tidStegProduktion = table2cell(produktion(2:end,1));

% Massflöde till modul 2
dataMassaModul2 = dataB120 - dataB160;

%% Behandling av data
% Tar bort alla negativa värden
dataB120(dataB120 < 0) = 0;
dataB160(dataB160 < 0) = 0;
dataB170(dataB170 < 0) = 0;
dataK110(dataK110 < 0) = 0;
dataM100(dataM100 < 0) = 0;
dataS130(dataS130 < 0) = 0;
dataProduktion(dataProduktion < 0) = 0;
dataMassaModul2(dataMassaModul2 < 0) = 0;

% Omvandlar enheter
dataB120 = dataB120./3600;           % kg/s
dataB160 = dataB160./3600;           % kg/s
dataB170 = dataB170./3600;           % kg/s
dataMassaModul2 = dataMassaModul2./3600; % kg/s

%% Uträkning av energiåtgång i de olika produktionsstegen i modul 1
m100Effekt = effektMatare(dataM100,maxEffektM100,effektDrift,felMarginal); % kW
b120Effekt = effektBand(dataB120,maxEffektB120,effektDrift,felMarginal); % kW
b160Effekt = effektBand(dataB160,maxEffektB160,effektDrift,felMarginal); % kW
b170Effekt = effektBand(dataB170,maxEffektB170,effektDrift,felMarginal); % kW

%% Beräkning av hur långt varje tidssteg är

```

```

% För kontinuerlig data
tidSteg = tidStegB120(2) - tidStegB120(1);
tidSteg = seconds(tidSteg); % Längd i sekunder

% För färdig produkt-data
tidStegProdukt = tidStegProduktion{2} - tidStegProduktion{1};
tidStegProdukt = days(tidStegProdukt); % Längd i dagar

%% Beräkning av hur lång tid datan omfattar
% För kontinuerlig data
totalTid = length(dataB120)*tidSteg; % I sekunder

% För färdig produkt
totalTidProdukt = length(dataProduktion)*tidStegProdukt; % I dagar

%% Beräkning av energiåtgång per tidssteg
m100Energi = effektMatare(dataM100,maxEffektM100,effektDrift,felMarginal)*tidSteg; % kJ
b120Energi = effektBand(dataB120,maxEffektB120,effektDrift,felMarginal)*tidSteg; % kJ
b160Energi = effektBand(dataB160,maxEffektB160,effektDrift,felMarginal)*tidSteg; % kJ
b170Energi = effektBand(dataB170,maxEffektB170,effektDrift,felMarginal)*tidSteg; % kJ
k110Energi = dataK110*tidSteg; % kJ
s130Energi = dataS130*tidSteg; % kJ

specifikEnergiModul1 = b160Energi + b170Energi; % kJ
totalEnergiAllaModul1 = m100Energi + b120Energi + k110Energi + s130Energi; % kJ

%% Produktion av de olika produkterna
produktion32 = produktion{2:end,2}; % kg
produktion90 = produktion{2:end,6}; % kg
produktion63 = produktion{2:end,3}; % kg
produktion150 = produktion{2:end,7}; % kg
produktionTotal = produktion{1,2:end}'; % kg
produktionModul2 = produktion{2:end,4} + produktion{2:end,5} + produktion{2:end,8} + ✓
produktion{2:end,9} + produktion{2:end,10}; % kg

%% Energiallokering till produkterna
% Flera produkter kan tillverkas under samma dag, det måste undersökas
% vilka produkter som tillverkas
produktionDag32 = zeros(length(dataB120),1);
produktionDag63 = zeros(length(dataB120),1);
produktionDag90 = zeros(length(dataB120),1);
produktionDag150 = zeros(length(dataB120),1);
produktionDagModul2 = zeros(length(dataB120),1);

% För slutprodukter i modul 1
produktionModulDag32 = zeros(length(dataB120),1);
produktionModulDag63 = zeros(length(dataB120),1);
produktionModulDag90 = zeros(length(dataB120),1);
produktionModulDag150 = zeros(length(dataB120),1);

k = 1;

for i = 1:length(produktion32)
    for j = 1:(length(dataB120)/length(produktion90))

        % k kan bli längre än längden på data, därför bryts loopen om detta
        % sker så bryts loopen
        if k>length(dataB120)
            break
        end

        % Fördelar andelen massa om flera produkter tillverkas under samma dag
        if produktion32(i) > 0 | produktion63(i) > 0 | produktion90(i) > 0 | produktion150(i) ✓
        > 0 | produktionModul2(i) > 0
            % För alla produkter
            produktionDag32(k) = produktion32(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓
            produktion90(i) + produktion150(i) + produktionModul2(i));
            produktionDag63(k) = produktion63(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓

```

```

produktion90(i) + produktion150(i) + produktionModul2(i));
    produktionDag90(k) = produktion90(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓
produktion90(i) + produktion150(i) + produktionModul2(i));
    produktionDag150(k) = produktion150(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓
produktion90(i) + produktion150(i) + produktionModul2(i));
    produktionDagModul2(k) = produktionModul2(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) ✓
+ produktion90(i) + produktion150(i) + produktionModul2(i));

    % För slutprodukter i modul 1
    produktionModulDag32(k) = produktion32(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓
produktion90(i) + produktion150(i));
    produktionModulDag63(k) = produktion63(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓
produktion90(i) + produktion150(i));
    produktionModulDag90(k) = produktion90(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) + ✓
produktion90(i) + produktion150(i));
    produktionModulDag150(k) = produktion150(i) / (produktion32(i) + produktion63(i) ✓
+ produktion90(i) + produktion150(i));
    else
    end
    % k stegar produktionen per dag
    k = k + 1;
end
end

% Först allokeras den gemensamma energin för alla produkter som går genom
% modul 1
energi32 = totalEnergiAllaModul1.*produktionDag32; % kJ
energi63 = totalEnergiAllaModul1.*produktionDag63; % kJ
energi90 = totalEnergiAllaModul1.*produktionDag90; % kJ
energi150 = totalEnergiAllaModul1.*produktionDag150; % kJ
energiTillModul2 = totalEnergiAllaModul1.*produktionDagModul2; % kJ

% Det sista steget blir att addera den produktspecifika energin till
% slutprodukterna
for ii = 1:length(produktionDag150)
    energi32(ii) = energi32(ii) + specifikEnergiModul1(ii).*produktionModulDag32(ii); % kJ
    energi63(ii) = energi63(ii) + specifikEnergiModul1(ii).*produktionModulDag63(ii); % kJ
    energi90(ii) = energi90(ii) + specifikEnergiModul1(ii).*produktionModulDag90(ii); % kJ
    energi150(ii) = energi150(ii) + specifikEnergiModul1(ii).*produktionModulDag150(ii); % kJ
end

%% Plot av energierna
yMax = 8;
figure(1)
subplot(2,3,1)
plot(energi32/1000)
title('Energi 0\_32')
ylabel('Energi [MJ]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,2)
plot(energi63/1000)
title('Energi 0\_63')
ylabel('Energi [MJ]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,3)
plot(energi90/1000)
title('Energi 0\_90')
ylabel('Energi [MJ]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,4)
plot(energi150/1000)
title('Energi 0\_150')

```

```
ylabel('Energi [MJ]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax])

subplot(2,3,5)
plot(energiTillModul2/1000)
title('Energi till modul 2')
ylabel('Energi [MJ]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax])

%% Uträkning av energi per massa
kpiEnergi32 = energi32./ (produktionModulDag32.*dataB160.*tidSteg); % kJ/ton
kpiEnergi32(ismissing(kpiEnergi32)) = 0;
kpiEnergi32(isinf(kpiEnergi32)) = 0; % Tar bort oändligt stora värden, då databrus✓
förekommer när massflöde=0
kpiEnergi63 = energi63./ (produktionModulDag63.*dataB160.*tidSteg); % kJ/ton
kpiEnergi63(ismissing(kpiEnergi63)) = 0;
kpiEnergi63(isinf(kpiEnergi63)) = 0; % Tar bort oändligt stora värden, då databrus✓
förekommer när massflöde=0
kpiEnergi90 = energi90./ (produktionModulDag90.*dataB160.*tidSteg); % kJ/ton
kpiEnergi90(ismissing(kpiEnergi90)) = 0;
kpiEnergi90(isinf(kpiEnergi90)) = 0; % Tar bort oändligt stora värden, då databrus✓
förekommer när massflöde=0
kpiEnergi150 = energi150./ (produktionModulDag150.*dataB160.*tidSteg); % kJ/ton
kpiEnergi150(ismissing(kpiEnergi150)) = 0;
kpiEnergi150(isinf(kpiEnergi150)) = 0; % Tar bort oändligt stora värden, då databrus✓
förekommer när massflöde=0
kpiEnergiModul2 = energiTillModul2./ (produktionDagModul2.*dataB120.*tidSteg); % kJ/ton
kpiEnergiModul2(ismissing(kpiEnergiModul2)) = 0;
kpiEnergiModul2(isinf(kpiEnergiModul2)) = 0; % Tar bort oändligt stora värden, då databrus✓
förekommer när massflöde=0

%% Plot av energi-KPI per minut för massa under hela perioden
yMax2 = 2500;
figure(2)
subplot(2,3,1)
plot(kpiEnergi32/1000)
title('KPI Energi 0\_32')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax2])

subplot(2,3,2)
plot(kpiEnergi63/1000)
title('KPI Energi 0\_63')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax2])

subplot(2,3,3)
plot(kpiEnergi90/1000)
title('KPI Energi 0\_90')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax2])

subplot(2,3,4)
plot(kpiEnergi150/1000)
title('KPI Energi 0\_150')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax2])

subplot(2,3,5)
plot(kpiEnergiModul2/1000)
title('KPI Energi Modul 2')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
```

```
xlabel('Tid [min]')
ylim([0 yMax2])

%% Plot av energi-KPI per dag för massa under hela perioden
% Först måste dagliga KPI-värden tas fram
kpiEnergi32Dag = zeros(1,totalTidProdukt);
kpiEnergi63Dag = zeros(1,totalTidProdukt);
kpiEnergi90Dag = zeros(1,totalTidProdukt);
kpiEnergi150Dag = zeros(1,totalTidProdukt);
kpiEnergiModul2Dag = zeros(1,totalTidProdukt);

p = 1;

for i = 1:totalTidProdukt
    j = floor(length(dataB120)/length(produktion90));
    kpiEnergi32Dag(i) = sum(kpiEnergi32(p:j*i));
    kpiEnergi63Dag(i) = sum(kpiEnergi63(p:j*i));
    kpiEnergi90Dag(i) = sum(kpiEnergi90(p:j*i));
    kpiEnergi150Dag(i) = sum(kpiEnergi150(p:j*i));
    kpiEnergiModul2Dag(i) = sum(kpiEnergiModul2(p:j*i));
    p = j*i;
    kpiEnergi32Dag(i) = kpiEnergi32Dag(i)/j;
    kpiEnergi63Dag(i) = kpiEnergi63Dag(i)/j;
    kpiEnergi90Dag(i) = kpiEnergi90Dag(i)/j;
    kpiEnergi150Dag(i) = kpiEnergi150Dag(i)/j;
    kpiEnergiModul2Dag(i) = kpiEnergiModul2Dag(i)/j;
end

% Plottar hela tidsperioden
yMax3 = 12;
figure(3)
hold on
subplot(2,3,1)
plot(kpiEnergi32Dag/1000,'-rs')
title('KPI Energi 0\_32')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax3])

subplot(2,3,2)
plot(kpiEnergi63Dag/1000,'-rs')
title('KPI Energi 0\_63')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax3])

subplot(2,3,3)
plot(kpiEnergi90Dag/1000,'-rs')
title('KPI Energi 0\_90')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax3])

subplot(2,3,4)
plot(kpiEnergi150Dag/1000,'-rs')
title('KPI Energi 0\_150')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax3])

subplot(2,3,5)
plot(kpiEnergiModul2Dag/1000,'-rs')
title('KPI Energi Modul 2')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax3])

% Plottar första veckan
```

```
figure(4)
hold on
yMax4 = 6;
subplot(2,3,1)
plot(kpiEnergi32Dag(1:7)/1000, '-gs')
title('KPI Energi 0_32')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax4])

subplot(2,3,2)
plot(kpiEnergi63Dag(1:7)/1000, '-gs')
title('KPI Energi 0_63')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax4])

subplot(2,3,3)
plot(kpiEnergi90Dag(1:7)/1000, '-gs')
title('KPI Energi 0_90')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax4])

subplot(2,3,4)
plot(kpiEnergi150Dag(1:7)/1000, '-gs')
title('KPI Energi 0_150')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax4])

subplot(2,3,5)
plot(kpiEnergiModul2Dag(1:7)/1000, '-gs')
title('KPI Energi Modul 2')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
xlabel('Dag')
ylim([0 yMax4])

%% Skriva ut värden i Matlab för hela perioden
medel32 = mean(kpiEnergi32(kpiEnergi32 ~= 0));
medel32(ismissing(medel32)) = 0;
fprintf('KPI för produkt 0_32 under perioden hade ett medelvärde på %.2f MJ/ton\n', ✓
medel32/1000)
medel63 = mean(kpiEnergi63(kpiEnergi63 ~= 0));
medel63(ismissing(medel63)) = 0;
fprintf('KPI för produkt 0_63 under perioden hade ett medelvärde på %.2f MJ/ton\n', ✓
medel63/1000)
medel90 = mean(kpiEnergi90(kpiEnergi90 ~= 0));
medel90(ismissing(medel90)) = 0;
fprintf('KPI för produkt 0_90 under perioden hade ett medelvärde på %.2f MJ/ton\n', ✓
medel90/1000)
medel150 = mean(kpiEnergi150(kpiEnergi150 ~= 0));
medel150(ismissing(medel150)) = 0;
fprintf('KPI för produkt 0_150 under perioden hade ett medelvärde på %.2f MJ/ton\n', ✓
medel150/1000)
medelModul2 = mean(kpiEnergiModul2(kpiEnergiModul2 ~= 0));
medelModul2(ismissing(medelModul2)) = 0;
fprintf('KPI för produkt till modul 2 under perioden hade ett medelvärde på %.2f MJ/ton\n', ✓
medelModul2/1000)

%% Plotta KPI mot massflöde, produkt till modul 2
figure(5)
xlabel('Dag')
yyaxis left
plot(kpiEnergiModul2Dag/1000, '-s')
ylabel('KPI [MJ/ton]')
hold on
yyaxis right
```



```
plot(produktionModul2, '-s')
ylabel('produktion [ton]')

legend('KPI för produkt till modul 2', 'Produktion till modul 2')

%% Plot av producerad massa för undersökta produkter
% Räknar massflöde per dag
massaDag63_150 = zeros(1, totalTidProdukt);
k = 1;
for i = 1:length(massaDag63_150)
    for j = 1:(length(dataB120)/length(produktion90))

        % k kan bli längre än längden på data, därför bryts loopen om detta
        % sker så bryts loopen
        if k > length(dataB120)
            break
        end
        massaDag63_150(i) = massaDag63_150(i) + dataB160(k)*tidSteg;

        % k stegar produktionen per dag
        k = k + 1;
    end
end

% Plot för jämförelse
figure(6)
bar([(massaDag63_150'), (produktion150+produktion63)])
title('Jämförelse produktion 0\_63 och 0\_150')
ylabel('Massa [ton]')
xlabel('Dag')
legend('Massflöde', '"produktion.csv"')
```