

## ATT BEDÖMA PRODUKTERS PÅVERKAN PÅ BIOLOGISK MÅNGFALD

ULRIKA PALME

År 1971 presenterade biologen Paul Ehrlich och miljöfysikern John Holdren en ekvation som beskriver samhällets totala miljöbelastning (I) som en produkt av tre faktorer: (P) befolkning, (A) välbefinnande samt (T) teknik.<sup>1</sup> Den så kallade IPAT-ekvationen säger alltså att samhällets totala miljöbelastning (I) blir större ju fler vi är (P), ju högre vår materiella levnadsstandard är (A) och ju större negativ miljöpåverkan den teknik har, som vi är beroende av för denna levnadsstandard (T). Teknik utgörs i ekvationen av någon form av nytta och uttrycks som miljöpåverkan per konsumerad eller producerad enhet. Ekvationen används vanligtvis för att belysa eller analysera miljöpåverkan i sin helhet, men i det här kapitlet får den utgöra utgångspunkt för en granskning av hur vi bedömer påverkan från produkter på förlusten av biologisk mångfald.

### *Syfte och avgränsning*

Syftet med det här bokkapitlet är att ge läsaren en översiktlig bild av hur man bedömer produkters miljöpåverkan i allmänhet med hjälp av så kallad livscykelanalys (LCA), samt att sedan ge en mer ingående bild av hur man bedömer påverkan på just biologisk mångfald. Jag kommer även att gå in på hur dessa analyser kan användas av olika aktörer, inklusive privatpersoner som vill att deras konsumtion orsakar så lite negativ påverkan som möjligt på den biologiska mångfalden. Jag kommer att fokusera på materiella produkter, det vill säga

inte tjänster, processer eller hela system, även om resonemanget mycket väl kan tillämpas även på sådana.

### *Presentation av författaren*

Jag är i grunden biolog, disputerad i miljösystemanalys och sedan många år lektor i samma ämne. Som biolog är jag främst insatt i det som handlar om natursystemen som sådana, men miljösystemanalys som ämne handlar om samspelet mellan människa, natur och teknik.

### *Kapitlets upplägg*

Kapitlet inleds med en undersökning av kopplingen mellan våra produktions- och konsumtionsmönster och dessas påverkan på biologisk mångfald. Därefter kommer ett avsnitt om LCA som metod i allmänhet, och dess tillämpning direkt eller indirekt på förlust av biologisk mångfald. Eftersom det, vilket kommer att framgå, finns en hel del svårigheter med tillämpningen av LCA på biologisk mångfald, ingår sedan ett avsnitt om fördelarna med ett livscykelperspektiv på produkter när en fullständig analys inte är möjlig. Avslutningsvis sammanfattas kapitlet med några slutsatser och rekommendationer.

### PÅVERKAN PÅ BIOLOGISK MÅNGFALD FRÅN PRODUKTION OCH KONSUMTION

Klimatförändringarna och förlusten av biologisk mångfald har pekats ut som de två största

<sup>1</sup> York et al., 2003.

hoten mot vår planet.<sup>2</sup> Båda de organisationer som arbetar med att förse beslutsfattare med underlag för beslut rörande dessa hot, FN:s klimatpanel (IPCC) respektive FN:s naturpanel (IPBES), pekar återkommande, och helt i enlighet med IPAT-ekvationen, på den avgörande roll våra produktions- och konsumtionsmönster spelar när det gäller båda dessa hot.<sup>3</sup> Detta avsnitt handlar om de så kallade *påverkansfaktorerna* bakom förlusterna av biologisk mångfald, vilka är viktiga att förstå dels för att motivera kapitlets fokus på produkter, dels för att förstå urvalet av aspekter som granskas närmare i avsnittet om LCA.

### *Indirekta påverkansfaktorer*

Det som ytterst driver förlusten av biologisk mångfald är de så kallade *indirekta påverkansfaktorerna*. De som pekats ut som viktigast av IPBES är<sup>4</sup>:

- produktions- och konsumtionsmönster
- befolkningsdynamik
- global handel och teknikutveckling.

Dessa tre faktorer matchar faktorerna i IPAT-ekvationen väl, med global handel som tillägg, och bekräftar den syn man haft på orsaken till våra miljöproblem sedan tidigt 1970-tal. Det kan tilläggas att faktorerna till viss del är beroende av varandra eftersom teknik- och även produktutveckling är en viktig bidragande faktor till ökad konsumtion (senaste mode, senaste bilmodellen etc).

### *Direkta påverkansfaktorer*

Om de indirekta påverkansfaktorerna är de som ytterst driver förlusten av biologisk mångfald så är de så kallade *direkta påverkansfaktorerna* de som ligger närmast själva problemet

i orsak-verkan-kedjan. De viktigaste här är enligt IPBES:

- förändrad användning av mark och vatten
- direkt övernyttjande av arter
- klimatförändringar
- föroreningar
- spridning av främmande arter.

Vilken påverkansfaktor som verkar starkast varierar mellan olika ekosystem, mellan olika delar av världen och beroende på vilken organismgrupp man fokuserar. Generellt anses förändrad markanvändning vara den viktigaste direkta påverkansfaktorn i markkosystem och i sötvatten, medan direkt nyttjande av arter är den viktigaste i marina ekosystem.

Tittar vi på påverkan på biologisk mångfald från produktion och konsumtion sker den via samtliga ovannämnda direkta påverkansfaktorer eftersom alla ingår i produkters livscyklar, om än i olika omfattning för olika produktkategorier.

## LIVSCYKELANALYS

För att göra en bedömning av en produkts miljöpåverkan används ofta det miljösystem-analytiska verktyg som kallas livscykelanalys (LCA). Det handlar, förenklat, om att beräkna hela den potentiella miljöpåverkan som uppstår under en produkts livscykel, ”från vaggan till graven”, det vill säga från det att råvarorna odlats eller utvunnits någonstans, till det att produkten är uttjänt.

Det här avsnittet inleds med en kort introduktion till LCA, varefter metodens användning för att bedöma effekter på biologisk mångfald, direkt eller via någon av dess direkta påverkansfaktorer, beskrivs närmare. Av påverkansfaktorerna hanteras klimatförändringar först eftersom det är ett miljöproblem som är tacksamt att använda för att tydliggöra LCA som metod.

2 Steffen et al., 2015.

3 Se t.ex. IPCC, 2018 och IPBES, 2019.

4 IPBES, 2019, Naturvårdsverket, 2020.

### *Grundläggande om LCA*

LCA är en standardiserad metod<sup>5</sup> för bedömning av produkters, inklusive tjänsters, miljöpåverkan. Metoden beskrivs översiktligt nedan. För en mer utförlig beskrivning hänvisas till någon av de läroböcker som finns i ämnet.<sup>6</sup>

LCA som metod inleds med en definition av mål och omfattning, där det bland annat ingår att definiera det system man studerar, i tid och rum, och att besluta till vilken funktion hos det studerade produktsystemet man ska relatera sin analys. Denna funktion uttrycks i termer av en *funktionell enhet* och kan exempelvis vara personkilometer, om man studerar olika former av persontransport, eller kg protein, om man studerar proteinrika livsmedel.

I en LCA-studie beskrivs hela det system som är involverat i en produkts, eller tjänsts, livscykel, det vill säga råvaruutvinning, produktion, transporter, användning och avfallshantering. Denna beskrivning innebär att alla resurser som förbrukas och alla emissioner som orsakas under produktens livscykel inventeras. Denna inventeringsanalys är ofta ett tidskrävande steg i metoden, men den underlättas i takt med att LCA-databaser utvecklas i omfattning och kvalitet.

Nästa steg i metoden är en miljöpåverkansbedömning där parametrarna från inventeringsanalysen aggregeras. Enkelt uttryckt handlar detta steg om att föra alla parametrar som påverkar samma miljöproblem, t.ex. alla växthusgaser, till en så kallad miljöpåverkanskategori, i det här exemplet klimatförändringar. Detta görs genom en klassificering, vilket i princip är en enkel sortering, samt genom en karaktärisering, vilken innebär att

man också avgör, med hjälp av modellering, hur mycket varje parameter bidrar till miljöproblemet ifråga. På så vis kan man generera en samlad bild av en produkts påverkan på klimat, försurning, övergödning, ozonskikt, resursförbrukning och andra miljöpåverkanskategorier. Det finns dock inte inom LCA någon egen miljöpåverkanskategori för biologisk mångfald, utan denna hanteras huvudsakligen tillsammans med en rad andra aspekter under markanvändning samt inom kategorierna försurning, övergödning och ekotoxicitet.

Ett fjärde och sista steg i metoden är viktning. Detta steg innebär att man slår ihop resultaten från samtliga de miljöpåverkanskategorier man analyserat till en siffra, med hjälp av just viktning. Detta steg ligger dock utanför ISO-standarderna för metoden och kommer inte att behandlas vidare här.

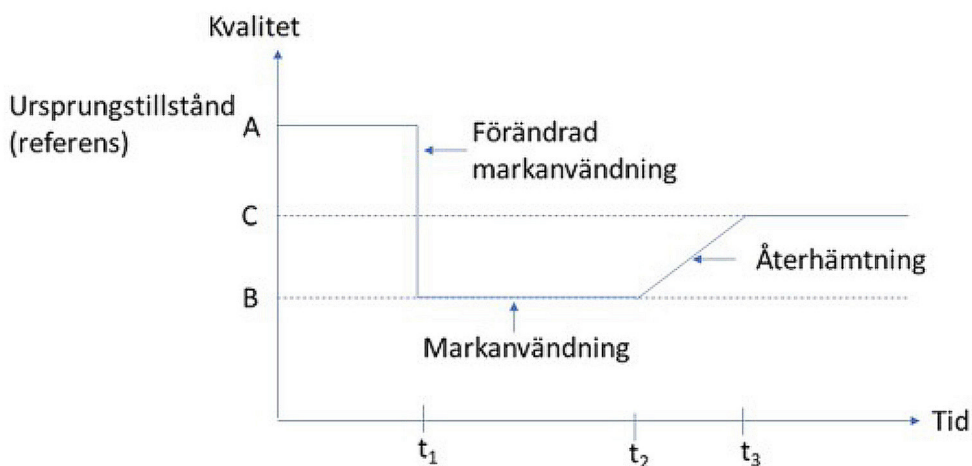
LCA används flitigt inom både forskning, industri och myndigheter för beslutsfattande, lärande och kommunikation. För beslutsfattande kan det röra sig om frågor i produkt- och processutveckling, lärande kan handla om identifiering av förbättringsmöjligheter eller val av miljöindikatorer, och kommunikation, slutligen, kan handla om miljövarudeklARATIONER och miljömärkningar som bygger på LCA-studier.

### *Klimatförändringar*

Om man tittar på de direkta påverkansfaktorerna som leder till förlust av biologisk mångfald är det särskilt en som är mycket väl etablerad i LCA, nämligen klimatförändringar. Detta har flera anledningar, men i det här sammanhanget är det främst två aspekter som bör lyftas fram. För det första är effekterna från utsläpp av växthusgaser okänsliga för var i världen utsläppen sker. Utsläpp i Kina och Sverige bidrar på samma sätt till global uppvärmning. Vill man prata om någon sorts platsspecificitet vad gäller växthusgaser

5 ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006.

6 Exempelvis Baumann & Tillman (2004) på vilken detta avsnitt bygger.



Figur 1. Förenklad bild av ramverket för bedömning av påverkan på biologisk mångfald (modifierad från Koellner et al., 2013). Se förklaring i texten.

handlar det om på vilken höjd i atmosfären utsläppen sker, vilket diskuteras mycket när det gäller flygets utsläpp, men i övrigt är utsläpp av växthusgaser oberoende av plats. För det andra är det, relativt sett, enkelt att uttrycka utsläpp av växthusgaser i en och samma enhet, vilket förenklar aggregeringen av data i miljöpåverkansbedömningen. Den gemensamma enheten för växthusgaser är koldioxidkvivalenter ( $\text{CO}_2\text{e}$ ). Vid omvandlingen till  $\text{CO}_2\text{e}$  tar man hänsyn till hur stor respektive substans uppvärmningspotential är, dvs. hur stor potential varje substans har att bidra till klimatförändring. Exempelvis metan har en uppvärmningspotential som är 25 gånger större än den hos koldioxid och multipliceras då med en faktor 25 i omvandlingen. På så sätt kan man i miljökonsekvensbedömningen aggregera alla växthusgasutsläpp som uppstår i en produkts livscykel genom att multiplicera mängden av varje substans (resultatet från inventeringsanalysen för respektive substans) med respektive uppvärmningspotential och därefter addera ihop värdena för samtliga växthusgaser. På så sätt fås en samlad bedömning

av produktens totala påverkan inom miljöpåverkanskategorierna klimatförändring.

### Markanvändning

Påverkan på biologisk mångfald utgör inte någon egen miljöpåverkanskategori utan dyker upp i flera olika miljöpåverkanskategorier. Främst hanteras den under markanvändning, under vilken det sedan 2013 finns utarbetade riktlinjer och ett ramverk för hur påverkan på biologisk mångfald ska bedömas.<sup>7</sup> Detta ramverk bygger på att man tittar på kvaliteten på biologisk mångfald på det aktuella markområdet före och efter förändrad markanvändning, alternativt under pågående markanvändning (figur 1). Det förra är dock betydligt vanligare i de studier som gjorts hittills, dvs. man fokuserar på effekten av själva förändringen i markanvändning.

Som framgår av figur 1 bygger bedömningen av påverkan på biologisk mångfald på en jämförelse med någon form av referens (A i

<sup>7</sup> Koellner et al., 2013.

figuren). Det har lagts fram olika förslag på vad som bör användas som referenssituation, men vanligtvis används någon form av "naturligt" tillstånd, faktiskt eller teoretiskt. När tidigare obrukad mark tas i anspråk (som vid  $t_1$  i figur 1) antas den biologiska mångfalden minska från tillstånd A till B i figuren. Om markanvändningen så småningom upphör förväntas den biologiska mångfalden återhämta sig, från B till C i figuren, men i allmänhet inte till sin ursprungsnivå varför C ligger lägre än A. Skillnaden mellan A och C utgörs av permanenta förluster av biologisk mångfald.

Det finns ännu ingen konsensus kring hur man ska uttrycka kvaliteten på biologiska mångfald i ramverket (y-axeln i figur 1). Sedan början på 2000-talet, när intresset för biologisk mångfald i LCA började ta fart ordentligt, har man testat en mängd olika indikatorer inklusive artförekomst (ofta kärlväxter som är lätta att inventera)<sup>8</sup>, olika mått på hotgrad uttryckt som ekologisk brist och sårbarhet<sup>9</sup>, funktionell diversitet<sup>10</sup> och indikatorer baserade på expertutlåtanden<sup>11</sup>. I de senaste riktlinjerna<sup>12</sup> rekommenderas den modell som utarbetats av Chaudhary och medarbetare<sup>13</sup>, vilken bygger på att man uttrycker påverkan på biologisk mångfald lokalt och/eller regionalt i termer av potentiell artförlust inom följande taxonomiska grupper: fåglar, däggdjur, reptiler, amfibier och kärlväxter. Detta görs för sex typer av markanvändning: annuella grödor, perenna grödor, betesmark, intensivt skogsbruk, extensivt skogsbruk och urban miljö. Den potentiella förlusten beräknas genom en jämförelse av artförekomst vid

aktuell markanvändning, med den på ett referensområde bestående av ostörd mark och uttrycks i termer av lokal respektive regional potentiell skada på biodiversiteten (*local/regional biodiversity damage potential*, BDP, i riktlinjerna).

Det har riktats mycket kritik mot bristerna i de nuvarande riktlinjerna för hur biologisk mångfald ska hanteras i LCA, både vad gäller användningen av referensområden<sup>14</sup> och valet av indikatorer<sup>15</sup>. Svårigheterna består främst i att påverkan på biologisk mångfald, till skillnad från exemplet med klimatförändringar ovan, är synnerligen platsspecifk, är svår att uttrycka i en gemensam enhet motsvarande koldioxidekvivalenter samt det faktum att LCA som metod är dåligt anpassad till dynamiska och icke-linjära effekter, som det ofta handlar om när det gäller biologisk mångfald.<sup>16</sup> Allt detta är allmänt vedertaget inom LCA-samfundet och det står uttryckligen i de senaste riktlinjerna att metoden behöver utvecklas när det gäller såväl biologisk mångfald som inom det närbesläktade området ekosystemtjänster.<sup>17</sup>

### Föreningar

Föreningar finns av många olika slag, och i IPBES globala rapport (2019) nämns plastföreningar, näringsläckage från jordbruksmark, och giftigt avfall. I LCA hanteras dessa i flera olika miljöpåverkanskategorier såsom ekotoxicitet, övergödning och försurning. Påverkan på biologisk mångfald utgör i dessa kategorier endast en del av analysen och uttrycks oftast som potentiell förlust av arter (*potentially disappeared fraction of species*, PDF) eller, när det gäller påverkan från kemikalier, potentiellt

8 Exempelvis Lindeijer, 2000.

9 Michelsen, 2008.

10 Souza et al., 2013.

11 Lindqvist, Palme, & Lindner, 2016.

12 Frischknecht & Jolliet, 2016.

13 Chaudhary et al., 2015.

14 Vrasdonk et al., 2019.

15 Winter et al., 2017.

16 Teixeira, 2014.

17 Frischknecht & Jolliet, 2016.



*Våra produkters livscyklar innehåller främst aktiviteter som är mer eller mindre negativa för den biologiska mångfalden, men naturbete är dokumenterat positivt. Foto: Håkan Tunón.*

påverkade arter (*potentially affected fraction of species*, PAF). Det finns alltså ingen samlad bedömning av påverkan på biologisk mångfald från föroreningar i LCA.

#### *Överutnyttjande och spridning av främmande arter*

När det gäller de två kvarvarande påverkansfaktorerna, överutnyttjande av arter och spridning av främmande arter, finns det i dagsläget inga modeller för att inkludera dessa i LCA utan här krävs metodutveckling.<sup>18</sup>

#### MILJÖMÄRKNING OCH LIVSCYKELPERSPEKTIV

Det finns idag över 460 olika miljömärknings-system i världen<sup>19</sup> och ett tjugotal i Sverige, inklusive Bra miljöval, Svanen, EU Ecolabel, Krav, FSC (*Forest Stewardship Council*) och MSC (*Marine Stewardship Council*) (Naturskyddsföreningen har en guide till de miljömärken som används i Sverige).<sup>20</sup> Det finns två aspekter som dessa märkningar sällan inkluderar och som är viktiga i det här sammanhanget: påverkan på biologisk mångfald *i sig*

<sup>19</sup> Perrigo et al., 2020.

<sup>20</sup> <https://www.naturskyddsforeningen.se/miljo-markningar>

<sup>18</sup> Asselin et al., 2020; Crenna et al., 2020.

samt avkastning per ytenhet. Det förra är föga förvånande eftersom miljömärkning i allmänhet bygger på LCA-studier, vars brister på området beskrivits ovan. Dock tar miljömärkning i allmänhet hänsyn till tre av de direkta påverkansfaktorerna bakom förlusterna av biologisk mångfald, nämligen klimatförändring, kemikalier och markanvändning.

Det faktum att förändrad markanvändning är den största påverkansfaktorn på land gör att avkastning blir en viktig fråga när man tittar på produkter från de areella näringarna. Ekologisk odling ger ofta en mindre skörd per ytenhet<sup>21</sup> och om man på grund av i övrigt mindre miljökadlig teknik behöver använda större arealer är det inte självklart att detta alltid är det bästa med hänsyn till biologisk mångfald. Mycket tyder på att framtidens hållbara jordbruk bygger på en kombination av de bästa teknikerna och skötselrutinerna från både ekologisk och konventionell odling.<sup>22</sup>

Att göra en regelrätt LCA kräver mycket kunskap och tillgång till data och modeller, och som beskrivits ovan fungerar metoden inte helt bra för just biologisk mångfald. För att ändå få en mer fullständig bild av den miljöpåverkan vår konsumtion ger upphov till kan man som konsument tänka sig hela produktens livscykel. En liter mjölk blir, med ett livscykelperspektiv, mycket mer än bara en liter mjölk: foder som odlats till korna, gödsel, vatten och jordbruksmaskiner som använts i odlingen, vatten och mediciner till korna, gödsel från korna, transporter, processer i mejeriet, förpackningar och mycket mer. Men mjölkens livscykel kan också innehålla bete till korna. Detta är mycket viktigt eftersom naturbetesmarker är extremt rika på biologisk

mångfald, och när det gäller dessa blir det därmed positivt med användning av stora arealer<sup>23</sup> (trots resonemanget om avkastning i föregående stycke, men det är förekomsten av biologisk mångfald på den aktuella ytan och den alternativa användningen av samma markområde som är avgörande). Som synes blir det mycket att ta in, och ta reda på, med ett livscykelperspektiv, men det är så vi behöver se på de produkter vi köper för att bättre förstå vilken påverkan de faktiskt har. Livscykelperspektivet kan därmed också bli en anledning att fråga handlare och producenter om sådana saker som inte framgår av tillgänglig produktinformation, vilket i sig är ett sätt att påverka. Och när man ser hela kedjan blir det också tydligt hur mycket man slösar bort när man slänger någonting, för även i det man slänger finns givetvis hela livscykeln.

#### AVSLUTNINGSVIS

LCA är, som redan konstaterats, ett flitigt använt verktyg för att bedöma miljöpåverkan från produkter. Det är naturligtvis olyckligt att metoden är i så påtagligt behov av förbättring när det gäller påverkan på biologisk mångfald. Detta medför risken att produktutveckling sker med större hänsyn till andra aspekter än just biologisk mångfald och till att kommunikationen av produkters miljöpåverkan ofta är bristfällig med avseende på biologisk mångfald. Det är därför av stor vikt att vidareutveckla LCA som metod, eller att utveckla kompletterande metoder för bedömning av produkters påverkan på biologisk mångfald.

Dessa utvecklingsbehov är extra viktiga att uppmärksamma i en tid då världen står inför en omställning från fossildriven ekonomi till

21 De Ponti et al., 2012; Seufert et al., 2012.

22 Reganold & Wachter, 2016; Tuomisto et al., 2012.

23 Mueller, De Baan, & Koellner, 2014; Lindborg et al., 2021, s. 169–177 i denna bok.

en så kallad *bioekonomi*, där efterfrågan på biobränsle och biologiska fibrer till industrin och andra produkter från de areella näringarna förväntas öka. Denna omställning är nödvändig för att undvika ytterligare global uppvärmning, men om våra analysverktyg systematiskt underskattar effekterna på biologisk mångfald ökar risken att omställningen sker på bekostnad av denna och i värsta fall leder till storskalig ekologisk kollaps.

#### REFERENSER

- Asselin, A., Rabaud, S., Catalan, C., Leveque, B., L'Haridon, J., Martz, P., & Neveux, G. 2020. Product biodiversity footprint – A novel approach to compare the impact of products on biodiversity combining life cycle assessment and Ecology. *Journal of Cleaner Production* 248. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119262>
- Baumann, H., & Tillman, A.-M. 2004. *The hitchhikers guide to LCA – an orientation to life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur, Lund.
- Chaudhary, A., Verones, F., De Baan, L., & Hellweg, S. 2015. Quantifying land use impacts on biodiversity: combining species-area models and vulnerability indicators. *Environmental Science and Technology* 49(16):9987–9995. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02507>
- Crenna, E., Marques, A., La Notte, A., & Sala, S. 2020. Biodiversity assessment of value chains: state of the art and emerging challenges. *Environmental Science and Technology* 54(16):9715–9728. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b05153>
- De Ponti, T., Rijk, B., & Van Ittersum, M. K. 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004>
- Frischknecht, R., & Jolliet, O. (Eds.). 2016. *Global guidance for life cycle impact assessment indicators. vol. 1*: United Nations Environment Programme (UNEP), Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Life Cycle Initiative (LCI).
- IPBES. 2019. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Brondizio, E.S., Settele, J., Díaz, S. & Ngo, H.T. (red.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn. <https://www.ipbes.net/global-assessment>
- IPCC. 2018. *Global warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Hämtad från IPCC: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- ISO 14040. 2006. *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*, International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 14044. 2006. *Environmental management - Life cycle assessment – requirements and guidelines*, International Organization for Standardization, Geneva.
- Koellner, T. et al. 2013. UNEP-SETAC guideline on global land use impact assessment on biodiversity and ecosystem services in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18(6):1188–1202. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0579-z>
- Lindborg, R., Lennartsson, T. & Smith, H. 2021. Naturbetesmarker – en resurs för biologisk mångfald och ekosystemtjänster, s. 169–177 i *Biologisk mångfald, naturnyttor och ekosystemtjänster*. Tunón, H. & Sandell, K. (red.). CBM:s skriftserie 121, SLU Centrum för biologisk mångfald, Uppsala.
- Lindeijer, E. 2000. Biodiversity and life support impacts of land use in LCA. *Journal of Cleaner Production* 8(4):313–319.
- Lindqvist, M., Palme, U. & Lindner, J.P. 2016. A comparison of two different biodiversity assessment methods in LCA – a case study of Swedish spruce forest. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(2):190–201. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-1012-6>



- Michelsen, O. 2008. Assessment of land use impact on biodiversity: Proposal of a new methodology exemplified with forestry operations in Norway. *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(1):22–31.
- Mueller, C., De Baan, L., & Koellner, T. 2014. Comparing direct land use impacts on biodiversity of conventional and organic milk – Based on a Swedish case study. *International Journal of Life Cycle Assessment* 19(1):52–68. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0638-5>
- Naturvårdsverket. 2020. *Global utvärdering av biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Sammanfattning för beslutsfattare*. Rapport 6917. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Perrigo, A., Vrasdonk, E., Durkin, L., & Antonelli, A. 2020. *The full impact of supermarket products*. Springer Nature Sustainability Community.
- Reganold, J.P. & Wachter, J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature plants* 2:15221. <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.221>
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485(7397):229–232. <https://doi.org/10.1038/nature1069>
- Souza, D.M. d., Flynn, D., Declerck, F., Rosenbaum, R., Lisboa, H. & Koellner, T. 2013. Land use impacts on biodiversity in LCA: Proposal of characterization factors based on functional diversity. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18:1231–1242. <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0578-0>
- Steffen, W. et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Teixeira, R.F.M. 2014. Integrating biodiversity and ecosystem services in life cycle assessment: Methodological proposals for new challenges. *Chemical Engineering Transactions* 42:127–132. <https://doi.org/10.3303/CET1442022>
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P. & Macdonald, D.W. 2012. Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management* 112:309–320. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.08.018>
- Vrasdonk, E., Palme, U. & Lennartsson, T. 2019. Reference situations for biodiversity in life cycle assessments: conceptual bridging between LCA and conservation biology. *International Journal of Life Cycle Assessment* 24(9):1631–1642. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01594-x>
- Winter, L., Lehmann, A., Finogenova, N., & Finkbeiner, M. 2017. Including biodiversity in life cycle assessment – State of the art, gaps and research needs. *Environmental Impact Assessment Review* 67:88–100. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.08.006>
- York, R., Rosa, E.A. & Dietz, T. 2003. STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics* 46(3):351–365. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00188-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00188-5)