Vedlegg 1

Forutsetninger og metode

For å utføre en livsløpsvurdering, må det gjøre noen forutsetninger og metodiske valg. I etterfølgende avsnitt er sentrale forutsetninger og metodiske valg beskrevet. Disse kunne være en del av selve hovderapporten, men for å forbedre lesbarheten og forståelsen i hovderapporten, er dette beskrevet her i eget vedlegg.

Følgende tema beskrives her:

1.1. Datakilder
1.2. Personkilometer og funksjonell enhet
1.3. Elkraft
1.4. Drivstoff og egenskapene til biodiesel
1.5. Infrastruktur
1.6. Usikkerheter

1.1. Datakilder

Statistisk sentralbyrå (SSB) sine tall betraktes som en pålitelig sekundærkilde, mens den foretrekkende primærkilden er Trondheim kommune og Sør-Trøndelags regionale kollektivselskap, hovedsakelig AtB. Produserte vognkilometer og det direkte energiforbruket per vognkilometer er avledet herfra. Tallene for bybane er hentet fra bybanen i Bergen. Modellen er bygget av data som er offentlig tilgjengelige og ikke uttrekk fra private og lukkede databaser. Fordelen herved er, at enhver som ønsker å etterprøve beregningen har fri tilgang til disse dataene.

Videre brukes data fra Vestlandsforskning rapport nr 2/2010, Transport, energi og miljø, og de kildene som denne bygger på. Blant disse finnes rapporten angående livsløpsvurderingen av passasjertransport av Chester og Horvath ved UC Berkley, og databasene ProBas (av det tyske statskontor for miljø, Umweltbundesamt), GEMIS (tyske institutt for anvendt økologi, Öko-Institut), CPM (Universitetet Chalmers i Sverige) og ELCD core database (Europakommisjonens forskningssenter, European Comission – Joint Research Centre).

Det er forutsatt at konstruksjonen av buss og bybane foregår i Europa og er basert på datasett med slik opprinnelse. Bussene er basert på tysk data[1], mens bybane er basert på et blandet europeisk/amerikansk datasett[2].

[1] http://www.probas.umweltbundesamt.de
[2] http://www.escholarship.org/uc/item/5670921q

1.2. Personkilometer og funksjonell enhet

Det etterspørres at sammenligningsgrunnlaget skal være mengden CO_2 per personkilometer.

Det finnes visse utfordringer ved å bruke personkilometer som beslutningsgrunnlag, når den er avhengig av kapasitetsutnyttelsen til transportmiddelet. Et realistisk grunnlag vil være den faktiske kapasitetsutnyttelsen av transportmidlene og ikke deres teoretiske kapasitet. Slike tall kan hentes fra Ruter AS (tidl. Oslo Sporveier), og Statistisk Sentralbyrå.

Vi har tatt høyde for at det produseres færre vognkilometer og personkilometer i Trondheim enn i de områdene andre studier har blitt gjennomført. Det produseres f.eks. 5,3 millioner vognkilometer årlig i Boston og 3,9 millioner i Oslo. Med Rambøll sin tidligere utredning, forventes det en årlig produksjon på 1,7 millioner vognkilometer. Neste spørsmål er antall reisende på en gjennomsnittelig vognkilometer, som gir en indikasjon på antall personkilometer produsert.

Hvis en bybanevogn har 200 plasser og har et gjennomsnittelig belegg på 24 %, vil 48 plasser være i bruk til enhver tid. Dette betyr at 1 vognkilometer produserer 48 personkilometer. En buss med 40 plasser har et belegg på 28 %, som betyr 11 plasser og 11 personkilometer produsert per vognkilometer. I de fleste tilfeller vil kollektivtilbudet ha fult belegg i rushtrafikken og ha veldig lite belegg ellers i døgnet, det er derfor ikke urimelig at det totale belegget for et kollektivtilbud kan være under 50 %. Den produserte mengde vognkilometer og personkilometer per vogn er antageligvis lavere for Trondheim enn det vi finner i datagrunnlaget ellers.

1.3. Elkraft

Siden den importerte strømmen er av uspesifikk opprinnelse, gjøres følgende antagelse: Statistikk fra den fellesnordiske kraftbørs Nord Pool, viser at Sverige (SE) er den eneste utenlandske direkteimportør av strøm til Midt-Norge (NO3). Det er lite kunnskaper om hvilke andeler av kraftimporten til Sverige, fra andre europeiske land, som ender opp i Midt-Norge. Dermed kan det ikke utelukkes at opprinnelsen til elkraft i Midt-Norge, stammer fra mer forurensende kraftverk i Europa. For å kunne vurdere høyeste utslipp i forbindelse med drift av bybanen, vurderes en situasjon hvor bybanen vil kreve kraftproduksjon som ikke eksisterer i dag, og må produseres med marginale kraftkilder. Kilde til marginal kraft er kull på kort sikt (antatt frem till 2020) og mobil gasskraftverk fra lang sikt (antatt 2020 – 2040) eventuelt med karbonfangst og lagring (CCS). Effekten av CCS er ikke innarbeidet i denne modellen.

Det har kommet ulike ordninger for å kjøpe garantert fornybar energi til en noe høyere kostnad. Siden 2001 har Statnett SF utstedt slike sertifikater og opprinnelsesgarantier. Jernbaneverket kjøper slike sertifikater for å kunne drive en elektrisk jernbane med minst mulig utslipp av klimagass. Dette er også en mulighet for en eventuell bybane i Trondheim, å inngå en avtale om sertifikat eller opprinnelsesgaranti for å oppnå en bedre utslippsprofil. En usikkerhetsfaktor vil da være i hvilken grad den fornybare elkraften som bybanen forbruker, må erstattes av elkraft med en mindre gunstig miljøprofil et annet sted.

Modellen som er bygget til denne livsløpsvurderingen bruker utslippsdata fra vanlig norsk elektrisitetsmiks, som trolig har et litt større utslipp. Det har ikke vært mulig å estimere utslippet forbundet med infrastrukturen til elkraft. I praksis betyr det at livsløpsutslippet fra elkraften er større en angitt i rapporten. Utslippene er trolig i en mindre størrelse og har sannsynligvis ikke betydning for rapportens konklusjoner.

Elkraft er kun vurdert som energibærer for bybanen, og beregningene for utslipp well-to-tank er i forenklet form

$$\frac{\mathrm{CO_2\text{-}ekv}}{\mathrm{personkm}} = \frac{\mathrm{CO_2\text{-}ekv}}{\mathrm{vogn}} \div \frac{\mathrm{vognkm}}{\mathrm{vogn}} \div \frac{\mathrm{passasjerer}}{\mathrm{vogn}}$$

1.4. Drivstoff og egenskapene til biodiesel

Vognkilometer fordelt på de forskjellige kjøretøyene er kjent i dag, hvor 25 % av vognkilometerne produseres med busser drevet av naturgass, 15 % kan drives på biodrivstoff og restproduksjonen (60 %) med eldre busser. Naturgassbussene er de foretrukne kjøretøy på de lengre strekningene og en mulighet å kjøre biodrivstoff på alle nyere busser. For perioden 2010 – 2040 er det vist 3 ulike scenarioer for blandingsforholdet Autodiesel/ Biodiesel/ CNG (komprimert naturgass) i forholdene: ***a***)10/70/20; ***b***) 30/50/20; ***c***) 50/30/20, der blandingsforhold ***c*** omtrent tilsvarer dagens blandingsforhold.

I livsløpsvurderingen er også utslippene fra produksjonen av drivstoffet tatt med i modellen. Imidlertid har det ikke vært mulig å vurdere om miljøutslippene er av biotisk eller abiotisk opprinnelse. Utslippene fra produksjonen vurderes som utelukkende abiotiske og er med i klimaregnskapet.

Man har betegnelsen for biodiesel etter hvor stor andel er av biotisk og abiotisk opprinnelse. B100 er 100 % ren biodiesel, mens B30 er 30 % biodiesel og 70 % autodiesel. For AtB sitt tilfelle, kjøres det B30 i 4 måneder (desember – mars) og B100 i 8 måneder (april – november). Det betyr at i løpet av et år vil 77 % av de direkte utslipp være biotisk og 23 % abiotisk. Dette forutsetter at det kjøres like mye hele året.

Bussparken i Trondheim består i dag av en stor andel eldre busser hvor det ikke kan brukes biodiesel. De eldste bussene benyttes for transport i marginen (det vil si som ekstra- eller reservebuss) og det forventes at bussparken gradvis fornyes med busser som kan kjøre på biodrivstoff (både biodiesel og biogass) fram mot 2040.

Bruk av biodiesel har med seg visse ulemper. Den kjemiske sammensetningen av biodiesel gjør at drivstoffet stivner ved høyere temperatur enn autodiesel. Det er kjent at raps-metyl-ester (en type biodiesel) fryser ved -10 grader, mens biodiesel fra talg begynner å stivne ved +16 grader. Biodiesel blandes med autodiesel for å synke frysepunktet og unngå dette.

Det har også vist seg at innblandingen av biodiesel i autodiesel i forbrenningsprosessen kan danne en større mengde skadelige partikler, og at biodiesel generelt danner større mengder svevestøv enn en autodiesel[3].

For busser er drivstofforbruk (liter/mil), drivstoffets energiinnhold og mengder passasjerer per vogn utgangspunktet for utslippsfaktorene.

$$\frac{\mathrm{CO_2\text{-}ekv}}{\mathrm{personkm}} = \frac{\mathrm{CO_2\text{-}ekv}}{\mathrm{drivstoffenhet}} \times \frac{\mathrm{drivstoff}}{\mathrm{vognkilometer}} \div \frac{\mathrm{passasjerer}}{\mathrm{vogn}}$$

[3] http://www.vestforsk.no/prosjekt/influence-of-bio-components-content-in-fuel-on-emission-of-diesel-engines-and-engine-oil-deterioration-biodeg

Tallene i denne beregningen er hentet fra Statistisk Sentralbyrå og kontrollert med enkle termodynamiske beregninger og kjente drivstofforbrukstall for busser.

Direkte utslipp fra drivstoff har blitt kontrollert ved å gjennomføre støkiometriske beregninger av forbrenningsprosessen for gjennomsnittelige hydrokarboner i drivstoffet. Den generelle formelen for støkiometrisk (balansert) forbrenning er

$$C_xH_{2x+2} + \left[\left(\frac{3x+1}{2}\right)\right] O_2 \rightarrow xCO_2 + (x+1)H_2O$$

Med hensyn til biodrivstoff er det i den senere tid diskutert i hvilken grad dette alternativ er klimanøytralt. Diskusjonen og forskningen bak dette er presentert i rapport fra Statistisk sentralbyrå[4], og tilsier at effekten kan være mindre enn ellers antatt. I høringsforslag fra Klima- og forurensningsdepartementet (publisert 22.11.10) angående endringer til produktforskriftens avsnitt om drivstoff, fremgår at omsettingspåbudet på biodrivstoff i vanlig drivstoff skal gå opp fra 3,5 % pr i dag, til 5 % i løpet av 2011. Kravet er supplert med en rekke bærekraftskriterier for biodrivstoff, som leverandøren må dokumentere og overholde. Formålet er å sikre at forbruk av biodrivstoff vil bidra til en real reduksjon av klimagassutslipp. Så vidt det er Rambøll kjent, er det per dags dato ikke avklart hvordan problemet skal håndteres. Modellen i denne rapporten anvender full effekt for reduksjon av klimagassutslipp ved bruk av biodrivstoff. Dette kan gjøres gjenstand for videre utredning, om bruk av henholdsvis 1. 2. eller 3. generasjons drivstoff vil utgjøre en forskjell i så henseende.

Som beskrevet i avsnitt over, er utslippet av klimagass svært avhengig av innblandingen av biodrivstoff. Derfor er resultatene forholdsvis følsomme for et eventuelt paradigmeskifte på dette området.

1.5. Infrastruktur

Produksjonen av transportmidlene er et komplisert samspill av flere komponenter. I en fullskala livsløpsvurdering vil disse komponentene bli sorteres etter materialtype. Etterfølgende vurderes mengder av enkeltmaterialer (stål, plast, glass, osv.), som er nødvendig for å bygge transportmiddelet, og dermed følgende utslipp. Dette regnes om til utslipp per personkm.

$$\frac{\mathrm{CO_2\text{-ekv}}}{\mathrm{personkm}} = \frac{\mathrm{CO_2\text{-ekv}}}{\mathrm{veikm}} \times \frac{\mathrm{vognkm}}{\mathrm{veikm}} \div \frac{\mathrm{passasjer}}{\mathrm{vognkm}}$$

I vår vurdering er det hentet tall som er allerede sammensatt og de underliggende prosessene er allerede utregnet og lagt sammen til transportmiddelets klimaregnskap. Siden det ikke er tilgang til de underliggende prosesser (ettersom de ikke er offentlige og tilhører de enkelte studiene) har vi ingen mulighet til å analysere videre og gi et nyansert bilde av hva og til hvilke mengder bidrar til transportmiddelets totale klimaregnskap. Denne begrensningen gjelder også for produksjonen av vei- og baneinfrastruktur, og fremstillingen av drivstoff.

[4] Statistisk sentralbyrå, rapport 44/2010; Bjart Holtsmark: Virkningene på klimagassutslipp ved økt bruk av biodrivstoff – en litteraturgjennomgang

1.6. Usikkerheter

I oppbyggingen av utslipps faktorer er det brukt aggregerte utslippstall for del prosessene. Derfor har det ikke har vært mulig at utforske hvilke underliggende prosesser som er inndraget her. Det gir anledning til mindre usikkerheter for utslipsfaktorer koplet til infrastruktur, produksjon av transportmiddel, og infrastrukturen for energiproduksjon. Det er imidlertid vurdert at usikkerheten rundt dette har mindre betydning for rapportens konklusjoner, da langt over halvdelen av livsløpsutslippet består av utslipp knyttet til motordrift.