

LEVETID OG LENGDE FOR VEI OG JERNBANE

Notat 10 januar 2010

Vestlandsforskning

Morten Simonsen

Innhold

Vei	5
Levetid.....	5
Konstruksjon	5
Vedlikehold	5
Drift.....	6
Parkering.....	6
Veilengde.....	7
Konstruksjon	7
Vedlikehold	7
Drift.....	8
Jernbane	10
Levetid.....	10
Konstruksjon	10
Vedlikehold	10
Drift.....	11
Parkering.....	11
Jernbanelengde.....	11
Konstruksjon	11
Vedlikehold	11
Drift.....	11
Oppsummering.....	12
Energibruk.....	13
Energibruk passasjertransport.....	18
Utslipp CO ₂ -ekvivalenter.....	19
Utslipp CO ₂ -ekvivalenter passasjertransport	23
Figur 1 MJ pr passasjer-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane.....	18
Figur 2 MJ pr tonn-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane	18
Figur 3 Energibruk i MJ pr passasjerkm for ulike kjøretøy.....	19

Figur 4 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter pr passasjer-km for vei og jernbane.....	23
Figur 5 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter pr tonn-km for vei og jernbane	23
Figur 6 Utslipp av gram CO ₂ -ekvivalenter pr passasjerkm for ulike kjøretøy.....	24
Tabell 1 Sammenhengen mellom ÅDT og levetid for veifundament	6
Tabell 2 Energibrukstall for ulike infrastruktur-aktiviteter vei	8
Tabell 3 Forventet teknisk levetid for ulike jernbaneobjekt.....	10
Tabell 4 Energibrukstall pr bane-km for jernbane.....	12
Tabell 5 Levetid og lengde i km for konstruksjon, vedlikehold og drift pr år for vei og jernbane	12
Tabell 6 Energibruk for ulike aktiviteter infrastruktur vei og jernbane.....	13
Tabell 7 Utrekning av TJ pr levetid for konstruksjon og vedlikehold infrastruktur vei	13
Tabell 8 Total energibruk for hele levetida i TJ for ulike aktiviteter for infrastruktur vei	14
Tabell 9 Utrekning av TJ pr levetid for konstruksjon og vedlikehold for infrastruktur jernbane	14
Tabell 10 Total energibruk for hele levetida i TJ for ulike aktiviteter for infrastruktur jernbane	14
Tabell 11 Energibruk pr år i TJ for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane	15
Tabell 12 Transportarbeid på vei og jernbane 2007.	15
Tabell 13 Vekter for fordeling av energibruk på passasjer- og godstransport for jernbane.	16
Tabell 14 Vekter for fordeling av energibruk på infrastruktur vei mellom passasjer- og godstransport	16
Tabell 15 Energibruk i TJ pr år for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane. Passasjertransport.....	17
Tabell 16 Energibruk i TJ pr år for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane. Godstransport.	17
Tabell 17 Energibruk i MJ pr passasjerkm for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane.....	17
Tabell 18 Energibruk i MJ pr tonn-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane.	17
Tabell 19 Vekter for fordeling av energibruk på ulike kjøretøy for persontransport	18
Tabell 20 Energibruk i MJ pr passasjerkm for ulike kjøretøy 2007.	19
Tabell 21 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter i tonn pr km over hele levetid for ulike aktiviteter for infrastruktur for vei.....	20
Tabell 22 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter i tonn pr km over hele levetid for ulike aktiviteter for infrastruktur for jernbane.....	20
Tabell 23 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter over hele levetid for infrastruktur vei og jernbane.....	21
Tabell 24 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter pr år for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane... ..	21
Tabell 25 Utrekning av utslipp CO ₂ -ekvivalenter for infrastruktur vei fordelt på transportformer....	21
Tabell 26 Utrekning av utslipp CO ₂ -ekvivalenter for infrastruktur jernbane fordelt på transportformer.....	22
Tabell 27 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter i gram pr passasjer-km for vei og jernbane 2007.....	22
Tabell 28 Utslipp av CO ₂ -ekvivalenter i gram pr tonn-km for vei og jernbane 2007	22
Tabell 29 Vekter for fordeling av energibruk på ulike kjøretøy for persontransport	23
Tabell 30 Utslipp av gram CO ₂ -ekvivalenter pr passasjerkm for ulike kjøretøy	24
Likning 1 Sum energibruk for konstruksjon og vedlikehold pr levetid.....	9
Likning 2 Beregnet sum energibruk for hele levetid.....	9
Likning 3 Energibruk til drift for hele levetiden.....	9
Likning 4 Energibruk til parkering for hele levetiden.....	9

Likning 5 Forutsetning.....	9
Likning 6 Driftsenergi pr levetid.....	13
Likning 7 Energibruk pr levetid for aktivitet i.....	13
Likning 8 Energibruk pr år for aktivitet i.....	15
Likning 9 Beregning av energibruk for persontransportarbeid vei.....	16
Likning 10 Beregning av skalert sum utslipp.....	20

Vei

Levetid

Levetidene som presenteres her gjelder for riksveier i Norge. Anslagsvis 80%¹ av veitransport foregår på riksveinettet.

Konstruksjon

Jonsson² refererer til en gjennomsnittlig europeisk vei med levetid på 40 år. Veien har et 16-25 cm sterkt slitelag, 60 cm støttelag og 150-180 cm med fyllmasse. Jonsson refererer også til en 13 meter bred svensk vei med trafikkbelastning på 2000 kjøretøy om dagen og med levetid på 40 år.

Samferdselsdepartementet³ operer med tre forskjellige definisjoner av levetid. Disse er funksjonell levetid, teknisk levetid og økonomisk levetid. Funksjonell levetid er den tiden som veien kan brukes til sin tiltenkte funksjon uten at veiens linje, bredde eller bæreevne må endres. Denne anslås generelt til mellom 40 og 60 år.

Teknisk levetid er den levetiden en vei kan ha uten at den ansees som teknisk uakseptabel i forhold til de tekniske parametre den er bygget etter. Broer har normalt en teknisk levetid på 100 år, mens elektroniske anlegg i tunneller har en forventet levetid på mellom 10 og 40 år.

Samferdselsdepartementet opplyser at en vei dimensjoneres for en trafikkmengde i løpet av 20 år men at den faktiske tekniske levetiden forventes å være høyere enn dette. Med økonomisk levetid menes det tidspunkt hvor det er økonomisk mest gunstig å erstatte den. Det gis ikke noe generell økonomisk levetid for veier.

For konstruksjon velger vi å bruke en levetid på 40 år for riksveier i Norge.

Vedlikehold

For tunneler angir Statens Vegvesen en levetid på utstyr på 15 år⁴.

For veifundament er levetiden avhengig av årsdøgntrafikken. Figur 1 viser sammenheng mellom ÅDT og levetiden for veifundamentet⁵.

Statens Vegvesen oppgir at den gjennomsnittlige ÅDT i tunneler i Norge er 4 400⁶. En rapport fra SSB viser ÅDT pr fylke med et gjennomsnitt på 8 704⁷ for alle fylker. Dette gir en levetid på 9 år i følge

¹ Eriksen, K.S., Hovi, I.B.: *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*, TØI-Rapport 1019/1995, <http://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%D8I-notater/1995/1019-1995/1019-1995-el.pdf>, side 13. Rapporten ".forutsetter at 80 prosent av transporten foregår på riksveger." Noen ytterligere empirisk begrunnelse gis ikke. Se også <http://ansatte.hin.no/gbe/russland/dimensjonering.html> hvor transportarbeidet på riksveier anslås til litt over 70%.

² Jonsson, D.K.: *Indirekt energi för svenska väg- och järnvägstransporter*, Totalförsvarets Forskningsinstitut, http://www.infra.kth.se/fms/pdf/FOI-R--1557--SE_v.2.pdf, side 21

³ <http://www.regjeringen.no/pages/2176955/sp59.pdf>

⁴ <http://img5.custompublish.com/getfile.php/52785.505/Etterslep+2003.pdf?return=www.vegkapital.net>, side 8

⁵ ibid, SINTEF-notat NTP 2006-2015: Beregning av etterslep i vedlikehold Hp5 Vegfundament og Hp6 Vegdekker på riksvegnettet, Appendix, side 6.

⁶ <http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Tunneler>

⁷ Englién, E, Haakonsen, G., Steinnes, M.: Støyplager i Norge. Resultater fra førstegenerasjons modell for beregning av antall støyutsatte, SSB 2004/43, http://www.ssb.no/emner/01/notat_200443/notat_200443.pdf, side 23, tabell 6.

Tabell 1. I en oversikt fra Statens Vegvesen vises utviklingen i levetid på veidekke hvor levetiden i 2005 anslås til 14 år ⁸.

Tabell 1 Sammenhengen mellom ÅDT og levetid for veifundament ⁹

ÅDT	Levetid
<300	14
300<ÅDT<1500	13
1500<ÅDT<5000	12
5000<ÅDT<10000	9
10000<ÅDT<15000	7
ÅDT>15000	6

For rekkverk antas en levetid på 30 år ¹⁰. Trafikkgjerder har en levetid på 4 år og vanlige gjerder en levetid på 20 år. Statens Vegvesen opererer med en vektet levetid på 11 år for alle typer gjerder ¹¹. Signalanlegg gis en levetid på 15 år ¹², mens skilt antas å ha en levetid på 15 år.

Medianen i Tabell 1 gir en levetid på 10,5 år dersom vi gir hver kjøretøygruppe lik vekt ¹³. Vi velger å bruke 12 år som levetid for vedlikehold for norske riksveier. Vi antar mindre usikkerhet ved å velge det konservative estimatet for medianen.

Drift

Schlaupitz ¹⁴ oppgir at levetid for veilysanlegg, rekkverk og viltgjerder anslås til 40 år. For drift velger vi derfor en levetid lik konstruksjon på 40 år.

Parkering

Horvath & Chester ¹⁵ gir et estimat for levetid til ulike typer parkering. Parkeringshus antas å ha en levetid på 30 år. Parkeringsplasser langs vei gis en levetid på 10 år mens andre parkeringsplasser utenom vei og parkeringshus gis en levetid på 15 år. Disse tallene baseres på amerikanske forhold.

Jonsson ¹⁶ oppgir at europeiske transportstudier generelt opererer med en levetid større enn amerikanske. Dette er avhengig av definisjon av konstruksjon og vedlikehold samt tykkelsen på

⁸ Slide 26, http://www.geir.be/Kurs/Valg_av_vegdekke.ppt

⁹ <http://img5.custompublish.com/getfile.php/52785.505/Etterslep+2003.pdf?return=www.vegkapital.net>, SINTEF-Notat: NTP 2006-2015: Beregning av etterslep i vedlikehold Hp5 Vegfundament og Hp6 Vegdekker på riksvegnettet, side 6

¹⁰ ibid, side 21

¹¹ ibid, side 23

¹² ibid, side 27

¹³ Medianen er gjennomsnittet av de to midterste verdier i en fordeling med partall antall observasjoner.

¹⁴ Schlaupitz, H.: *Energi- og klimakonsekvenser av moderne transportsystem*, Norges Naturvernforbund, Rapport 3/2008, http://naturvern.imaker.no/data/f/1/24/31/4_2401_0/Rapport_250908.pdf, side 57

¹⁵ Chester, M., Horvath, A.: *Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation: A Detailed Methodology for Energy, Greenhouse Gas, and Criteria Pollutant Inventories of Automobiles, Buses, Light Rail, Heavy Rail and Air*, UC Berkely Center for Future Urban Transport, March 2008, page 30, <http://escholarship.org/uc/item/5670921q>

¹⁶ Jonsson, D.K.: Indirekt energi för svenska väg og järnvägstransporter. http://www.infra.kth.se/fms/pdf/FOI-R-1557--SE_v.2.pdf, side 21

slitelag og bærelag som er lavere for amerikanske enn for europeiske veier. Vi velger en levetid for parkering lik den vi bruker for drift, det vil si 40 år.

Veilengde

For å fordele en mengde energi på ett år mellom passasjertransport og godstransport må vi definere en mengde km hvert år som energi og utslipp skal regnes ut i forhold til. Dette gir totalmengden for energien som skal fordeles mellom de to transportformene.

Konstruksjon

Levetiden for en vei har vi anslått til 40 år. Hele det norske veinettet er i 2008 på 93 247 km. En framgangsmåte er å anta at mengde ny vei i løpet av 40 år vil erstatte hele det norske veinettet. Pr år skal det dermed konstrueres 2331 km ny vei. Til sammenlikning er det bygd 23 641 km vei i Norge de siste 40 år. Dette gir 591 km vei pr år. Av denne summen er 21 637 km kommunal vei mens bare 3 681 km riksvei eller 92 km år år er bygd de siste 40 år. Av fylkesveier er det fjernet 1 677 km de siste 40 år ¹⁷.

I statsbudsjettet for 2010 for Samferdselsdepartementet oppgis det ¹⁸ at i 2008 ble 129 km nye veistrekkninger tatt i bruk. Samme sted ¹⁹ blir det opplyst at det i de siste seks år er åpnet 760 km ny vei. Av dette er 150 km firefeltsvei. Om vi antar at en km firefeltsvei er to km tofeltsvei kan vi anslå at det er bygd 910 km vei de siste seks år, hvilket gir om lag 150 km pr år og 6000 km over 40 år. Disse tallene omfatter bare *riksveier*. Vi begrunner dette med at anslagsvis 80% av veitransport foregår på riksveger.

Vedlikehold

Lengden på veinettet som vedlikeholdes hvert år er ikke identisk med lengden på ny vei. Regjeringen opplyser i statsbudsjettet for 2010 at det i 2008 ble brukt omlag 900 millioner kroner til vedlikehold av veidekke. Det opplyses at dette svarer til asfalte ring av 1 400 km med vei ²⁰. Det opplyses også samme sted ²¹ at bevilgningen i statsbudsjettet i 2010 på 20 millioner kroner tilsvarer 800 km ny asfalt. Vi antar at dette er vedlikehold for riksveier siden kommunale veier og fylkesveier ikke finansieres over statsbudsjettet.

I TØI-rapporten ²² opplyses det at dersom 75 prosent av riksveier med fast dekke i perioden 1985-93 på 25 099 km skal reasfalteres hvert 15 år tilsvarer dette 1255 km hvert år. Dersom 800 km asfalteres hvert år vil 41% av samlet riksveilengde på 27 469 km i 2008 bli reasfaltert i løpet av 14 år som er levetiden vi har anslått for veidekke. Dersom vi bruker tallet på 1 400 km hvert år vil 71 % av riksveinettet bli reasfaltert i løpet av 14 år.

På bakgrunn av disse tallene anslår vi at om lag 1200 km *riksvei* vil bli vedlikeholdt hvert år.

¹⁷ http://www.ssb.no/magasinet/fire_hjul/tab-2001-01-18-02.html,
http://www.ssb.no/nos_samferdsel/nos_d314/tab/4.1.html og
<http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?MainTable=Kostra3FLSamferd&SubjectCode=10&planguage=0&nvl=True&mt=1&nyTmpVar=true>

¹⁸ http://www.regjeringen.no/pages/2251337/PDFS/PRP200920100001_SDDDDPDFS.pdf, side 44

¹⁹ Ibid., side 45

²⁰ Ibid., side 45

²¹ Ibid., side 54

²² Eriksen, K.S., Hovi, I.B.: *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*, TØI-Rapport 1019/1995,
<http://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%D81-notater/1995/1019-1995/1019-1995-el.pdf>, side 15

Drift

Jonsson opplyser at andel veier med belysning anslås til til 5% av alle veier på bakgrunn av energiforbruket til veibelysning²³. Schlaupitz anslår at 33% av antall veikilometer er belyst²⁴, hans tall gjelder for 2010. Vi velger å bruke Jonssons tall siden dette er basert på empirisk observasjon. Dette gir om lag 1300 km med veibelysning av 26 469 km riksvei totalt.

Schlaupitz anslår at riksveier brøytes for snø 20 ganger og saltes 50 ganger årlig 25. Med 365 dager anslår vi dermed at det brøytes 5,5% av samlet tid veien er åpen og at det saltes 13,7% av tiden. Vi bruker disse prosentandelene for å beregne årsvirkningen på antall km vei som brøytes og saltes. Vi forutsetter videre at alle norske riksveier blir brøytet minst en gang i løpet av en vinter. Dette gir om lag 1505 km som vi anslår brøytes hver dag, mens vi får tilsvarende 3763 km som vi anslår saltes hver dag. Vi følger en TØI-rapport fra 1995²⁶ om fordeling av veikostnader og allokere halve vintervedlikeholdet til drift og halvparten til vedlikehold. Dette gir 1882 km salting allokert til drift hvert år.

Ut fra denne drøftingen anslår vi tallet på km som driftes hvert år til 1500 km.

En annen framgangsmåte kan være å bruke energibrukstall og beregne energibruk til drift som andel av samlet energibruk over hele levetiden. Vi referer til Simonsen²⁷ for en drøfting av disse energibrukstall. Tabell 2 viser disse tallene regnet ut i km pr år og i km pr levetid. For omregning til levetid for drift og vedlikehold har vi brukt anslag på levetid pr aktivitet slik de er definert ovenfor.

Tabell 2 Energibrukstall for ulike infrastruktur-aktiviteter vei²⁸.

Aktivitet	GJ/km/år (A)	Levetid (B)	GJ pr km levetid (C=A*B)
Konstruksjon		40	14000
Parkering		40	370
Drift	81	40	3240
Vedlikehold	95	12	1140
Sum	535,25		18750

Ut fra kolonne C Tabell 2 anslår vi andelen energi pr km som brukes til drift hvert år til å være 17,3 % mens andelen til parkering pr km er på 2%. Til sammen skal energibruk til konstruksjon og vedlikehold utgjøre om lag 80,7 % av total energibruk pr km pr levetid. Vi kan beregne total energibruk for konstruksjon og vedlikehold for hele levetiden ved å bruke tall for lengde i km og levetid slik de er drøftet ovenfor. Ved å la denne summen utgjøre 80,7 % av den totale energibruk finner vi summen for alle aktivitetene inklusive drift og parkering pr levetid. Til slutt finner vi

²³ Jonsson, side 24.

²⁴ Schlaupitz, side 54.

²⁵ Schlaupitz, side 56

²⁶ Eriksen, K.S., Hovi, I.B.: *Transportmidlenes marginale kostnadsansvar*, TØI-Notat 1019/1995 <http://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%D8I-notater/1995/1019-1995/1019-1995-el.pdf>, side 19.

²⁷ Simonsen, M.: *Indirect Energy Use*, Upublisert VF-notat, januar 2010.

²⁸ For konstruksjon og parkering er energibruken oppgitt i km pr levetid, for drift og vedlikehold er energibrukstall oppgitt i km pr år.

andelene for drift og parkering ved å bruke prosentene ovenfor i forhold til den beregnede totalsum for hele levetiden.

Dette gir følgende framgangsmåte:

Likning 1 Sum energibruk for konstruksjon og vedlikehold pr levetid

$$S = K + V$$

hvor K er energibruk til konstruksjon for hele levetiden, V er energibruk til vedlikehold for hele levetiden og S er summen av disse. Videre

Likning 2 Beregnet sum energibruk for hele levetid

$$S' = \frac{S}{1 - f}$$

hvor S er sum energibruk til konstruksjon og vedlikehold for hele levetiden, f er andelen som disse to aktivitetene utgjør av totalen og S' er den korrigerede summen hvor vedlikehold og konstruksjon utgjør f andeler av totalen. Vi har definert f til 0,832 i følge diskusjonen ovenfor siden parkering og drift til sammen utgjør 16,5% av totalen.

Vi kan deretter beregne energibruk til drift og parkering ved å bruke andelene ovenfor på denne måten:

Likning 3 Energifbruk til drift for hele levetiden

$$D = d * S'$$

Likning 4 Energifbruk til parkering for hele levetiden

$$P = p * S'$$

hvor S' er samlet energibruk til alle infrastruktur-aktiviteter pr levetid, d er driftandel av samlet energi pr km over hele levetiden, D er energibruk til drift pr levetid. Videre er p andel til parkering av samlet energi pr km over hele levetid og P er energibruk til parkering pr levetid. Vi har som forutsetning

Likning 5 Forutsetning

$$f = d + p$$

Fordelen med den siste framgangsmåten er at vi slipper å gjøre en del skjønnsmessige forutsetninger som vi finner lite belegg for i empirisk materiale. Når det gjelder energibruk for konstruksjon og vedlikehold har vi et bedre grunnlag i nasjonale transportplaner og statsbudsjett. Vi velger å benytte denne framgangsmåten.

Jernbane

Levetid

Levetidene gjelder for hele jernbanenettet i Norge, både for dieseldrevne og elektrisk drevne tog.

Konstruksjon

Schlaupitz²⁹ bruker 100 års levetid for jernbane. Horvath & Chester bruker forskjellig levetid for deler av banekonstruksjonen, 25 år for ballast i banens underbygning, 50 år for betong som brukes i jernbanesviller, skinnegang 25 år, system for krafttilførsel 35 år. Vi velger å bruke 40 år som jernbanens levetid. Et planlagt fransk høyhastighetstog oppgir levetid for konstruksjon, drift og vedlikehold til 30 år³⁰. Jonsson³¹ refererer til en levetid på 50 år for svensk jernbaneinfrastruktur.

Jonsson refererer også til Botniabanen i Nord-Sverige. Her anslås levetid for tunneler til 100 år, broer gis en levetid på 70 år mens levetiden for jernbanestasjonshus anslås til 70 år.

I Jernbanemagasinet nr 5, 2008 oppgis at en bane kan brukes i 40-50 år før det er nødvendig med fornyelse av sviller, skinnegang, kjøreledning, signalanlegg eller andre komponenter³².

Med teknisk levetid menes den forventede levetiden et objekt har før de tekniske krav objektet er laget etter ikke lenger er oppfylte. Jernbaneverket³³ anslår følgende tekniske levetider for ulike objekt:

Tabell 3 Forventet teknisk levetid for ulike jernbaneobjekt

Objekt	Levetid (år)
Underbygning	75
Overbygning	40
Elektroanlegg	40
Stasjonsanlegg	40
Signalanlegg	30
Kontaktledningsanlegg	40

Vi velger å bruke 40 år som levetid for konstruksjon av jernbane.

Vedlikehold

Jernbaneverket anslår en økonomisk levetid for kjøreveien på 25 år³⁴. Det antas at med økonomisk levetid menes den tiden en investering varer før den må erstattes. Vedlikeholdet i denne perioden vil således være å regne som normalt vedlikehold for å bevare investeringen økonomisk drivverdige.

Vi velger derfor å bruke en levetid på 25 år for vedlikeholdet.

²⁹ Schlaupitz, side 5

³⁰ http://www.bilan-carbone-igvrr.fr/userfiles/file/documents/Bilan_Carbone_GB.pdf, side 11 og 13

³¹ Jonsson, side 26

³² <http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/7075/Jernbanemagasinet%20nr%205%202009.pdf>, side 9

³³ Jernbaneverket, Metodehåndbok JD 205, side 44,

http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/5135/Samfunns_konomiske_1620089a.pdf

³⁴ Jernbaneverket, Metodehåndbok JD 205,

http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/5135/Samfunns_konomiske_1620089a.pdf, side 25

Drift

I Tabell 1 ovenfor anslås forventet teknisk levetid for signalanlegg til 30 år. Tilsvarende tall for kontaktledning er 40 år, den samme tekniske levetid forventes for stasjonsanlegg og elektroanlegg. På bakgrunn av disse tallene setter vi den forventede tekniske levetid for jernbanelen til 40 år.

Parkering

Horvath & Chester anslår levetida til parkeringsplasser for jernbanen til 10 år³⁵. Med levetid menes hvor mange år det tar før hele asfaltdekke på parkeringsplassene må skiftes ut. Vi bruker samme levetid for parkering som for drift.

Jernbanelengde

Konstruksjon

I Nasjonal Transportplan for 2010-2019³⁶ oppgir at investeringer i jernbanenettet i neste planperiode vil gi 144 km ny bane. Av dette vil 116 km være dobbeltspor. Vi velger å la dobbeltsporet jernbane telle dobbelt, slik at en jernbanekm er to jernbanekm med dobbelt spor.

Samme sted³⁷ anslås det at i plan-perioden vil det bli bygget 45 km med kryssningsspor.

Medregnet kryssningsspor får vi da om lag 35 km pr år med ny jernbane i planperioden 2010-2019. Vi antar samme lineære vekst i en levetid på 40 år og anslår samlet ny jernbanelengde i løpet av levetida på 1400 km, inklusive kryssningsspor.

Vedlikehold

I Jernbaneverkets årsrapport for 2008 er det oppgitt at det er foretatt ballastrensing på 25 spor-km³⁸. Videre er det foretatt utskiftning av 25 000 sviller som tilsvarer 15 spor-km samt utskiftning av 14 spor-km med skinner. Samme år er det skiftet ut 6 km med gjerder. Vi velger å legge sammen antall km for alle typer vedlikeholdstiltak og får 60 spor-km med vedlikehold pr år.

Schlaupitz³⁹ foreslår at hver spor-km tilsvarer 1,3 bane-km fordi det er et visst antall km kryssningsspor og forbikjøringspor for hver bane-km. Vi får da omlag 80 bane-km med vedlikehold pr år.

Over hele levetiden på 25 år blir dette 2000 bane-km med vedlikehold.

Drift

For drift og parkering velger vi å bruke samme framgangsmåte som for vei. Vi bruker andelene disse aktivitetene utgjør av energibruk pr bane-km over hele levetiden til å skalere total energibruk pr levetid for konstruksjon og vedlikehold. Deretter finner vi energibruk for drift og parkering ved å

³⁵ Chester, M., Horvath, A.: *Environmental Life-cycle Assessment of Passenger Transportation: A Detailed Methodology for Energy, Greenhouse Gas, and Criteria Pollutant Inventories of Automobiles, Buses, Light Rail, Heavy Rail and Air*, UC Berkely Center for Future Urban Transport, March 2008, side 64, <http://escholarship.org/uc/item/5670921q>

³⁶ <http://www.regjeringen.no/pages/2162529/PDFS/STM200820090016000DDDPDFS.pdf>, side 15

³⁷ ibid., side 15

³⁸ Jernbaneverkets Årsrapport 2008,

<http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/6905/Jernbaneverkets%20%C3%A5rsrapport%202008.pdf>, side 8-9

³⁹ Schlaupitz, side 35

bruke de same andeler av den skalerte summen. Formelverket for framgangsmåten er presentert ovenfor.

Vi refererer til Simonsen (2010) for en drøfting av energibrukstall pr bane-km for jernbane⁴⁰. For å finne energibruk pr levetid for konstruksjon og vedlikehold for jernbane bruker vi tall for banelengde pr år og levetid som er drøftet ovenfor.

For jernbanedrift utgjør energiandelen til drift pr bane-km 19,2% mens tilsvarende andel for parkering på jernbanestasjoner er 1,5%.

Tabell 4 Energibrukstall pr bane-km for jernbane

Aktivitet	GJ/km/år	Levetid (B)	GJ pr km levetid (C=A*B)
Konstruksjon		40	45000
Parkering		40	950
Drift	300	40	12000
Vedlikehold	180	25	4500
Sum	1628,75		62450

Oppsummering

Vi har brukt riksveier som utgangspunkt for beregning av lengde og levetid for konstruksjon og vedlikehold av veier. Vi har valgt denne tilnærmingen siden anslagsvis 80% av all veitransport foregår på riksveier.

Tabell 5 viser levetid og lengde i km pr år for aktivitetene konstruksjon, vedlikehold og drift for vei og jernbane.

Tabell 5 Levetid og lengde i km for konstruksjon, vedlikehold og drift pr år for vei og jernbane

Indikator		Vei	Jernbane
Levetid, år	Konstruksjon	40	40
	Vedlikehold	12	25
	Drift	40	40
Lengde, km pr år	Konstruksjon	150	35
	Vedlikehold	1200	80
Andel av energibruk	Drift	0,151	0,184
	Parkering	0,017	0,015

⁴⁰ Simonsen, M.: *Indirect Energy Use*, Upublisert VF-notat, januar 2010.

Energibruk

Tabell 6 viser energibruk for ulike aktiviteter for infrastruktur for vei og jernbane ⁴¹. For konstruksjon og parkering er disse energibrukstall oppgitt pr km for hele levetiden. For drift og vedlikehold er energibruken oppgitt pr km pr år.

Tabell 6 Energibruk for ulike aktiviteter infrastruktur vei og jernbane

Aktivitet	Enhet	Vei	Jernbane
Konstruksjon	GJ/km	14000	45000
Parkering	GJ/km	370	950
Drift	GJ/km/år	81	300
Vedlikehold	GJ/km/år	95	180

Vi må først regne om all energibruk til km pr levetid. Dette gjøres ved at energibruken for drift og vedlikehold multipliseres med levetiden slik den er fastlagt ovenfor. Likning 6 viser hvordan dette er gjort for drift. Samme framgangsmåte benyttes for vedlikehold.

Likning 6 Driftsenergi pr levetid

$$Driftsenergi_{Levetid - km} = Driftsenergi_{km} * Drift_{Levetid}$$

Denne energibruken må relateres til alle km som skal konstrueres, driftes og vedlikeholdes over hele perioden som vi har definert som veiens levetid. Likning 7 viser omregning til energibruk for aktivitet i for hele levetiden.

Likning 7 Energibruk pr levetid for aktivitet i

$$Energi_{Levetid, i} = Energi_{Levetid - km, i} * Levetid_i$$

Tabell 8 og Tabell 9 viser utregning av energibruk for infrastruktur vei med de verdier for levetid og km som er definert for de ulike aktiviteter ovenfor.

Tabell 7 Utregning av TJ pr levetid for konstruksjon og vedlikehold infrastruktur vei

	GJ pr km pr år (A)	Levetid (B)	GJ/km pr levetid (C=A*B)	Km over hele levetid (D)	Totale TJ over hele levetid (E=C*D)/1000
Konstruksjon			14000	6 000	84 000
Parkering			370		
Drift	81	40	3240		
Vedlikehold	95	12	1140	14 400	16 416
Sum			18750		100 416
Andel drift (d)			0,1728		
Andel parkering (p)			0,0197		

⁴¹ Tallene er hentet fra Simonsen (2010)

I Tabell 8 er summen fra Tabell 7 skalert med andelene for drift og parkering. Deretter er andelene for drift og parkering fra km pr levetid brukt til å beregne total energiforbruk for hele levetida for disse aktivitetene.

Tabell 8 Total energibruk for hele levetida i TJ for ulike aktiviteter for infrastruktur vei

Aktivitet. Energibruk i TJ.	Vei
Konstruksjon	84 000
Parkering [¶]	2 454
Drift [§]	21 489
Vedlikehold	16 416
Sum [#]	124 359

$$^{\#} 124\,359 = 100\,416 / (1 - 0,1728 - 0,0197)^{42} \quad ^{\S} 21\,489 = 124\,359 * 0,1728 \quad ^{\¶} 2\,454 = 124\,359 * 0,0197$$

Vi gjør de samme beregninger for jernbane. Disse er vist i Tabell 9. Framgangsmåten er den samme som for infrastruktur vei.

Tabell 9 Utregning av TJ pr levetid for konstruksjon og vedlikehold for infrastruktur jernbane

	GJ pr km pr år (A)	Levetid (B)	GJ/km pr levetid (C=A*B)	Km over hele levetid (D)	Totale TJ over hele levetid (E=C*D)/1000
CO2-ekvivalenter					
Konstruksjon			45 000	1 400	63 000
Parkering			950		
Drift	300	40	12 000		
Vedlikehold	180	25	4 500	2 000	9 000
Sum			62 450		72 000
Andel drift (d)			0,1922		
Andel parkering (p)			0,0152		

På samme måte som for vei er summen i Tabell 9 korrigert for å ta høyde for drift og parkering. Deretter er energibruken for disse aktivitetene regnet ut på grunnlag av andelene i Tabell 9. Tabell 10 viser resultatet.

Tabell 10 Total energibruk for hele levetida i TJ for ulike aktiviteter for infrastruktur jernbane

Aktivitet. Energibruk i TJ.	Jernbane
Konstruksjon	63 000
Parkering [¶]	1 382
Drift [§]	17 455
Vedlikehold	9 000
Sum [#]	90 836

$$90\,836 = 72\,000 / (1 - 0,1922 - 0,0152)^{43} \quad ^{\S} 17\,455 = 90\,836 * 0,1922 \quad ^{\¶} 1\,382 = 90\,836 * 0,0152$$

⁴² Noen flere desimaler er brukt i utregningene.

Neste skritt er å fordele denne mengde energi for transportarbeidet i ett år. Først finner vi energibruken pr år. Likning 8 viser omregning til energibruk pr år for aktivitet i.

Likning 8 Energibruk pr år for aktivitet i

$$Energi_{\text{År},i} = \frac{Energi_{\text{Levetid},i}}{\text{Levetid}_i}$$

Denne omregningen gir oss Tabell 11.

Tabell 11 Energibruk pr år i TJ for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane

pr år.	TJ pr levetid		Levetid		TJ pr år	
Aktivitet. Energibruk i TJ pr år.	Vei (A)	Jernbane (B)	(C)	(D)	Vei (E=A/C)	Jernbane (F=B/D)
Konstruksjon	84 000	63 000	40	40	2 100	1 575
Parkering	2 454	1 382	40	40	61	35
Drift	21 489	17 455	40	40	537	436
Vedlikehold	16 416	9 000	12	25	1 368	360
Sum	124 359	90 836			4 067	2 406

Transportarbeidet for vei og jernbane for 2007 henter vi fra Statistisk Årbok 2009. Vi får følgende tall for passasjertransport og godstransport:

Tabell 12 Transportarbeid på vei og jernbane 2007.

Transportarbeid.	Vei	Jernbane ⁴⁴
Total passasjer-km	59 044 000 000	2 910 000 000
Total tonn-km	16 313 000 000	2 467 000 000

Antall passasjerkm for vei er beregnet eksklusive transportarbeidet utført av motorsykler og mopeder. For disse kjøretøy har vi ikke beregnet personbilkvivalenter. Følgelig antar vi at belastningen for disse kjøretøy for infrastruktur vei er lik null⁴⁵. I 2007 ble det utført 1 531 millioner passasjerkm med motorsykler og mopeder. Dette tilsvarte 2,5% av det samlede persontransportarbeidet utført på vei.

Neste skritt er å fordele energibruken for ett år på henholdsvis passasjer- og godstransport. For å gjøre dette trenger vi vekter for de ulike transportformer. For jernbane bruker vi energibruken for framdrift av passasjer- og godstransport slik den er oppgitt av SSB (2008)⁴⁶. Tabell 13 viser resultatet. Denne tabellen forutsetter at energibruken for infrastruktur fordeler seg mellom passasjer- og godstransport proporsjonalt med framdriftsenergien.

⁴³ Noen flere desimaler er brukt i utregningen.

⁴⁴ Passasjertransportarbeidet eksklusive trikk og t-bane.

⁴⁵ Simonsen, M.: *Allokering av energibruk og utslipp for konstruksjon, vedlikehold og drift av vei-infrastruktur mellom passasjer- og godstransport*. Upublisert notat Vestlandsforskning, januar 2010.

⁴⁶ Toutain, J.U.W., Taarneby, G., Selvig, E.: *Energiforbruk og utslipp fra innenlandsk transport*, SSB-rapport 2008 side 25 Tabell 2.20 og Tabell 2.21 og side 37 Tabell 2.42 og side 38 Tabell 2.43.

Tabell 13 Vekter for fordeling av energibruk på passasjer- og godstransport for jernbane.

	Togtype	Tonn	MWh	Vekter
Passasjertransport	Elektrisk		370 850	
	Diesel	6740	80 654	
	Sum passasjer		451 504	0,690
Godstransport	Elektrisk		116 750	
	Diesel	7200	86 200	
	Sum gods		202 950	0,310
	Sum		654 454	

Dieselforbruket for godstransport er bare oppgitt i tonn mens dieselforbruket for passasjertransport er oppgitt i MWh⁴⁷. Omregningen til MWh er gjort med antakelse om 43,1 MJ pr kg (SSB 2008, side 15).

Vektene for jernbanetransport gjelder for alle typer aktiviteter for infrastruktur for jernbane. Når det gjelder vei bruker vi ulike vekter for ulike typer aktiviteter.

Vektene for veitransport er vist i Tabell 14. Vi henviser til Simonsen (2010)⁴⁸ for en drøfting av disse vektene.

Tabell 14 Vekter for fordeling av energibruk på infrastruktur vei mellom passasjer- og godstransport

Konstruksjon	Passasjer	0,664
	Gods	0,336
Drift	Passasjer	0,847
	Gods	0,153
Vedlikehold	Passasjer	0,315
	Gods	0,685

Vi kan nå beregne energibruk for ulike transportformers ved å bruke vektene for ulike aktiviteter slik de er definert i Tabell 14. Likning 9 viser utregning for persontransport for vei. I Likning 9 er w_i vekt for aktivitet i og n er tallet på aktiviteter.

Likning 9 Beregning av energibruk for persontransportarbeid vei.

$$Energi_{persontransportarbeid} = \sum_{i=1}^n Energi_i * w_i$$

⁴⁷ SSB (2008) tabell 2.21 side 25 oppgir 80,654 MWh. Dette tallet skal være 80 654 MWh. Til sammen ble det brukt 6740000 kg med diesel og hver kg har et energiinnhold på 43,1 (side 15). Dette gir 80 693 MWh. Desimaltegnet er derfor feil brukt i tabell 2.21 http://www.ssb.no/emner/01/03/10/rapp_200849/rapp_200849.pdf

⁴⁸ Simonsen, M.: *Allokering av energibruk og utslipp for konstruksjon, vedlikehold og drift av vei-infrastruktur mellom passasjer- og godstransport*. Upublisert notat Vestlandsforskning, januar 2010.

Energi for godstransport kan beregnes på samme måte som for passasjertransport. Tabell 15 og Tabell 16 viser resultatet.

Tabell 15 Energiforbruk i TJ pr år for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane. Passasjertransport.

Passasjertransport. TJ pr år	Totalt energiforbruk TJ pr år		Vekter		Totalt energiforbruk TJ passasjer-transport	
	Vei (A)	Jernbane (B)	Vei (C)	Jernbane (D)	Vei (E=A*C)	Jernbane (F=B*D)
Konstruksjon	2 100	1 575	0,664	0,690	1 395	1 087
Parkering	61	35	1	1	61	35
Drift	537	436	0,847	0,690	455	301
Vedlikehold	1 368	360	0,315	0,690	431	248
Total	4 067	2 406			2 343	1 671

Tabell 16 Energiforbruk i TJ pr år for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane. Godstransport.

Godstransport. TJ pr år	Totale TJ pr år		Vekter		Totalt energiforbruk TJ gods- transport	
	Vei (A)	Jernbane (B)	Vei (C)	Jernbane (D)	Vei (E=A*C)	Jernbane (F=B*D)
Konstruksjon	2 100	1 575	0,336	0,310	705	488
Drift	537	436	0,153	0,310	82	135
Vedlikehold	1 368	360	0,685	0,310	937	112
Total [§]	4 067	2 406			1 723	735

[§] Totalsummen inkluderer parkering som er fordelt på passasjertransport.

Tabell 17 og Tabell 18 viser energibruken for passasjer- og godstransport fordelt på transportarbeidet for de ulike transportformer i 2007.

Tabell 17 Energiforbruk i MJ pr passasjerkm for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane.

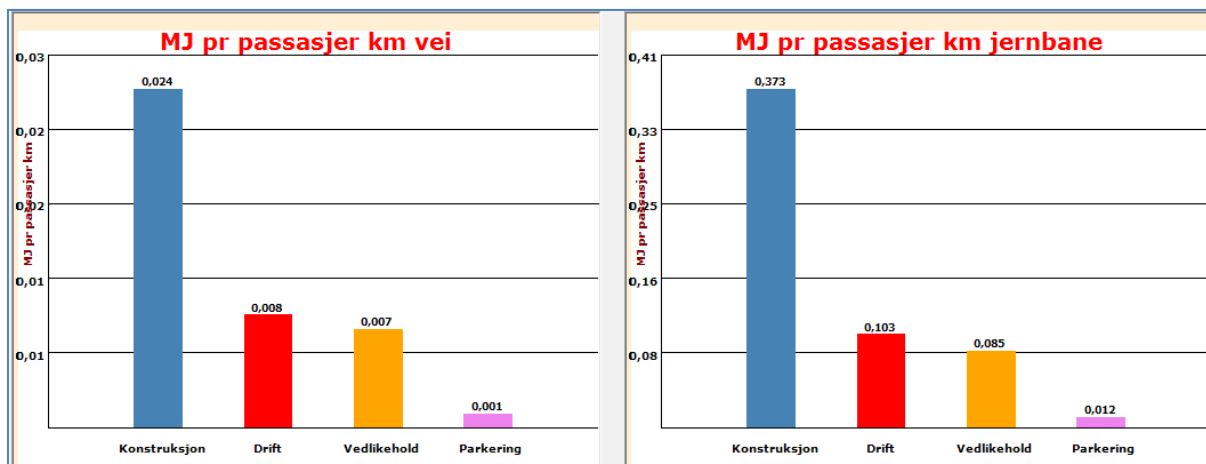
MJ pr passasjer-km	Vei	Jernbane
Konstruksjon	0,024	0,373
Parkering	0,001	0,012
Drift	0,008	0,103
Vedlikehold	0,007	0,085
Total	0,040	0,574

Tabell 18 Energiforbruk i MJ pr tonn-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane.

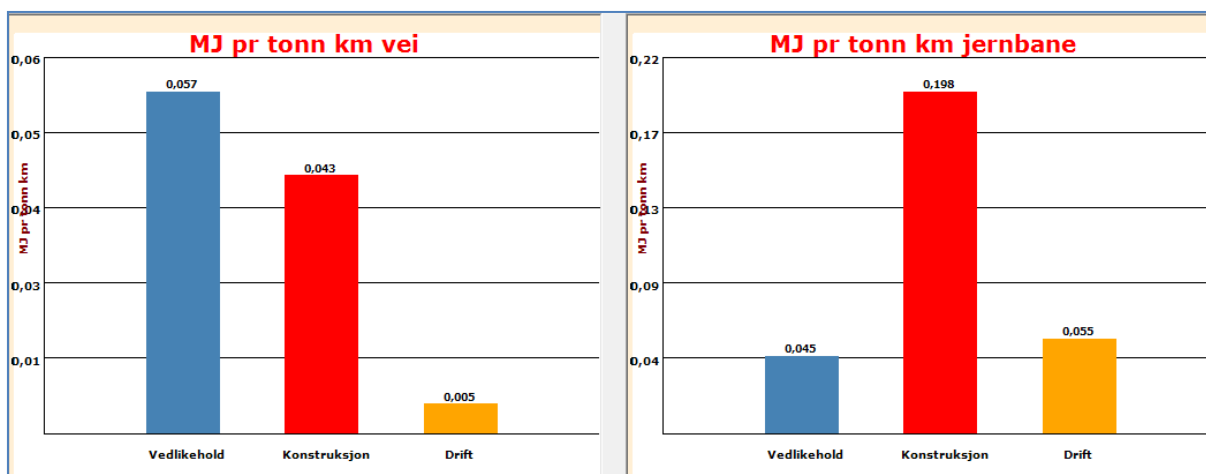
MJ pr tonn-km	Vei	Jernbane
Konstruksjon	0,043	0,198
Drift	0,005	0,055
Vedlikehold	0,057	0,045
Total	0,106	0,298

Figur 1 viser energibruk pr passasjer-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane. Figur 2 viser samme energibruk i tonn-km.

Figur 1 MJ pr passasjer-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane



Figur 2 MJ pr tonn-km for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane



Energibruk passasjertransport

Vi kan videre fordele energibruk for passasjertransport mellom personbiler og buss. Vi ser bort fra motorsykler og mopeder når det gjelder energibruk for infrastruktur vei. Grunnen er at vi ikke har datagrunnlag for å beregne personbilkvivalenter for disse kjøretøyene.

Vi vil bruke vektene i Tabell 19 for fordeling av energibruk mellom personbiler og buss. Vi henviser til Simonsen⁴⁹ for en diskusjon av vektene. All energibruk for parkering er fordelt på personbiler.

Tabell 19 Vekter for fordeling av energibruk på ulike kjøretøy for persontransport

Aktivitet	Personbil	Buss	Sum
Konstruksjon	0,6013	0,0631	0,6644
Drift	0,8290	0,0184	0,8474

⁴⁹ Simonsen, M.: *Allokering av energibruk og utslipp for konstruksjon, vedlikehold og drift av vei-infrastruktur mellom passasjer- og godstransport*. Upublisert notat Vestlandsforskning, januar 2010.

Parkering	1,0000	0,0000	1,0000
Vedlikehold	0,0738	0,2415	0,3153

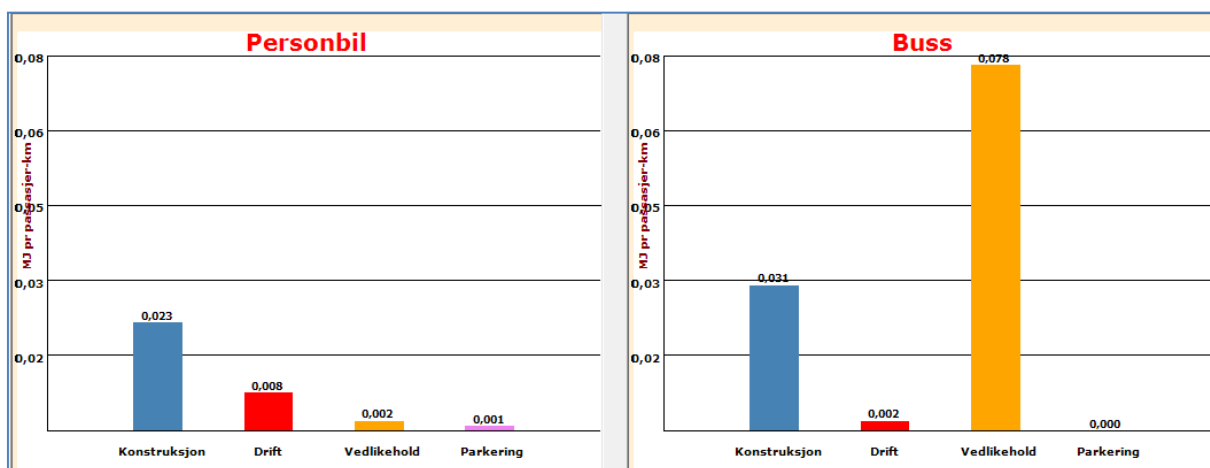
Energibruken for kjøretøy til passasjertransport beregnes ved å multiplisere vektene i Tabell 19 med total energibruk for all transport som er gjengitt i kolonne A i Tabell 20. Dette gir kolonne B og C som viser energibruk i TJ for ett år for disse kjøretøyene. I utregning av energibruk pr passasjerkm er det brukt 54 803 millioner passasjerkm for personbiler og 4 241 millioner passasjerkm for busser. Tallene gjelder for 2007. Kolonne D og E viser energibruken pr passasjerkm.

Tabell 20 Energibruk i MJ pr passasjerkm for ulike kjøretøy 2007.

Aktivitet	Total energibruk TJ pr år	Total energibruk TJ passasjertransport pr år		MJ pr passasjerkm	
	Personbil (A)	Personbil (B)	Buss (C)	Personbil (D)	Buss (E)
Konstruksjon	2 100	1 263	132	0,023	0,031
Parkering	61	61	0	0,001	0,000
Drift	537	445	10	0,008	0,002
Vedlikehold	1 368	101	330	0,002	0,078
Total	4 067	1 871	473	0,034	0,111

Figur 3 viser energibruk MJ pr passasjerkm for ulike kjøretøy for passasjertransport. Figuren viser at for konstruksjon og vedlikehold er energibelastningen på infrastruktur for busser større enn personbiler målt pr passasjerkm.

Figur 3 Energibruk i MJ pr passasjerkm for ulike kjøretøy.



Utslipp CO₂-ekvivalenter

Vi bruker samme framgangsmåte for utregning av utslipp av CO₂-ekvivalenter pr tonn-km og passasjer-km som for energibruk. Vi normaliserer først samlede utslipp av CO₂-ekvivalenter over hele

levetiden til infrastrukturen. Deretter bruker vi levetiden for hver aktivitet (konstruksjon, drift og vedlikehold) til å finne utslipp for et år. Disse tallene bruker vi til å beregne utslipp i forhold til transportarbeidet.

Når det gjelder drift bruker vi samme tilnærming som ovenfor. Først beregner vi andel utslipp pr km pr levetid for drift-aktiviteten. Deretter finner vi sum utslipp for ett år for aktivitetene konstruksjon og vedlikehold. Denne summen skalerer vi opp ved å bruke drift-andelen. Vi kan dermed inkludere drift med den samme andelen som aktiviteten hadde for utslipp pr km pr levetid.

Det er ikke beregnet utslipp av CO₂-ekvivalenter for parkering.

Likning 10 Beregning av skalert sum utslipp

$$S = \frac{K + V}{1 - d}$$

Likning 10 viser sum for aktivitetene konstruksjon (K) og vedlikehold (V) skalert med andel d som er drift-aktiviteten sin andel av utslipp av CO₂-ekvivalenter pr km pr levetid. Denne andelen er vist i Tabell 21 for vei. Tabell 22 viser samme utregninger for jernbane.

Tabell 21 Utslipp av CO₂-ekvivalenter i tonn pr km over hele levetid for ulike aktiviteter for infrastruktur for vei

CO ₂ -ekvivalenter	Tonn pr km pr år (A)	Levetid (B)	Tonn/km pr levetid (C=A*B)	Km over hele levetid (D)	Totale tonn CO ₂ -ekv. over hele levetid (E=C*D)
Konstruksjon			959	6 000	5 754 000
Drift	3	40	120		
Vedlikehold	7	12	84	14 400	1 209 600
Sum			1 163		6 963 600
Andel drift (d)			0,1032		

Utslipp i tonn pr km pr levetid beregnes ved å ta utslipp i tonn pr km og multiplisere med levetid for aktivitetene drift og vedlikehold. Denne omregningen er nødvendig siden utslipp for konstruksjon er oppgitt i tonn pr km for hele levetiden mens de andre aktivitetene er oppgitt i tonn pr km hvert år. Vi må derfor normalisere aktivitetene for å gjøre dem sammenliknbare og bruke dem til utregning av utslipp for ett enkelt år.

Tabell 22 Utslipp av CO₂-ekvivalenter i tonn pr km over hele levetid for ulike aktiviteter for infrastruktur for jernbane

CO ₂ -ekvivalenter	Tonn pr km pr år (A)	Levetid (B)	Tonn/km pr levetid (C=A*B)	Km over hele levetid (D)	Totale CO ₂ -ekv. over hele levetid (E=C*D)
Konstruksjon			3 374	1 400	4 723 600
Drift	14	40	560		
Vedlikehold	17	25	425	2 000	850 000

Sum			4 359	5 573 600
Andel drift (d)			0,1285	

Tabell 23 Utslipp av CO₂-ekvivalenter over hele levetid for infrastruktur vei og jernbane

Totale CO ₂ -ekvivalenter over hele levetid	Vei	Jernbane
Konstruksjon	5 754 000	4 723 600
Drift §	801 181	821 589
Vedlikehold	1 209 600	850 000
Total #	7 764 781	6 395 189

$$\# 7\,764\,781 = 6\,963\,600 / (1 - 0,1032)^{50} \quad 6\,395\,189 = 5\,573\,600 / (1 - 0,1285)$$

$$\S 801\,181 = \# 7\,764\,781 * 0,1032$$

$$821\,589 = 6\,395\,189 * 0,1285$$

Likning 2 viser hvordan vi estimerer korrigert sum for infrastruktur for å gi plass for drift. Ved å bruke Likning 2 og Likning 3 får vi utregninger for vei og jernbane slik de er gjengitt i Tabell 23.

Neste skritt er å beregne samlede utslipp over ett enkelt år. Vi bruker levetidene for de ulike aktivitetene til denne utregningen. Tabell 24 viser utregningen.

Tabell 24 Utslipp av CO₂-ekvivalenter pr år for ulike aktiviteter for infrastruktur vei og jernbane

Utslipp tonn CO ₂ -ekv. pr år.	Tonn CO ₂ -ekv. pr levetid		Levetid		Tonn CO ₂ -ekv pr år	
	Vei (A)	Jernbane (B)	(C)	(D)	Vei (E=A/C)	Jernbane (F=B/D)
Konstruksjon	5 754 000	4 723 600	40	40	143 850	118 090
Drift	801 181	821 589	40	40	20 030	20 540
Vedlikehold	1 209 600	850 000	12	25	100 800	34 000
Sum	7 764 781	6 395 189			264 680	172 630

Deretter fordeler vi utslippene over ett år på passasjertransport og godstransport. Tabell 25 viser resultatet for vei. Vektene er hentet fra Tabell 14. Tabell 26 viser resultatet for jernbane hvor vektene er hentet fra Tabell 13.

Tabell 25 Utregning av utslipp CO₂-ekvivalenter for infrastruktur vei fordelt på transportformer

Tonn CO ₂ -ekv	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv. passasjer- og godstransport pr år (A)	Vekt for passasjertransport (B)	Vekt for gods-transport (C)	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv passasjer-transport pr år (D=A*B)	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv. gods-transport pr år (E=A*C)
Konstruksjon	143 850	0,6644	0,3356	95 576	48 274

⁵⁰ Noen flere desimaler er brukt i utregningene.

Drift	20 030	0,8474	0,1526	16 974	3 056
Vedlikehold	100 800	0,3153	0,6847	31 779	69 021
Sum	264 680			144 328	120 351

Tabell 26 Utrekning av utslipp CO₂-ekvivalenter for infrastruktur jernbane fordelt på transportformer

Tonn CO ₂ -ekv	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv. passasjer- og godstransport pr år (A)	Vekt for passasjertransport (B)	Vekt for gods-transport (C)	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv passasjertransport pr år (D=A*B)	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv. gods-transport pr år (E=A*C)
Konstruksjon	118 090	0,6899	0,3101	81 470	36 620
Drift	20 540	0,6899	0,3101	14 170	6 369
Vedlikehold	34 000	0,6899	0,3101	23 456	10 544
Sum	172 630			119 096	53 533

Siste steg er å beregne utslippene i forhold til transportarbeidet som utføres på vei og jernbane. Tabell 12 viser dette transportarbeidet. Dette gir Tabell 27 for passasjertransport og Tabell 28 for godstransport.

Tabell 27 Utslipp av CO₂-ekvivalenter i gram pr passasjer-km for vei og jernbane 2007

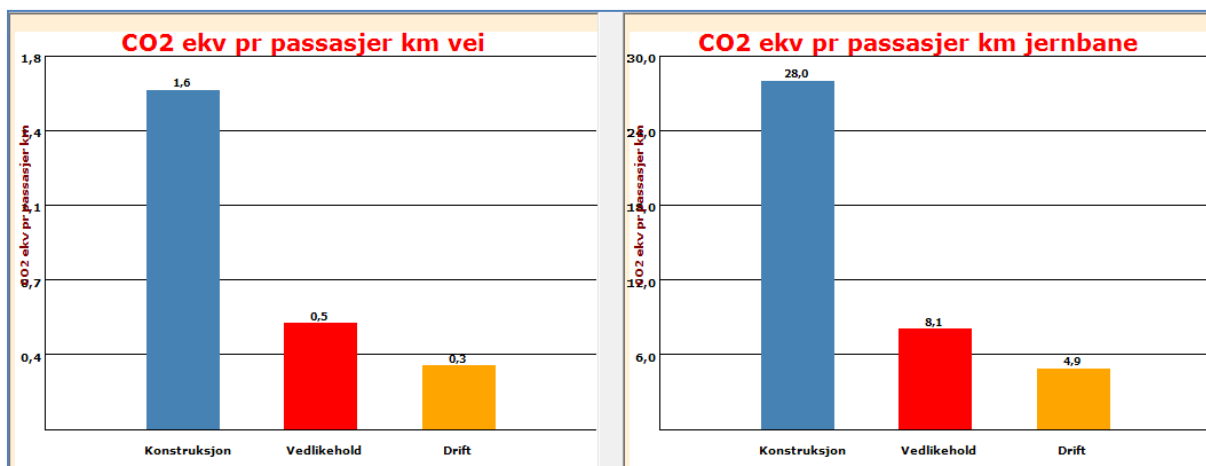
CO ₂ -ekv gram pr pass-km 2007	Vei	Jernbane
Konstruksjon	1,6	28,0
Drift	0,3	4,9
Vedlikehold	0,5	8,1
Total	2,4	40,9

Tabell 28 Utslipp av CO₂-ekvivalenter i gram pr tonn-km for vei og jernbane 2007

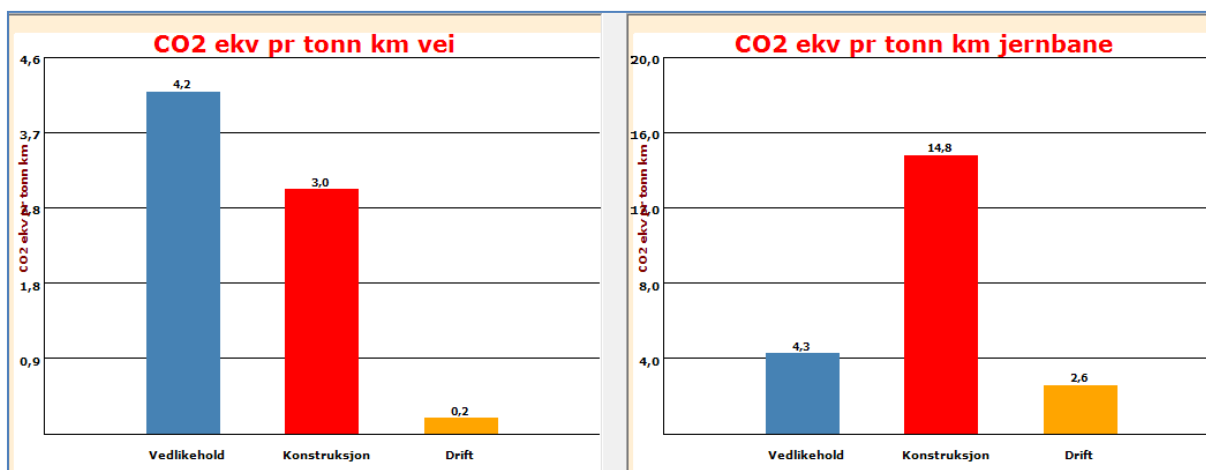
CO ₂ -ekv gram pr tonn-km 2007	Vei	Jernbane
Konstruksjon	3,0	14,8
Drift	0,2	2,6
Vedlikehold	4,2	4,3
Total	7,4	21,7

Figur 4 og Figur 5 viser en grafisk framstilling av Tabell 25 og Tabell 26.

Figur 4 Utslipp av CO₂-ekvivalenter pr passasjer-km for vei og jernbane



Figur 5 Utslipp av CO₂-ekvivalenter pr tonn-km for vei og jernbane



Utslipp CO₂-ekvivalenter passasjertransport

Utslipp av CO₂-ekvivalenter for kjøretøy til passasjertransport beregnes ved å multiplisere vektene i Tabell 19 med totale utslipp pr år. Vi gjengir vektene Tabell 29. Dette gir kolonne B og C i Tabell 30. Kolonne D og E framkommer ved å beregne utslippene i forhold til transportarbeidet som er 54 803 millioner passasjerkm for personbiler og 4 241 millioner passasjerkm for busser i 2007.

Tabell 29 Vekter for fordeling av energibruk på ulike kjøretøy for persontransport

Aktivitet	Personbil	Buss	Sum
Konstruksjon	0,6013	0,0631	0,6644
Drift	0,8290	0,0184	0,8474
Parkering	1,0000	0,0000	1,0000
Vedlikehold	0,0738	0,2415	0,3153

Figur 6 viser utslipp av CO₂-ekvivalenter pr passasjerkm for buss og personbil. Buss har høyere utslipp pr passasjerkm for aktivitetene konstruksjon og vedlikehold. Målt pr passasjer-km er utslippene til vedlikehold 19 ganger større for busser enn for personbiler. Det tilsvarende tallet for konstruksjon er 1,3 ganger større.

Tabell 30 Utslipp av gram CO₂-ekvivalenter pr passasjerkm for ulike kjøretøy

Aktivitet	Totale utslipp tonn CO ₂ -ekv. pr år		Totale utslipp tonn CO ₂ -ekvivalenter til passasjertransport pr år		gram pr passasjerkm	
	Personbil (A)	Personbil (B)	Buss (C)	Personbil (D)	Buss (E)	
Konstruksjon	143 850	86 503	9 073	1,6	2,1	
Drift	20 030	16 605	368	0,3	0,1	
Vedlikehold	100 800	7 438	24 340	0,1	5,7	
Total	264 680	110 547	33 782	2,0	8,0	

Figur 6 Utslipp av gram CO₂-ekvivalenter pr passasjerkm for ulike kjøretøy

