

# Ecocalcolatore FFS

## Relazione di base

Versione 1.0, settembre 2010

### **Autore**

Matthias Tuchschrnid  
mtuchschrnid.ch  
Fellenbergweg 14, 8047 Zurigo  
info@mtuchschrnid.ch

### **Revisione**

Christian Bauer, Paul-Scherrer-Institut  
OVGA/409, Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI  
christian.bauer@psi.ch

### **Dati di base e metodica**

Centro svizzero per gli inventari ecologici ecoinvent c/o EMPA  
Lerchenfeldstr. 5, 9014 San Gallo  
info@ecoinvent.org

## Sommario

2.1.	Calcolo dell'impatto ambientale.....	4
2.2.	Cosa emerge da un confronto? .....	4
3.1.	Processi esaminati .....	5
4.1.	Energia primaria.....	7
4.2.	CO <sub>2</sub> come indicatore del potenziale a effetto serra .....	7
4.3.	Polveri fini: PM <sub>10</sub> e PM <sub>2.5</sub> («particulate matter») .....	7
4.4.	Composti organici volatili non metanici: NMVOC .....	8
4.5.	Ossidi di azoto: NO <sub>x</sub> .....	8
4.6.	Punti di impatto ambientale PIA '06.....	8
5.1.	Auto.....	9
5.2.	Trasporto pubblico.....	10
5.2.1.	Tram e bus locale.....	10
5.2.2.	Strada: pullmann .....	10
5.2.3.	Funivia.....	10
5.2.4.	Battello .....	10
5.2.5.	Traffico su rotaia Svizzera: traffico regionale, S-Bahn e traffico a lunga percorrenza .....	11
5.2.6.	Traffico su rotaia Svizzera: carico delle automobili .....	11
5.2.7.	Traffico su rotaia Europa .....	11
5.3.	Aereo.....	12
5.4.	Fattori di emissione inclusi nell'orario ecologico .....	13

## 1. Rilevanza ambientale del traffico

Nel 2008, in Svizzera, il fabbisogno energetico per il traffico ha raggiunto in totale il 34% del fabbisogno energetico finale, di cui il 96% imputabile al traffico su strada e il 4% a quello su ferrovia. Inoltre, il 43,8% delle emissioni di CO<sub>2</sub> svizzere proviene dal traffico e mette quindi in pericolo il rispetto degli obiettivi della tutela del clima: contrariamente al settore dell'edilizia e alla produzione industriale le emissioni di CO<sub>2</sub> del traffico continuano ad aumentare (BAFU 2009). Il trasporto motorizzato è legato anche ad altri tipi di inquinamento ambientale:

- l'inquinamento dell'aria con emissioni (p.es. polveri fini, ossido di azoto, biossido di zolfo, idrocarburi non metanici), che minaccia salute, piante, edifici e acque;
- la trasformazione di paesaggi naturali / spontanei in superfici prive di piante (p.es. la massicciata dei comuni tracciati ferroviari) o in suolo impermeabile (strade, tracciati ferroviari con binari fissi);
- l'immissione di sostanze liquide e solide nel suolo e nelle acque;
- l'inquinamento acustico in prossimità dell'infrastruttura di trasporto.

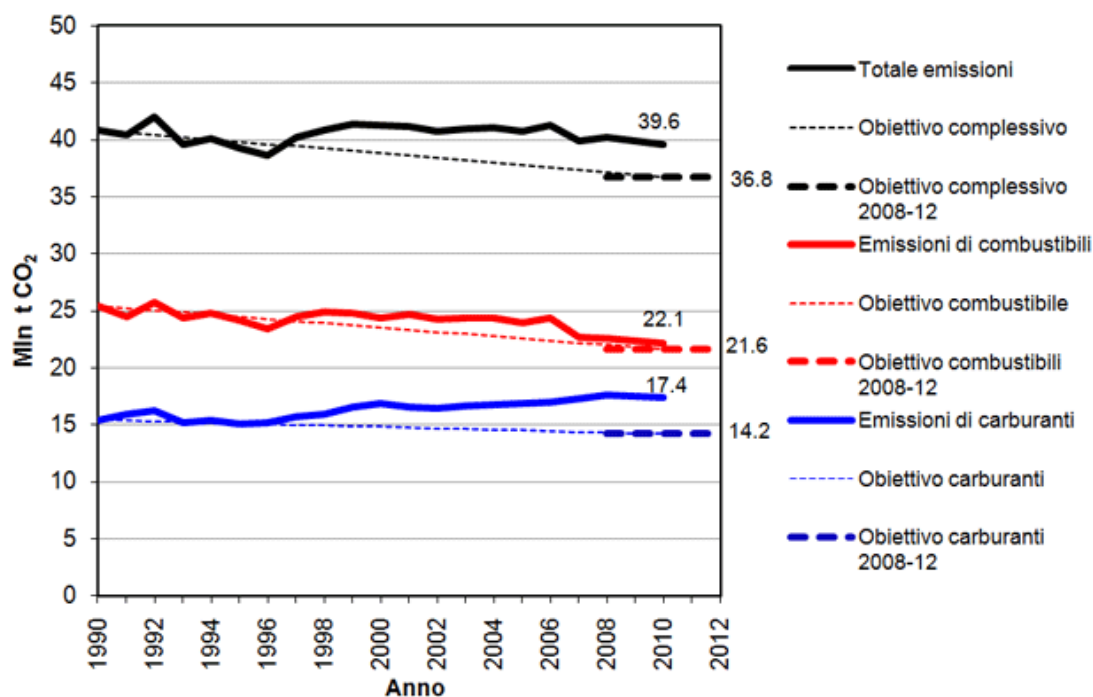
In media la ferrovia è 20 volte più ecocompatibile e consuma solo un quarto di energia rispetto a un viaggio con un'auto di media grandezza. Ma che cosa significa nel caso specifico?

Nell'orario ecologico delle FFS basta premere un pulsante per ottenere un confronto dei trasporti per tragitti a scelta. Il confronto dei mezzi di trasporto si basa su criteri quali <sup>1</sup>il consumo delle risorse energetiche, le emissioni dei gas a effetto serra e gli inquinanti atmosferici.

### La Svizzera sta seguendo la rotta per Kyoto?

Il protocollo di Kyoto entrato in vigore nel febbraio 2005 stabilisce per la Svizzera una riduzione dell'8% delle emissioni dei gas a effetto serra rispetto ai livelli del 1990. Mentre l'andamento per quanto riguarda i combustibili è quasi in linea con gli obiettivi, le emissioni in fatto di carburanti sono ben lontane dagli obiettivi desiderati. In totale, nel 2010, il 43,9% delle emissioni svizzere di CO<sub>2</sub> proveniva dal traffico, oggi la differenza supera di oltre il 18% l'obiettivo auspicato.

**Fig. 1.1 Andamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> dopo la legge sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, fonte: UFAM (2010)**



<sup>1</sup> Il tempo di percorrenza utilizzabile è calcolato come segue: (tempo di percorrenza per modalità - il tempo di entrata / uscita) \* tempo% utilizzabile. Per guidare una macchina sempre 2 'di entrata e di tempo di uscita vengono calcolati, il totale può essere il 10% del tempo sono utilizzate (ad esempio, le telefonate con le cuffie). L'entrata e l'uscita di un treno impiega più tempo (ogni 5 '), allora si può anche il 100% del tempo di viaggio può essere utilizzato (ad esempio, la lettura di documenti, di lavoro su un portatile)

## 2. Descrizione dell'orario ecologico

Nell'orario FFS è possibile calcolare il bilancio ambientale per ogni collegamento facendo clic su «Ambiente» nei Dettagli di un collegamento. Ogni persona può quindi pianificare il viaggio tenendo in considerazione la variante ideale ecologicamente accreditata.

I dati degli ecobilanci utilizzati tengono conto non solo del consumo diretto di energia, ma anche di tutte le ripercussioni indirette sull'ambiente derivanti dalla produzione di tutti i materiali fino al loro smaltimento. La base su cui si fonda il confronto è la banca dati dei bilanci ecologici ecoinvent, che è stata creata in collaborazione con i Politecnici federali di Zurigo (ETHZ) e di Losanna (EPFL), l'Istituto di ricerca Paul Scherrer (PSI) e anche altri istituti. Grazie ad una metodica armonizzata, alle stesse grandezze di riferimento e a dati di base identici è possibile un confronto equo tra i diversi mezzi di trasporto.

### 2.1. Calcolo dell'impatto ambientale

Basta un clic su «Ambiente» nei Dettagli di un collegamento per creare il bilancio ambientale personalizzato. Il calcolo avviene in tre fasi:

- L'itinerario di viaggio inserito viene suddiviso in più parti, assegnando a ciascuna di esse un mezzo di trasporto. Un viaggio in treno da Stäfa sul lago di Zurigo a Berna ad esempio prevede un tragitto con la S-Bahn e con il treno a lunga percorrenza. Per un viaggio con l'automobile il sistema distingue tra «urbano», «extraurbano» e «autostrada».<sup>2</sup>
- Il sistema misura la distanza di ogni segmento, basandosi sugli orari «Merits» dell'Unione internazionale delle ferrovie UIC.<sup>3</sup> Sono tenuti in considerazione anche i tragitti non elettrificati che fanno uso di locomotive diesel. La determinazione della distanza per l'automobile si basa su dati Navteq (Knörr 2008a).
- In un'ultima fase i segmenti del percorso calcolato sono collegati ai fattori di emissione dei mezzi di trasporto e quindi sommati. I fattori di emissione utilizzati si basano sui bilanci ecologici e includono l'impatto sull'ambiente di un viaggiatore-chilometro del mezzo di trasporto scelto.

### 2.2. Cosa emerge da un confronto?

Esistono sostanziali differenze tra il trasporto privato e il trasporto pubblico. Il trasporto pubblico mette a disposizione soluzioni di mobilità per tutti senza discriminazioni e fa parte del servizio pubblico. Inoltre, all'interno di un periodo di orario, il trasporto pubblico contrariamente all'automobile viaggia in modo regolare e indipendente dall'utilizzo. Si tratta di un aspetto importante per il bilancio comparativo. In generale si possono distinguere due modi di vedere le cose:

- Con la scelta del mezzo di trasporto privato l'utilizzo dell'automobile fa sì che ci sia in circolazione un mezzo di trasporto in più. Siccome il trasporto pubblico circola rispettando un orario, in quanto passeggero è possibile prendere il treno che circola da questo punto di vista a breve termine indipendentemente dalla decisione del singolo. O in altre parole, anche se l'orario ecologico mette in evidenza che il trasporto pubblico con le impostazioni scelte produce emissioni superiori, un viaggio con l'automobile causa in realtà un inquinamento ambientale aggiuntivo.<sup>4</sup>
- Se, al contrario, si mettono a confronto i sistemi di trasporto in generale o meglio l'effetto a lungo termine delle decisioni sulla mobilità, è sensato paragonare le ripercussioni sull'ambiente del mezzo di trasporto del singolo individuo. Da un punto di vista più lungimirante, la decisione dell'individuo a favore o contro il trasporto pubblico fa sì che il numero di veicoli in circolazione aumenti o diminuisca. In questo caso il viaggio verrebbe inserito con il carico individuale, il consumo medio e la classe del motore. Nell'orario ecologico il confronto di un viaggio con un orizzonte di pianificazione più lungimirante e quindi un confronto generale dei sistemi di trasporto è direttamente visibile.

Grazie all'orario ecologico è possibile per esempio dare una risposta alle seguenti domande:

- Quanta energia e/o emissioni posso risparmiare con il prossimo viaggio, se utilizzo il trasporto pubblico anziché l'automobile?<sup>5</sup>

<sup>2</sup> La distinzione è motivata dal diverso consumo di carburante: il consumo di un veicolo sul percorso extraurbano è minore del consumo su un percorso urbano (peggiore rendimento del motore a un numero di giri minore) o sull'autostrada (maggiore resistenza aerodinamica).

<sup>3</sup> La lunghezza di una tratta ferroviaria si avvale di un calcolo poligonale: tutte le soste intermedie del treno (le cosiddette fermate) fungono da nodi intermedi prolungando di un 20-30% la distanza diretta in linea d'aria in base a dei valori empirici legati alla posizione. Per ulteriori riferimenti si possono consultare i rapporti della ditta Knörr (2008b; 2008a). A causa di problemi informatici l'autorouting non tiene conto della destinazione intermedia – non è pertanto possibile un confronto sul traffico.

<sup>4</sup> Si parte dal presupposto che il carico di altri passeggeri non comporti un maggiore inquinamento ambientale. Su un treno a lunga percorrenza sono mediamente occupati 203 posti a sedere su un totale di 616. Un treno a lunga percorrenza medio pesa 326 t di conseguenza il peso aggiuntivo di un singolo viaggiatore di 80 kg non è rilevante per il consumo di energia.

<sup>5</sup> Da questo punto di vista a breve termine si potranno risparmiare le ripercussioni ambientali indicate nell'orario ecologico per l'automobile.

- Qual è l'impatto ambientale medio di un viaggio in automobile rispetto a un viaggio in treno con un carico medio e veicolo tipici?
- Per una tipica situazione di trasporto che si ripete regolarmente, quanto incide l'impatto ambientale in caso di diverso carico della propria automobile?

### 3. Metodica per il bilancio dei fattori di emissione

Questo capitolo illustra le ipotesi di modelli e le fonti di dati più importanti ai fini della determinazione dei fattori di emissione utilizzati. Tutti i fattori di emissione si basano sulla metodica del bilancio ecologico secondo Frischknecht et al. ampiamente avvalorata da un punto di vista scientifico (2007).

I due ecalcolatori EcoPassenger ([www.ecopassenger.org](http://www.ecopassenger.org)) ed EcoTransIT ([www.ecotransit.org](http://www.ecotransit.org)) rappresentano una base importante per la ferrovia. Le relazioni scientifiche di base dell'Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) di Heidelberg presentano le ipotesi per il bilancio di mezzi di trasporto specifici del traffico viaggiatori e merci (Knörr 2008b; Knörr 2008a).

La banca dati dei bilanci ecologici ecoinvent è il riferimento fondamentale per la derivazione dei fattori di emissione del traffico stradale e dei dati topografici. Il centro svizzero per i bilanci ecologici è il prodotto di una collaborazione tra Politecnico, PSI, EMPA e ART e gestisce la più grande banca dati documentata per gli inventari.<sup>6</sup>

Di recente, nell'ambito del progetto mobitool,<sup>7</sup> è stata fatta un'ampia pubblicazione di dati ecoinvent del settore trasporti (Tuchschnid & Halder 2010). Tutte le ripercussioni ambientali di un mezzo di trasporto sono convertite nella prestazione di trasporto di un viaggiatore-chilometro [vkm].<sup>8</sup>

#### 3.1. Processi esaminati

La metodica del bilancio ecologico prende in considerazione le ripercussioni ambientali dall'«inizio alla fine» di un ciclo di vita. A prescindere dal mezzo di trasporto scelto, i veicoli devono innanzitutto essere costruiti, messi in funzione, sottoposti a manutenzione e alla fine del loro ciclo di vita smaltiti. Poi serve un'infrastruttura di trasporto (vie di traffico, gallerie, ponti) oltre agli altri impianti, quali stazioni ferroviarie, aerodromi, edifici amministrativi, stazioni di rifornimento e sottocentrali, necessari per un regolare funzionamento.

Per il funzionamento di un veicolo, oltre alle attività dirette, esistono anche attività indirette legate alla prestazione del trasporto. Ai fini di una maggiore chiarezza si riporta l'esempio dell'approvvigionamento di energia: prima che Anna Modello possa fare benzina alla stazione di rifornimento, è necessaria una serie di altri processi:

- Il petrolio viene estratto dal pozzo e trasportato mediante oleodotto o petroliera al successivo punto di raccolta.
- Da qui il grezzo viene portato a una raffineria mediante oleodotto, ferrovia o camion cisterna. Con l'impiego di calore e sostanze chimiche viene separato in diversi componenti, da cui si ottiene la benzina non raffinata.
- Dopo ulteriori processi chimici si ottiene alla fine la benzina con proprietà fisiche ben definite (p.es. il potere antidetonante).
- La benzina viene trasportata alle singole stazioni di servizio. A questo punto Anna Modello può finalmente fare il pieno di benzina.

Tutte queste fasi intermedie sono legate a consumi di energia ed emissioni. Questa stessa metodica viene applicata anche a tutte le altre spese per la produzione di corrente o l'approvvigionamento di altri carburanti. La fig. 3.1 fornisce una panoramica dei processi precedenti presi in considerazione nel calcolo dei fattori di emissione.<sup>9</sup>

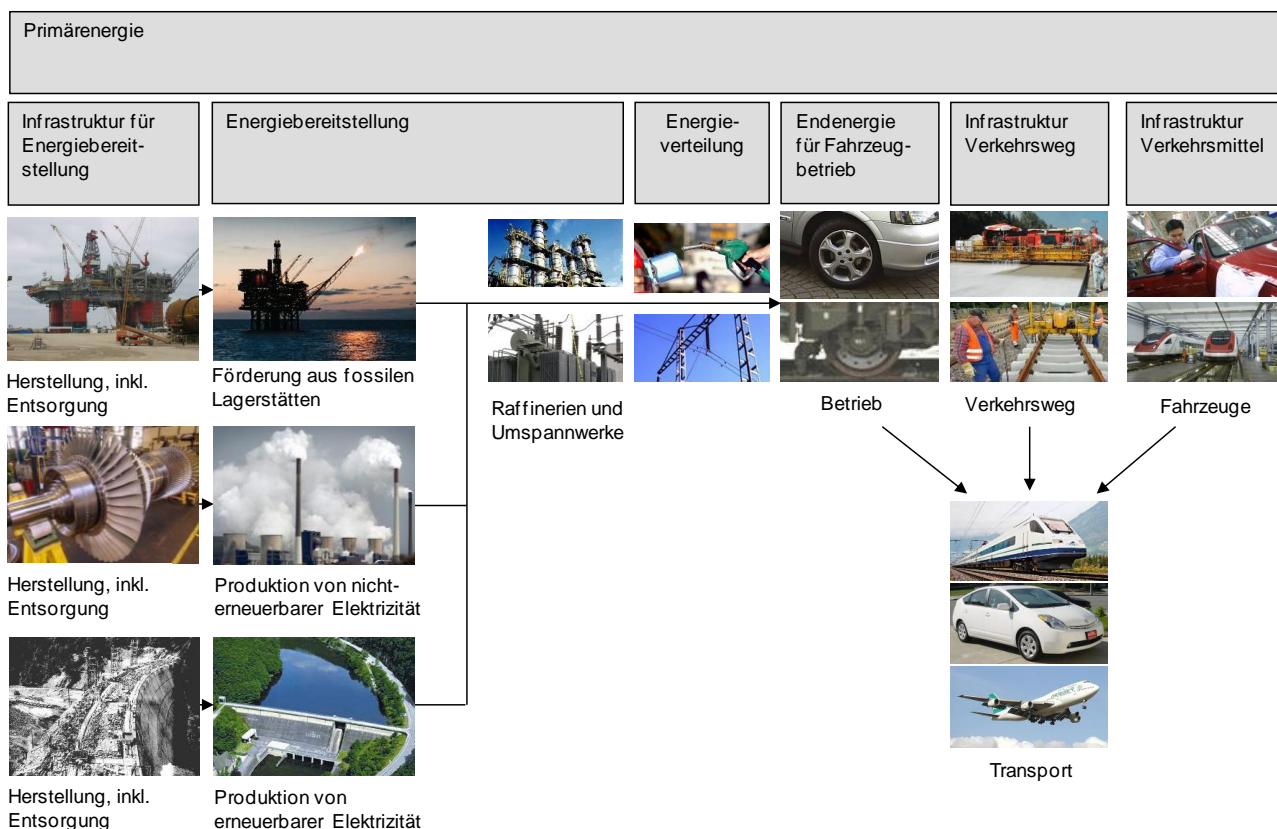
<sup>6</sup> v. [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)

<sup>7</sup> v. [www.mobitool.ch](http://www.mobitool.ch)

<sup>8</sup> Esempio di calcolo: se una persona percorrendo 100 km si sposta da A a B, la prestazione di trasporto corrispondente sarà di 100 viaggiatore-chilometri.

<sup>9</sup> Negli inventari ecoinvent la produzione, la manutenzione e lo smaltimento dei veicoli si riferiscono in linea di massima a una situazione europea, mentre gli inventari delle linee di traffico raffigurano soprattutto la situazione svizzera.

**Fig. 3.1: Panoramica dei processi esaminati**



Non sono stati presi in considerazione i processi indiretti che non sono in stretta correlazione con la prestazione di trasporto (p.es. il trasporto dei lavoratori su un cantiere, in questo caso le ripercussioni ambientali sono da attribuire in primo luogo all'impresa di costruzioni responsabile). Non sono stati presi in considerazione neppure gli effetti indiretti prodotti dai flussi finanziari.<sup>10</sup>

Se per il motore di un mezzo di trasporto sono utilizzate esclusivamente o prevalentemente fonti di energia fossile, il consumo di energia e le emissioni prodotte dall'utilizzo dei veicoli sono prevalenti. Le spese per l'infrastruttura e i veicoli sono quindi determinanti soprattutto quando le emissioni prodotte dall'utilizzo, p.es. in caso di un treno funzionante a energia rinnovabile, sono molto basse.<sup>11</sup>

Grazie all'alta percentuale di centrali idroelettriche per la produzione di corrente di trazione delle FFS, le emissioni prodotte dall'esercizio ferroviario in Svizzera sono molto basse. Alla percentuale «infrastruttura» e «veicolo» è quindi riservata maggior importanza. Queste componenti sono infatti prese in esame, secondo la metodica ecoinvent, anche nell'orario ecologico.

<sup>10</sup> I cosiddetti ecobilanci ibridi si avvalgono non solo dei flussi di materiali veri e propri ma anche di tabelle economiche di input/output e quindi calcolano anche le ripercussioni indirette (p.es. Chester 2008).

<sup>11</sup> I calcolatori ambientali europei EcoTransIT e EcoPassenger limitano quindi il confronto al consumo di energia primaria e a emissioni che dipendono in modo diretto o indiretto dal funzionamento dei veicoli. Per una semplificazione metodica vengono escluse correlazioni con l'infrastruttura e il veicolo (Knörr 2008b; Knörr 2008a).

## 4. Indicatori per la valutazione del traffico viaggiatori

La metodica precedentemente illustrata consente di effettuare il calcolo e il bilancio di un mezzo di trasporto in base a qualsiasi tipo di risorsa o di impatto ambientale. Per questioni di attuabilità è tuttavia ragionevole fare una scelta. I sei indicatori che seguono si riferiscono a importanti criteri ambientali, l'ultimo dei quali è tra l'altro un cosiddetto indicatore aggregato. L'impatto ambientale di un processo di trasporto è quindi espresso in punti: quanto minore è il numero di punti assegnato a un processo di trasporto, tanto meglio sarà per l'ambiente.

- Energia primaria
- CO<sub>2</sub> come indicatore del potenziale ad effetto serra
- Polveri fini (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)
- Idrocarburi non metanici NMVOC
- Ossido di azoto (NO<sub>x</sub>)
- Punti impatto ambientale PIA '06

### 4.1. Energia primaria

**Descrizione:** l'energia primaria non comprende solo i consumi diretti di energia per il funzionamento, ma anche i consumi precedenti derivanti dall'approvvigionamento di energia o le perdite derivanti dalla produzione e dalla distribuzione di corrente. In tutte le catene dei processi la provenienza dell'energia viene in linea di massima seguita fino all'inizio del prelievo di energia dall'ambiente. L'energia raccolta dall'ambiente è quindi il punto di partenza: per la benzina o il gasolio, la grandezza di riferimento è il petrolio estratto dalla crosta terrestre. Per la produzione di energia in impianti rinnovabili, l'energia di rotazione (per l'energia idroelettrica o l'energia eolica) è considerata un vettore di energia primaria (Hischier et al. 2009).

**Rilevanza di carattere sociale:** è molto probabile che nel corso del prossimo decennio sarà raggiunto il culmine dell'estrazione petrolifera e da quel momento, la quantità di petrolio a disposizione sarà minore (Newman 2008). Questa situazione era stata predetta già più di 50 anni fa da Hubbert (1949). Inoltre, le generazioni future non potranno avere la possibilità di utilizzare il petrolio come materia prima in svariati prodotti.

**Unità:** lo sfruttamento dell'energia primaria è misurato con MJ equivalenti (MJ-equ.). Nell'orario ecologico questa grandezza viene convertita in litri di benzina.<sup>12</sup>

### 4.2. CO<sub>2</sub> come indicatore del potenziale a effetto serra

**Descrizione:** l'effetto serra di origine antropogena è determinato principalmente dall'emissione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), prodotta dalla combustione di fonti energetiche fossili. Insieme all'anidride carbonica anche altri gas, soprattutto il metano (CH<sub>4</sub>) e l'ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O), contribuiscono in modo sostanziale allo sviluppo dell'effetto serra. Per quanto riguarda il traffico il CO<sub>2</sub> è la principale fonte del potenziale ad effetto serra, indipendentemente dalla tecnologia di propulsione. Per questa ragione il CO<sub>2</sub> viene inserita nell'orario ecologico come indicatore del potenziale a effetto serra.

**Rilevanza di carattere sociale:** è cosa certa che il potenziamento dell'effetto serra muterà il clima e che si verificherà un riscaldamento dell'atmosfera. Ciò implicherà conseguenze di portata mondiale sull'uomo e la biosfera e metterà a repentaglio il benessere delle generazioni future (IPCC 2007).

**Unità:** chilogrammo

### 4.3. Polveri fini: PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub> («particulate matter»)

**Descrizione:** per polveri fini (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>) si intendono tutte le particelle solide e liquide presenti nell'aria esterna, che non precipitano immediatamente al suolo e aventi un diametro che può raggiungere anche i 10 micrometri (PM<sub>10</sub>) o i 2,5 micrometri (PM<sub>2.5</sub>). Oltre alle fonti naturali (pollini, incendi boschivi, polveri del Sahara, ecc.) l'aumento delle concentrazioni di polveri fini è imputabile a svariate fonti antropogene (traffico, riscaldamento a legna o centrali termoelettriche) (PSI 2008). Le emissioni di polveri fini da processi di combustione sono solitamente più piccole di 2,5 micrometri. Il traffico è responsabile anche delle emissioni di polveri fini da processi di usura con particelle di dimensioni che rientrano invece nell'ordine dei 10 micrometri. Nelle città la percentuale di emissioni di polveri fini prodotta dal traffico è approssimativamente del 20 per cento, in media le polveri fini raggiungono circa il 30% (BGBI 2006).

**Rilevanza di carattere sociale:** le polveri fini sono un problema soprattutto per i danni alla salute. Gli effetti variano da una compromissione temporanea delle vie respiratorie (p.es. tosse) ad un maggiore fabbisogno di farmaci per gli asmatici, fino a un aumento della mortalità da patologie delle vie respiratorie e problemi cardiovascolari. La tossicità dipende sia dalla composizione delle particelle che dalle loro dimensioni. L'aumento del

---

<sup>12</sup> Pertanto 35,5 MJ equivalenti di energia primaria sono convertiti in un litro di benzina. Ai fini di una comunicazione semplificata è stato scelto questo procedimento, anche se naturalmente un litro di benzina contiene più energia primaria.

rischio per la salute determinato dal particolato del gasolio deriva da un lato dalle componenti cancerogene del particolato e dall'altro dalla piccolissime dimensioni delle particelle (Frischknecht et al. 2008; Knörr 2008a). Queste microparticelle infatti possono penetrare anche negli alveoli polmonari. Per questioni di disponibilità dei dati e di attuabilità non viene calcolato nessun coefficiente di ponderazione in base al luogo delle emissioni.<sup>13</sup>

**Unità:** grammo; la struttura del materiale delle particelle non viene valutata, in quanto negli inventari dei file di dati ecoinvent non viene fatta alcuna differenza in base al tipo di polvere fine.

#### 4.4. Composti organici volatili non metanici: NMVOC

**Descrizione:** i legami organici volatili sono sostanze organiche che evaporano facilmente (o meglio sono volatili) e che sono presenti sotto forma di gas già a temperature basse (p.es. temperatura ambiente). Per una più chiara identificazione il gas metano viene spesso escluso dall'intero gruppo dei composti organici volatili e di conseguenza inserito nel gruppo degli NMVOC (composti organici volatili non metanici)<sup>14</sup>. I composti NMVOC sono immessi nell'ambiente da innumerevoli processi antropogeni e biogeni.

**Rilevanza di carattere sociale:** i composti NMVOC, insieme agli ossidi di azoto, fungono da precursori dello smog estivo (ozono troposferico) e hanno quindi un'influenza consistente anche se si formano principalmente al di fuori delle città. Alcune sostanze di questo gruppo (p.es. il benzene) sono anche cancerogene.

**Unità:** grammo

#### 4.5. Ossidi di azoto: NO<sub>x</sub>

**Descrizione:** gli ossidi di azoto sono gli ossidi in forma gassosa dell'azoto e spesso sono indicati con l'abbreviazione NO<sub>x</sub>, in quanto i numerosi gradi di ossidazione dell'azoto producono parecchi composti a base di ossigeno e azoto. Gli ossidi di azoto si formano dall'azoto e dall'ossigeno grazie all'apporto di energia esterna, solitamente nei processi di combustione.

**Rilevanza di carattere sociale:** gli ossidi di azoto hanno una certa rilevanza di carattere sociale per diversi meccanismi nocivi. Contribuiscono per esempio alla formazione delle piogge acide, producendo acido nitrico dal biossido di azoto. Lo stesso meccanismo ha luogo anche sulle mucose dell'uomo irritando gli organi della respirazione e danneggiandoli in caso di esposizione cronica. Inoltre, gli ossidi di azoto sono fattori importanti nella formazione dello smog ed anche nello sviluppo dell'ozono troposferico (in combinazione con i composti NMVOC e le radiazioni UV). Contribuiscono, inoltre, in modo determinante alla formazione di particelle secondarie (polveri fini).

**Unità:** grammo

#### 4.6. Punti di impatto ambientale PIA '06

**Descrizione:** in Svizzera il metodo della «scarsità ecologica» che esprime un giudizio generale sulle ripercussioni ambientali con i cosiddetti punti di impatto ambientale (PIA) è ampiamente diffuso. Per la ponderazione delle ripercussioni ambientali il metodo mette in relazione gli obiettivi della politica ambientale con l'attuale livello delle ripercussioni ambientali.<sup>15</sup>

Il metodo prende in considerazione le emissioni nell'aria, nelle acque superficiali, nelle acque sotterranee e nel suolo. L'analisi riguarda anche il prelievo di risorse dall'ambiente (energia, uso del territorio, pietrisco e ghiaia, acque dolci). Nella valutazione confluiscono non solo i rifiuti di discariche reattore e discariche sotterranee ma anche quelli delle aree di stoccaggio definitivo (rifiuti radioattivi) (Frischknecht et al. 2008).

**Unità:** punti

<sup>13</sup> Le polveri fini rappresentano un problema soprattutto negli spazi urbani.

<sup>14</sup> Non esiste tuttavia una definizione univoca di ciò che viene classificato effettivamente come NMVOC: alcune definizioni comprendono indicazioni sulla pressione di vapore, altre definiscono gli NMVOC o i VOC per la loro reattività fotochimica come precursori della formazione dell'ozono troposferico. In Svizzera i composti VOC sono regolamentati nell'ordinanza relativa alla tassa d'incentivazione sui composti organici volatili del 12 novembre 1997 (OCOV 2009).

<sup>15</sup> Il metodo PIA è stato sviluppato e pubblicato per la prima volta nel 1990 dall'Ufficio federale dell'ambiente UFAM in collaborazione con imprese svizzere (Scritti sull'ambiente SRU 133). Nel 1997 il metodo è stato rivisto una prima volta da UFAM, Öbu e aziende. Nel 2008 è stata conclusa la seconda revisione, alla quale hanno preso parte ancora una volta UFAM, aziende, Öbu e specialisti di bilanci ecologici.



## 5. Bilancio ambientale dei trasporti

Questo capitolo illustra in sintesi le fonti dei dati e le ipotesi di base riguardanti i singoli mezzi di trasporto: le fonti di dati di questo capitolo sono la relazione di base mobitool di Tuchs Schmid & Halder (2010), i lavori di Knörr (2008b; 2008a) e anche il report ecoinvent n. 14 di Spielmann et al. (2007).

In linea di massima, un confronto dei trasporti è sensato solo in caso di mezzi di trasporto che rappresentano per l'utilizzatore un'alternativa effettiva. Tali mezzi dovrebbero pertanto essere paragonabili per quanto riguarda destinazione d'uso, comfort e velocità di marcia. Nel bilancio ambientale si potrebbero quindi confrontare con i principi elaborati anche il battello e il treno ad alta velocità, tuttavia questi due mezzi di trasporto sono sostanzialmente diversi per quanto riguarda la velocità di marcia, la disponibilità della meta e il comfort.

### 5.1. Auto

Nell'ambito dell'orario ecologico si possono delineare per un trasporto ecologico con l'auto le seguenti opzioni:

- **Consumo medio minore:** quanto minore è il consumo, tanto meglio sarà per l'ambiente.
- **Veicolo più leggero:** quanto più leggera è un'auto, tanto minori saranno le spese per la fabbricazione del veicolo e la strada.<sup>16</sup>
- **Post-trattamento delle emissioni:** quanto più moderna e più alta è la classe Euro, tanto più ecologica sarà l'auto.
- **Scelta di un carburante ecologico:** la scelta del carburante incide anche sul bilancio ambientale, per quanto solo in piccola parte. In generale i veicoli a gas sono avvantaggiati rispetto ai veicoli diesel o a benzina (Zah et al. 2007).
- **Maggiore carico:** il carico, essendo il fattore più importante, può cambiare anche di caso in caso. Il grado di carico di un'auto si differenzia sostanzialmente in base allo scopo del viaggio.<sup>17</sup>

#### Esercizio

**Consumo medio:** auto-schweiz (2010) indica in media per tutti i veicoli nuovi venduti nel 2009 un consumo medio di 6,86 litri / 100 km. Il consumo medio di tutti i veicoli della Svizzera è tuttavia superiore, in quanto sulle strade svizzere continuano a circolare veicoli più vecchi con un consumo maggiore. Keller indica tra l'altro (2004) nei lavori della HBEFA 2.1<sup>18</sup> un consumo medio di 8,8 litri di carburante, le altre possibilità di regolazione del fabbisogno di carburante sono state identificate sulla base dei dati della Lista auto e ambiente e del catalogo dei consumi TCS (2010). Per l'utilizzo è importante il consumo medio misurato al distributore di benzina.<sup>19</sup>

**Diverse categorie di strade: urbane / extraurbane / autostrade:** il modulo del routing dell'orario ecologico riconosce i diversi tipi di strade «urbane» «extraurbane» e «autostrade» e valuta di conseguenza le diverse velocità e quindi la variazione del tempo necessario. Dato che il consumo medio di un'auto dipende anche dalla sua velocità, se ne tiene conto anche nei fattori ambientali.<sup>20</sup>

**Post-trattamento delle emissioni:** i gas di scarico di un veicolo devono corrispondere ai requisiti di regolamentazione pertinenti (EU 2007). Quanto più è alta la classe Euro, tanto più impegnativo è il post-trattamento delle emissioni, il che si traduce in emissioni minori. Va sottolineato che tutti i veicoli Euro 5 a diesel hanno un filtro antiparticolato, in quanto è l'unico strumento per poter raggiungere i valori limite. I veicoli nuovi di oggi corrispondono quasi completamente alla categoria Euro 5, in casi isolati vengono già immessi sul mercato veicoli Euro 6. I fattori di emissione sono desunti dai dati ecoinvent e sono rapportati ad una scala in base al loro consumo specifico effettivo.

**Emissioni da usura:** oltre alla combustione del carburante, anche l'usura di pneumatici, impianti di frenatura e strada rappresentano una fonte di emissioni nell'aria. Sulla base dei dati di Spielmann et al. (2007) le emis-

<sup>16</sup> Si presuppongono veicoli con i seguenti pesi: auto piccola = 1100 kg, auto di classe media = 1310 kg, auto di classe medio-alta = 1520 kg, furgone = 1800 kg, fuoristrada/ SUV = 1900 kg.

<sup>17</sup> Il carico medio dell'auto di un pendolare è di 1,11 persone, mentre p. es. per il tempo libero in un'auto siedono 1,92 persone. Tenendo in considerazione tutti gli scopi del viaggio il carico è di 1,59 persone (BfS 2007).

<sup>18</sup> HBEFA significa «Manuale dei fattori di emissione per il trasporto su strada» e si tratta di un progetto in atto anni degli Uffici federali per l'ambiente di Svizzera ed Austria.

<sup>19</sup> I dati dei produttori si basano sul consumo normale del nuovo ciclo di guida europeo. Tale ciclo prevede la simulazione di una corsa teorica di misurazione, dove però determinate utenze, come l'impianto di climatizzazione o apparecchi multimediali, sono scollegati. Svariate fonti riportano che il consumo effettivo nella pratica è del 10-15% superiore.

<sup>20</sup> Il rendimento di un motore a combustione è massimo ad un regime medio nel range di carico superiore. Ne consegue che velocità comprese tra 80 km/h e 90 km/h hanno i consumi specifici più bassi. Per la motorizzazione a metano e il consumo medio non sono disponibili fattori specifici, di conseguenza sono stati utilizzati i fattori del motore a benzina. Analogamente al nuovo ciclo di guida europeo, si è supposto che le distanze per il ciclo urbano, extraurbano e l'autostrada siano mediamente della stessa lunghezza.

sioni da usura sono indicate separatamente per veicolo-chilometro.<sup>21</sup> In riferimento a ogni veicolo-chilometro di un veicolo Euro 3 a gasolio, il 18% delle emissioni di polveri fini al di sotto di 10 micrometri (PM<sub>10</sub>) deriva da usura.

### Veicolo

L'autovettura si basa su un bilancio stilato per un'auto di classe media (Golf), che pesa 1310 kg (Spielmann et al. 2007). Il veicolo è fabbricato prevalentemente con acciaio e solo in parte minore con alluminio, plastica, vetro e materiali compositi. A titolo comparativo: il peso medio di tutti i veicoli omologati nel 2009 corrispondeva a 1448 kg (auto-schweiz 2010).

## **5.2. Trasporto pubblico**

Per i mezzi pubblici di trasporto l'utilizzo è il fattore più importante ai fini del bilancio aziendale. Nell'orario che rispetta la tutela ambientale l'utilizzo dei mezzi pubblici di trasporto può essere impostata individualmente. Si fa riferimento ai seguenti valori:

Scarso utilizzo	Il 10% dei posti a sedere sono occupati
Utilizzo medio	Il 50% dei posti a sedere sono occupati
Utilizzo elevato	Il 100% dei posti a sedere sono occupati
Utilizzo medio	Individuale per ogni mezzo di trasporto, ad es. treno a lunga percorrenza 33%

### *5.2.1. Tram e bus locale*

La compilazione del bilancio ambientale (Spielmann et al. 2007) del trasporto pubblico si fonda sui dati delle aziende di trasporti di Zurigo, Berna e Lugano. Si presuppone che un bus locale abbia una durata media di 12,5 anni e un tram di 30 anni. Con i carichi medi (bus locale: 14 persone, tram: 53 persone) si ricavano, per la lunga durata dei veicoli, elevate prestazioni di trasporto passeggeri. Lo dimostrano anche i bassi valori delle emissioni rispetto a un'autovettura per quanto riguarda la manutenzione e in particolare la fabbricazione e lo smaltimento dei veicoli.

Per ogni chilometro di corsa di un tram l'energia elettrica consumata è di 4,75 kWh, che per passeggero corrisponde a un fabbisogno energetico di circa 0,9 litri di gasolio per 100 km. Il bus locale regolare riporta un consumo di circa 42 litri di gasolio per 100 km, che rapportati ad un passeggero corrispondono a circa 3 litri per 100 km. L'orario ecologico non prevede alcuna distinzione tra filobus e bus locale.<sup>22</sup>

### *5.2.2. Strada: pullmann*

La compilazione del bilancio di un pullmann si basa sul veicolo di un normale bus locale dei trasporti pubblici. Per la diversa tipologia di guida caratterizzata da un minor numero di accelerazioni il consumo di carburante è tuttavia minore: per 100 chilometri un pullmann consuma circa 30 litri di gasolio, il che equivale per passeggero (carico medio: 21 persone) a un fabbisogno energetico di 1,45 litri per 100 km (Tuchschnid & Halder 2010).

### *5.2.3. Funivia*

I bilanci ecologici delle funivie si basano sui rapporti di gestione delle funivie Adliswil-Felsenegg (LAF 2010) e anche delle funivie Kandersteg-Sunnbühl (LKS 2007). Si parte dal presupposto di una pendenza media del 31% e di una cabina con dimensioni medie da 30 persone. Per viaggiatori-chilometro (misurati orizzontalmente) sono necessari 0,39 kWh di energia finale.

### *5.2.4. Battello*

La compilazione del bilancio del battello si fonda sui rapporti di gestione della società Zürichsee (ZSG 2009). Nel 2008 i 15 battelli a motore (Ø 148 tonnellate di peso) hanno percorso in totale 342 000 km, raggiungendo una prestazione di trasporto di circa 28 milioni di passeggeri-chilometro (ZVV 2009). È stato quindi occupato il

<sup>21</sup> In effetti, secondo i dati ecoinvent, un camion ha un'usura di quasi 5 volte maggiore di quella di un'autovettura, pur non utilizzando all'interno del gruppo dei camion (p.es. camion da 8 a 40 tonnellate) nessun altro fattore. Sulla base di queste circostanze e delle incertezze in genere maggiori sulle emissioni da usura, si parte dal presupposto che le emissioni da usura non dipendano dal peso del veicolo né dal consumo medio di carburante.

<sup>22</sup> L'orario ecologico riporta categorie di bus diverse solo per alcune città. Ci sono anche le linee di autobus, che alternano la circolazione di filobus e autobus a gas. In caso di opere stradali e variazioni nelle linee di contatto, spesso si devono inserire degli autobus a gasolio al posto dei filobus originali.

Nota: il filobus assorbe per veicolo-chilometro ben 3 kWh dalla linea di contatto, che rapportati ad un passeggero corrispondono ad un fabbisogno energetico di 1,1 litri di gasolio per 100 km.

20,9% dei posti a sedere, su ogni battello hanno viaggiato in media 84 persone. Ne consegue che il consumo di carburante medio per 100 viaggiatori-chilometro è pari a 3,8 litri.

#### 5.2.5. *Traffico su rotaia Svizzera: traffico regionale, S-Bahn e traffico a lunga percorrenza*

Il bilancio ambientale del traffico ferroviario svizzero si basa su innumerevoli studi (Maibach et al. 1999; Spielmann et al. 2007; Knörr 2008a). Il modello si basa sulle ipotesi riportate di seguito:

- si fa una distinzione tra traffico regionale, S-Bahn e traffico a lunga percorrenza. I dati delle prestazioni di trasporto per il traffico regionale e a lunga percorrenza provengono dalle FFS (2009), i dati della S-Bahn sono forniti dalla Comunità dei trasporti di Zurigo ZVV (2009). Il carico dei treni è mediamente molto alto: un treno regionale occupa mediamente il 18% dei 309 posti a sedere, mentre in un treno a lunga percorrenza occupa circa il 33% dei 616 posti a sedere. Su una S-Bahn i posti a sedere occupati sono in media 95 su un totale di 271.
- Per il traffico a lunga percorrenza si calcola un consumo medio di energia di 0,075 kWh per vkm, il che corrisponde a un consumo di energia di 0,75 litri di benzina-equivalente per 100 km. Nel traffico regionale il carico minore rende ovviamente maggiore il consumo di energia: il consumo per vkm corrisponde quindi a 0,164 kWh oppure a 1,6 litri di benzina-equivalente/100 km. La S-Bahn arriva a un fabbisogno di energia di 0,82 litri di benzina-equivalente per 100 km.
- I treni vengono azionati con il mix consumi delle Ferrovie svizzere: il 74% della corrente di trazione viene prodotto con centrali idroelettriche proprie o di partner. La percentuale restante di elettricità proviene da energia nucleare, il che complessivamente produce un impatto climatico basso: a un chilowattora di elettricità corrisponde un'emissione di 9,5 g di CO<sub>2</sub>-equivalente.
- Il treno a lunga percorrenza rientra nel bilancio ambientale come IC2000 (8 carrozze IC2000, locomotiva Re4/4), mentre per il traffico regionale si prende come riferimento il «Colibri» o RBDe 560. Il veicolo della S-Bahn viene valutato con un treno a lunga percorrenza (in scala), in quanto la composizione del materiale dei nuovi treni della S-Bahn, come per esempio il DPZ e il DTZ, è simile a quella del treno a lunga percorrenza già inserito nel bilancio ambientale.
- Per la costruzione, il mantenimento e lo smaltimento degli impianti di binari si procede ad un'assegnazione mediante le tonnellate-chilometro lorde tra le singole tipologie del traffico ferroviario.

#### 5.2.6. *Traffico su rotaia Svizzera: carico delle automobili*

Il carico delle automobili consente l'utilizzo combinato di treno e auto privata per lo più grazie ad un carro speciale che trasporta l'auto all'altro lato della galleria alpina. Il calcolo delle ripercussioni sull'ambiente si basa sui fatti e sulle supposizioni seguenti:

- il peso dell'auto si ottiene sommando il peso già utilizzato nell'orario ecologico (ad es. classe media 1310 kg) al peso dei passeggeri (Ø 1,6 persone di 80 kg = 128 kg). La distanza tra la stazione di carico e quella di scarico è memorizzata nel routing GIS in modo tale che combinando il peso del veicolo con la distanza è possibile determinare con grande semplicità le prestazioni del traffico merci;
- per il carico delle automobili si utilizzano i dati relativi al trasporto merci «Ferrovia, mix di corrente elettrica FFS (solo locomotiva elettrica, senza corse di manovra)» consultabili su [mobitool.ch](http://mobitool.ch). Dal momento che per le manovre non si utilizza alcuna locomotiva diesel (rete elettrificata nella maggior parte delle stazioni di carico e scarico), è possibile utilizzare la versione con il solo esercizio elettrico;
- la versione attuale tiene conto solo del carico delle automobili al Lötschberg, ma in futuro dovrà essere possibile valutare gli effetti del carico delle automobili anche per altri passi alpini che offrono tale possibilità.

#### 5.2.7. *Traffico su rotaia Europa*

La compilazione del bilancio ambientale delle ferrovie estere di Austria, Germania, Italia e Francia si basa sostanzialmente sui dati effettivi dei consumi energetici delle compagnie ferroviarie (UIC 2007). Il bilancio si basa sulle ipotesi e sulle fonti indicate di seguito:

- I dati sul consumo effettivo di corrente, sul carico e la composizione del mix di corrente<sup>23</sup> derivano dall'Unione internazionale delle ferrovie UIC e dai lavori di Knörr (2008a) sul calcolatore di confronto EcoPassenger. Treni ad alta velocità, treni a lunga percorrenza, treni regionali e S-Bahn sono tra loro distinti.

<sup>23</sup> Il mix di corrente delle ferrovie estere si compone nel modo seguente:

Austria: ≈ 85% centrale idroelettrica, ≈ 8% metano e ≈ 7% carbone

Germania: ≈ 54% carbone, ≈ 27% centrale nucleare, ≈ 9% metano e ≈ 10% centrale idroelettrica

Italia: ≈ 42 % metano, ≈ 36% centrale idroelettrica-eolica, ≈ 12% carbone e ≈ 10% petrolio

Francia: ≈ 86% centrale nucleare, ≈ 5% carbone, ≈ 5% centrale idroelettrica-eolica e ≈ 4% metano

- Sulla base dei dati disponibili le ripercussioni ambientali di veicolo e tracciato raggiungono valori prossimi a quelli svizzeri.
- Gli impianti dei binari per il treno ad alta velocità sono rappresentati con record di dati propri sulla base dei lavori di Rozycki et al. (2003), dove è stato incluso un profilo ecologico dettagliato per l'ICE tedesca e sono riportati nei record di dati ecoinvent (Spielmann et al. 2007). Lo smaltimento dei binari è identico allo smaltimento degli impianti di binari svizzeri.

### 5.3. Aereo

Il bilancio del traffico aereo si basa su tre presupposti: i dati relativi all'esercizio degli aerei fanno riferimento ai fondamenti pubblicati da EcoPassenger<sup>24</sup> (Knörr 2008a), tali dati sono stati confrontati e adeguati con il calcolatore della SWISS (2010). I dati relativi alla costruzione, alla manutenzione e allo smaltimento degli aerei e dell'infrastruttura aeroportuale sono tratti da ecoinvent (Spielmann e altri 2007). Ai fini della rappresentazione del traffico aereo è necessario tenere conto delle seguenti supposizioni e fonti dei dati:

**Sfruttamento:** l'Ufficio Federale di Statistica, UST, (2010) indica per gli anni 2008 e 2009 uno sfruttamento medio degli aerei in Europa pari al 72%. L'utente può inoltre modificare individualmente lo sfruttamento utilizzando gli stessi valori validi per il trasporto pubblico (vedere la sezione 5).

**Fasi di volo:** ogni volo può essere suddiviso in quattro fasi: «rullaggio», «decollo e salita», «crociera» e «discesa e atterraggio». Tanto più breve è la distanza di volo, minore è la durata della fase di crociera e quindi più bassa l'altezza di crociera massima raggiunta. Dal momento che il decollo e la salita sono le operazioni che richiedono il maggior quantitativo di cherosene,<sup>25</sup> nei voli più brevi il consumo medio per posto-chilometro è più elevato. Per ciascun volo vengono determinati, sulla base della distanza di volo, i consumi medi corrispondenti per posto-chilometro. Per agevolare l'elaborazione dei dati si fa riferimento a otto diverse classi di distanza. Indipendentemente dalla distanza, per il rullaggio (tragitto dal dock alla pista di decollo attraverso la pista di rullaggio) è necessario aggiungere consumi pari a 0,3 kg di cherosene per posto a sedere e ciclo di volo (decollo - atterraggio)<sup>26</sup>.

**Consumo di energia per passeggero** Il consumo di energia varia in funzione della fase di volo, del tipo di aereo, della disposizione dei sedili e della distanza. Ciò nonostante, il fattore più importante è sicuramente la dimensione dell'aereo: maggiore è il numero dei posti a sedere disponibili, minore sarà il consumo di cherosene specifico. Ad esempio, un A320 con 150 posti a sedere in volo da Zurigo a Berlino necessita appena del 70% del carburante (per posto a sedere) consumato da un B737-500 con circa 105 posti a sedere (Knörr 2008a). Il calcolo dei consumi si basa sul calcolatore della SWISS<sup>27</sup>. Tuttavia, in assenza di informazioni sul tipo di aereo per una determinata relazione, si è fatto riferimento alla flotta media della SWISS. Mediamente, un aereo in volo da Zurigo a Berlino consuma 35,1 g di cherosene per posto-chilometro<sup>28</sup>.

**Fattore RFI (Radiative Forcing Index):** Oltre a produrre anidride carbonica, la combustione del cherosene all'interno degli aerei scatena anche altri processi che influiscono sul clima: dall'NO<sub>x</sub> liberato durante il processo di combustione si forma l'ozono responsabile dell'effetto serra, inoltre, le particelle di fuliggine e il vapore acqueo hanno un effetto riscaldante (formazione di scie di condensazione e cirri). In compenso, gli aerosol solfati emessi in atmosfera e la riduzione del metano causata dalle emissioni di NO<sub>x</sub> hanno un effetto raffreddante. La scienza sta quindi cercando di inserire all'interno di un modello l'insieme dei processi e delle emissioni per calcolare la variazione del bilancio energetico del sistema terra-atmosfera (Sausen e altri 2005). Un approccio relativamente semplice è rappresentato dal «Radiative Forcing Index» o RFI: questo indice è un fattore di calcolo che esprime il riscaldamento globale medio del traffico aereo derivante da tutte le emissioni sotto forma di rapporto rispetto alla CO<sub>2</sub> emessa direttamente in atmosfera. Diverse fonti indicano fattori RFI compresi tra 1,9 e 5, a seconda che si prendano in considerazione le incertezze scientifiche<sup>29</sup>. Dal momento

<sup>24</sup> Si veda [www.ecopassenger.org](http://www.ecopassenger.org)

<sup>25</sup> Dalla combustione di un chilogrammo di cherosene si generano direttamente 3,15 kg di CO<sub>2</sub> a cui si aggiungono, indirettamente, 0,503 kg di CO<sub>2</sub> emessi in atmosfera in fase di raffinazione del greggio e di trasporto in aeroporto. Complessivamente, quindi, le emissioni di CO<sub>2</sub> per chilogrammo di cherosene ammontano a 3,653 kg.

<sup>26</sup> In un rapporto della Lufthansa del 1993 (LH 1993, citato in Knörr 2008a) vengono indicati consumi pari a 1 kg di cherosene per passeggero e volo. Stando a quanto affermato da Christoph Fülleman, SWISS (Comunicazione personale del 15.7.2011), a Zurigo per gli spostamenti a terra si utilizza spesso un solo propulsore, inoltre, le distanze di rullaggio sono inferiori rispetto a quelle di Francoforte, per questa ragione è indicato un valore inferiore.

<sup>27</sup> SWISS e myClimate hanno analizzato singolarmente oltre 58 000 voli determinando il consumo di cherosene di un viaggio aereo da gate a gate. A tale proposito, oltre ai jet regionali sono stati presi in considerazione anche grandi aerei a lungo raggio. Il calcolatore è disponibile alla pagina [http://swiss.myclimate.org/calculate\\_flight](http://swiss.myclimate.org/calculate_flight).

<sup>28</sup> A titolo di confronto: la Swiss (2009) indica un consumo medio per tutte le relazioni (incl. i voli a lungo raggio più efficienti in termini di consumi) di appena 25 g per posto-chilometro.

<sup>29</sup> Sausen e altri (2005) presentano gli effetti più recenti con indicazione del grado di comprensione scientifica: in particolare, non è ancora stata chiarita l'entità dei cirri causati dal traffico aereo. Sulla base di questi dati, l'Ufficio federale dell'ambiente tedesco (UBA) stima un fattore RFI compreso tra 3 e 5 (UBA 2008).

un singolo fattore non è in grado di rappresentare in modo adeguato la portata delle discussioni scientifiche, nel presente bilancio non sono state considerate ulteriori emissioni oltre a quelle di CO<sub>2</sub>.

**Costruzione, manutenzione e smaltimento di aerei e aeroporti:** il bilancio relativo all'infrastruttura aeroportuale si basa sui dati di ecoinvent (Spielmann e altri 2007). La base per il calcolo delle spese per il materiale è rappresentata da un Airbus A320 (peso a vuoto di 61 t, 150 posti a sedere, alluminio come principale materiale di costruzione).

#### 5.4. Fattori di emissione inclusi nell'orario ecologico

I fattori di emissione dell'orario ecologico sono stati valutati con SimaPro v7.1 prendendo a riferimento i dati ecoinvent v2.1.

**Tab. 5.1: Estratto dei fattori di emissione utilizzati con un carico medio del mezzo di trasporto (auto: 1,59 persone, Intercity: 33%, treno regionale: 18%, S-Bahn: 35%, Aereo: 72%)**

		CO <sub>2</sub> solo utilizzo diretto e indiretto via produzione di energia	CO <sub>2</sub> in tutto	Energie primaria solo utilizzo diretto e indiretto via produzione di energia	Energie primaria in tutto	Polveri fini PM <sub>10</sub>	Polveri fini PM <sub>2.5</sub>	Composti organici volatili non metanici (NMVOC)	Ossidi di azoto (NOx)	Punti di impatto ambientale (PIA '06)
mezzo di trasporto		[g CO <sub>2</sub> / pkm]		[ml benzina / pkm]		[mg / pkm]	[mg / pkm]	[mg / pkm]	[mg / pkm]	[punti / pkm]
ferrovia, lunga percorrenza		0.7	6.4	13.8	17.8	18.2	2.8	4.7	22.0	27.6
ferrovia, traffico regionale		1.5	9.7	30.2	35.9	27.9	4.6	6.0	33.4	51.4
ferrovia, S-Bahn		0.7	8.2	15.2	20.4	17.2	3.5	8.3	25.4	31.8
bus locale		91.8	100.3	38.9	47.2	51.3	40.7	131.8	1012.0	115.0
tram		10.9	24.9	25.0	33.5	35.2	12.0	20.6	94.4	57.9
pullmann		44.2	50.1	18.7	24.3	24.5	17.6	60.9	468.6	57.5
funivia		47.6	63.9	109.3	118.0	56.3	23.5	17.7	125.8	182.3
battello		116.2	119.2	49.4	51.4	55.8	48.3	225.3	1829.7	169.5
Auto, medio (8.8 litro, 1310 kg)	in città	171.9	201.3	73.9	100.9	61.1	35.4	233.2	410.6	225.3
	fuori città	130.2	159.5	56.0	83.0	55.0	30.9	191.7	329.6	188.5
	autostrada	170.7	200.0	73.4	100.4	60.9	35.2	231.9	408.2	224.2
Auto, utilitaria (5 l/100km Diesel, Euro 5, 1100kg)	in città	97.4	122.0	41.2	63.9	44.8	21.1	158.8	225.8	122.9
	fuori città	79.2	103.9	33.5	56.2	42.3	19.9	139.0	195.8	112.1
	autostrada	110.1	134.7	46.6	69.3	46.6	21.9	172.7	246.8	130.5
Auto, Van (11 l/100km Benzina, Euro 5, 1800kg)	in città	215.8	256.2	91.7	128.7	76.3	33.8	285.7	287.3	252.7
	fuori città	163.4	203.8	69.4	106.5	69.2	30.8	237.2	243.3	214.4
	autostrada	214.2	254.6	91.0	128.1	76.0	33.7	284.2	286.0	251.5
Aereo (500km)		228.8	229.5	97.0	97.5	16.9	13.4	120.7	1002.0	166.3

## 6. Altri dati di riferimento: calcolatore di confronto e fattori di emissione mobitool

L'orario ecologico pone a confronto un tipico viaggio con i trasporti pubblici e con le attuali auto di classe media a benzina, gasolio o metano per quanto riguarda il bilancio ecologico. Sul mercato si stanno facendo strada tecnologie di propulsione alternative: come si colloca un veicolo elettrico rispetto alla ferrovia? Oppure qual è il vantaggio dei veicoli azionati a biogas? Come si posiziona la ferrovia rispetto al traffico aereo? E quanto incide l'influenza della produzione dei veicoli rispetto all'esercizio diretto?

Sulla pagina internet delle FFS<sup>30</sup> è funzionante un calcolatore online di confronto interattivo in grado di dare una risposta a queste domande. I dati sull'ambiente sono stati raccolti con la stessa metodologia, rendendo così possibile un confronto equo tra i mezzi di trasporto.

Nell'ambito del progetto mobitool saranno pubblicati anche i risultati ambientali di 97 mezzi di trasporto. Sulla pagina Internet [www.mobitool.ch](http://www.mobitool.ch) sono disponibili i dati di riferimento ed elenchi dei fattori di emissione in formato excel.

<sup>30</sup> [www.ffs.ch/ambiente](http://www.ffs.ch/ambiente)

## 7. Bibliografia

- auto-schweiz, 2010. *14. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoff-Normverbrauchs von Personenwagen 2009*.
- BAFU, 2010. *BAFU - Klima - CO2-Statistik gemäss CO2-Gesetz*, Available at: <http://www.bafu.admin.ch/klima/09570/09572/index.html?lang=de> [Zugegriffen Februar 11, 2010].
- BAFU, 2009. *CO2-Statistik gemäss CO2-Gesetz*, Available at: [www.bafu.admin.ch/klima/09570/09572/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/klima/09570/09572/index.html?lang=de) [Zugegriffen Februar 11, 2010].
- BfS, 2007. *Mobilität in der Schweiz: Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zum Verkehrsverhalten*, Neuchâtel, Bern: Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumentwicklung.
- BGBI, 2006. *Verordnung zum Erlass und zur Änderung von Vorschriften über die Kennzeichnung emissionsarmer Kraftfahrzeuge*, Available at: <http://www.bgbportal.de/BGBL/bgb1f/bgb106s2218.pdf>.
- Chester, M.V., 2008. *Life-cycle Environmental Inventory of Passenger Transportation in the United States*. Berkeley: Institute of Transportation Studies, University of California.
- EU, 2007. *Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juni 2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge*.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N. & Althaus H.-J., Doka G., Dones R., Hirschier R., Hellweg S., Nemecek T., Rebitzer G. and Spielmann M., 2007. *Overview and Methodology, Final report ecoinvent data v2.0, No. 1.*, Dübendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Frischknecht, R., Steiner, R. & Jungbluth, N., 2008. *Ökobilanzen: Methode der ökologischen Knappheit – Ökofaktoren 2006*, Zürich: Öbu.
- Hirschier, R., Weidema, B. & Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Frischknecht R., Hellweg S., Humbert S., Jungbluth N., Köllner T., Loerincik Y., Margni M., and Nemecek T. (2009), 2009. *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Final report ecoinvent v2.1 No. 3.*, Dübendorf, CH.: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Hubbert, M.K., 1949. Energy from Fossil Fuels. *Science*, 109(2823), 103-109.
- IPCC, 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm) [Zugegriffen Februar 17, 2010].
- Keller, M. et al., 2004. *Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs 2.1:Dokumentation*, UBA Berlin / BUWAL Bern / UBA Wien.
- Knörr, W., 2008a. *EcoPassenger: Environmental Methodology and Data*, Heidelberg: Commissioned by International Union of Railways (UIC).
- Knörr, W., 2008b. *EcoTransIT: Ecological Transport Information Tool Environmental, Methodology and Data*, Heidelberg: ifeu - Institut für Energieund Umweltforschung Heidelberg GmbH.
- LAF, 2010. *Geschäftsbericht 2009 - Luftseilbahn Adliswil-Felsenegg LAF AG*.
- LKS, 2007. *Technische Daten Lufseilbahn Kandersteg-Sunnbühl*,
- Maibach, M., Peter, D. & Seiler, B., 1999. *Ökoinventar Transporte: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen. Technischer Schlussbericht.*, Zürich: INFRAS.
- Newman, S., 2008. *The Final Energy Crisis*, London: Pluto Press.

- PSI, 2008. *Vorsicht Feinstaub*, Paul-Scherrer-Institut, Villingen.
- von Rozycki, C., Koester, H. & Schwarz, H., 2003. Ecology Profile of the German High-speed Rail Passenger Transport System, ICE. *Int J LCA*, 8(2), 83-91.
- SBB, 2009. *Statistisches Vademecum: Die SBB in Zahlen 2008*.
- Spielmann, M., Roberto, D. & Christian, B., 2007. *Life Cycle Inventories of Transport Services. Final report ecoinvent v2.0 No. 14.*, Dübendorf, CH: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- TCS, 2010. *TCS-Verbrauchskatalog: Fahrzeugliste mit Verbrauchsangaben*, TCS Schweiz & EnergieSchweiz.
- Tuchschild, M. & Halder, M., 2010. mobitool – Grundlagenbericht: Hintergrund, Methodik & Emissionsfaktoren.
- UIC, 2007. *International Railway statistics*, Paris.
- VOCV, 2009. *Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen (VOCV)*,
- Zah et al., 2007. Ökobilanz von Energieprodukten - Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen (Schlussbericht). Available at: <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msgid=12653>.
- ZSG, 2009. *Geschäftsbericht 2008 der Zürichsee Schifffahrtsgesellschaft*.
- ZVV, 2009. *ZVV-Geschäftsbericht 2008*, Zürich. Available at: [http://www.zvv.ch/export/sites/default/common-images/content-image-gallery/unternehmen-pdfs/ZVV\\_GB\\_2008.pdf](http://www.zvv.ch/export/sites/default/common-images/content-image-gallery/unternehmen-pdfs/ZVV_GB_2008.pdf).