

Roger Nordmann

Emergenza energetica e climatica

Investire per una transizione
rapida ed equa



Partito socialista Ticino



Titolo originale in francese :
**« Urgence Energie et Climat- investir pour
une traduction rapide et juste »**
Editions Favre, agosto 2023, Losanne

***Traduzione automatizzata dal francese
tramite DeepL,
verificata da Carlo Lepori***

***Impaginazione ispirata dall'edizione originale francese,
per gentile concessione delle Edizioni Favre***

29, rue de Bourg - CH-1002 Losanna :
lausanne@editionsfavre.com
www.editionsfavre.com
Gruppo Libella

Éditions Favre riceve un sostegno strutturale dall'Ufficio federale della
cultura per gli anni 2021-2024

Copyright della versione italiane: Roger Nordmann/ Partito socialista Ticino

Tutti i diritti riservati per tutti i paesi. Tutti i diritti riservati,
nessuna parte di questo libro può essere riprodotta con qualsiasi procedimento.

Illustrazione di copertina: iStock
Progetto di copertina: Éditions Favre
Impaginazione del francese: Lemuri Concept

Roger Nordmann

Emergenza energetica e climatica

Investire per una transizione rapida ed equa

CONTENUTI

Parte I	Combustibili fossili e riscaldamento globale, due facce della stessa sfida globale	21
Parte II	La situazione in Svizzera	43
Parte III	Lo stallo sociale ed ecologico dell'attuale politica climatica	67
Parte IV	Il Fondo per il clima per promuovere l'interesse pubblico	103
Parte V	I classici: investire per migliorare gli alloggi e i trasporti terrestri	117
Parte VI	Le opportunità: decarbonizzare l'industria e garantire la produzione di energia elettrica	137
Parte VII	I settori difficili: trasporto aereo, emissioni da combustibili non fossili ed emissioni negative	177
Parte VIII	Mettere a disposizione le risorse necessarie attraverso il Fondo per il clima	213
Parte IX	È tempo di agire	245
Parte X	Appendici	251

Ringraziamenti:

Desidero ringraziare le seguenti persone che mi hanno aiutato nella preparazione e nella stesura di questo libro, precisando che eventuali errori in esso contenuti sono di mia responsabilità e non loro:

François Bauer, Samuel Bendahan, Daniel Bretscher, Yasmine Caliesi, Tom Cassee, Ombretta Cesca, François Cherix, Luciano Ferrari, Philippe Gendret, Florence Germond, Lukas Golder, Cécile Heim, Tobias Keller, Martin Kernen, Peter Lauener, Lewin Lempert, Ada Marra, Samira Marti, Nadine Masshardt, Mattea Meyer, Philippe Nordmann, Ursula Nordmann-Zimmermann, Ueli Nyffenegger, Lionel Perret, Jon Pult, Ruedi Rechsteiner, Jan Remund, Oriane Sarrasin, Judith Schmid, Fabienne Thomas, Lea Troglic, Pierre Veya, Cédric Wermuth.

Dallo stesso autore :

Libérer la Suisse des énergies fossiles, Éditions Favre, 2010.

La Suisse ou la Peur, Éditions Favre, 2011, con François Cherix e Sergio Romano.

Le plan solaire et climat, Comment passer de 2 à 50 GW photo voltaïque pour remplacer le nucléaire, électrifier la mobilité et assainir les bâtiments, Éditions Favre, 2019.

Vari rapporti su www.roger-nordmann.ch

1. Introduzione

Un percorso e un metodo per agire

Il miglioramento delle condizioni di vita dell'uomo negli ultimi 200 anni è un progresso immenso che non possiamo permetterci di abbandonare. A livello globale, questo miglioramento è dovuto non solo all'aumento della conoscenza e dell'istruzione, ma anche alla mobilitazione di enormi quantità di materia ed energia. E non siamo ancora alla fine del processo. Miliardi di persone vivono ancora in condizioni molto precarie e aspirano legittimamente a beneficiare degli stessi progressi.

Purtroppo, questi miglioramenti sono andati in gran parte a scapito dell'ambiente. Le risorse naturali si stanno esaurendo. Questo vale non solo per i combustibili fossili - petrolio, gas naturale e carbone - ma anche per i minerali e il suolo. La biodiversità è in massiccio declino e, «last but not least», la crisi climatica si sta rapidamente aggravando. Mentre l'esaurimento delle risorse naturali e il declino della biodiversità sono già chiaramente visibili, il riscaldamento globale sta accelerando e sta assumendo una dimensione esistenziale per l'umanità e per tutte le specie viventi. Lo sentiamo chiaramente in Svizzera, con ondate di calore, lunghi periodi senza pioggia, inondazioni e scioglimento dei ghiacciai, ma i suoi effetti sono già più gravi altrove. Centinaia di milioni di persone stanno già affrontando ondate di calore ricorrenti che sfiorano i 50 gradi e terribili siccità.

Se l'umanità non riesce a contrastare rapidamente questa evoluzione negativa, essa rischia un forte declino di queste

stesse condizioni che ha cercato, e cerca tuttora, di migliorare. Dobbiamo quindi superare il seguente paradosso: sono proprio gli sforzi che abbiamo fatto per migliorare la nostra vita che rischiano di minare le sue fondamenta. Non si tratta quindi solo di «salvare il pianeta», ma di preservare la possibilità per gli esseri umani di vivere su di esso senza tragedie climatiche.

In linea di principio, il riciclo dei materiali e pratiche agroalimentari più sensate consentirebbero - o, speriamo, lo faranno - di correggere la situazione per quanto riguarda il suolo, i minerali e la biodiversità. D'altra parte, il problema della nostra dipendenza dalle scorte finite di combustibili fossili e quello del riscaldamento climatico indotto dalla loro combustione non possono essere risolti con la logica dell'economia del riciclo: una volta bruciati gli idrocarburi fossili o il carbone, l'energia che hanno sprigionato si disperde e la CO₂ emessa rimane nell'atmosfera per secoli, riscaldando il pianeta in modo permanente. È impossibile invertire questo fenomeno senza aggiungere più energia di quella ottenuta dalla combustione iniziale.

È ormai chiaro che la civiltà umana non può continuare a funzionare con i combustibili fossili.

In primo luogo, perché le scorte di idrocarburi si stanno esaurendo rapidamente, creando difficoltà di approvvigionamento e, di conseguenza, aumenti dei prezzi. Il problema è reso ancora più grave dal fatto che queste difficoltà si ripercuotono anche sull'elettricità, dal momento che i due terzi dell'elettricità consumata nel mondo sono prodotti con combustibili fossili primari, e in Europa la percentuale è ancora di un terzo.

In secondo luogo, perché l'esaurimento dei combustibili fossili sta aumentando le tensioni geopolitiche. La tentazione di usare la forza militare per monopolizzare queste risorse sta crescendo. Questa tentazione è ancora più forte per i regimi autoritari, che vedono in questo saccheggio, a torto o a ragione, un modo per rimanere al potere. Se non ci liberiamo dalla nostra ingordigia, è chiaro che il rischio di guerra aumenterà, anche nella sua dimensione culturale: parlare di future carenze legittimerà la violenza di tipo colonialista.

In terzo luogo, perché tre quarti delle emissioni di gas serra derivano dalla combustione di combustibili fossili [1]. Proteggere il clima significa rinunciarvi. La transizione energetica e la protezione del clima sono indubbiamente due facce della stessa medaglia.

Per tutti questi motivi, dobbiamo organizzare rapidamente la nostra uscita dai combustibili fossili su scala globale, e farlo senza aggravare in modo sostanziale altri problemi come il declino della biodiversità. Alcuni vedono questo cambiamento come un imperativo filosofico o etico, altri come un semplice interesse antropocentrico: preservare le basi della nostra stessa esistenza.

Questa consapevolezza si è diffusa in tutto il mondo. Ha portato alla ratifica di importanti accordi internazionali per la protezione di varie risorse naturali, in particolare del clima. Tuttavia, questi impegni reciproci tra Stati hanno valore solo se vengono attuati a livello nazionale e producono risultati. Altrimenti, questi accordi rimarranno delle tigri di carta. Date le difficoltà di attuazione, il rischio è molto concreto. Fortunatamente, però, molti Paesi hanno interesse a liberarsi dalla dipendenza dai combustibili fossili, a causa dei danni locali e dei costi di importazione.

Naturalmente la Svizzera, che rappresenta un millesimo della popolazione e delle emissioni mondiali, non può fermare il riscaldamento globale da sola. Ma se non si assume la sua parte di responsabilità, o anche un po' di più, data la sua ricchezza, come può pretendere che i grandi Paesi si assumano le loro responsabilità? La Svizzera non è fuori dal mondo, deve agire come tutte le società umane. Il suo status di centro finanziario le conferisce inoltre una responsabilità particolare, in quanto ha la possibilità di influenzare una serie di scelte di investimento, in particolare nei settori delle materie prime e dell'energia.

È qui che nasce una sfida importante. Se la consapevolezza non è seguita da un percorso e da una strategia, se non si

interviene in modo chiaro e ordinato, l'opinione pubblica rischia di cadere in una trappola da cui sarà difficile farla uscire. Alcuni, disperati di fronte a misure che ritengono troppo dolorose, preferiranno chiudersi nell'immobilismo e nella negazione. Altri, invece, disperando per le misure che ritengono insufficienti, si lasceranno paralizzare dalla disperazione e prediranno l'apocalisse. Di fronte all'entità dei problemi da risolvere, si rischia di vedere le società divise tra rassegnati e indignati, a scapito di un'azione coraggiosa e razionale.

Per sfuggire a questi dilemmi, alcune persone cercano talvolta di ridurre la questione energetica e climatica a una questione puramente individuale, negando la dimensione collettiva e politica del problema. Sebbene possa esserci una spiegazione psicologica per questo sogno di salvare il mondo attraverso l'azione personale, si tratta di un altro vicolo cieco nella lotta contro il riscaldamento globale. È vero che i cambiamenti volontari nei comportamenti individuali - per esempio prendere meno voli o mangiare meno carne - possono dare un contributo significativo. Tuttavia, quando si tratta di energia, i fatti e le cifre sono ostinati. Dimostrano che gli individui hanno solo un'influenza limitata sulle proprie emissioni, la cui entità dipende in larga misura dall'architettura del sistema. Le loro possibilità di influenzare i problemi sono quindi ridotte. Inoltre, in assenza di regole chiare e di un quadro di riferimento collettivo, l'esperienza dimostra che è improbabile che i singoli utilizzino le poche leve personali a loro disposizione.

Comunque sia, c'è un folto gruppo di persone rassegnate che si rifiuta di agire. Come ha osservato il CEO di IKEA, con un pizzico di delusione, se il 75% dei suoi clienti è preoccupato per il clima, solo il 3% è disposto a pagare di più per ridurre l'impatto climatico dei propri acquisti [2, p. 23]. Sperare che la semplice aggiunta di gesti di solidarietà possa risolvere il problema sarebbe colpevolmente ingenuo. Al contrario, è essenziale un'azione collettiva e politica.

Infine, dobbiamo sfatare un'ultima illusione: quella di un ritorno ai bei tempi andati. Molti nostalgici credono ancora

che per liberarci dall'ansia climatica basterebbe tornare alle pratiche e alle tradizioni di un tempo. Tanti contadini che lavorano appezzamenti di terra alla vecchia maniera, una società che stacca la spina alle macchine e ai robot, un'economia locale unita a una grande sobrietà nel consumo di energia ci libererebbero dai nostri tormenti. Purtroppo, la storia non si può rifare e un simile ritorno al passato non permetterebbe a 8, 9 o presto 10 miliardi di esseri umani di vivere decentemente.

In breve, la strategia da sviluppare deve tenere conto dell'imperativo della giustizia globale e rispettare i seguenti requisiti: liberarsi il più rapidamente possibile dai combustibili fossili, non affidarsi ai singoli, non cadere nella collassologia e non voler tornare indietro nel tempo. Deve invece proporre un'azione collettiva chiara, motivante e comprensibile, basata su una strategia politica credibile.

In questa sfida, e data la portata della trasformazione da intraprendere, la dimensione della giustizia sociale è decisiva. Se non viene rispettata, prima o poi il processo si arresterà, soprattutto se si sovrappongono le paure dei nostri cittadini. All'angoscia di un riscaldamento globale sempre più massiccio si aggiungerà la paura del declino economico, con l'ulteriore intuizione che tra questi due pericoli possa esserci un legame: il riscaldamento globale avrà effetti economici potenzialmente dannosi.

Questo legame potrebbe costituire un vero e proprio circolo vizioso: da un lato, tutto ciò che richiede risorse naturali sta diventando più raro e più costoso, in particolare il cibo, l'energia e i manufatti, il che riduce il margine di manovra per misure efficaci di lotta al riscaldamento globale. D'altra parte, misure poco calibrate per combattere il riscaldamento globale corrono il rischio concreto di erodere il potere d'acquisto delle classi modeste e medie. Tali misure finirebbero senza dubbio per essere respinte, generando paralisi e aggravando i problemi.

È quindi indispensabile sviluppare una strategia che ci permetta di uscire dalle crisi in modo positivo, garantendo sia un'azione a livello della questione in gioco, sia un'equa condivisione degli sforzi. In altre parole, è il momento di articolare un progetto costruttivo, equo e pieno di speranza. In realtà, non è impossibile pensare che la transizione energetica possa anche migliorare la nostra qualità di vita. Certo, nel breve periodo richiederà uno sforzo chiaramente percepibile e modificherà in parte le nostre abitudini. Ma ci offre anche la promessa di un mondo libero dai combustibili fossili, dai loro effetti nocivi e dalle tensioni geopolitiche che provocano. E forse anche la prospettiva di una felicità meno dipendente dall'accumulo materiale, soprattutto per coloro che già nuotano nel superfluo.

Per la Svizzera proponiamo una strategia basata sugli investimenti. Questa strategia si concretizza nell'Iniziativa popolare federale *«Per una politica energetica e climatica equa: investire per la prosperità, il lavoro e l'ambiente»*, il cui titolo breve è *«Iniziativa Fondo per il clima»*. La garanzia dell'efficacia delle misure e l'equa ripartizione degli sforzi sono al centro di questo approccio. In termini concreti, l'iniziativa propone che la Confederazione contribuisca a un Fondo per il clima con una quota compresa tra lo 0,5 e l'1% del prodotto interno lordo (PIL) all'anno. Le risorse del Fondo saranno utilizzate per finanziare investimenti privati e pubblici nella transizione energetica e climatica.

Questa iniziativa costituzionale, lanciata nel settembre 2022, pone le basi politiche, economiche e sociali per una transizione energetica efficiente ed equa. Propone un percorso razionale e un metodo coerente per compiere rapidi progressi nella transizione energetica e climatica. L'obiettivo è innescare un'azione collettiva per superare la negazione o la disperazione individuale. Definendo questo quadro, l'iniziativa crea una dinamica che consente agli sforzi individuali di far parte dell'azione complessiva e di apportarvi un contributo utile.

In pratica, l'iniziativa mira a fornire alla Svizzera le risorse necessarie per trasformare le sue attrezzature,

infrastrutture e pratiche, in particolare nel settore energetico. Deve consentire alla Svizzera di consolidare radicalmente il proprio approvvigionamento energetico, affidandosi alle energie rinnovabili nazionali anziché alle massicce importazioni di combustibili fossili e aumentando l'efficienza nell'utilizzo dell'energia. Riducendo i costi di investimento delle energie rinnovabili e dell'efficienza, queste saranno in grado di battere i combustibili fossili in termini economici. L'iniziativa mira anche a ridurre le emissioni di gas serra non energetiche.

Questo libro può essere letto come un piano di attuazione dell'Iniziativa «*Fondo per il clima*». Da un lato, risponde alla necessità di chiarire quali sono i cambiamenti da apportare. Dall'altro, mostra come il Fondo per il clima consentirà di finanziarli e di garantire un'equa distribuzione degli sforzi. Si tratta di darci i mezzi per rispettare i nostri obblighi internazionali, in particolare quelli previsti dall'Accordo di Parigi. Si tratta di una responsabilità congiunta dei settori pubblico e privato.

L'iniziativa trae anche alcune lezioni dal passato. L'esperienza storica dimostra che in molti settori in Svizzera abbiamo una grande capacità di azione collettiva per migliorare le nostre condizioni di vita. Questo è ovviamente il caso in termini economici e sociali, come nel caso dell'introduzione dell'AVS, dell'assicurazione contro la disoccupazione e dei Politecnici federali. È vero anche in termini di infrastrutture, con la graduale costruzione del nostro sistema elettrico, dalle prime centrali idroelettriche alla rete ad alta tensione.

Il peggio è sempre possibile, ma non è inevitabile: i problemi ambientali possono essere risolti con la volontà politica, e in Svizzera lo sappiamo da molto tempo. Già nel Medioevo esistevano regole per la protezione delle foreste e per una ripartizione equa delle risorse, come i pascoli e l'acqua. Già allora sapevamo che in assenza di regole avrebbe prevalso la logica del saccheggio.

Abbiamo quindi già un'esperienza relativamente lunga nella riduzione dei danni ambientali in alcuni settori. Il divieto di immettere acqua usata nei corsi d'acqua è probabilmente l'esempio più emblematico. Dagli anni '50, questo ha portato alla costruzione di una rete di impianti di trattamento delle acque reflue, che ha ripristinato un'eccellente qualità dell'acqua.

Un altro esempio è la nazionalizzazione della rete ferroviaria e la creazione delle FFS nel 1902. Questo atto visionario è stato il punto di partenza per uno sviluppo fenomenale nei 120 anni successivi. Se pensiamo al passato recente, ci viene spontaneo pensare ai nuovi passaggi alpini, alla rinascita dei tram e persino alla costruzione di una ferrovia sotterranea. Tuttavia, dal punto di vista delle sfide odierne, lo sviluppo più interessante è l'elettificazione del sistema ferroviario: realizzata principalmente tra il 1920 e il 1945, ha permesso di sostituire il carbone con l'elettricità, determinando un fenomenale guadagno di efficienza [3].

Nel 1920, le FFS consumavano ancora una media di 190 kWh di energia, principalmente carbone importato, per trainare un treno per un chilometro. Nel 1945, il consumo era sceso a 19 kWh per la stessa prestazione, principalmente sotto forma di elettricità. Da allora, nonostante l'allungamento dei treni, l'aumento del numero di posti a sedere e l'incremento del peso per treno merci, i progressi sono continuati. Nel 2000, il consumo medio per trainare un treno per un chilometro era di soli 14 kWh. Nel 2021, questa cifra è scesa a 11 kWh [4]. La trasformazione delle FFS prefigura un esercizio che dovremo ripetere su larga scala. Dobbiamo trasformare la maggior parte delle nostre apparecchiature di raccolta e utilizzo dell'energia.

Naturalmente, la Svizzera non è sola in questa esperienza. Nata sulle rovine del disastro assoluto della Seconda Guerra Mondiale, l'integrazione europea è proprio un metodo e un percorso di ricostruzione.

In questo senso, non sorprende che l'Unione Europea sia la forza trainante a livello mondiale nella lotta contro il riscaldamento globale. In effetti, questa sfida esistenziale comporta anche una profonda revisione del nostro sistema energetico. Inoltre, questa sfida collettiva attraversa le frontiere e non potrà essere risolta solo all'interno dei confini degli Stati nazionali. Infine, non a caso, l'UE e i suoi Stati membri sono in prima linea nel sostenere l'Ucraina in una guerra in cui la questione energetica non è assente.

Tutto ciò dimostra che la politica energetica e climatica della Svizzera, oggetto della nostra iniziativa, non può essere concepita in modo isolato dal contesto europeo. La necessità di trasformare il modo in cui produciamo e consumiamo energia è una questione urgente, non solo in termini di cambiamento climatico (sopravvivenza e prosperità), ma anche in termini geopolitici (guerra e pace) e culturali (il nostro rapporto con gli altri e con il mondo).

Per portare tutti i settori dell'economia svizzera alla neutralità climatica, dobbiamo passare all'atto, ponendo le basi decisionali per la ricostruzione del nostro sistema energetico. E dobbiamo dire la verità: questi investimenti avranno un costo iniziale. Gli investimenti sono consistenti, ma rinunciarvi costerebbe ancora di più. Non solo saremmo esposti al costo crescente dei combustibili fossili in via di esaurimento, ma soprattutto alle conseguenze del riscaldamento globale.

Al termine di questo lavoro, siamo giunti alla conclusione che per realizzare la transizione è sufficiente investire ogni anno un totale compreso tra il 2 e il 2,5% del PIL in tutti i settori. Poiché i privati, le aziende, i cantoni e i comuni finanzieranno parte di questi investimenti, la quota a carico del Fondo per il clima, che sarà istituito dalla Confederazione, sarà minore. È sufficiente l'1% del PIL all'anno. In relazione alla forza complessiva dell'economia svizzera, si tratta di un investimento perfettamente fattibile. Abbiamo i mezzi per farlo e ne vale la pena.

* *

*

La presentazione inizia delineando i problemi energetici e climatici globali. Vedremo che la crisi dei combustibili fossili e il riscaldamento globale sono due facce della stessa medaglia (Parte I). Naturalmente analizzeremo la situazione in Svizzera (Parte II), dove il legame è ancora più marcato che a livello globale. E illustreremo i cambiamenti che devono essere apportati.

Nella terza parte analizzeremo perché l'attuale politica climatica ha raggiunto, nel complesso, uno stallo ecologico e sociale. Esamineremo i suoi limiti e le sue carenze, ma anche alcuni dei suoi successi. Trarremo anche delle lezioni dal rifiuto della legge sul CO₂ nel 2021. In particolare, metteremo in discussione il dominio assoluto del principio «chi inquina paga». Richiedendo automaticamente agli utenti dell'energia di pagare i costi dell'inquinamento e degli investimenti, questo principio porta a dei blocchi, almeno quando viene applicato in modo dogmatico. A questo punto passiamo all'impatto sociale e redistributivo della politica climatica.

In seguito, illustreremo le motivazioni alla base del nostro approccio a sostegno degli investimenti, esaminando in modo critico lo sterile dibattito tra investimenti e frugalità. Mostriamo inoltre come gli investimenti debbano essere utilizzati per estromettere i combustibili fossili dal mercato (Parte IV). Rispetto alle trasformazioni precedenti, la transizione energetica ha la particolarità di combinare azioni del settore pubblico e del settore privato. Alcune infrastrutture sono essenzialmente collettive, mentre altre, come gli edifici o le aziende industriali, sono essenzialmente private. Questo aspetto deve essere tenuto in considerazione.

Nel resto del libro passeremo in rassegna i vari settori in cui il Fondo per il clima consentirà di intervenire. Cominciamo con i settori classici dell'edilizia abitativa e dei trasporti (Parte V).

Nella sesta parte analizzeremo i miglioramenti climatici l'industria e la garanzia dell'approvvigionamento di energia elettrica. Esamineremo l'enorme opportunità offerta da un approccio coordinato tra industria e produzione di energia elettrica. Presenteremo un percorso che consente non solo la decarbonizzazione della mobilità terrestre e degli edifici, ma anche del settore industriale, per fare a meno del gas fossile per la produzione di elettricità, anche durante il semestre invernale. L'approccio, basato principalmente sul fotovoltaico, comprende una dose di energia eolica, il potenziamento delle dighe e l'uso efficiente del gas rinnovabile prodotto e stoccato in Svizzera. Il risultato è una strategia complessiva chiamata «Solare, syngas e industria», abbreviata in «SSI».

La settima parte è dedicata ai settori più difficili, a partire dal risanamento dell'aviazione. Si affronta poi la questione delle emissioni di origine non fossile in agricoltura e nel settore dei rifiuti. Qui si affronta anche la questione delle emissioni dell'industria, dette «emissioni «di processo», cioè emissioni non energetiche. Verranno esaminate anche le emissioni negative, cioè le possibilità di rimuovere la CO₂ dall'atmosfera a lungo termine o di evitare che entri nell'atmosfera.

Poi, nella Parte VIII, affronteremo la questione delle risorse: qual è l'ordine di grandezza dei costi, di quali risorse finanziarie avrà bisogno il Fondo per il clima e quali sono i requisiti in termini di manodopera e cervelli (formazione). Dimostreremo che il Fondo è il modo migliore per affrontare il problema e che il debito è un modo del tutto ragionevole per finanziare o sostenere gli investimenti.

La conclusione arriva nella Parte IX. Vedremo che l'inazione non è un'opzione. E che se vogliamo agire in modo efficace, l'equa distribuzione degli sforzi è assolutamente centrale.

Riassunto del capitolo

- La nostra prosperità si basa fundamentalmente sullo sfruttamento delle risorse naturali, in particolare dei combustibili fossili. A causa del riscaldamento globale e dell'esaurimento delle risorse, rischiamo un forte declino di queste stesse condizioni di vita. Il rischio maggiore è che gli uni siano paralizzati dalla negazione e gli altri dalla disperazione.
- Dobbiamo trovare un modo razionale di trasformare radicalmente il nostro sistema per renderlo sostenibile.
- Affinché lo sforzo sia sostenibile a lungo termine, deve essere distribuito in modo equo, sia all'interno della Svizzera che tra i Paesi.
- È necessario un forte impulso politico per accelerare in modo massiccio gli investimenti nella modernizzazione del nostro sistema energetico. Questo è l'obiettivo dell'iniziativa del Fondo per il clima.
- Esso dovrebbe fornire un importante impulso collettivo, come in passato con la creazione delle Ferrovie Federali Svizzere, dell'AVS, dei Politecnici Federali e delle dighe.

Parte I

Combustibili

fossili e

riscaldamento

climatico, due facce della

stessa sfida globale

Fin dalla preistoria, l'umanità ha cercato di sfruttare l'energia in modo da non dipendere più solo dal proprio lavoro corporeo. La padronanza del fuoco e poi dell'energia animale sono stati i primi passi, seguiti dall'uso dell'energia eolica per la navigazione e dall'energia idraulica. Lo sfruttamento dell'energia ha permesso all'uomo di liberarsi dal faticoso lavoro fisico e di godere di un livello di comfort che sarebbe stato impossibile raggiungere con il solo lavoro umano (o anche con il lavoro degli animali o, in passato, degli schiavi).

L'etimologia stessa della parola «energia» riflette l'importanza dell'idea di lavoro e attività. «Energia» risale in realtà al greco antico ἐνέργεια, collegato a ἔργον (lavoro, fatica) tramite l'aggettivo ἐνεργής, ἴς, ἔς, *agire, attivo, efficace*. Attenzione, però, a non fare un anacronismo proiettando su di esso il significato moderno di lavoro (salarinato), data la distanza culturale e temporale [5].

Con la scoperta della macchina a vapore, seguita dal motore a combustione interna, le condizioni di vita sono migliorate drasticamente negli ultimi 250 anni, e per una parte sempre maggiore dell'umanità. Come corollario, il consumo di combustibili fossili si è impennato fino a diventare di gran lunga la principale fonte di energia. Con l'avvento delle telecomunicazioni, dell'informatizzazione e di internet, l'accesso all'informazione e alla conoscenza dipende ora anche dall'accesso all'energia, e più precisamente all'elettricità. Si tratta di una questione fondamentale in termini di equità e giustizia sociale. Senza energia, e in particolare senza elettricità, non ci può essere sviluppo.

Purtroppo, la combustione dei combustibili fossili è responsabile di tre quarti delle emissioni annuali di gas serra dell'umanità. Sono quindi la principale forza trainante del riscaldamento globale, che rappresenta di per sé una minaccia molto seria per l'umanità nel medio e lungo termine. Il pericolo peggiore sarebbe uno slittamento totale, con un riscaldamento globale di oltre 5°, un aumento del livello del mare di quasi un metro entro 80 anni e un'elevata frequenza di eventi meteorologici estremi.

Ciò costringerebbe centinaia di milioni di persone a lasciare i loro luoghi di vita attuali. Se questo scenario dovesse diventare realtà, non solo impedirebbe agli esseri umani più poveri di accedere a condizioni di vita più dignitose, ma degraderebbe in modo significativo il benessere dell'umanità nel suo complesso.

Il miglioramento del sistema energetico è quindi la leva principale per la protezione del clima, anche se anche altri settori, come i cementifici e l'agricoltura, dovranno contribuire allo sforzo e dovremo porre fine a problemi come la deforestazione. Soprattutto, la lotta al riscaldamento globale richiede grandi cambiamenti nel sistema energetico, che avranno un profondo impatto sulla società e sull'economia di ogni Paese.

Prima di esaminare gli scenari relativi alla prevedibile entità del riscaldamento globale, è opportuno soffermarsi sulla sua causa principale, la combustione dei combustibili fossili.

Per coloro che non hanno familiarità con la fisica Energia, un'opportunità, un potenziale

In sostanza, l'energia è una possibilità, un potenziale: con l'energia possiamo produrre movimento o lavoro (per esempio, salire su un pendio), innescare una reazione chimica (cioè trasformare i materiali), ottenere freddo o semplicemente emanare calore (la forma più degradata di energia).

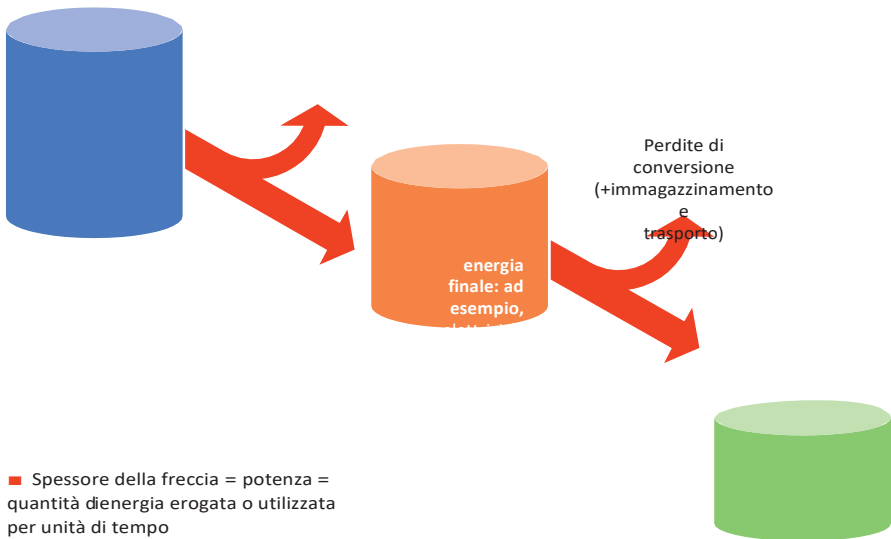
L'energia può essere contenuta o immagazzinata:

- in forma chimica (legno, olio),
- sotto forma di potenziale (acqua immagazzinata in uno sbarramento in altitudine),
- in forma nucleare (per fissione o fusione nucleare),
- in forma elettrica (in una batteria, grazie ad una reazione chimica reversibile)
- o semplicemente sotto forma di calore (ad esempio in un termos).

L'energia si misura in wattora (Wh), in joule o nel peso o nel volume di un materiale (per esempio, una tonnellata di legna secca o un litro di benzina). Anche gli alimenti contengono energia, misurata in calorie.

Quando usiamo l'energia, la trasformiamo. La prima trasformazione è quella da energia primaria (che raccogliamo dalla natura) a energia finale (che utilizziamo). Per esempio, il petrolio viene trasformato in benzina o diesel. Oppure il carbone viene trasformato in elettricità. Ogni trasformazione comporta inevitabilmente delle perdite, di solito sotto forma di calore. Ad esempio, due terzi dell'energia contenuta nel carbone si perdono sotto forma di calore quando si produce elettricità. Per eliminare questo calore si utilizzano torri di raffreddamento.

Figura 1: Dall'energia primaria all'utilità



La seconda trasformazione avviene durante l'uso: ad esempio, quando un'auto a benzina di medie dimensioni scala un passo di montagna di 1000 metri, consuma 8 litri di benzina. Tre quarti dell'energia viene persa come calore dal motore e una piccola parte come attrito dell'aria. Il resto, l'unica parte veramente utile, viene convertito in energia potenziale: dopo aver lavorato contro la forza di gravità, l'auto

raggiunge la cima del passo. Si dice che abbia guadagnato energia potenziale, corrispondente, ad esempio, a 1,5 litri di benzina. Per «energia potenziale» si intende l'energia meccanica contenuta in un oggetto in virtù del fatto che si trova in alto, che potrebbe liberare se scendesse (come l'acqua in una diga alpina).

Non avrà bisogno di benzina per tornare giù. Tuttavia, disperderà la sua energia potenziale nell'attrito dell'aria e nel calore rilasciato dai freni. Se si tratta di un'auto elettrica, può recuperare l'energia potenziale utilizzando il motore come generatore al posto dei freni e ricaricando l'elettricità prodotta nella batteria.

Un altro esempio: una vecchia lampadina a filamento non solo si accende, ma emette anche molto calore. Non è quindi molto efficiente. A parità di luce, una lampadina LED emette poco calore. È quindi più efficiente. L'efficienza è il rapporto tra l'energia consumata e l'energia utilizzata: ad esempio, una lampadina a filamento che brucia per 1 ora consuma 60 Wh di energia, ma produce solo 6 Wh di luce. La sua efficienza è solo del 10%. La perdita è del 90% (sotto forma di calore).

La potenza

La potenza esprime la quantità di energia erogata o utilizzata in un determinato periodo di tempo. Ad esempio, un grande SUV che pesa il doppio di un'utilitaria ha bisogno di una potenza doppia: per salire su un passo di montagna consuma 12 litri in mezz'ora, mentre l'utilitaria ne consuma solo 6 in mezz'ora. Ogni apparecchio – una turbina eolica, un ferro da stiro o un'automobile – ha una potenza massima, misurata in watt (W). Per esempio: la potenza massima del motore di un SUV gli permette di superare una pendenza del 15% a 80 km/h.

Se si ipotizza che la potenza massima del SUV sia di 330 chilowatt (kW) e che esso viaggi per 1 ora a piena potenza, esso consumerà 330 kW moltiplicati per 1 ora, cioè 330 kWh, che è il contenuto energetico di 30 litri di benzina.

L'energia in grandi quantità

Quando si hanno grandi quantità di energia, si usano spesso dei prefissi:

1 Wh x 1000 = 1 kWh (chilowattora)

1 kWh x 1000 = 1 MWh (megawattora)

1 MWh x 1000 = 1 GWh (gigawattora)

1 GWh x 1000 = 1 TWh (terawattora)

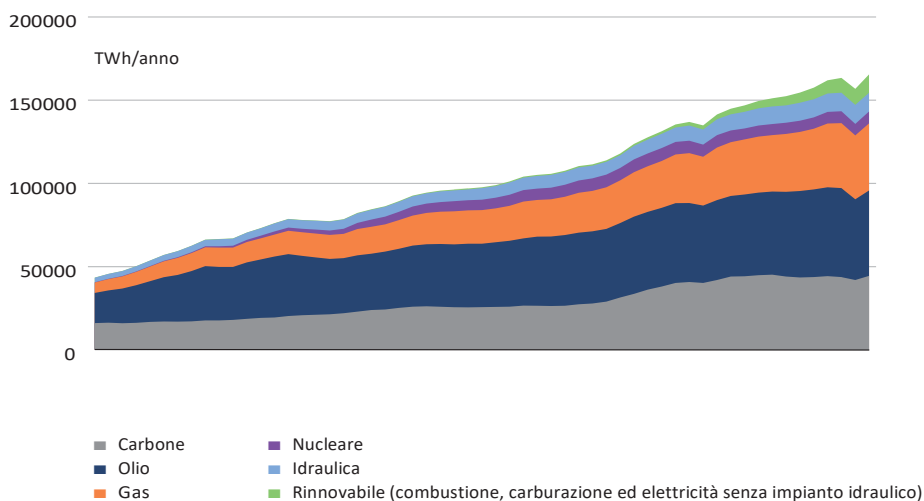
Il terawattora, utilizzato spesso in quest'opera, rappresenta dunque un miliardo di chilowattora.

2

Consumo di energia fossile a livello mondiale

Come mostra il grafico sottostante, il consumo globale di energia primaria è quadruplicato in quasi 60 anni. I combustibili fossili rappresentano ancora l'82% dell'energia commerciale mondiale.

Figura 2. Consumo mondiale di energia primaria dal 1965



Fonte dei dati: [6].

Questo aumento massiccio riflette l'enorme dipendenza dell'umanità dai combustibili fossili, che sono diventati il principale motore della nostra economia.

A questo proposito, dobbiamo considerare non solo i consumi visibili, per i trasporti e il riscaldamento, ma anche quelli più nascosti nell'industria, nella petrolchimica, nella produzione di fertilizzanti agricoli e nella generazione di elettricità.

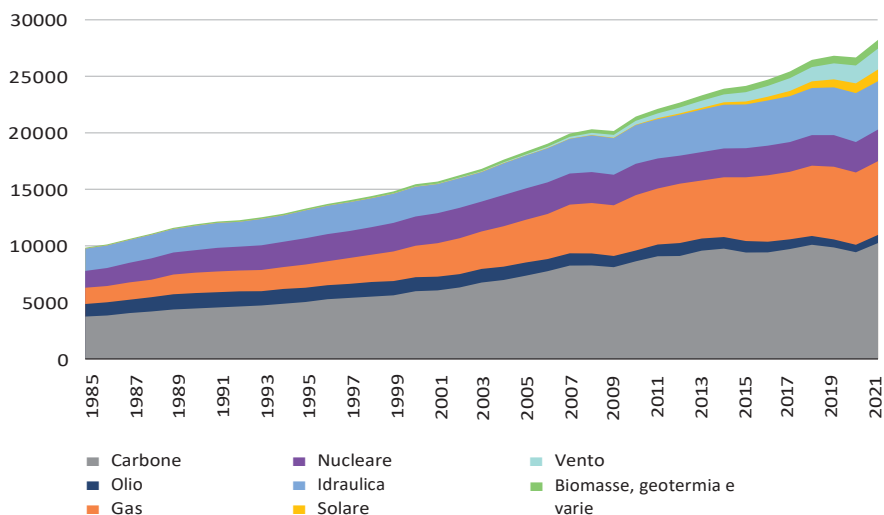
Per il momento, tra i combustibili fossili, solo il consumo di carbone sembra stabilizzarsi. Anche se l'esaurimento globale delle risorse di petrolio e gas comincia a farsi sentire, l'ultimo barile o metro cubo è ancora lontano. Le riserve di carbone sono enormi e potrebbero teoricamente durare più di un secolo al ritmo attuale di consumo, con una ripresa di questa fonte energetica nel peggiore dei casi. Tuttavia, le emissioni di CO₂ e l'inquinamento atmosferico che ne deriverebbero trasformerebbero il pianeta in una fornace irrespirabile. Per i Paesi come la Svizzera, che dipendono dalle importazioni di combustibili fossili estratti in altri Paesi, le difficoltà di approvvigionamento si fanno più acute, il che significa anche un aumento dei costi di acquisto.

Per quanto riguarda tutte le forme di energia, l'aumento delle energie rinnovabili è chiaramente visibile, soprattutto negli ultimi dieci anni, come si può vedere nel grafico qui sopra (zone verdi e blu nel grafico, perché anche l'idroelettrico è un'energia rinnovabile).

Tuttavia, è nel campo dell'elettricità che i cambiamenti sono più forti. L'elettricità è una forma di energia particolarmente preziosa e utile. I circa 28'000 TWh di elettricità prodotti ogni anno dall'umanità rappresentano una frazione dei 160'000 TWh di energia primaria utilizzati ogni anno.

Il grafico a fianco mostra che i combustibili fossili producono ancora il 62% dell'elettricità mondiale. Il carbone da solo ne produce il 36%, generando le più alte emissioni di CO₂ per kWh di elettricità. Le nuove energie rinnovabili producono oggi il 13% dell'elettricità mondiale. La loro quota è triplicata in 10 anni, un risultato notevole e incoraggiante. L'energia idroelettrica, la classica fonte di energia rinnovabile, rappresenta un ulteriore 15%.

Figura 3. Produzione mondiale di elettricità per fonte dal 1985



Fonte dei dati: [6]

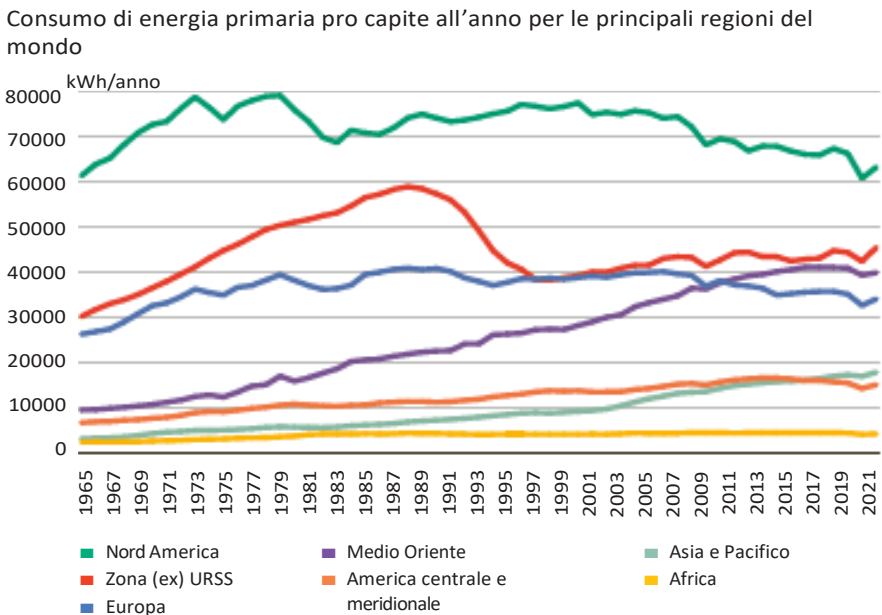
Nota: quando i combustibili fossili o l'uranio vengono utilizzati come energia primaria per produrre elettricità, tra la metà e i tre quarti vengono generalmente persi come calore non utilizzato. Ad esempio, i 7'000 TWh di combustibile nucleare indicati nel grafico precedente per il 2021 come energia primaria hanno prodotto solo i 2'800 TWh di elettricità indicati in questo grafico.

Considerati i grandi sforzi che saranno necessari per realizzare questa trasformazione, è opportuno un breve esame delle responsabilità storiche. Il grafico della pagina seguente mostra il consumo energetico globale pro capite nel tempo. L'estrema voracità del Nord America è evidente: a parità di tenore di vita, i nordamericani consumano il doppio dell'energia primaria rispetto agli europei, e lo fanno da decenni. Ciò dimostra un'enorme differenza nell'efficienza dell'uso, rispettivamente uno stile di vita europeo meno incentrato su attività ad alta intensità di combustibili fossili.

Il consumo europeo rimane molto più elevato rispetto alle altre regioni del mondo. In realtà, la differenza è ancora più forte di quanto mostrato in questo grafico, nella misura in cui

la regione Asia-Pacifico è diventata l'officina del mondo. Di conseguenza, gran parte del consumo di energia primaria viene utilizzato per produrre beni che vengono poi esportati nel resto del mondo, in particolare in Paesi con elevate emissioni di CO₂. Torneremo su questo punto nel capitolo 4. Nel 2001 l'Europa e il Nord America rappresentavano ancora il 51% del consumo totale di energia primaria del mondo. 20 anni dopo, questa quota era scesa al 33%, mentre il mondo nel suo complesso aveva aumentato il consumo di energia primaria del 49%.

Figura 4: Consumo di energia primaria pro capite all'anno per le principali regioni del mondo.



Fonte dei dati: [6]

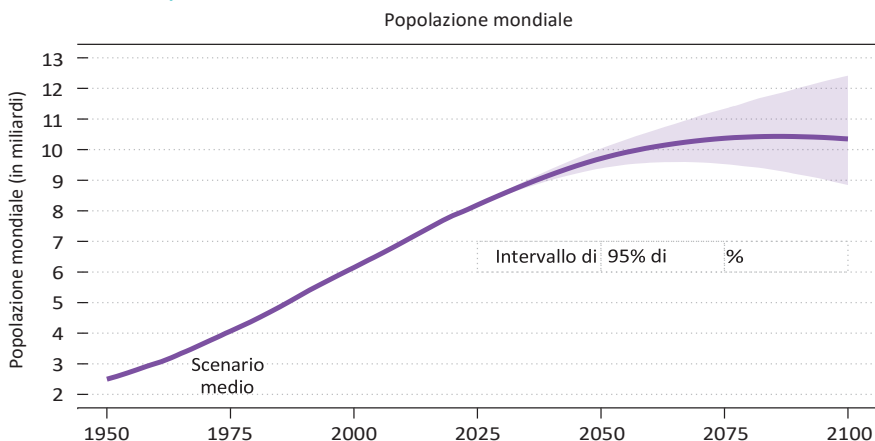
Nota: si noti il drastico calo dei consumi dopo il crollo dell'URSS, evidenziato in rosso.

In ogni caso, né il clima né le risorse disponibili supporterebbero un aumento del consumo energetico in Asia, Africa e Sud America al livello dell'Europa, per non parlare degli Stati Uniti.

Se è ragionevole chiedere ai Paesi ricchi di stabilizzare il loro tenore di vita riducendo il consumo di energia, ciò è impossibile per i Paesi poveri. Questi ultimi aspirano legittimamente ad aumentare il benessere delle loro popolazioni. La sfida non è semplice, perché questo obiettivo deve essere raggiunto passando direttamente a un modello molto più sostenibile ed efficiente dal punto di vista energetico, evitando di imitare il modello inefficiente dei Paesi già industrializzati da tempo.

È interessante confrontare questo grafico del consumo energetico per abitante con il numero totale di abitanti, in altre parole osservare le previsioni demografiche. Il consumo energetico futuro sarà un multiplo di questi due parametri. Le ultime previsioni demografiche dell'ONU, riviste al ribasso, mostrano che la popolazione potrebbe raggiungere un picco di 10,5 miliardi nel 2085, rispetto ai 7,9 miliardi del 2022 (scenario mediano).

Figura 5. **Previsioni demografiche delle Nazioni Unite per il mondo.**

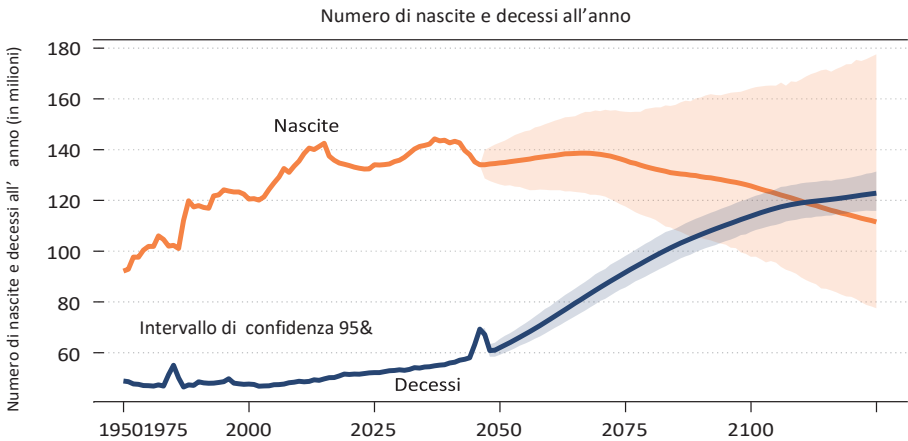


Fonte del grafico: [7].

Questo sviluppo è ovviamente la conseguenza della stabilizzazione dell'economia. Il numero di nascite sul pianeta nel suo complesso è in calo, come mostra il grafico sottostante. L'aumento della popolazione che stiamo vivendo è dovuto principalmente all'allungamento dell'aspettativa di vita e quindi all'invecchiamento. Ciò comporterà un aumento del numero di

decessi, che supererà il numero di nascite intorno al 2085, segnando il picco demografico.

Figura 6. **Nascite e decessi a livello globale**



Fonte del grafico: [7].

Si noti che nel loro libro *Empty Planet*, Bricker e Ibbitson [8] ritengono che le Nazioni Unite siano ancora troppo pessimiste e che il picco demografico sarà raggiunto molto più rapidamente e a un livello che potrebbe essere ben al di sotto dei 10 miliardi. Essi ritengono che lo sviluppo umano stia procedendo più rapidamente di quanto previsto dall'ONU e che il numero di nascite stia diminuendo più rapidamente del previsto. In ogni caso, gli effetti saranno drastici: ad esempio, sembra certo che la popolazione cinese scenderà dagli attuali 1,3 miliardi a 700 milioni o meno entro la fine del secolo.

Per quanto riguarda le questioni energetiche e climatiche, la prospettiva di una stabilizzazione demografica è un'ottima notizia. La fine dell'esplosione demografica rende queste sfide più facili da gestire, almeno nel loro complesso. Tuttavia, la repentinità del cambiamento demografico potrebbe paradossalmente portare a difficoltà inaspettate: un Paesi che si troveranno ad affrontare un forte calo del numero di abitanti e un rapido invecchiamento, come la Cina, il Giappone o certi paesi dell'Europa orientale troveranno le

le risorse umane e finanziarie per investire nella transizione?
E avranno la volontà di farlo?

Contrariamente a un cinico pregiudizio, mantenere una parte dell'umanità in condizioni di estrema povertà non aiuterebbe il clima, anzi. Infatti, l'esperienza dimostra che la stabilizzazione demografica e lo sviluppo vanno di pari passo e possono portare a un circolo virtuoso se si adotta la giusta strategia energetica. *Al contrario*, un'esplosione demografica che continuasse in assenza di sviluppo socio-economico finirebbe per avere effetti catastrofici non solo sul consumo energetico e sul clima, ma anche sull'esaurimento di altre risorse naturali. Le popolazioni che vivono in condizioni precarie non avrebbero altra scelta che utilizzare le risorse naturali in modo massiccio e disordinato: ad esempio, una popolazione senza accesso all'elettricità è costretta a utilizzare generatori di emergenza inefficienti e a disboscare le foreste per ottenere legna da ardere. Dobbiamo quindi sostenere gli sforzi di sviluppo nei Paesi più poveri e aiutarli a passare direttamente a tecnologie più rispettose dell'ambiente.

Infine, va notato che nel dibattito politico l'estrema destra utilizza spesso il legame tra demografia e clima per criticare l'immigrazione. Tuttavia, questo legame argomentativo è irrilevante, perché uno straniero che vive in Svizzera può spesso vivere consumando meno energia fossile rispetto al suo Paese d'origine. Uno dei motivi è la relativa efficienza delle nostre infrastrutture e dei nostri servizi pubblici. Naturalmente non si può escludere il contrario, soprattutto se la persona proviene da un Paese molto povero, ma in assenza di un legame sistematico in un senso o nell'altro, questo legame tra immigrazione e clima è assurdo.

In termini puramente statistici, i fatti non supportano questa argomentazione: mentre la popolazione svizzera è aumentata, le emissioni di gas serra sono diminuite tra il 2009 e il 2019, non solo in termini relativi (-17% pro capite) ma anche in termini assoluti (-8%). D'altra parte, l'estrema destra farebbe bene a considerare la causalità inversa, cioè il fatto che

il riscaldamento globale sta innescando un'emigrazione forzata e che il continuo degrado climatico finirà per mandare in esilio centinaia di milioni di persone.

A prescindere dalle tendenze demografiche e dalle emissioni pro capite del futuro, l'ingordigia energetica di oggi sta già avendo effetti catastrofici sul clima. Esamineremo le grandi linee di questo impatto nel prossimo capitolo.

Riassunto del capitolo

- I combustibili fossili rappresentano ancora l'82% dell'energia utilizzata nel mondo, ma la crescita del loro utilizzo è rallentata.
- Lo sviluppo delle energie rinnovabili è sempre più importante, soprattutto nel campo dell'elettricità. Purtroppo, il 62% dell'elettricità mondiale è ancora prodotto bruciando combustibili fossili.
- Tre quarti delle emissioni mondiali di gas serra sono attribuibili alla combustione di combustibili fossili. La loro riduzione è quindi lo strumento principale per contenere il riscaldamento globale.
- Poiché la demografia è un potente moltiplicatore, il suo controllo è una priorità. Fortunatamente, la popolazione mondiale sembra indirizzata a stabilizzarsi. Nei Paesi più poveri, dobbiamo puntare a un circolo virtuoso, che combini sviluppo socio-economico e uso efficiente delle risorse naturali. *Al contrario*, il mantenimento della povertà non aiuterebbe in alcun modo il clima.

3

Scenari di riscaldamento globale secondo l'IPCC

L'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) pubblica una sintesi dei vari modelli climatici, mostrando la probabile variazione della temperatura in funzione delle emissioni di gas serra, sotto forma di scenario: «*Con una tale e tale variazione delle emissioni, è probabile un tale e tale aumento della temperatura*».

Questa istituzione è stata creata nel 1988 «*per fornire valutazioni dettagliate dello stato delle conoscenze scientifiche, tecniche e socio-economiche sui cambiamenti climatici, le loro cause, i potenziali impatti e le strategie di mitigazione*» [9]. I suoi rapporti riflettono una sorta di consenso diplomatico-scientifico tra gli Stati. Include le conoscenze consolidate della ricerca scientifica, non l'avanguardia della conoscenza. Su quest'ultimo punto potrebbe essere criticato, ma offre una forma di garanzia che i risultati non siano in alcun modo eccessivi.

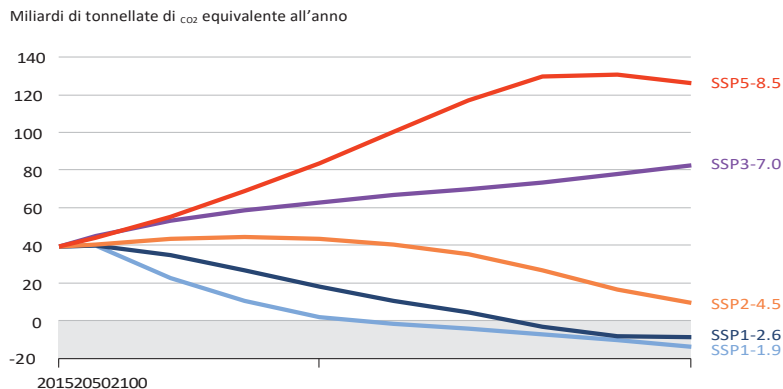
I grafici che seguono sono tratti dall'ultimo «Summary for Policymakers» dell'IPCC [10]. Il primo di essi mostra 5 scenari per l'andamento delle emissioni fino al 2100.

Lo scenario azzurro è chiaramente il migliore: l'umanità riesce a ridurre le emissioni di CO₂ a «netto zero» entro il 2050 e a tenere sotto controllo gli altri gas serra. Per «netto zero» nel 2050, intendiamo dire che a quella data le emissioni residue sono

completamente compensate da emissioni negative: ciò significa che l'azione umana rimuove la CO₂ dall'atmosfera e la fissa, in particolare nella biomassa, nel suolo e nel sottosuolo. A partire dal 2050, la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera smetterà di aumentare e inizierà addirittura a diminuire leggermente. Tuttavia, poiché le emissioni antropogeniche di altri gas serra (vedi riquadro sotto) non scompariranno completamente, la concentrazione globale di gas serra diminuirà solo lentamente, così come la temperatura.

Lo scenario rosso è quello peggiore, in cui le emissioni annuali di CO₂ triplicano nei prossimi 60 anni. Gli altri tre scenari rappresentano scenari intermedi. Lo scenario blu scuro rappresenta la neutralità climatica nel 2070.

Figura 7. I cinque principali scenari IPCC per l'evoluzione delle emissioni di CO₂



Fonte: [10, p. 13]

Nota: la CO₂ rappresenta i ¾ delle emissioni di gas serra [11], ma gli scenari IPCC tengono conto anche di altri gas serra¹.

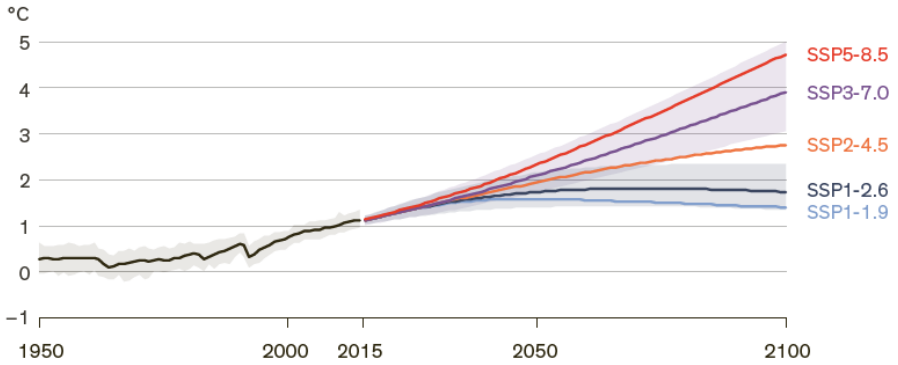
1. Disponibile all'indirizzo <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>, il sito fornisce una chiara panoramica delle emissioni di gas serra per settore di origine, asse temporale e Paese.

Quali saranno le conseguenze a seconda dello scenario di emissioni che si concretizzerà da qui alla fine del XXI secolo? Questo è il tema dei prossimi tre grafici. Lo scenario rosso porta logicamente agli effetti più catastrofici. Mostra un aumento delle temperature di 4° rispetto a oggi, nonché un considerevole aumento del livello del mare (circa +70 cm) rispetto ai livelli attuali. Inoltre, gli oceani continueranno ad acidificarsi, ostacolando la crescita del plancton e, di conseguenza, indebolendo l'intera catena alimentare. Questo scenario avrebbe conseguenze drammatiche per centinaia di milioni di esseri umani, che non potrebbero più vivere dove vivono oggi. Pensiamo in particolare ai grandi delta fluviali invasi dall'acqua salata o alle zone dove il caldo raggiungerà i 50 gradi, come accade sempre più spesso nell'India centrale. Ricordiamo che il corpo umano non può sopportare un'esposizione prolungata a tale calore. Porta alla morte. Per miliardi di esseri umani, compresi gli abitanti delle città nell'emisfero settentrionale, le condizioni di vita potrebbero peggiorare notevolmente.

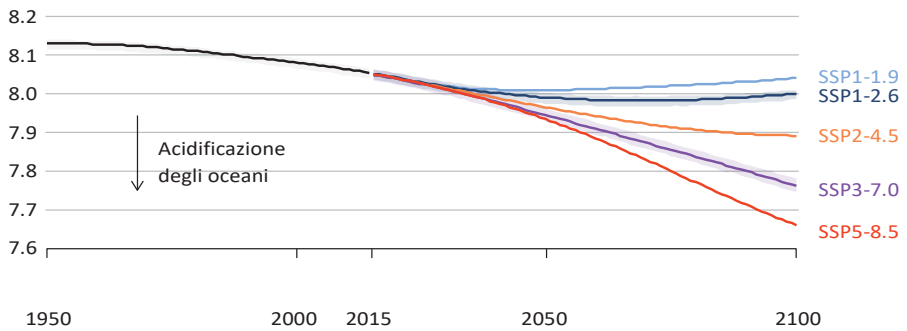
All'altra estremità dello spettro, c'è logicamente lo scenario azzurro, in cui l'umanità riesce a ridurre linearmente le emissioni di gas serra nell'atmosfera in modo da arrivare a zero emissioni di CO₂ entro il 2050. Questo non solo limiterebbe il riscaldamento globale a 1,5°, ma anche l'innalzamento del livello del mare a 30 cm e il contenimento dell'acidificazione. Per alcuni specialisti, tuttavia, è già troppo tardi e questo obiettivo è fuori portata perché le emissioni non diminuiranno abbastanza velocemente. D'altra parte, limitare il riscaldamento globale a 2 gradi è ancora possibile.

Figura 8. Variazioni della temperatura, dell'acidità superficiale degli oceani e del livello del mare in base ai cinque scenari

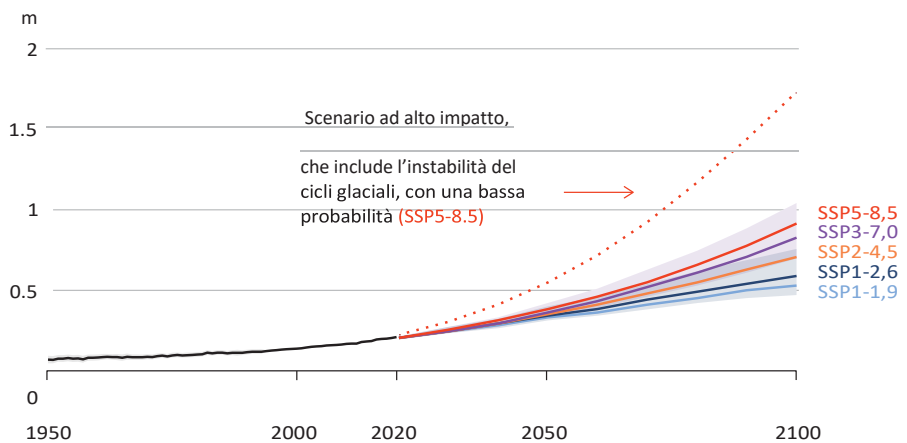
Variazione della temperatura media globale rispetto al 1850-1900



Acidità media della superficie oceanica (pH)



Variazione del livello medio del mare rispetto al 1850-1900



Fonte [10, p. 22]

Comunque sia, se guardiamo agli scenari, non ci sono dubbi: dobbiamo agire ora, e agire con decisione. Dopo aver procrastinato per troppo tempo, l'umanità si trova di fronte a un'emergenza assoluta: entro il 2050, il surplus di gas serra prodotto ogni anno dall'umanità deve essere ridotto a zero. Siamo di fronte a un'emergenza climatica.

Consapevoli della gravità del problema e della difficoltà di risolverlo, quasi tutti i Paesi del mondo, compresa la Svizzera, hanno firmato trattati internazionali per combattere il riscaldamento globale. Il più ambizioso di questi trattati è l'Accordo di Parigi, che fissa l'obiettivo di limitare l'aumento medio della temperatura rispetto all'era preindustriale a 2°, o addirittura a 1,5°. Se l'intenzione dell'accordo è perfettamente corretta, la difficoltà sta chiaramente nell'attuare le promesse in esso contenute.

Poiché tre quarti delle emissioni di gas serra derivano dalla combustione di combustibili fossili, la questione climatica non può essere dissociata da quella energetica. Di conseguenza, la questione climatica è, da un lato, una questione geostrategica, dal momento che la maggior parte dei conflitti armati sono, almeno in parte, causati dalla lotta per assicurarsi l'accesso ai combustibili fossili, e talvolta all'uranio.

D'altra parte, poiché l'accesso all'energia, e in particolare all'elettricità, per diversi gruppi della popolazione umana è una questione fondamentale in termini di giustizia e prosperità, la questione energetica è anche una questione economica e sociale.

Sebbene tutti i Paesi debbano raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni, la responsabilità dei Paesi più ricchi è particolarmente marcata:

- In primo luogo, perché hanno una grande responsabilità storica per la CO₂ che si è già accumulata nell'atmosfera dall'inizio della rivoluzione industriale.

- In secondo luogo, poiché importano molti manufatti da Paesi meno ricchi, l'impatto climatico del loro stile di vita supera le emissioni territoriali.
- In terzo luogo, perché dispongono di tecnologie all'avanguardia che consentono di ridurre le emissioni.
- In quarto luogo, perché le risorse da destinare a questa trasformazione sono piuttosto modeste rispetto al loro livello di ricchezza, come vedremo nel capitolo 24.
- In quinto luogo, perché hanno i mezzi per muoversi velocemente e sviluppare soluzioni che saranno utili al resto del mondo (senza per altro pretendere il monopolio delle soluzioni).

La Svizzera soddisfa ovviamente tutti questi criteri e deve assumersi la sua particolare responsabilità. Come ha dichiarato il Consiglio federale nel 2019, deve raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, anche se non tutti i Paesi saranno completamente neutrali per allora. Nel settembre 2022, il Parlamento ha inserito nella legge l'obiettivo della neutralità climatica entro il 2050, come controprogetto all'iniziativa popolare sui ghiacciai (n. 21.501). L'UDC ha lanciato un referendum contro questa iniziativa. Il 18 giugno 2023, il popolo svizzero ha approvato la legge con il 59% di sì.

Mentre la questione degli obiettivi sembra chiara, quella di come raggiungerli rimane irrisolta. È proprio questa la lacuna che l'iniziativa «Fondo per il clima» intende colmare, per quanto riguarda le emissioni dal territorio nazionale. Ma prima di delineare le principali linee d'azione, è necessario analizzare la situazione iniziale della Svizzera in termini di approvvigionamento energetico e clima. Questo è l'argomento della parte seguente (II).

Va notato che la questione dell'influenza della piazza finanziaria svizzera sugli investimenti esteri sarà oggetto di un progetto di iniziativa popolare separato, in collaborazione con diverse organizzazioni interessate. Non viene quindi trattata in questo libro, che è dedicato agli sforzi che la Svizzera deve compiere sul suo territorio.

Gli altri gas a effetto serra

Oltre alla CO₂, negli scenari dell'IPCC si tiene conto anche degli altri gas serra, che insieme sono responsabili di un quarto del riscaldamento globale. I due principali sono il metano e il protossido di azoto.

Il metano (CH₄), che è anche la molecola costitutiva del cosiddetto «gas naturale»², è un potente gas serra. Quando una molecola di metano fuoriesce nell'atmosfera, ha un effetto riscaldante circa 25 volte superiore a quello di una molecola di CO₂. D'altra parte, le molecole di metano si decompongono relativamente velocemente in CO₂ nel corso di decenni: dopo 12 anni, due terzi sono scomparsi. Quindi, a causa di questo effetto riscaldante molto forte, la riduzione delle emissioni di metano è particolarmente efficace nel moderare il riscaldamento globale nei prossimi anni. A lungo termine, tuttavia, l'effetto è minore, data la decomposizione naturale [12]. Misurato in «equivalenti di CO₂», il metano rappresenta il 18% delle emissioni globali di gas serra e il 10% delle emissioni svizzere.

Il metano può entrare nell'atmosfera attraverso diversi canali: può fuoriuscire durante l'estrazione o il trasporto di gas naturale. Può anche essere di origine biologica (digestione delle vacche, decomposizione della biomassa). Infine, può fuoriuscire quando il permafrost si scongela.

Il protossido di azoto (N₂O) è emesso principalmente dalle attività agricole come risultato dell'aggiunta di fertilizzanti azotati. Ogni molecola di questo gas ha un effetto riscaldante 300 volte superiore a quello della CO₂. Una volta

2. Il nome tedesco di «Erdgas» è più preciso: si tratta di un gas di origine fossile, estratto dal sottosuolo. Il termine «naturale», introdotto per distinguere questo gas dal cosiddetto «gas di città», prodotto artificialmente dal carbone, è a posteriori un brillante colpo di marketing. L'aggettivo «naturale», abbinato al logo della foglia verde, induce gli utenti a credere che si tratti di una fonte energetica ecologica.

nell'aria, si decompone molto lentamente: dopo 114 anni, ne rimane ancora il 37%. In Svizzera e nel mondo è responsabile del 6% delle emissioni di gas a effetto serra misurate in equivalenti di CO₂».

Fonte e informazioni più complete: [13]

Riassunto del capitolo

- L'aumento costante delle emissioni porterebbe a un ulteriore riscaldamento di 4° entro la fine del secolo e a un aumento di 70 cm del livello del mare entro quella data. In seguito, l'aumento continuerebbe.
- Molte parti del pianeta diventerebbero inabitabili. Questo peggiorerebbe le condizioni di vita di tutti gli esseri umani. Centinaia di milioni di persone sarebbero gettate sulla via dell'esilio.
- Una rapida riduzione delle emissioni di gas serra consentirebbe di limitare notevolmente i danni, ma non di evitarli del tutto.
- Gli Stati stanno cercando di coordinarsi per mettere sotto controllo questo problema catastrofico, grazie soprattutto all'Accordo di Parigi.
- Tuttavia, affinché le promesse diano frutti, l'attuazione deve avvenire all'interno di ciascun Paese. A questo proposito, è decisivo che i Paesi ricchi, che hanno una maggiore responsabilità storica e che dispongono anche di ingenti risorse, siano in prima linea nell'emancipazione dai combustibili fossili.
- Nonostante le sue dimensioni ridotte, la Svizzera fa parte di questo gruppo e deve assumersi le proprie responsabilità in modo ambizioso.

Parte II

La situazione in Svizzera

Se vogliamo ridurre le emissioni di gas serra in Svizzera, dobbiamo sapere da dove provengono e come si sviluppano. Non sorprende che questo esame evidenzi il ruolo centrale dei combustibili fossili, un tema che sarà esaminato nel Capitolo 5.

4

In Svizzera, l'80% della protezione del clima è una questione di energia

Tra il 1990 e il 2010, le emissioni di gas serra in Svizzera sono rimaste pressoché stabili. Da allora, grazie all'introduzione di misure iniziali, le emissioni sono diminuite di circa il 10%. Tuttavia, le tendenze variano notevolmente da un settore all'altro, come mostra il grafico della pagina seguente.

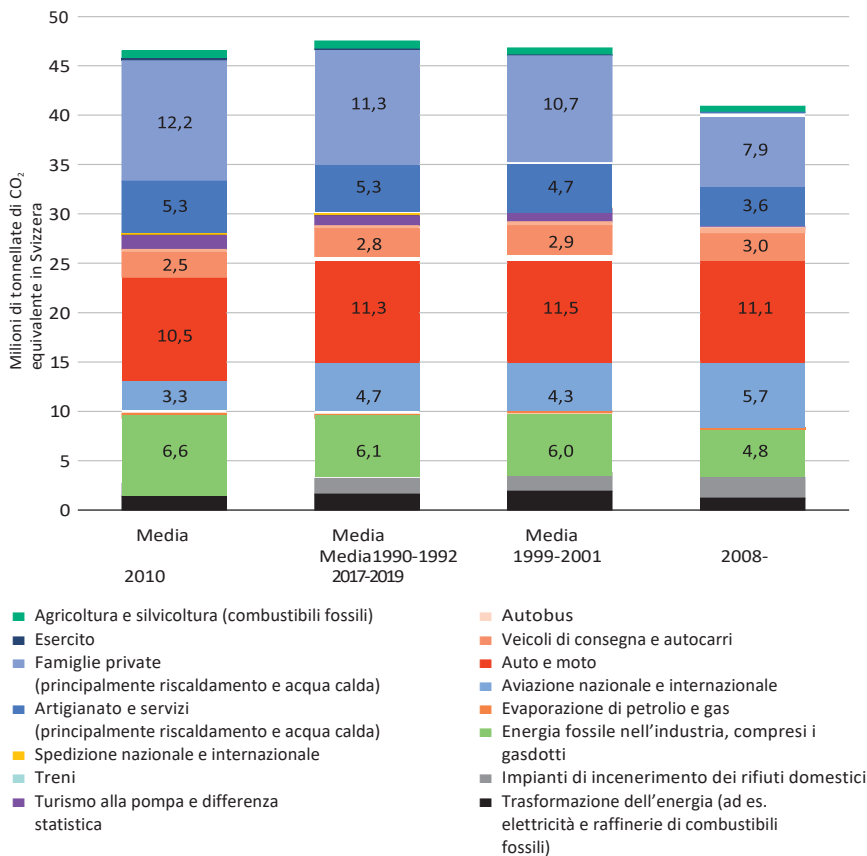
Sono stati compiuti progressi molto significativi nel riscaldamento di edifici residenziali, commerciali e di servizio, con una riduzione delle emissioni di un terzo, soprattutto negli ultimi anni. La tassa sul CO₂, i sussidi e gli standard introdotti dalla Confederazione e dai Cantoni, in particolare dal 2008, hanno avuto un impatto notevole. Hanno portato alla coibentazione di molti edifici, alla sostituzione degli impianti di riscaldamento e alla costruzione di nuovi edifici ad alta efficienza. L'industria ha inoltre ridotto il consumo di combustibili fossili del 20% negli ultimi dieci anni.

Si tratta di un segnale incoraggiante: quando si adottano le misure giuste, queste hanno effetto. Il trend incoraggiante dell'industria lo conferma: l'effetto combinato degli sforzi del settore e delle misure di sostegno ha permesso di ridurre le emissioni legate all'energia del 20% negli ultimi dieci anni. Possiamo solo sognare di ottenere risultati simili in altri settori.

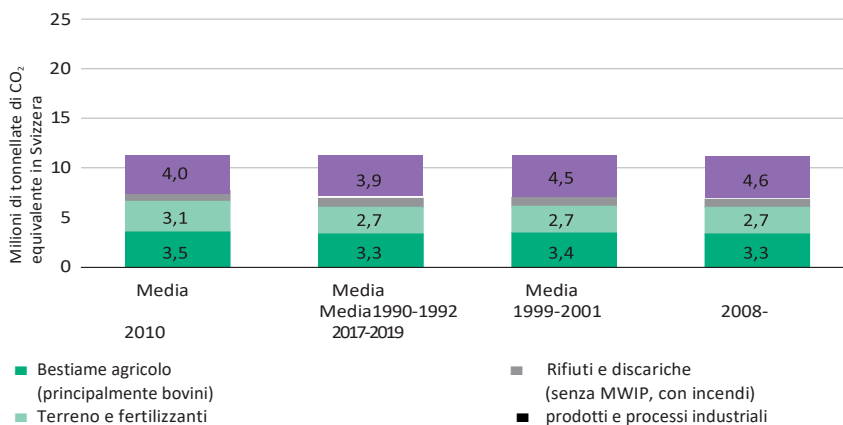
Figura 9. Andamento delle emissioni di gas a effetto serra in Svizzera nell'arco di tre decenni, per settore

Emissioni da combustibili fossili (79% dei gas serra)

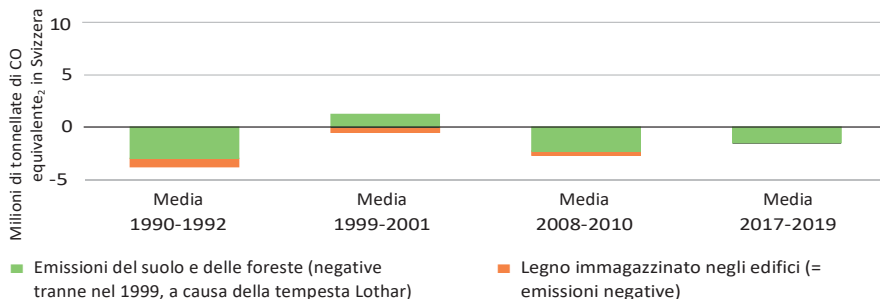
(compresa la combustione di materie plastiche con uso di energia)



Emissioni da combustibili non fossili (21% dei gas serra)



Emissioni negative



Fonte dei dati: [14]

Ma non è così. Non è stato fatto alcun progresso nel campo della mobilità terrestre, e in particolare dell'automobile. Inoltre, il quasi raddoppio delle emissioni dell'aviazione (prima della crisi Covid) è assolutamente catastrofico. È ancora più catastrofico perché l'effetto di riscaldamento è tre volte superiore a quello della sola CO₂, a causa delle altre sostanze emesse contemporaneamente. In particolare, il vapore acqueo e gli ossidi di azoto rilasciati negli strati superiori dell'atmosfera hanno un effetto riscaldante molto potente [15].

Si noti che la crescita degli alberi consente alcune emissioni negative, cioè l'assorbimento di CO₂, come si può vedere nel grafico sottostante. Tuttavia, in caso di tempeste che danneggiano la foresta, come quella di Lothar alla fine del 1999, le emissioni negative possono trasformarsi improvvisamente in emissioni positive. Ritorniamo sulla questione delle emissioni negative nel capitolo 23. Se si deduce l'effetto delle variazioni di assorbimento da parte dei suoli e delle foreste, le emissioni rimangono totalmente stabili a 58,5 milioni di tonnellate all'anno tra il 1990 e il 2010.

Come mostra chiaramente la Figura 9, circa l'80% delle emissioni di gas serra è attribuibile al consumo di combustibili fossili: trasporti, edifici, energia dall'industria e incenerimento di rifiuti plastici derivati dal petrolio e recuperati per la loro energia. Il legame tra energia e gas serra è quindi ancora più forte in Svizzera che a livello globale. In altre parole, in Svizzera la questione climatica è innanzitutto una questione di energia:

dobbiamo fare a meno dei combustibili fossili, il che solleva la questione delle fonti alternative, in particolare dell'elettricità, e di un uso più efficiente dell'energia in generale.

Nel complesso, la Svizzera non è affatto sulla strada giusta. Una riduzione del 10% delle emissioni per decennio non raggiungerebbe la neutralità climatica prima del 2110, cioè troppo tardi. Per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, dobbiamo invece triplicare il tasso di riduzione, per tagliare le emissioni di un terzo per decennio. Per raggiungere questo obiettivo, dobbiamo adottare misure molto più efficaci della legislazione attuale. Questo è lo scopo dell'iniziativa del Fondo per il clima.

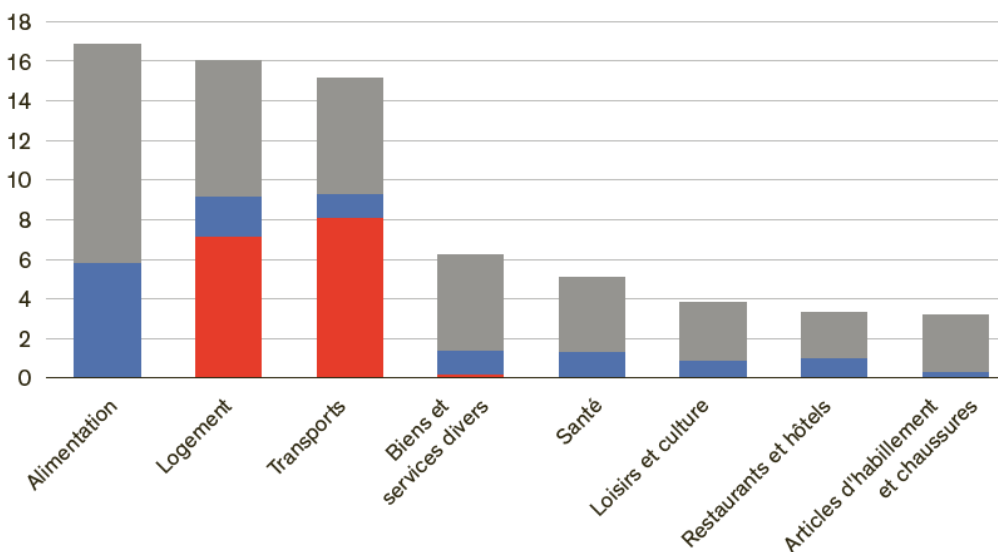
Tuttavia, l'impatto climatico degli abitanti della Svizzera non è affatto limitato alle emissioni di gas serra prodotte dal Paese stesso. Al contrario, lo stile di vita svizzero, con il suo elevato consumo di beni importati e di viaggi, determina un'impronta climatica totale molto più ampia di quella mostrata nel grafico precedente. Si stima che per ogni tonnellata di CO₂ emessa in Svizzera, lo «stile di vita svizzero» porti all'emissione di una tonnellata e mezza all'estero, in particolare attraverso la produzione di beni importati e il turismo [16]. In termini assoluti, le emissioni della Svizzera all'estero sono stabili da 20 anni, con circa 70 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente all'anno.

Il grafico seguente illustra l'impatto climatico dei consumi delle economie domestiche, che rappresentano esattamente i 2/3 dell'impatto totale della Svizzera. Non sorprende che l'abitazione e i trasporti costituiscano le quote maggiori. Più sorprendente è la quota di cibo, dove quasi due terzi delle emissioni sono attribuibili alle importazioni: di cibo, ma anche di foraggio e fertilizzanti. Nel capitolo 20 si affronta il delicato tema dell'agricoltura.

Figura 10. **Impronta dei consumi delle famiglie**
emissioni di gas serra in Svizzera nel 2020

Milioni di tonnellate di CO₂

Millions de tonnes d'équivalent CO₂



Fonte dei dati: [16].

Aiuto alla lettura: utilizzando l'esempio del settore dei trasporti (incluso qui il trasporto aereo): il rosso rappresenta i carburanti acquistati dalle famiglie in Svizzera. Il blu rappresenta la quota di carburante utilizzata dalle aziende per soddisfare direttamente le esigenze di trasporto delle famiglie. Il grigio rappresenta le emissioni legate alla fabbricazione dei nostri veicoli (tutti prodotti all'estero), all'acquisto di carburante all'estero, compresi i voli di andata e ritorno, e naturalmente alle emissioni legate all'estrazione di prodotti petroliferi e al gas importato.

Nel complesso, non c'è dubbio che il nostro stile di vita stia danneggiando notevolmente il clima e che sia urgente ridurre il suo impatto negativo. Poiché la combustione dei combustibili fossili è responsabile dei quattro quinti delle emissioni di gas a effetto serra, sarebbe impossibile agire senza prima esaminare l'attuale approvvigionamento energetico della Svizzera. Questo è l'argomento del prossimo capitolo.

Riassunto del capitolo

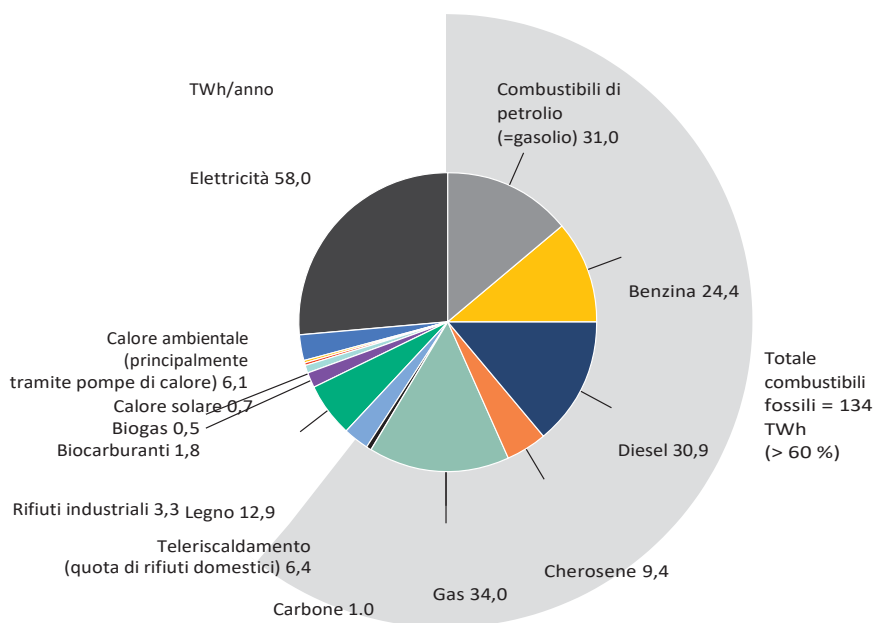
- La Svizzera ha ridotto le proprie emissioni di CO2 solo di circa il 10%. Questa riduzione, iniziata solo negli anni 2010, è dovuta ai settori dell'edilizia e dell'industria.
- Gli altri settori non hanno ridotto le loro emissioni e il settore dell'aviazione ha raddoppiato le sue emissioni tra il 1990 e il 2019.
- Il ritmo attuale è del tutto inadeguato e non ci permetterà di raggiungere la neutralità climatica prima del 22° secolo. La leva principale è una rapida riduzione dell'uso dei combustibili fossili, responsabili dell'80% delle emissioni di gas serra in Svizzera.
- Le emissioni che lo stile di vita svizzero genera all'estero sono considerevoli. Rappresentano una volta e mezza le emissioni territoriali della Svizzera. Si tratta principalmente di emissioni attribuibili alla fabbricazione di prodotti importati e ai viaggi.
- La politica svizzera può influire indirettamente su queste emissioni, in particolare attraverso accordi internazionali.

5

L'approvvigionamento energetico della Svizzera

I combustibili fossili, cioè i prodotti derivati dal petrolio, dal gas naturale e dal carbone, rappresentano oltre il 60% del consumo finale di energia in Svizzera, come mostra il grafico della pagina successiva. Queste sostanze sono importate nella loro totalità e la loro combustione emette CO₂. La CO₂ emessa da questo 60% circa di energia rappresenta l'80% delle emissioni di gas serra, mentre il resto non è attribuibile all'energia, ma a settori come l'agricoltura e i processi industriali. Come ha dimostrato chiaramente l'aggressione russa in Ucraina, questa dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili rappresenta un grosso rischio. Inoltre, la combustione dei prodotti petroliferi degrada la qualità dell'aria, anche se negli ultimi anni sono stati compiuti notevoli progressi grazie agli standard tecnici svizzeri ed europei, in particolare per i veicoli.

Figura 11. Consumo finale di energia in Svizzera nel 2021



Fonti: grafico basato su dati [17, p. 2].

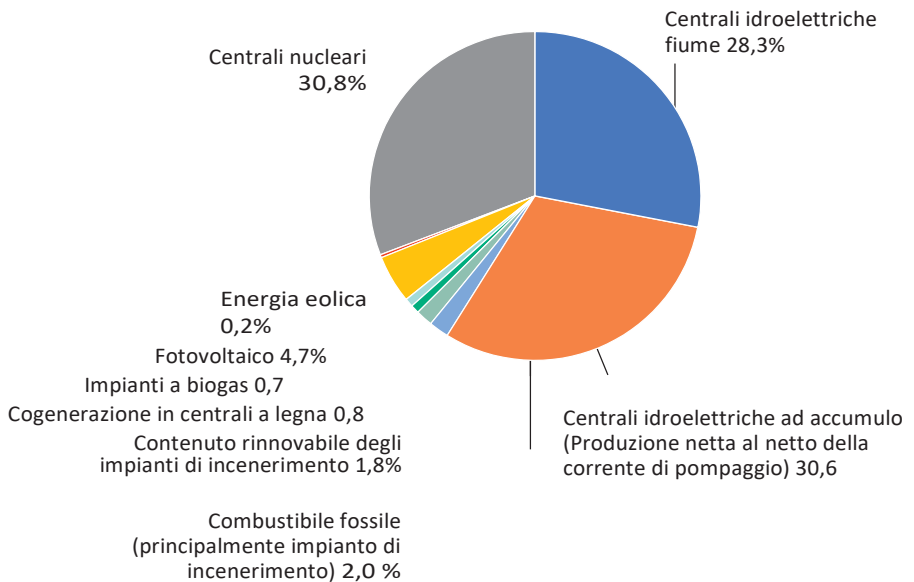
Nota: a causa della crisi Covid, il consumo di paraffina nel 2021 è stato inferiore alla metà del livello abituale. Gli altri livelli di consumo sono stati vicini alla norma.

L'elettricità, indicata in nero nel grafico precedente, è una forma di energia che rappresenta il 26% del consumo finale di energia. Oltre ai combustibili fossili e all'elettricità, la Svizzera utilizza altre fonti energetiche che rappresentano il 14% del totale. Queste sono utilizzate principalmente per generare calore. Un fatto poco noto: produciamo una quantità significativa di calore ed elettricità bruciando i rifiuti, in particolare quelli domestici.

Come si può vedere dal grafico a fianco, due terzi dell'elettricità generata in Svizzera provengono da fonti rinnovabili. L'energia idroelettrica, la fonte rinnovabile tradizionale, fa la parte del leone. Tra le nuove energie rinnovabili, l'energia solare fotovoltaica è ora in crescita.

Produce tanta elettricità quanto tutte le altre nuove energie rinnovabili, compresa la quota di elettricità rinnovabile prodotta dagli impianti di incenerimento dei rifiuti. La parte non rinnovabile è costituita principalmente dall'energia nucleare, ma comprende anche una piccola quantità di energia da combustibili fossili, soprattutto dalla combustione di plastica negli impianti di incenerimento dei rifiuti. In Svizzera non sono in funzione grandi centrali elettriche a combustibili fossili.

Figura 12. Produzione di energia elettrica in Svizzera nel 2021



Fonti: grafico basato su dati [17, p. 39].

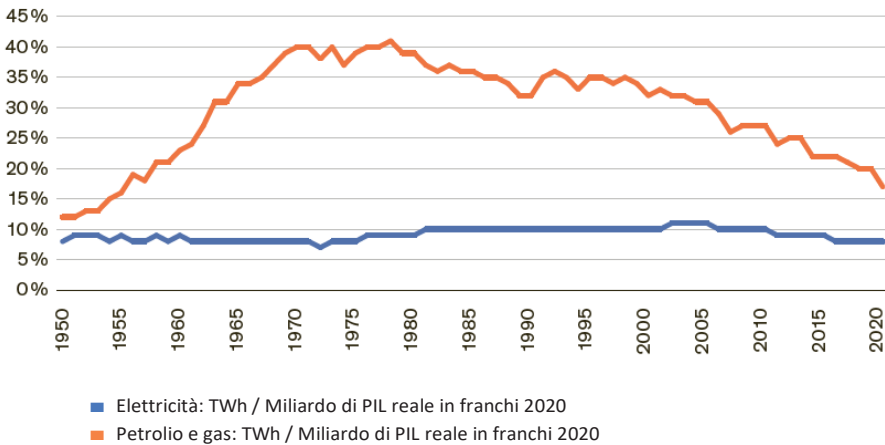
Osservazioni:

- Nel 2023, è possibile che la percentuale di energia elettrica prodotta da fonti fossili sia leggermente superiore se le turbine fossili installate d'urgenza dal governo federale a Birr (AG) dovranno funzionare frequentemente. Potrebbe essere l'1% o il 2%, o anche un po' di più se vengono mobilitati i generatori di emergenza. Va notato che questa produzione in Svizzera sostituisce l'energia importata, anch'essa di origine fossile.
- Produzione lorda al netto della corrente utilizzata dalle pompe per pompare l'acqua nelle dighe corrisponde alla produzione netta.
- La cogenerazione consiste nell'ottenere sia elettricità che bruciando un combustibile (spesso petrolio) per produrre elettricità o gas). Si tratta della cosiddetta «cogenerazione forza-calore».

In media, la Svizzera produce tanta elettricità quanta ne consuma, ma questa prospettiva annuale non racconta tutta la storia. La Svizzera soffre di un certo squilibrio stagionale: in pieno inverno importa circa un terawattora di elettricità al mese, perché la sua produzione è insufficiente a coprire il consumo relativamente elevato in quel periodo dell'anno. Durante l'estate, la situazione si inverte: la Svizzera esporta circa un terawattora al mese perché la sua maggiore produzione supera il suo minore consumo. Torneremo su questa questione in dettaglio nel capitolo 16. La questione è stata anche al centro del nostro libro *Le Plan Solaire et Climat* [18].

L'energia è anche una delle forze trainanti dell'economia. Esiste quindi uno stretto legame tra il prodotto interno lordo e il consumo di energia, anche se le tendenze strutturali dell'elettricità e dei combustibili fossili sono molto diverse, come mostra il grafico seguente.

Figura 13. Intensità di elettricità e combustibili fossili del PIL reale



Fonte dei dati di calcolo: [19] e [20].

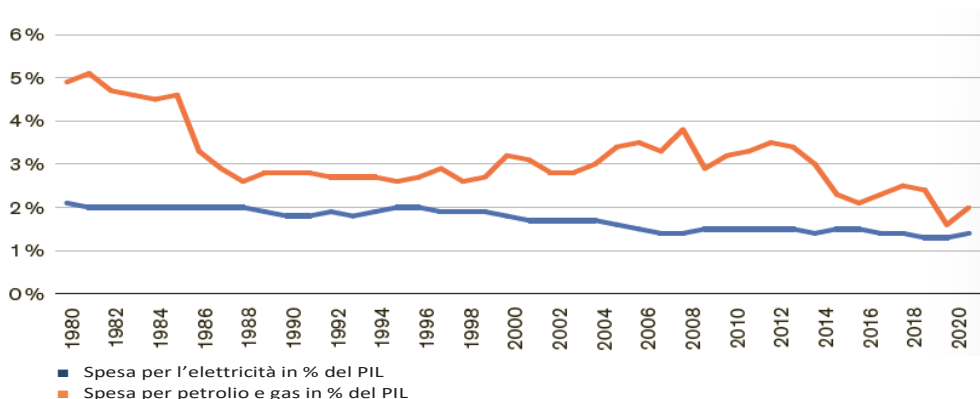
L'intensità fossile, ovvero la quantità di energia fossile per unità di PIL reale³, è letteralmente esplosa tra il 1950 e il 1970. In seguito ha iniziato un lento declino, che si è accelerato alla fine del secolo. In termini relativi, cioè in rapporto al PIL, la decarbonizzazione è iniziata 50 anni fa: tra il 1975 e oggi, il fabbisogno di combustibili fossili per produrre la stessa quantità di ricchezza si è più che dimezzato! Anche se una parte di questa riduzione è probabilmente dovuta alla deindustrializzazione o alla delocalizzazione della produzione ad alta intensità energetica, il guadagno di efficienza è evidente. Tuttavia, in termini assoluti, cioè in termini di consumo totale di energia, la decarbonizzazione è iniziata solo circa dieci anni fa. Questo spiega perché il calo delle emissioni di CO₂, legato al consumo di combustibili fossili, è iniziato solo allora, come mostra la Figura 9.

Il grafico mostra che la situazione è molto diversa per l'elettricità. È sorprendente notare che l'intensità dell'elettricità è rimasta pressoché costante nell'arco di 7 decenni, sebbene la curva blu mostri un leggero calo negli ultimi 15 anni: il consumo di elettricità si è infatti stabilizzato dal 2007, mentre il PIL reale ha continuato a crescere. Ciò riflette un aumento dell'efficienza nell'uso dell'elettricità. Nel complesso, ciò riflette la crescente importanza dell'elettricità, il cui peso relativo sta aumentando nel mix energetico: negli anni '70, utilizzavamo cinque volte più petrolio e gas che elettricità. Oggi questa proporzione è solo di 2,5.

Per comprendere l'impatto economico degli acquisti energetici, vale la pena di osservare la quota del PIL che dedichiamo alla spesa corrente per l'energia, anche se i dati disponibili risalgono solo al 1980.

3. Il PIL indica la produzione totale di beni e servizi nell'economia di un Paese (escluse le attività non retribuite). L'aggettivo «reale» significa che la misura è corretta per le variazioni del livello dei prezzi (inflazione), consentendo così di effettuare confronti significativi nell'arco di decenni.

Figura 14. Spesa degli utenti finali per l'energia (comprese tutte le imposte) in % del PIL



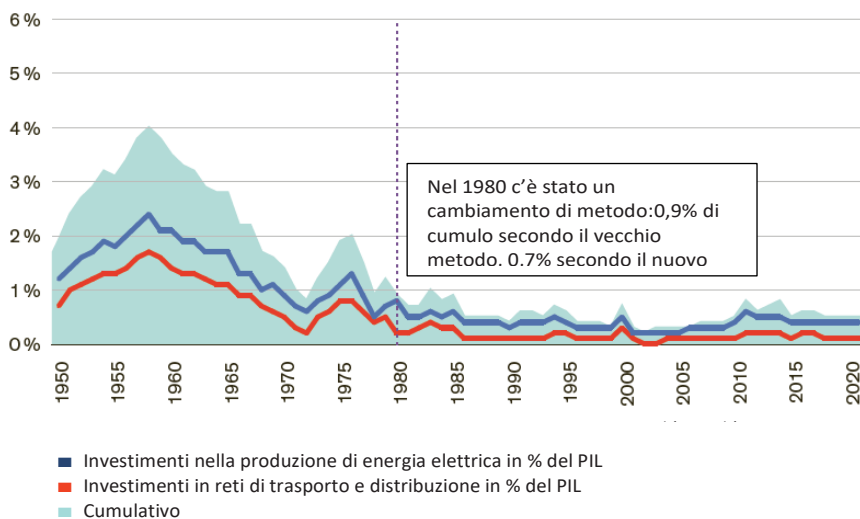
Fonte dei calcoli: [20] e [21, pag. 42].

Nel grafico qui sopra, è sorprendente vedere che stiamo dedicando una quota decrescente del PIL alla spesa per il petrolio e il gas. La loro quota del PIL è scesa dal 5% al 2% in 40 anni (linea arancione). Nel 2021, i consumatori finali hanno speso 15 miliardi di dollari per petrolio e gas, di cui 6 miliardi per le importazioni. Il resto è costituito da tasse (IVA, imposta e sovrattassa sugli oli minerali e tassa sul CO₂) e costi di distribuzione. I combustibili fossili costituiscono una buona base fiscale, ma la loro disponibilità genera un valore aggiunto molto limitato in Svizzera.

All'inizio degli anni '80, spendevamo il 2% del PIL per l'acquisto di elettricità, contro l'1,4% di oggi (linea blu). Si tratta di circa 10 miliardi all'anno per la rete, la produzione e il «supplemento di rete» utilizzato per finanziare gli investimenti nella produzione di elettricità (reinvestiti in Svizzera). La maggior parte del valore aggiunto del settore elettrico rimane in Svizzera. L'unica tassazione sostanziale è l'IVA, oltre a tasse locali occasionali per sostenere misure di efficienza energetica o scopi simili.

Dato il ruolo costante dell'elettricità nel PIL, ci si potrebbe aspettare una certa costanza negli investimenti nel settore. Tuttavia, non è così, come mostra il grafico seguente.

Figura 15. **Andamento degli investimenti nel settore elettrico, in % del PIL**



Fonte dei dati per il grafico: [20] e [22].

I nostri predecessori hanno investito massicciamente nell'elettricità negli anni '50 e '60, destinandovi fino al 4% del PIL quando sono state costruite le grandi dighe. Un secondo picco, più modesto, si è verificato negli anni '70, quando sono state costruite due grandi centrali nucleari. Negli ultimi anni si è registrata una leggerissima ripresa, probabilmente attribuibile agli sforzi di modernizzazione della rete e ai progetti di pompaggio. Va notato che gli investimenti nel fotovoltaico da parte di privati e imprese «al di fuori del settore elettrico» non sono riportati nel grafico. Questi possono essere stimati tra lo 0,10% e lo 0,15% del PIL nel 2020. Questa cifra va quindi aggiunta allo 0,50% del PIL indicato nel grafico.

Il calo della quota di PIL destinata all'acquisto di energia elettrica non sorprende, visto che negli ultimi anni gli investimenti hanno subito un forte calo nel tempo, che alla fine si è riflesso sul prezzo.

Quali conclusioni possiamo trarre da tutto ciò? Per quanto riguarda la generazione di elettricità, per decenni abbiamo vissuto con infrastrutture costruite dai nostri nonni, se non dai nostri bisnonni. Anche se possiamo ipotizzare che gli investimenti in attrezzature siano diventati leggermente più efficienti nel corso dei decenni, la constatazione generale è implicita: ci troviamo in una situazione di totale sottoinvestimento. L'età media delle centrali nucleari è di oltre 45 anni, un periodo lungo che aumenta il rischio di guasti. Quanto alle dighe, stanno gradualmente entrando nella fase di grande rinnovamento, al termine di concessioni di circa 80 anni. Qualunque sia l'opzione scelta, non c'è dubbio che siano necessari investimenti massicci. Come vedremo, l'energia elettrica è destinata a svolgere un ruolo decisivo nella sostituzione dei combustibili fossili, con un aumento dell'efficienza molto significativo. Questo è il nocciolo della questione.

Riassunto del capitolo

- Oltre il 60% dell'energia finale consumata in Svizzera proviene da combustibili fossili (petrolio, gas e, in misura minore, carbone). L'importanza relativa di queste fonti energetiche sta diminuendo, ma non abbastanza velocemente. Questo 60% di energia è responsabile dell'80% delle emissioni di gas serra.
- L'elettricità rappresenta un quarto di tutta l'energia, ma il suo ruolo è destinato a crescere con la sostituzione dei combustibili fossili.
- L'elettricità prodotta in Svizzera non emette praticamente CO₂. Tuttavia, il 30% circa dell'elettricità generata dall'energia nucleare dovrà essere gradualmente sostituito, poiché queste centrali raggiungeranno presto la fine della loro vita utile.
- Negli ultimi quarant'anni circa, la Svizzera ha fatto ben poco per sviluppare la propria produzione di energia elettrica. In ogni caso, è indispensabile un massiccio reinvestimento.

6

Verso l'elettrificazione del sistema energetico

Nel 2021, gli utenti finali, ossia le famiglie, le imprese e il settore pubblico, hanno speso 26 miliardi per acquistare energia (Figura 14). Naturalmente, hanno sostenuto questa spesa considerevole solo perché l'energia è così utile per loro. Come logico corollario, non hanno intenzione di rinunciare ai benefici che ne derivano. In altre parole, è necessario sviluppare alternative ai combustibili fossili e le opzioni principali sono tre:

La prima opzione è quella di utilizzare il calore rinnovabile e di recupero: legna da ardere, calore sotterraneo, sole, calore rilasciato dai sistemi di raffreddamento e tutte le loro varianti. Questa prima opzione è molto facilitata se miglioriamo l'efficienza, ad esempio isolando una casa: il suo consumo sarà ridotto e sarà quindi più facile riscaldarla con energia rinnovabile. Poiché il calore non può essere facilmente trasportato su lunghe distanze, deve comunque essere raccolto o generato localmente.

La seconda opzione è quella di utilizzare l'elettricità. Questa forma di energia presenta un formidabile vantaggio intermini di efficienza per due importanti utilizzi:

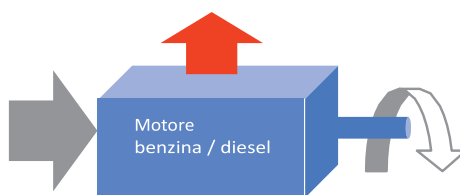
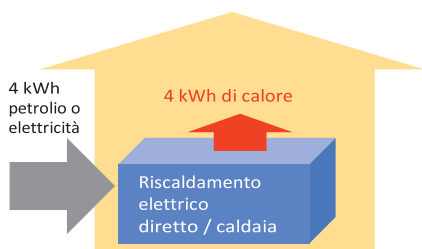
- Per il lavoro meccanico, per esempio far avanzare un'auto, è quattro volte più efficiente: un'auto elettrica media

consuma circa 20 kWh di elettricità per percorrere 100 km, mentre un'auto tradizionale consuma 70-80 kWh di benzina o diesel (o 7-8 litri).

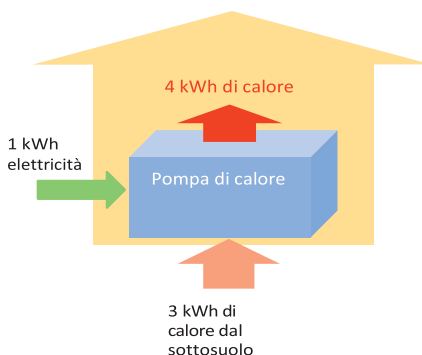
- Utilizzando una pompa di calore, un kWh di elettricità può concentrare 3 kWh di calore dall'aria circostante o dal terreno, fornendo la stessa quantità di calore utile di 4 kWh di nafta o gas per riscaldare un edificio.

Figura 16. Efficienza comparativa dei combustibili fossili ed elettricità per il riscaldamento e la mobilità

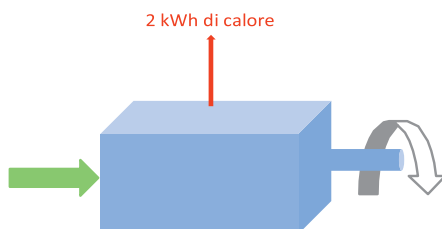
Riscaldare una casa
Convenzionale



Pompa di calore



Con un'auto elettrica



Notiamo infine, è molto più facile ed ecologico raccogliere energia rinnovabile sotto forma di elettricità (utilizzando pannelli fotovoltaici, turbine eoliche o chiatte) che produrre agrocanturanti. Per questi ultimi sarebbero necessarie

enormi superfici di colture energetiche (palma, colza, mais, canna da zucchero, barbabietola ecc.).

La terza opzione è quella di utilizzare il gas rinnovabile per sostituire il gas fossile, ad esempio per alimentare un forno ad alta temperatura. In questo caso, però, il gas deve essere prodotto (o importato). Nel caso delle importazioni, si ripropone la questione della sicurezza dell'approvvigionamento. E dato il potenziale limitato del biogas, l'opzione principale è quella di convertire l'elettricità in eccesso in gas (un processo noto come «power to gas»). Ciò richiede una capacità di produzione di energia elettrica che generi eccedenze, e quindi investimenti. Torneremo sull'argomento più avanti, ma vale la pena di notare che il processo non è molto efficiente, poiché occorrono circa 2 kWh di elettricità per ottenere 1 kWh di metano.

Nel complesso, è chiaro che la questione della fornitura di elettricità è assolutamente cruciale per il successo della decarbonizzazione, perché avremo bisogno di più elettricità. E i cittadini avranno fiducia nell'elettricità solo se potranno essere certi che questa forma di energia sia disponibile in quantità sufficienti.

Rafforzare e garantire l'approvvigionamento elettrico è quindi una delle sfide centrali di qualsiasi politica climatica. Non solo dobbiamo riuscire a raccogliere grandi quantità di elettricità rinnovabile per coprire questi nuovi usi dell'elettricità, ma dobbiamo anche risolvere la questione dello stoccaggio temporaneo o stagionale dell'elettricità. Infine, non si può trascurare l'uso efficiente dell'elettricità.

L'analisi di cui sopra dimostra che le sfide sono colossali. Abbiamo bisogno di una trasformazione strutturale del sistema energetico. Sebbene questo tema abbia ricevuto poca attenzione politica negli ultimi decenni, ora è chiaramente tornato sotto i riflettori.

Di fronte alle sfide dell'energia e del cambiamento climatico, la Svizzera non ha ancora compreso appieno la profondità della trasformazione necessaria per adattare le nostre infrastrutture di produzione, trasporto e utilizzo dell'energia.

In particolare, vanno menzionate le seguenti aree:

1. Per ridurre a zero le loro emissioni di CO₂ più di un milione di edifici devono essere ristrutturati, includendo l'isolamento e la modifica dei sistemi di riscaldamento.
2. L'obiettivo è quello di sostituire la flotta di veicoli a combustibile fossile con veicoli elettrici e di assicurarne l'alimentazione elettrica.
3. Nella maggior parte delle aziende industriali, sarà necessario apportare modifiche sostanziali ai processi e alle procedure. Si tratta ovviamente di un'opportunità, perché rende i processi produttivi meno vulnerabili, ma è necessario garantire il finanziamento iniziale.
4. Il settore dei rifiuti è doppiamente importante: i rifiuti sono una preziosa fonte di energia, ma la frazione fossile, cioè la plastica, genera emissioni di CO₂ quando viene incenerita. Dobbiamo aumentare il riciclaggio, ridurre l'incenerimento e probabilmente catturare le emissioni di CO₂. Oltre all'impatto sul clima, bruciare la plastica usata è uno spreco di risorse.
5. Il settore delle costruzioni dovrà innovare molto, poiché sarà necessario ridurre l'uso del cemento, la cui produzione emette una grande quantità di CO₂. Inoltre, le emissioni residue della produzione di cemento dovranno essere catturate.
6. Nel settore dell'elettricità, gli investimenti necessari per la produzione sono enormi: entro il 2050, almeno due chilowattora su tre dovranno provenire da un impianto che oggi non esiste ancora.
7. La questione dello stoccaggio temporaneo o stagionale dell'elettricità richiederà investimenti significativi, che però non potranno essere finanziati a lungo termine dal disfunzionale mercato attuale dell'elettricità. Altrimenti,

dovremo ricorrere ai combustibili fossili per coprire parte della domanda invernale.

8. È necessario un notevole sforzo anche per l'offerta di servizi di trasporto, in particolare per sostituire i voli a corto raggio.
9. Le emissioni non energetiche, come quelle provenienti dall'agricoltura, dovranno essere ridotte.

Il programma per questa trasformazione è quindi erculeo. È chiaro che in alcuni settori la soluzione non sarà tecnica, ma comportamentale. Ad esempio, dobbiamo ridurre il volume dei viaggi aerei a lungo raggio, perché non esiste un'alternativa tecnica credibile a breve o medio termine.

Si tratta dunque di trasformare il nostro modello di società da un modello di prosperità limitata nel tempo a uno che garantisca il benessere a lungo termine. Per la prima volta nella storia dell'umanità, la politica e il destino delle società su scala globale si scontrano con i limiti fisici della Terra.

Ma a meno di far prova di un'inaccettabile codardia nei confronti dei posteri e delle popolazioni più esposte del pianeta, non abbiamo altra scelta che intraprendere questa trasformazione. È anche nell'interesse della nostra generazione.

A questo punto, è il momento di sollevare una domanda che molti si pongono: se solo la Svizzera e una manciata di Paesi europei riducessero le loro emissioni, ma il resto del mondo continuasse la corsa a capofitto verso i combustibili fossili, lo sforzo varrebbe la pena?

È una domanda legittima, visto che nonostante i nostri sforzi in Svizzera, il mondo si troverebbe ancora nello scenario peggiore, rappresentato dalle linee marroni nei grafici del Capitolo 3. Ciò significa che per i prossimi due decenni almeno, rimarremmo sicuramente sulla traiettoria peggiore. In questo scenario, assisteremmo a una lotta molto brutale per le ultime riserve di petrolio e gas fossili facilmente accessibili. Per molti Paesi, le forniture diventerebbero sempre più precarie.

L'accelerazione del riscaldamento globale porrebbe enormi problemi all'agricoltura e alle popolazioni dei Paesi più esposti. Tuttavia, se la Svizzera si liberasse dalla dipendenza dai combustibili fossili, avrebbe l'immenso vantaggio di essere al riparo dalla corsa globale all'energia. In termini di approvvigionamento energetico, il vantaggio sarebbe enorme.

D'altra parte, in questo scenario di inazione globale, le conseguenze per il clima diventerebbero rapidamente catastrofiche. Con l'effetto plausibile, entro mezza generazione, di innescare un'inversione di tendenza in molti Paesi, nel tentativo di limitare il riscaldamento a 3 gradi nonostante tutto. In questo caso, lo sforzo svizzero sarà stato meno violento e più uniformemente distribuito nel tempo. In termini economici, sarà stato più possibile sfruttare il ciclo naturale di sostituzione delle apparecchiature per ridurre gradualmente le emissioni. Infine, in termini tecnologici, avremo acquisito una posizione pionieristica.

Quindi è chiaro che la trasformazione vale la pena, anche se il resto del mondo non la segue subito. In realtà, possiamo scegliere tra un circolo vizioso e un circolo virtuoso. Il primo consiste nel farsi strangolare dai costi dell'energia e del riscaldamento globale, perdendo progressivamente il margine di manovra per risolvere i problemi. Il circolo virtuoso consiste nell'investire ora per ridurre gradualmente la nostra spesa attuale per i combustibili fossili, lasciandoci un margine di manovra per le fasi successive.

Per compiere progressi rapidi ed efficaci in questa trasformazione strutturale, l'iniziativa «Fondo per il clima» propone un approccio ampiamente nuovo, basato su investimenti pubblici e privati. Per comprendere la portata del progetto, dobbiamo prima capire la politica attuale e i suoi limiti. Quali sono i risultati che ci spingono a proporre un cambiamento in meglio? Questo è l'argomento della Parte III.

Riassunto del capitolo

- La sfida centrale della politica energetica del Paese è la trasformazione profonda da un sistema economico di prosperità limitata a uno di prosperità sostenibile. È necessaria un'ondata di investimenti.
- L'elettricità, altamente efficiente nel suo utilizzo, è un mezzo ideale decarbonizzazione. Nei settori del riscaldamento e della mobilità terrestre, può ridurre il consumo energetico di quattro volte.
- Naturalmente, anche il calore rinnovabile e il recupero di calore sono importanti. Anche l'uso di gas sintetico prodotto da energie rinnovabili sarà essenziale.
- Anche se la maggior parte degli Stati non si sta ancora muovendo in questo senso e la situazione climatica è destinata a peggiorare notevolmente nei prossimi anni, vale la pena di procedere verso la decarbonizzazione in Svizzera. In primo luogo, per liberarci dalla corsa alla ricerca degli ultimi combustibili fossili.
- In secondo luogo, date le conseguenze del riscaldamento globale è molto probabile che molti altri Paesi, attualmente recalcitranti, cambino in seguito le loro politiche e inizino a proteggere efficacemente il clima. La Svizzera avrà il vantaggio, insieme all'Unione Europea, di essere in anticipo sui tempi.

Parte III

Lo stallo sociale ed ecologico dell'attuale politica climatica

La prima legge sulla CO₂ risale al 1999 ed è stata concepita per rispettare l'accordo di Kyoto. La Svizzera voleva ridurre le proprie emissioni del 10% entro un decennio. Tuttavia, i risultati della sua politica climatica sono più che deludenti: le emissioni di gas serra della Svizzera hanno ristagnato tra il 1990 e il 2006 circa, per poi diminuire solo di un misero 10% fino al 2019, soprattutto a partire dal 2010 (vedi Figura 9). Le misure attualmente in vigore sono quindi chiaramente insufficienti. Va notato che la politica energetica risale a tempi più remoti e già prima del 1999 mirava a ridurre la dipendenza dal petrolio, in particolare aumentando l'efficienza. Questo approccio era una reazione agli shock petroliferi degli anni Settanta. Esamineremo ora gli obiettivi e i principali orientamenti dell'attuale politica energetica e climatica.

7

La politica energetica e climatica attuale

L'attuale versione della legge sul CO₂ è nata come parte di una revisione totale nel 2011 ed è stata poi sostanzialmente rafforzata come parte della strategia energetica 2050, approvata dal voto popolare nel 2017. Anche il testo respinto nel giugno 2021 avrebbe costituito una revisione totale. In seguito a questa bocciatura, alla fine del 2021 è stato adottato d'urgenza un emendamento tecnico minore alla legge attuale, per estendere nel tempo gli obiettivi e alcuni strumenti della legge attuale.

La presentazione che segue illustra la politica climatica in vigore nel 2022. Si basa principalmente sulla legge sul CO₂, ma anche le leggi cantonali e federali sull'energia svolgono un ruolo importante. Nella presentazione che segue non sono esplicitamente menzionate tutte le politiche «soft», come l'informazione o la promozione dell'innovazione. Tuttavia, è bene ricordare che esse esistono nella maggior parte dei settori. Infine, va sottolineato che si tratta di una sintesi, che per definizione semplifica e omette molti dettagli (si veda anche [23]).

1. Obiettivi quantitativi

La legge stabilisce che entro il 2024 le emissioni di gas serra in Svizzera dovranno essere ridotte del 26% rispetto ai livelli del 1990. È da notare che un diciassettesimo di queste riduzioni

possono essere ottenute sotto forma di compensazioni all'estero. Le emissioni dell'aviazione non sono incluse nell'obiettivo perché non sono coperte da accordi internazionali (un'omissione di per sé sconcertante!). Entro il 2021, per l'intero settore energetico (esclusi aviazione internazionale, cemento e varie), la Svizzera avrà raggiunto una riduzione del 18,4% rispetto al 1990. Questo risultato corrisponde all'obiettivo della legge. In realtà, però, questa cifra sovrastima la situazione, in particolare perché non tiene conto del quasi raddoppio delle emissioni di CO₂ dell'aviazione dal 1990, che è chiaramente visibile nella Figura 9.

2. Per gli edifici

Tassa di incentivazione sul CO₂ per i combustibili fossili
– L'olio combustibile e il gas sono soggetti a una tassa di incentivazione di Fr. 120.– per tonnellata di CO₂, pari a 30 centesimi per litro di gasolio da riscaldamento. Questa tassa è un incentivo per evitare l'uso di combustibili fossili, in particolare per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria, che rappresentano circa i tre quarti del loro utilizzo.

Va notato che la tassa di incentivazione manca ampiamente il bersaglio nel caso di edifici in affitto: il proprietario trasferisce all'inquilino non solo il costo dell'acquisto del gas o del gasolio da riscaldamento, ma anche la tassa sulla CO₂. È quindi l'inquilino a dover sopportare il peso dell'incentivo, ma senza il potere di decidere di risanare. Al massimo, gli inquilini possono risparmiare riscaldando un po' meno, a condizione che abbiano una bolletta individuale. Va notato, tuttavia, che la tassa ha un piccolo effetto indiretto sul proprietario, in quanto la sua esistenza riduce il valore di rivendita di un edificio non efficiente dal punto di vista energetico.

Le aziende sono soggette alla tassa sul CO₂ anche quando utilizzano gas o olio da riscaldamento. Tuttavia, c'è un'eccezione: i grandi emettitori industriali non sono soggetti alla tassa sul CO₂, ma devono partecipare al sistema delle «quote di emissione» (vedi sotto).

Si noti inoltre che i carburanti, ovvero benzina, diesel e paraffina, non sono soggetti alla tassa sul CO₂. D'altra parte, la benzina e il diesel sono tassati dalla Confederazione a circa 77 centesimi al litro per finanziare diversi compiti legati ai trasporti e per contribuire al fondo generale.

Almeno due terzi dei proventi della tassa sul CO₂ saranno trasferiti ai cittadini e alle imprese. Per i privati, ciò significa un importo forfettario annuo di 88 franchi a persona nel 2022, sotto forma di sconto sulle fatture dell'assicurazione malattia. Per le aziende, l'importo è di 85 franchi per 100.000 franchi di massa salariale. L'importo del rimborso è fisso. Non aumenta con il consumo individuale, altrimenti l'effetto di incentivazione verrebbe annullato.

Il «programma edifici» – Un massimo di un terzo del gettito della tassa sul CO₂ è destinato al «programma edifici». Questo programma, gestito dai Cantoni, sovvenziona la ristrutturazione degli edifici (aggiungendo un franco cantonale per ogni due franchi della tassa sul CO₂). Gli importi della tassa sul CO₂ corrispondono alla parte non restituita alla popolazione e alle imprese. Entro il 2020, il sostegno totale alla ristrutturazione degli edifici ammonterà a circa 300 milioni di franchi (tendenza in aumento). Per poter beneficiare del sostegno alla ristrutturazione, i proprietari degli edifici devono raggiungere un buon livello di isolamento. In pratica, il sostegno copre il 10 o il 15% dei costi.

Detrazioni fiscali – Le persone fisiche possono detrarre i costi dell'efficienza energetica dal loro reddito imponibile. Questo vale per l'imposta federale diretta e, nella maggior parte dei cantoni, per l'imposta cantonale e comunale. In generale, la detrazione può essere ripartita su due anni fiscali. Si tratta di un forte incentivo per le persone facoltose, dato che la loro aliquota fiscale marginale è spesso pari al 40%. In altre parole, una persona con un buon reddito che investe fr. 50.000.– risparmia fr. 20.000.– in tasse! Ma per le persone con un reddito più basso, in particolare i proprietari di case

quando vanno in pensione, ricevono molto meno aiuti, perché la loro aliquota fiscale marginale è più bassa. Questo è un aspetto molto ingiusto.

Per le aziende, l'effetto è minore: quando una società per azioni investe fr. 100.– per isolare il proprio edificio, l'ammortamento di questo importo riduce il suo profitto, e quindi l'imposta dovuta. La riduzione corrisponde all'aliquota fiscale locale (tra l'11% e il 24%). I fondi pensione, anch'essi grandi proprietari di immobili, non beneficiano di alcun incentivo fiscale, in quanto non pagano imposte.

Norme cantonali - Indipendentemente dalla legge sul CO₂, i Cantoni hanno adottato norme tecniche per l'isolamento, il riscaldamento e il raffreddamento. Il livello di esigenza è diverso per i nuovi edifici e per le ristrutturazioni. Queste norme seguono un modello armonizzato tra i cantoni, noto come «Modello di prescrizioni energetiche dei Cantoni», abbreviato «MoPEC», alcuni moduli del quale sono opzionali. Purtroppo, i progressi e le ambizioni di attuazione variano notevolmente, rendendo difficile avere una visione d'insieme. Tuttavia, alcuni cantoni, come Zurigo, Basilea e Neuchâtel, hanno *di fatto* quasi completamente vietato la sostituzione del riscaldamento a combustibili fossili con un nuovo riscaldamento a combustibili fossili.

Valutazione complessiva per gli edifici – Nel complesso, questo programma sta avendo innegabilmente un effetto, poiché il settore edilizio è quello che sta riducendo maggiormente le proprie emissioni, anche se la velocità e il volume delle ristrutturazioni sono insufficienti. Inoltre, c'è il rischio che il programma si esaurisca, dal momento che i primi punti percentuali di risparmio in un edificio possono essere ottenuti con semplici adeguamenti, senza alcun investimento.

3. Per le aziende

Tassa sul CO₂ ed esenzione in caso di investimenti – Le aziende soggette alla tassa sul CO₂ per il gas e il gasolio da riscaldamento possono richiedere l'esenzione se si impegnano

a realizzare investimenti con obiettivi di riduzione che si ripagano in 4 anni per i processi e in 8 anni per le infrastrutture. Questo sistema funziona relativamente bene perché incoraggia le aziende a mettere in discussione le proprie abitudini. Non è raro che le aziende finiscano per risparmiare elettricità a seguito di audit volti a trovare modi per ridurre il consumo di gas o olio combustibile!

Sistema di quote di emissioni – La Svizzera ha adottato lo stesso sistema di scambio di emissioni dell’Unione Europea e dal 2020 è collegata al sistema europeo. Le grandi aziende industriali, le compagnie aeree (per i voli intraeuropei), i produttori di elettricità da combustibili fossili e i produttori di cemento devono acquistare diritti di emissione dal governo. La quantità totale di diritti di emissione disponibile viene ridotta ogni anno del 2,2% (calcolata sulla base dei livelli di emissione del 2010).

Dal 2022, il prezzo dei diritti di emissione si aggira intorno agli 80 euro per tonnellata. Anche se una parte dei diritti viene assegnata gratuitamente sulla base delle emissioni passate, l’incentivo è forte: un’azienda che evita di emettere una tonnellata può vendere il permesso a 80 euro. *Al contrario*, un’azienda che emette una tonnellata in più deve acquistare il permesso per 80 euro. Poiché la quantità di permessi disponibili diminuisce ogni anno, il loro prezzo rimane relativamente alto. Va notato che in passato il sistema ha funzionato male, concedendo complessivamente troppi diritti di emissione. Il risultato erano prezzi troppo bassi. Questo non accade più da quando l’UE ha reso più rigido il sistema.

Valutazione complessiva per le imprese – In Svizzera, questa politica sta avendo un certo successo, con l’industria che ha ridotto le emissioni di CO₂ legate all’energia di circa il 20% dal 2010. Ma questo è dovuto principalmente alla tassa CO₂ sulle emissioni energetiche, perché prima del 2020 il sistema dei diritti di emissione non era efficace. Le emissioni di processo, come la CO₂ emessa quando il calcare viene bruciato per produrre cemento, non sono (ancora) diminuite.

4. Per il trasporto terrestre

Il potere della lobby automobilistica e degli importatori di petrolio ha limitato notevolmente gli sforzi politici in questo settore. Per molto tempo, gli importatori di automobili hanno sottoscritto impegni a cui non hanno dato seguito.

Norme sulle emissioni dei veicoli – Dal 2011 la legislazione svizzera ha finalmente incorporato la maggior parte delle norme europee sulle emissioni dei veicoli, spesso con un leggero ritardo e alcune deroghe. A partire dal 2021, le emissioni medie dei veicoli messi in circolazione da ciascun importatore non dovranno superare i 118 g di CO₂ per chilometro, e i 186 per gli autocarri (utilizzando il nuovo e più realistico metodo di misurazione WLTP [24]). Questo sistema sta gradualmente obbligando gli importatori a vendere auto elettriche, pena il pagamento di sanzioni. Mentre l'UE ha già adottato un divieto di immissione in circolazione delle auto con motore a combustione interna a partire dal 2035, questo standard non è ancora stato recepito nella legislazione svizzera, nell'ambito della nostra leggendaria «adozione sovrana autonoma» del diritto europeo.

Obbligo parziale di compensazione delle emissioni dei carburanti – Entro il 2022, gli importatori di benzina e diesel dovranno compensare il 17% delle emissioni attribuibili a questi carburanti attraverso progetti di riduzione delle emissioni (almeno il 15% in Svizzera e un massimo del 2% all'estero). I requisiti saranno inaspriti per gli anni successivi. Questo obbligo porta a riduzioni delle emissioni in altri settori: ad esempio, le aziende possono finanziare riduzioni che altrimenti non sarebbero del tutto redditizie. D'altra parte, ha lo svantaggio di mantenere la nostra dipendenza dai combustibili fossili nel settore dei trasporti. Gli importatori di carburante possono trasferire il costo di queste compensazioni alla pompa, fino a un massimo di 5 centesimi al litro. Va notato che nella proposta respinta nel 2021, questo obbligo sarebbe stato notevolmente rafforzato e il passaggio avrebbe potuto salire a 12 centesimi al litro, un aspetto che ha contribuito notevolmente al fallimento della proposta. Quindi non si trattava di una tassa d'incitamento, ma di un prelievo privato per

finanziare l'obbligo legale di compensazione... Va notato che questo dubbio meccanismo, il cui rafforzamento si è rivelato fatale per il progetto durante il voto del 2021, è stato a lungo promosso dagli oppositori della protezione del clima. Negli anni 2000, i venditori di automobili sono riusciti a silurare misure più efficaci imponendo questa logica di compensazione.

Politica dei trasporti e pianificazione territoriale – Naturalmente, anche gli sforzi per sviluppare il trasporto pubblico e la pianificazione territoriale hanno un impatto sul numero di chilometri percorsi in auto e quindi sulle emissioni di CO₂. Anche se queste politiche non sono prive di contraddizioni, bisogna ammettere che nel complesso hanno un effetto positivo: a differenza di altri Paesi, gran parte della popolazione svizzera può fare a meno dell'auto o utilizzare almeno in parte i trasporti pubblici e la bicicletta. D'altra parte, sarebbe ingenuo aspettarsi che queste politiche portino a una drastica riduzione del traffico automobilistico che ci consenta di raggiungere i nostri obiettivi climatici. La mobilità individuale continuerà a essere significativa, quindi dobbiamo continuare a impegnarci per l'elettrificazione delle auto (cfr. [25]).

Valutazione complessiva – I leggeri progressi tecnici compiuti dai veicoli sono stati ampiamente compensati dall'aumento delle loro dimensioni e del loro peso, nonché dall'incremento del numero totale di chilometri percorsi. La politica in questo settore è stata ampiamente inadeguata.

5. Efficienza e produzione elettrica

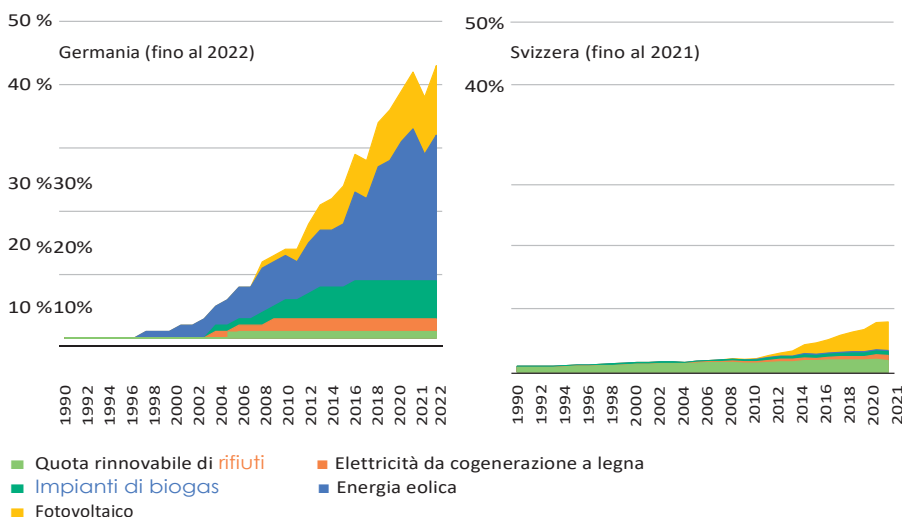
Sono stati compiuti progressi significativi in termini di efficienza elettrica, con un consumo rimasto stabile per ben 15 anni, nonostante la crescita demografica ed economica. Questo interrompe un secolo di aumento quasi continuo! Il ruolo svolto dalle politiche pubbliche (norme tecniche svizzere ed europee, bandi di gara) non è tuttavia facile da distinguere dall'effetto del progresso tecnico, che ha avuto luogo comunque.

Negli ultimi anni le apparecchiature elettriche hanno compiuto importanti progressi tecnologici, in particolare per quanto riguarda l'illuminazione a LED, le pompe di calore, i motori, l'informatica e l'elettronica di potenza. Poiché le apparecchiature elettriche hanno una durata di vita molto lunga, la loro sostituzione al termine della vita utile comporta spesso grandi progressi.

Inoltre, si sarebbe potuto fare di più, in particolare per sostituire le stufe elettriche a resistenza, che consumano molta elettricità quando fa freddo. In media, consumano il 4% del consumo svizzero di elettricità [26], ma fino al 15% quando fa molto freddo! Va ricordato che, a differenza di una pompa di calore, che estrae dall'ambiente i 3/4 del calore che fornisce, il riscaldamento elettrico fornisce calore interamente dall'elettricità, il che rappresenta un immenso spreco di una nobile energia.

D'altra parte, gli sforzi sono stati del tutto insufficienti nel settore della produzione di elettricità, come si può vedere dal grafico a fianco. Solo l'energia solare è decollata, anche se su scala insufficiente. La Svizzera utilizza solo l'8% della sua elettricità da nuove energie rinnovabili, contro il 43% della Germania, 5 volte superiore [27]. La percentuale è dell'11% in Francia, del 18% in Italia e del 19% in Austria [28]. Gli scarsi risultati della Svizzera riflettono le condizioni quadro inadeguate create da un mix tossico di ideologia liberale e di lobby retrograda da parte delle aziende elettriche.

Figura 17. Sviluppo della produzione di elettricità da nuove energie rinnovabili in % del consumo lordo (idroelettrico, anch'esso rinnovabile, non incluso)



Osservazioni:

- L'energia idroelettrica, la «vecchia rinnovabile», non compare nel grafico. Rappresenta il 3% in Germania, rispetto a circa il 60% in Svizzera. Queste proporzioni sono rimaste stabili per decenni, riflettendo le differenze storiche e topografiche.
- Sia in Svizzera che in Germania, il 2021 è stato un anno negativo in termini di vento e sole.

In concreto, questo ritardo è dovuto a tre fattori:

- L'instabilità dei prezzi dell'elettricità all'ingrosso sui mercati. Il più delle volte sono al di sotto del livello necessario per ammortizzare i nuovi impianti di generazione. Ciò significa che il mercato è disfunzionale perché non fornisce finanziamenti stabili per gli investimenti a lungo termine.
- Il sostegno dello Stato è totalmente inadeguato ad aiutare investimenti, soprattutto a causa dell'azione di retroguardia della lobby nucleare fino al voto del 2017 sulla Strategia energetica 2050.

- Le procedure di autorizzazione per l'energia eolica e il grande idroelettrico sono troppo complicate. Ad esempio, per il parco eolico del Passo del Gottardo, l'azienda elettrica ticinese ha dovuto sopportare 17 anni di procedure, mentre la costruzione in sé ha richiesto meno di 2 anni...

Il 1° gennaio 2023 è stato rafforzato il sostegno agli investimenti nelle energie rinnovabili, rendendo nuovamente possibile la costruzione di grandi impianti solari senza autoconsumo, che negli ultimi anni non sono stati redditizi. Nel 2022 è stata approvata una legge urgente per i progetti solari invernali ad alta efficienza nelle Alpi. Inoltre, sono state semplificate le procedure per l'energia solare. Queste misure stanno contribuendo all'attuale boom del fotovoltaico e lo rafforzeranno ulteriormente.

6. Aviazione e agricoltura, i due angoli morti della politica climatica

Poiché gli accordi globali sul clima purtroppo non coprono il settore dell'aviazione, questo è sfuggito a lungo a qualsiasi misura di riduzione delle emissioni. Si tratta di una situazione particolarmente deplorabile per un settore le cui emissioni continuano a crescere. Solo l'Unione Europea ha cercato di esercitare una certa pressione sul trasporto aereo, sottoponendolo al sistema delle quote di emissione. Dopo aver tentato di assoggettare tutti i voli al sistema, gli europei hanno dovuto fare marcia indietro sotto la pressione diplomatica internazionale. Alla fine, solo i voli all'interno dell'Europa (UE + SEE) saranno soggetti al sistema. Il 1° gennaio 2020, la Svizzera ha aderito a questo sistema attraverso un accordo bilaterale.

In agricoltura, la politica climatica è molto esigua e le emissioni di gas serra non sono diminuite. L'azione si limita ad alcuni sforzi marginali, come l'impiego di «nastri con tubi flessibili», un sistema che evita la vaporizzazione di letame liquido durante lo spandimento, e a lodevoli miglioramenti nelle pratiche. La più recente strategia climatica per l'agricoltura pubblicata dall'Ufficio federale dell'agricoltura risale al 2011 [29]!

In pratica, l'unico contributo sostanziale del settore agricolo alla riduzione dei gas serra proviene dagli impianti di produzione energetica che utilizzano biometanizzatori o pannelli fotovoltaici. In altre parole, si tratta di settori di competenza dell'Ufficio federale dell'energia.

7. Riforme in corso

Sono in corso numerosi progetti legislativi specifici per il settore (ad aprile 2023). Tra i più importanti:

- Controprogetto all'«Iniziativa dei ghiacciai»: adozione dell'obiettivo della neutralità climatica fino al 2050, con 200 milioni all'anno per sostenere la sostituzione degli impianti di riscaldamento e lo stesso importo per sostenere la decarbonizzazione dell'industria (accettato nella votazione del 18.06.2023).
- Respinta la proposta di sostituire la legge sulle emissioni di CO₂: gli aspetti più importanti sono gli obiettivi intermedi per il 2030 e gli standard di emissione dei veicoli (n. 22.061).
- Rafforzamento di numerose leggi cantonali sull'energia e sforzi da parte delle autorità locali.
- Emendamento congiunto della legge sull'energia e della legge sull'approvvigionamento elettrico, che prevede un aumento degli obiettivi e degli strumenti a sostegno della generazione rinnovabile (n. 21.047).
- Progetto per accelerare le procedure di autorizzazione per i progetti di parchi eolici il cui piano regolatore è stato convalidato (n. 22.461).
- Progetto globale per accelerare le procedure per l'energia eolica e idroelettrica (procedura di consultazione completata [30]).

La legge sul CO₂ respinta dall'elettorato nel 2021 avrebbe dovuto migliorare la situazione e definire gli strumenti per l'orizzonte 2030. Purtroppo, è stata sconfitta di stretta misura in un referendum. Prima di formulare nuove proposte per rafforzare la politica climatica, vale la pena esaminare le ragioni di questo fallimento referendario e trarne degli insegnamenti. Questo è l'argomento del prossimo capitolo.

Riassunto del capitolo

- L'attuale architettura della politica climatica risale a circa quindici anni fa. Ha alcuni lati efficaci e altri molto deboli.
- Questo riflette l'ambizione dell'epoca, segnata dalla modestia dell'accordo di Kyoto (1997), in cui non era ancora chiaro che le emissioni di gas serra avrebbero dovuto essere ridotte a zero. Nel frattempo, l'Accordo di Parigi (2015) ha cambiato la situazione, ma ciò non si è riflesso nella legislazione attuale.
- Nei settori in cui sono state adottate misure da parecchi anni, come l'edilizia e l'industria, i progressi sono stati visibili.
- Il settore della mobilità stradale è stato oggetto di misure molto deboli.
- Non c'è stata alcuna pressione sull'aviazione prima del 2020.
- In agricoltura, gli sforzi sono simbolici.
- Sono stati fatti notevoli progressi nella produzione di energia elettrica, soprattutto solare, ma non sono ancora sufficienti per soddisfare le esigenze future.

8

Referendum sulla legge sul CO₂ nel 2021: evitare di ripetere gli errori

Il rifiuto della revisione totale della legge sul CO₂ il 13 giugno 2021 è probabilmente dovuto a diversi fattori, alcuni dei quali circostanziali e sfortunati. Parte della spiegazione risiede nell'effetto di mobilitazione negativo delle iniziative fitosanitarie e della legge Covid messa in votazione lo stesso giorno.

Tuttavia, questi elementi circostanziali non sarebbero mai stati sufficienti a far fallire il progetto se non avesse avuto altre debolezze più profonde. È sempre più chiaro che c'è stato uno squilibrio nella scelta degli strumenti, un difetto che ne ha ridotto l'accettabilità.

L'architettura presentata dal Consiglio federale (n. 2017.071) era molto liberale e si basava essenzialmente sull'aumento del costo dei combustibili fossili e sulle riduzioni da realizzare all'estero, da finanziare con un supplemento sul prezzo dei carburanti. Si trattava di un approccio molto «economista», in linea con la legge vigente. Tuttavia, per motivi di accettabilità, la portata era più che modesta.

Dopo il pasticcio iniziale che ha portato alla bocciatura del progetto nella prima votazione generale del Consiglio nazionale nel dicembre 2018, il Consiglio degli Stati si è impegnato a migliorare il livello di ambizione e gli strumenti del progetto di legge.

Ha aggiunto standard tecnici per gli edifici (poco discussi nella campagna referendaria) e ha creato l'embrione di un fondo per il clima, il cui utilizzo è stato tuttavia poco chiaro. Il fondo non era finanziato dalla cassa federale, ma dai proventi delle tasse e delle sanzioni sul CO₂, meno l'importo restituito alla popolazione. Volendo rimanere in linea con la filosofia liberale anche intervenendo sul trasporto aereo, il Consiglio nazionale ha aggiunto una tassa sui biglietti aerei. La questione della ripartizione degli sforzi non è stata praticamente affrontata.

Infine, l'ampiezza e la diversità del pacchetto CO₂ ha creato un certo grado di confusione e ha indubbiamente facilitato il compito della lobby petrolifera e dell'UDC. Ad esempio, non è stato possibile raggiungere una quasi unanimità tra gli elettori socialisti, verdi e verdi-liberali con rispettivamente un 73%, 80% e 93% di sì secondo l'analisi post-voto [31, p. 50]. Ciò può probabilmente essere spiegato in parte dal timore di un effetto socialmente ingiusto degli incentivi economici.

Inoltre l'elettorato del Centro e del PLR non ha paradossalmente apprezzato la concezione liberale della legge con rispettivamente il 47% e il 37% di sì: molti di questi elettori ritenevano chiaramente che le tasse di incentivazione fossero sullo stesso piano di regolamenti tecnici e di divieti: *«di fatto, non è possibile aggirarle, non c'è nulla di volontario»*, sostenevano. Al di là di questi ambienti, molte persone hanno anche detto: *«queste tasse riducono non solo il mio potere d'acquisto, ma anche la mia liquidità, e quindi le mie possibilità di investire in un veicolo elettrico o di ristrutturare la mia casa»*. Questo ragionamento è certamente in contrasto con la teoria economica convenzionale, secondo la quale l'aumento del prezzo dei combustibili fossili dovrebbe stimolare investimenti che riducano anche la spesa corrente per le fonti energetiche sporche, ripristinando così il potere d'acquisto. Ma da un punto di vista pratico, a seconda della situazione economica e dell'età delle persone, queste obiezioni di buon senso sono difficili da confutare, qualunque cosa dica l'economia. Un tipico caso di differenza tra teoria e pratica... Per evitare di scontrarsi una seconda volta con questo ostacolo, è meglio riconoscerne l'esistenza e imparare da questo fallimento.

Infine, secondo gli autori dell'analisi Vox, una parte dell'elettorato non ha attribuito alcuna importanza alla legge sul CO₂, ritenendo che la questione climatica sia trascurabile o addirittura inesistente. Un'altra parte ha dato priorità all'economia rispetto all'ambiente [32].

Nelle discussioni che hanno seguito il voto, le critiche sono arrivate da tutte le parti: la legge *non era* «abbastanza liberale» o, al contrario, «*non abbastanza sociale*». Secondo alcuni, il fondo per il clima avrebbe dovuto essere eliminato e tutte le tasse di incentivazione ridistribuite. Secondo altri, il meccanismo di redistribuzione era incomprensibile e sarebbe stato meglio mettere più soldi nel fondo per fornire un maggiore sostegno alla trasformazione. In fin dei conti, questa discussione è un po' inutile: ogni piccolo spostamento dell'equilibrio della legge avrebbe certamente motivato nuovi sostenitori, ma anche nuovi oppositori.

Nel sistema democratico svizzero, la legislazione è sempre un compromesso. Si sarebbe dovuto respingerla in parlamento o prevedere il no in votazione popolare per l'inadeguatezza della proposta di legge? Respingere un compromesso imperfetto, ma che andava nella giusta direzione, sarebbe stato estremamente delicato. Infatti il fallimento in votazione popolare ne ha fornito la prova: i progetti sostitutivi a breve termine sono ancora peggiori (ad eccezione del controprogetto all'iniziativa sui ghiacciai che, come suggerisce il nome, è stato innescato da questa iniziativa popolare).

In breve, la politica svizzera non è all'altezza del problema, né in termini di tempo né di quantità. Ma non sono solo le dimensioni e i tempi della politica climatica svizzera a dover essere rivisti.

Più fondamentalmente, la politica si trova di fronte a tre paradossi:

- Il primo paradosso è che alcuni hanno respinto la legge perché ritenevano che le misure non andassero abbastanza lontano. Formalmente, il loro voto ha contribuito allo status

quo e alla stagnazione. Sebbene l'1,7% degli elettori abbia respinto la legge su questa base, il loro voto è stato decisivo, con il 51,6% di voti contrari.

- Il secondo paradosso è che alcuni dei nostri contemporanei sono capaci sia di inveire contro «le politiche» che non fanno nulla per combattere il riscaldamento globale, sia di condannare «le misure liberticide» adottate da quelle stesse politiche per ridurre le emissioni di carbonio. E di votare no. Potremmo smascherare il «populismo climatico» che spesso è insito nella natura umana, ma che viene anche pesantemente sfruttato dai sostenitori dell'immobilismo.
- Terzo paradosso: in varia misura, soffriamo, come individui e come società, di una sorta di *cecità del lungo termine*. Anche se certe decisioni sono chiaramente nel nostro interesse a lungo termine, non le prendiamo, preferendo considerazioni a breve termine.

Dopo questa disastrosa esperienza, è chiaro che questo approccio essenzialmente «economico» ha raggiunto i suoi limiti: è difficile vedere come sarebbe possibile raccogliere una maggioranza popolare per una legge dello stesso stile ma tre volte più efficace, ad esempio con tasse sostanzialmente più alte. Più in generale, rendere la questione climatica una responsabilità individuale unita a un onere morale si è rivelato in ultima analisi controproducente. «*Perché io? E tutti gli altri?*», si sono chiesti in molti. Da un punto di vista più concreto, dobbiamo riconoscere che il singolo individuo non ha tutte le leve in mano: per esempio, mentre gli inquilini possono influenzare il loro consumo di viaggi aerei, non hanno modo di attivare una bonifica delle loro case. Per dirla in altro modo, siamo tutti, come individui, in gran parte prigionieri di un sistema energetico preesistente.

Sullo sfondo, ci si scontra con i limiti del principio di causalità, meglio conosciuto in italiano come il principio di «chi inquina paga». Vale la pena di soffermarsi un attimo.

Riassunto del capitolo

- Il fallimento della revisione totale della legge sul CO₂ nel 2021 può essere spiegato in parte dalla combinazione degli altri temi in agenda e per la complessità del progetto messo in votazione.
- Ma il problema va ben oltre: l'approccio «economicistico», che consiste nell'aumentare il prezzo dei combustibili fossili, si scontra con problemi di accettazione.
- I cittadini si sentono puniti e limitati nella loro capacità di agire e investire per liberarsi dai combustibili fossili.
- È del tutto illusorio sperare di ottenere una maggioranza per rafforzare massicciamente la politica climatica dell'energia utilizzando lo stesso approccio.

I limiti del principio «chi inquina paga» per finanziare gli investimenti

Il principio di causalità, noto anche come principio «chi inquina paga», è sancito dall'articolo 74 della Costituzione federale e svolge un ruolo importante nella protezione dell'ambiente. Esso postula che ogni persona o azienda debba prevenire o riparare i danni ambientali che provoca. Questo principio giustifica anche l'applicazione di tasse incentivanti sui fattori inquinanti per scoraggiarne l'uso. Legittima l'imposizione di tasse causali sui responsabili dell'inquinamento, al fine di finanziare le azioni di riparazione. Questo principio è alla base di gran parte dell'attuale legislazione sul CO₂ e la revisione respinta avrebbe rafforzato ulteriormente questo approccio, ad esempio aumentando la tassa sul CO₂ o l'obbligo di compensazione dei combustibili, come abbiamo appena visto.

Tuttavia, sembra molto difficile risolvere i problemi energetici e climatici solo applicando, anche in modo radicale, il principio «chi inquina paga». Questo meccanismo implica che ognuno, sia esso un individuo o un'azienda, abbia un incentivo economico a ridurre le proprie emissioni di CO₂. In pratica, il principio «chi inquina paga» significa che ogni attore paga una tassa di incentivazione sulle proprie emissioni residue, una tassa causale per finanziare le riparazioni o eventualmente una sanzione se il suo comportamento si rivela illegale. In altre parole, si acquista il diritto di inquinare, il che solleva una serie di problemi.

Per quanto riguarda il clima, il primo problema è evidente: questa logica non prevede che le emissioni vengano ridotte a zero, poiché è comunque possibile continuare a emettere se si accetta di pagare. Questo strumento non permette di raggiungere la neutralità climatica. In secondo luogo, il privilegio di

continuare a emettere è concesso ai gruppi di popolazione più ricchi, che possono quindi permettersi il lusso di continuare a danneggiare il clima. Questa regola è molto discutibile in termini di giustizia e di distribuzione degli sforzi.

Terza difficoltà: nel nostro complesso sistema economico, continuerà ad esistere ancora per anni un sostanziale «consumo forzato» di energie fossili. Questo vale in particolare per gli inquilini, che sono obbligati a utilizzare la tecnologia di riscaldamento esistente nell'edificio senza poter investire in un cambiamento. Questo vale anche per l'acquisto di beni di consumo quotidiano: l'acquirente ha poca o nessuna influenza sui processi di produzione e sulla quantità e il tipo di energia utilizzata. In questi settori, il rincaro secondo il principio «chi inquina paga» continuerà ad essere caricato per molto tempo sull'utente finale. Per i beni di prima necessità, come il cibo e la casa, questo effetto è ingiusto.

Nelle aree in cui le persone possono effettivamente influenzare il loro consumo di combustibili fossili, esiste purtroppo un quarto problema, ovvero la mancanza di capacità finanziaria per investire in miglioramenti tecnici. Chi è troppo povero per investire non ha altra scelta che pagare la tassa o rinunciare. Ciò può essere accettabile per i consumi superflui, come i ripetuti viaggi in aereo. Ma rafforzare questo approccio è molto discutibile quando si tratta di beni e servizi essenziali come il cibo, i trasporti o il riscaldamento della casa!

Il quinto problema è la scarsa trasparenza e la mancanza di informazioni sui processi produttivi. Anche con la classificazione o la certificazione dei prodotti, è difficile ridurre l'energia grigia derivante dal proprio comportamento di consumo. Queste informazioni sono spesso inaccessibili o troppo complesse per consentire ai consumatori di prendere

decisioni veramente informate. Quando riempiono i loro carrelli della spesa, pochi possono affermare di avere un comportamento d'acquisto veramente razionale.

A livello puramente operativo, ci scontriamo con limiti microeconomici e informativi. Nella teoria del principio «chi inquina paga», il segnale di aumento del prezzo dovrebbe essere automaticamente incorporato nel prezzo: un prodotto che emette più CO₂ durante la produzione diventa più costoso a causa della tassazione dei combustibili fossili, e quindi viene gradualmente spinto fuori dal mercato. In pratica, però, ci sono così tanti fattori di distorsione che è illusorio sperare in un effetto significativo, come dimostra l'esempio degli ortaggi:

- Il riscaldamento a olio combustibile è soggetto alla tassa, mentre le emissioni del trasporto aereo non lo sono.
- Anche se il trasporto di ortaggi per via aerea fosse tassato, questo effetto sarebbe annullato dalle differenze nel costo del lavoro.
- L'energia è solo una piccola parte del costo totale.
- Il prezzo offerto al consumatore finale dipende in larga misura dal margine che il distributore cerca di ottenere. Paradossalmente, non è raro che il venditore sfrutti una caratteristica più ecologica (ad esempio un'etichetta biologica) per ottenere un margine più elevato, approfittando della predisposizione di alcuni consumatori a pagare di più. Così facendo, distorce completamente il segnale di prezzo!

Per tutti questi motivi, la strategia di correggere i comportamenti di consumo aumentando il prezzo delle emissioni di CO₂ non è una panacea. Questa leva non può vantare il monopolio della soluzione dei problemi climatici, soprattutto perché i fallimenti del mercato non sono rari. Questa osservazione non ci impedisce di riconoscere che ci sono casi in cui le tasse di incentivazione sono innegabilmente efficaci.

Pertanto, quando gli attori coinvolti sono aziende con accesso alle informazioni e al calcolo razionale, la tassazione dei prodotti inquinanti può essere particolarmente appropriata, rendendo le alternative pulite più interessanti dal punto di vista economico. La tassa sui veicoli pesanti (TTPCP) ne è un buon esempio.

Ha contribuito in modo determinante a trasferire il traffico merci attraverso le Alpi dalla strada alla ferrovia e a ridurre il numero di corse a vuoto. Tuttavia, sarebbe un errore dimenticare che questo successo non sarebbe stato possibile senza i 20 miliardi di franchi investiti nei nuovi tunnel ferroviari e alcune sovvenzioni operative! In questo esempio, i parametri sono allineati: le informazioni sono complete, le alternative sono disponibili e gli attori hanno la capacità di investire.

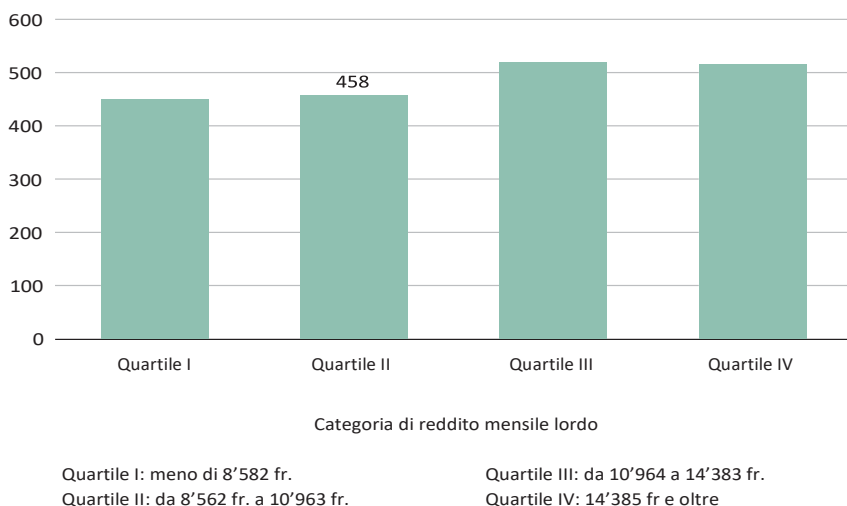
Infine, va notato che ridurre i problemi a considerazioni di tipo economico comporta grossi rischi di irrazionalità e corruzione delle menti. Irrazionalità ecologica significa percorrere 5 km con l'auto per consegnare 2 litri di compost al centro di raccolta dei rifiuti per risparmiare la tassa sul sacco. E la corruzione delle menti si manifesta nell'adozione di comportamenti virtuosi solo in presenza di un incentivo economico.

Il principio «chi inquina paga» riduce lo sforzo a un obbligo individuale: ognuno è l'unico responsabile della limitazione delle proprie emissioni e deve quindi finanziare direttamente o indirettamente gli investimenti per ridurre i gas serra. Quali sono le conseguenze in termini di condivisione degli sforzi all'interno della società?

Poiché il costo della ristrutturazione di un edificio, ad esempio, è approssimativamente proporzionale al consumo energetico attuale dell'immobile, gli sforzi per ridurre le emissioni sono approssimativamente proporzionali al consumo energetico individuale. Per valutare l'impatto in termini di distribuzione degli sforzi, dobbiamo quindi considerare il consumo energetico in funzione del reddito familiare.

La spesa energetica diretta delle famiglie (riscaldamento ed elettricità per l'abitazione principale e le case secondarie, nonché benzina e diesel per i veicoli) non aumenta in proporzione al reddito. Al contrario, il loro peso relativo diminuisce. In parole povere: se la famiglia A ha un reddito doppio rispetto alla famiglia B, la famiglia A spende in genere molto poco di più per l'energia. Il grafico a fianco illustra questa situazione per una famiglia di 4 persone.

Figura 18. Spesa energetica diretta mensile per una famiglia di 2 adulti e 2 bambini, in base alla categoria di reddito



Fonte: [33] (Dati dal 2015 al 2017)

Il risultato è particolarmente sorprendente: per le famiglie con due bambini e due adulti, il quarto più povero spende in media 450 franchi al mese per l'energia, mentre il quarto più ricco spende 515 franchi. La differenza è minima. In termini assoluti, i poveri e i ricchi spendono quasi la stessa cifra per l'energia. In termini relativi, tuttavia, la situazione è molto diversa: le famiglie benestanti destinano una piccola percentuale del loro reddito alla spesa energetica diretta, mentre questa assorbe gran parte del reddito delle famiglie più modeste. Anche per le famiglie composte da una o due persone lo stesso fenomeno è chiaramente visibile, ma in modo meno estremo. L'energia per le abitazioni e i trasporti terrestri è quindi chiaramente una necessità di base, in tutti i sensi del termine. Questo non solo riflette la loro importanza nella vita di tutti i giorni, ma può anche essere visto nelle statistiche sulla spesa delle famiglie in funzione del reddito!

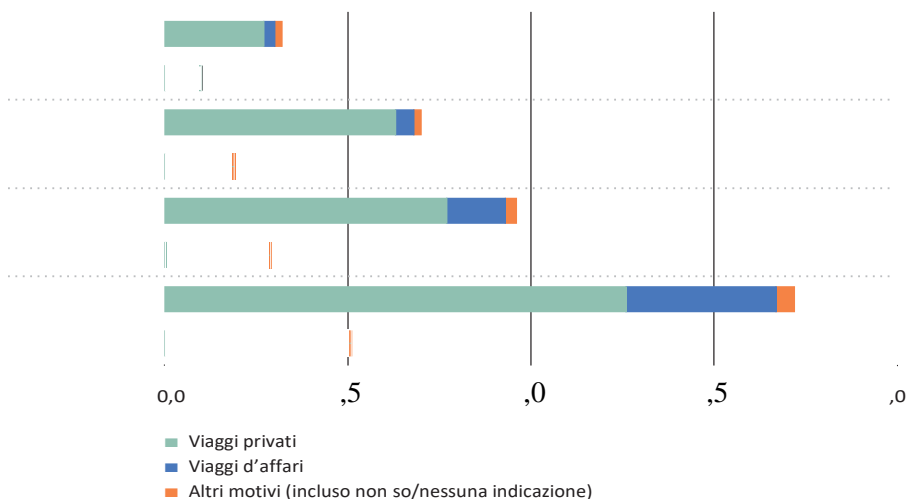
Naturalmente, il livello di spesa energetica non riflette necessariamente le condizioni di vita e in particolare dell'abitazione. È probabile che le famiglie più ricche utilizzino l'energia in modo più efficiente, grazie ad attrezzature migliori – ad esempio, una casa Minergie.

Sono proprio le loro risorse finanziarie che permettono loro di risparmiare energia! È logico e paradossale allo stesso tempo.

Tuttavia, la degressività non è una regola assoluta. In primo luogo, perché parte del costo dell'energia è incluso indirettamente nella spesa delle famiglie: quando si acquistano alimenti o mobili, si paga indirettamente l'energia. È quindi plausibile che il suo costo, incluso nel prezzo, sia abbastanza proporzionale a queste voci di spesa.

L'aviazione è un perfetto controesempio. Questo settore è un caso particolare, dato che quando si acquista un biglietto aereo si compra in realtà una grande quantità di cherosene: il costo del carburante rappresenta il 35% di un biglietto per una compagnia aerea low-cost e circa il 18% per una compagnia tradizionale [34]. Poiché le persone più ricche viaggiano molto di più, consumano una quantità sproporzionata di cherosene. L'aviazione non è una necessità di base, nel senso comune ed economico del termine. In questo campo, l'energia è un bene di lusso.

Figura 19. Numero di viaggi aerei per persona all'anno, per motivo e reddito familiare mensile, nel 2015 e nel 2021 (popolazione svizzera)



Fonte: [35]

Nota: più alto è il reddito familiare, più persone viaggiano in aereo. A causa della pandemia di Covid, il numero di viaggi in aereo è diminuito nel 2021 rispetto al 2015, in tutte le categorie di reddito. La riduzione dei viaggi di lavoro è particolarmente marcata. Probabilmente saranno parzialmente sostituiti dalle videoconferenze.

La disuguaglianza nell'uso dei viaggi aerei è ancora maggiore da una prospettiva globale: nel 2018, solo lo 0,7% delle persone nei Paesi più poveri ha viaggiato in aereo. Ma questo valeva per il 40% delle persone nei Paesi più ricchi [36, p. tab. 4]. Questo studio mostra plausibilmente che l'1% della popolazione mondiale produce la metà delle emissioni del trasporto aereo.

Quali conclusioni si possono trarre dalle cifre sopra riportate per il finanziamento degli investimenti nella transizione? È subito chiaro che se lo sforzo di transizione energetica è direttamente proporzionale al consumo individuale di gasolio, benzina, gas, olio da riscaldamento ed eventualmente elettricità, si pone un enorme problema di equità, almeno per quanto riguarda l'abitazione, l'elettricità e alcuni costi di trasporto. I costi energetici pesano già molto sui bilanci delle famiglie a basso reddito. L'energia è in larga misura un bene di prima necessità.

Attualmente, tuttavia, il finanziamento degli investimenti per la protezione del clima è molto spesso direttamente proporzionale al costo dell'energia. Nella pratica, infatti, la situazione è la seguente: una casa o un impianto che consuma molta energia è generalmente più costoso da ristrutturare, perché necessita di una revisione profonda. E il costo è a carico del proprietario o dell'utente.

Va notato che esiste un'altra forma di finanziamento proporzionale al consumo di energia, ovvero il finanziamento indiretto, attraverso i proventi di una tassa sull'energia. Anche questa è una forma di finanziamento proporzionale al consumo

individuale, a cui partecipa anche chi non è personalmente interessato a una ristrutturazione. D'altra parte, chi ha già effettuato una ristrutturazione e non acquista più combustibili fossili non contribuisce allo sforzo di finanziamento indiretto.

Per il momento, questo finanziamento diretto o indiretto da parte del pubblico, *di fatto* abbastanza proporzionale alla bolletta energetica, è ben accettato. Ma, in un diabolico paradosso, questa accettazione è dovuta anche all'insufficienza degli sforzi. Una parte degli investimenti che sarebbero necessari non viene fatta, o non viene fatta abbastanza rapidamente, semplicemente perché le persone interessate non vogliono o non possono investire.

Sebbene questo approccio finanziario abbia i suoi meriti, rafforzarlo sarebbe un vicolo cieco. Il referendum del 2021 ha dimostrato che è politicamente impossibile quadruplicare la velocità di risanamento aumentando massicciamente i prezzi dell'energia. Nel complesso, il finanziamento della transizione energetica in proporzione alla spesa energetica pone un enorme problema di equità che impedirà un rapido progresso.

Dobbiamo quindi trovare altri modi per mobilitare le risorse. Questo è lo scopo dell'iniziativa del Fondo per il clima. L'idea di aiuto agli investimenti ci porta al cuore del progetto, ovvero al sostegno agli investimenti con denaro pubblico, in nome dell'interesse generale. Prima di spiegare la logica economica, tuttavia, dobbiamo ancora verificare se la soluzione ai problemi climatici non si trovi nella frugalità e nella rinuncia. In altre parole: dove dobbiamo collocare il cursore tra «adattamenti tecnici» e «cambiamenti comportamentali»?

Riassunto del capitolo

- Il principio «chi inquina paga» implica che chi inquina paga per le sue emissioni sotto forma di tasse, diritti di emissione da acquisire o sanzioni, oppure assumendosi la responsabilità di riparare il danno.
- Quando si parla di CO₂ esiste una contraddizione fondamentale con l'obiettivo delle emissioni zero: chi paga può continuare a emettere nel lungo periodo.
- Chi non è in grado di investire (ad esempio perché affittuario o troppo povero) non ha altra scelta se non quella di accettare la privazione o pagare. È in trappola.
- L'utente-consumatore si trova di fronte a un problema di informazione. I prezzi riflettono solo in modo molto impreciso, o non riflettono affatto, la quantità di CO₂ indotta dal processo di produzione dei prodotti acquistati.
- Rafforzare la logica del «chi inquina paga» per accelerare la transizione sarebbe un vicolo cieco. Politicamente, perché sarebbe impossibile raccogliere una maggioranza per aumentare in modo sostanziale il prezzo dell'energia, a causa del problema dell'equità. E dal punto di vista pratico, perché molti attori non hanno i mezzi per investire.

10

Lo sterile dibattito tra investimento e frugalità

Da un punto di vista tecnico, in teoria esiste la possibilità di convertire tutte le applicazioni che attualmente utilizzano combustibili fossili alle energie rinnovabili, sia attraverso l'elettrificazione sia con l'utilizzo di combustibili sintetici. In realtà, nel settore dell'aviazione, siamo lontani dall'aver una soluzione economicamente convincente per sostituire il cherosene. In particolare, la semplice produzione di carburanti sintetici a partire dall'elettricità rinnovabile in eccesso richiederebbe quantità astronomiche, come vedremo nel Capitolo 19.

Per altre emissioni di gas serra, come quelle dei cementifici e degli impianti di incenerimento dei rifiuti, le possibilità di cattura della CO₂ sono ipotizzabili, ma si scontrano con limiti quantitativi. Non è realistico affidarsi esclusivamente alle emissioni negative, perché le quantità di CO₂ da catturare ogni anno e da stoccare per millenni sarebbero enormi. Quindi la tecnologia non può risolvere tutto.

Senza pretendere una precisione assoluta, possiamo stimare che circa due terzi delle emissioni di gas serra possono essere eliminati con cambiamenti tecnici (cioè i $\frac{3}{4}$ delle emissioni energetiche e una piccola parte delle emissioni non energetiche). Per raggiungere questo obiettivo, dobbiamo investire massicciamente nella sostituzione di tutti i nostri impianti di produzione e utilizzo dell'energia, oltre che in alcuni altri dispositivi.

Tuttavia, è chiaro che i cambiamenti di comportamento, soprattutto in termini di acquisti, alimentazione, riciclaggio e scelte edilizie, sono inevitabili. In alcuni settori dovremo ridurre il consumo di risorse! Di conseguenza, c'è una corrente di pensiero che suggerisce di concentrarsi principalmente sulla frugalità e di avere una visione scettica degli investimenti. Non sarebbe meglio questa opzione «comportamentale»? Invece di investire massicciamente nella tecnologia per decarbonizzare il nostro sistema energetico, non dovremmo concentrarci sulla frugalità, cioè ridurre il nostro consumo di beni e servizi per consumare meno energia? In altre parole, cambiare le nostre abitudini e adattare il nostro comportamento? E smantellare il vecchio sistema energetico senza cercare di costruirne uno nuovo?

Data l'urgenza e la portata del problema climatico, non è promettente costruire un'opposizione artificiale tra un approccio guidato dagli investimenti e uno frugale. I due approcci sono infatti complementari, per due ragioni principali.

In primo luogo, l'uno non esclude l'altro: l'attenzione agli investimenti non preclude in alcun modo la possibilità di pensare a un adeguamento dei nostri comportamenti, in particolare riducendo i viaggi aerei e il consumo di carne. In altre parole, una forma di sobrietà, senza scadere in una frugalità radicale e moralista o in divieti generalizzati.

In secondo luogo, anche l'approccio della frugalità ha dei limiti importanti, come quelli che abbiamo menzionato per le soluzioni tecniche. Gli esseri umani hanno esigenze incompressibili, come il cibo, la casa e, in una certa misura, i trasporti. In futuro, il soddisfacimento di questi bisogni avrà comunque un impatto residuo sul clima, e sarebbe assurdo non ridurlo attraverso il progresso tecnico. Vale la pena sottolineare di passaggio che un ritorno alle tecnologie antiche sarebbe un disastro, come dimostra l'immagine assurda, ma spesso propagandata, della candela: fatta a base di petrolio, brucia

emettendo un massimo di CO₂ e calore per produrre un minimo di luce...

Tuttavia, il limite principale dell'approccio «tutto frugale» risiede altrove: come imporlo, in particolare a coloro che non lo vogliono o a cui non importa nulla del problema climatico?

Gli ostacoli da superare sono molti, a cominciare dall'enorme numero di comportamenti da adattare. È impossibile spiegare tutto al pubblico, per non parlare di farli rispettare tutti. C'è quindi il rischio notevole di concentrarsi su pochi comportamenti simbolici del tutto inadeguati. L'esperienza di Covid-19 dimostra che, in una situazione drammatica, la popolazione può adattare in modo spettacolare il proprio comportamento nel breve periodo – non senza proteste, peraltro – ma che il ritorno alla normalità è poi relativamente rapido.

Peggio ancora, il crescente numero di appelli alla frugalità potrebbe farci credere che saremmo esonerati dall'intraprendere azioni politiche, strutturali e collettive per cambiare il sistema energetico. L'azione simbolica individuale diventerebbe così un pretesto per evitare un'azione politica efficace. A volte il dibattito tra «teco-soluzionismo» e «frugalità» è addirittura un modo deliberato per paralizzare l'azione per il clima: a volte spaventando i sostenitori del consumismo con appelli alla frugalità, a volte predicando la tecnologia ai fan della frugalità. L'obiettivo è quello di trasformare la questione in una linea di fronte...

Se la frugalità fosse adottata come strategia principale, si scontrerebbe rapidamente con problemi di accettazione. Per le persone che vivono nell'agiatazza, come è innegabilmente il caso di una parte della popolazione dei Paesi ricchi, il ritorno a una certa sobrietà potrebbe essere non solo ragionevole, ma anche opportuno e gradito. D'altra parte, per le persone con risorse limitate, la disponibilità a consumare molto meno potrebbe essere piuttosto limitata. Non dobbiamo sottovalutare

questo tipo di resistenza. Se l'approccio consiste nel fatto che i portatori di bretelle raccomandano ai portatori di cinture di stringerle, non si otterrà nulla.

Inoltre, sarebbe scioccante sostenere che le centinaia di milioni di esseri umani che ancora vivono in condizioni di estrema povertà debbano rimanere lì per compensare lo storico eccesso di consumo del Nord. Sarebbe un vicolo cieco. Inoltre, l'IPCC ha dimostrato che esiste essenzialmente una sinergia tra gli obiettivi di sviluppo umano delle Nazioni Unite e la protezione del clima [37], e non un conflitto di obiettivi: se i bisogni di base sono coperti, se l'elettricità diventa accessibile ovunque e se c'è una sufficiente comprensione del mondo, in particolare attraverso la scolarizzazione e la formazione delle giovani, il progresso sul cambiamento climatico diventa realistico. Perché, in ultima analisi, il progetto di conservazione del clima è un progetto di conservazione del benessere umano!

In teoria, la frugalità potrebbe essere imposta attraverso quote di reddito o di risorse naturali consumate da ogni persona, piuttosto che attraverso semplici appelli. Ma l'esperienza disastrosa del sistema sovietico, la cui spettacolare inefficienza in termini di energia era chiaramente visibile (vedi Figura 4), mette in dubbio questa possibilità. Inoltre, una quota globale abbinata a un'assegnazione ai singoli individui basata su un prezzo di mercato sarebbe altamente diseguale. Porterebbe a un aumento dei prezzi, che avrebbe l'effetto di limitare il consumo dei poveri, mentre avrebbe un impatto minimo su quello dei ricchi. Sarebbe un sistema fondamentalmente ingiusto.

Come scelta personale e in ambiti in cui la tecnologia non è d'aiuto, una certa sobrietà ha certamente un ruolo da svolgere. Quando diventa politica pubblica sotto forma di campagna persuasiva, sarà tanto più efficace se i suoi obiettivi sono ben definiti e mirati: «ridurre i viaggi in aereo» o «mangiare meno carne». Se viene distribuita in modo troppo generico, predicando docce più brevi e pneumatici gonfi al massimo sulle biciclette elettriche per risparmiare qualche milliwatt, è destinata a fallire.

Come politica pubblica, la strategia della sobrietà può al massimo essere un complemento a un approccio basato su investimenti e progressi. Invece di tergiversare sull'esatta portata e sull'accettabilità dei cambiamenti comportamentali necessari per ridurre l'ultimo terzo delle emissioni di gas serra, proponiamo di affrontare il blocco principale, ossia il cambiamento tecnologico, e di investire. Questo è il senso dell'iniziativa del Fondo per il clima: investire ora! E se facciamo buoni progressi sul fronte tecnologico, sarà più facile giustificare e far accettare i cambiamenti di comportamento. Inoltre, i miglioramenti nelle infrastrutture e nella tecnologia possono essi stessi facilitare i cambiamenti di comportamento. Ad esempio, una buona offerta di servizi di trasporto pubblico, infrastrutture ciclabili e tecnologie di teleconferenza offrono la possibilità di ridurre gli spostamenti in auto.

Alla fine, la combinazione di investimenti in infrastrutture sostenibili e sforzi comportamentali potrebbe portare gradualmente a un'evoluzione culturale che ci consentirebbe di emanciparci collettivamente da alcuni eccessi della società dei consumi. Ad esempio, le nuove generazioni potrebbero bandire la moda idiota delle auto obese e riconsiderare gradualmente il presunto fascino del turismo di massa agli antipodi.

In ogni caso, l'approccio di investire e migliorare le infrastrutture è ineludibile: preso isolatamente, il singolo cittadino ha un controllo molto limitato sulla propria impronta energetica e climatica. Tutti noi dipendiamo da sistemi complessi di approvvigionamento, abitazioni e trasporti che sono difficili o impossibili da influenzare come individui, anche come consumatori illuminati. Un approccio puramente individuale è quindi virtualmente impossibile quando si tratta dell'infrastruttura del sistema energetico più ampio. Le decisioni politiche e commerciali collettive sono essenziali. In particolare, il risanamento del sistema energetico è fondamentalmente di interesse pubblico.

Riassunto del capitolo

- Frugalità significa rinunciare ai consumi per ridurre le emissioni.
- A volte viene costruito un dibattito artificiale tra frugalità e soluzioni tecnologiche ai problemi climatici.
- Si tratta di un'opposizione sterile, perché l'entità dei problemi rende indispensabile ridurre le nostre emissioni, utilizzando le migliori tecnologie disponibili, soprattutto perché gli esseri umani hanno esigenze incompressibili come il cibo, la casa e gli spostamenti locali, e il loro impatto deve essere ridotto.
- D'altra parte, ci sono ancora diversi settori in cui la tecnologia, in base alle conoscenze attuali, non sarà in grado di risolvere i problemi: è il caso in particolare dell'aviazione e dell'alimentazione, dove dovremo modificare sostanzialmente le nostre abitudini di consumo.
- I cambiamenti comportamentali saranno tanto più accettabili quanto più le soluzioni tecnologiche saranno state implementate nei settori in cui sono possibili.
- Il problema del clima non può essere ridotto a una questione individuale. Al contrario, è soprattutto una questione di sistemi e infrastrutture energetiche.

Parte IV

Il Fondo per il clima per promuovere l'interesse pubblico

Negli ultimi anni, il dibattito sul clima si è concentrato molto sugli obiettivi, e in particolare sulla data entro la quale si dovrebbe raggiungere la neutralità climatica: «domani mattina» per alcuni, 2030, 2040, 2050 per altri.

Queste accese discussioni hanno talvolta messo in ombra la questione delle risorse necessarie e delle misure da adottare per raggiungere gli obiettivi prefissati. A volte il dibattito ha assunto un aspetto un po' surreale, a causa del divario abissale tra le ambizioni dichiarate da un lato e la realtà degli sviluppi e l'inadeguatezza delle risposte concrete dall'altro. Allo stesso tempo, la questione delle misure è diventata ancora più pressante: alla crisi climatica – in lenta evoluzione – si è aggiunta l'acuta crisi energetica innescata dall'aggressione russa in Ucraina. Dobbiamo emanciparci molto più rapidamente dalla nostra dipendenza dagli idrocarburi.

Tuttavia, dal punto di vista individuale all'interno di un Paese, come dal punto di vista di uno Stato nei confronti della comunità internazionale, c'è sempre la tentazione di lasciare che gli altri agiscano senza impegnarsi in prima persona. È chiaro che se tutti la pensano così, non succederà nulla e il disastro del cliente è inevitabile.

L'antidoto che proponiamo con l'iniziativa popolare consiste non solo nel riconoscere l'esistenza di un interesse generale superiore a favore di questa trasformazione, ma anche nell'agire collettivamente sostenendo le persone e le entità disposte a investire. Mentre l'esistenza di questo interesse generale non è più ampiamente contestata, l'azione per far sì che prevalga non è ancora all'altezza della sfida.

Naturalmente, questo approccio si allontana dall'idea che tutti i problemi siano risolti da un segnale di prezzo sui mercati. Anche se non contestiamo il fatto che questa leva continui a giocare un ruolo, concentrarsi sulla strategia di modificare i prezzi relativi attraverso le tasse non permette di affrontare il problema nella misura desiderata.

Il nostro approccio di sostegno alle azioni di interesse generale è equo, perché chiunque sia disposto a rinunciare al consumo corrente o al profitto immediato a favore di un investimento utile sta facendo un favore alla società. È giusto che la comunità partecipi a questo sforzo allocando risorse pubbliche a cui tutti contribuiscono.

Sostenere il finanziamento degli investimenti da parte del Fondo, ovvero della Confederazione, significa socializzare parte dello sforzo. Direttamente o indirettamente, questa scelta offre il vantaggio che tutti partecipano e che nessuno può escludersi completamente. Torneremo sulla questione della condivisione dello sforzo con il finanziamento collettivo del Fondo per il clima nella Parte VIII.

Questo metodo di finanziamento degli investimenti ha anche il vantaggio di facilitare l'avvio dei lavori, fornendo liquidità. Ciò riduce l'ostacolo per gli investitori.

La risposta dell'iniziativa

«Un Fondo per il clima»

L'iniziativa per un Fondo per il clima intende affrontare la questione delle risorse in un ordine di grandezza tale da consentire di raggiungere l'obiettivo della neutralità climatica. A tal fine, propone di istituire nella Costituzione un Fondo per il clima, finanziato dalla Confederazione. Il testo dell'iniziativa è riportato nell'Appendice 3.

La decarbonizzazione dei trasporti, degli edifici e dell'economia è naturalmente l'obiettivo principale dell'iniziativa. L'idea è che il Fondo consenta alla Confederazione di portare avanti i propri progetti, ma soprattutto di cofinanziare e di fare leva sugli sforzi di tutti gli altri attori, siano essi aziende, privati, cantoni o comuni.

Anche gli sforzi per migliorare l'efficienza energetica e la sicurezza dell'approvvigionamento elettrico sono aspetti fondamentali. L'efficienza, perché riduce il fabbisogno energetico complessivo e quindi i rischi e i costi. L'approvvigionamento elettrico, perché sarà necessaria più elettricità per sostituire i combustibili fossili. In particolare, l'aspetto della sicurezza dell'approvvigionamento determinerà la fiducia nella transizione, che consiste in gran parte nel passaggio dai combustibili fossili all'elettricità.

Quando si parla di approvvigionamento energetico, la sicurezza e l'efficienza sono beni pubblici. Nessuno degli attori ha un interesse diretto a investire al di là del suo interesse

immediato, perché questo comporta dei costi. Ma se nessuno vigila su questi risultati, il sottoinvestimento può portare a sanzioni e blackout. Il prezzo relativamente basso ed erratico dell'elettricità e le difficoltà di finanziamento delle strutture di stoccaggio potrebbero portare a una sotto-attrezzatura non solo non ottimale dal punto di vista economico, ma anche drammatica in termini di sicurezza dell'approvvigionamento. Va ricordato che prima del forte aumento del prezzo dell'elettricità dovuto ai preparativi per la guerra in Ucraina e poi alla guerra stessa, il prezzo era rimasto molto basso per 15 anni. Oscillando tra i 3 e i 6 centesimi, il prezzo non dava alcuna possibilità di ritorno sull'investimento. Il suo momentaneo e irrazionale aumento a 30, 50 o 80 centesimi per kWh sul mercato azionario per qualche settimana non è stato sufficiente a fornire una base sostenibile per il finanziamento degli investimenti.

Per quanto riguarda l'efficienza, l'esperienza dimostra che spesso è il parente povero. L'obiettivo è quello di far prevalere l'interesse collettivo, ed è questo il senso del progetto del Fondo per il clima.

In linea di principio, i finanziamenti per l'espansione della produzione di energia elettrica sono già previsti dai meccanismi della legge sull'energia. Tuttavia, l'entità dello sforzo è insufficiente, come vedremo nel capitolo 16. Inoltre, va notato che il finanziamento di una capacità di generazione elettrica che includa un margine di riserva contribuisce in modo significativo alla sicurezza dell'approvvigionamento: ad esempio, avere impianti fotovoltaici generosamente dimensionati per l'estate non solo consente di ridurre lo stoccaggio stagionale, ma anche di garantire una base preziosa di produzione invernale. Il Fondo dovrebbe quindi essere utilizzato anche per investire nella produzione di energia elettrica.

In ogni caso, c'è una negoziazione: fornire capacità di generazione di energia elettrica dimensionate generosamente fa abbassare i prezzi, per la legge della domanda e dell'offerta. Ciò che si paga quando si investe non deve più essere pagato quando si usa. L'aumento della capacità di generazione di elettricità da fonti rinnovabili ha quindi il vantaggio di

abbassare il prezzo dell'elettricità pulita rispetto alle energie fossili.

La carenza di personale qualificato potrebbe essere uno dei maggiori problemi di questa trasformazione. Ecco perché riteniamo giusto dedicare una piccola parte delle risorse del Fondo a questo aspetto. L'obiettivo è quello di rendere più attraente l'accesso ai mestieri interessati: ingegneria, installazione elettrica, riscaldamento, specialisti delle facciate ecc. Pensiamo in particolare a una formazione complementare o addirittura a una riqualificazione professionale completa, che preveda anche un reddito durante il periodo di formazione.

Infine, il Fondo potrà finanziare anche aspetti molto importanti per i quali non esiste quasi alcun finanziamento di mercato, ma che sono essenziali per la società. Pensiamo in particolare agli investimenti per creare le emissioni negative necessarie a compensare le emissioni incompressibili e forse anche a ridurre il surplus complessivo di CO₂ che si accumula nell'atmosfera. Queste emissioni negative potrebbero essere di tipo industriale («Carbon capture and storage») o biologico, attraverso il rafforzamento della biomassa forestale o del contenuto di carbonio dei suoli e così via. D'altra parte, la spesa corrente per le emissioni negative dovrebbe rimanere di competenza di coloro che le rendono necessarie.

La protezione o il miglioramento della biodiversità potrebbero essere sostenuti anche nella misura in cui contribuiscono a moderare gli effetti negativi del riscaldamento globale. In ogni caso, le due questioni sono collegate se si considera, ad esempio, che il riscaldamento globale minaccia la salute delle foreste (incendi, disseccamento degli alberi ecc.).

Il Fondo potrebbe anche cofinanziare progetti per migliorare la qualità e ridurre l'impatto ambientale. Ad esempio, nel campo dello stoccaggio dell'energia, potrebbe finanziare impianti di stoccaggio dell'idrogeno invece di una diga aggiuntiva. Oppure, nel campo della produzione solare, potrebbe coprire il costo aggiuntivo dell'installazione di un impianto sul tetto di un'autostrada anziché a terra.

Il Fondo per il clima assomiglierà quindi al Fondo per gli investimenti ferroviari: in sostanza, si tratta di un budget di investimento pubblico a fondo perduto, separato dal conto ordinario della Confederazione, piuttosto che di un fondo di investimento nel senso bancario del termine. In generale, il Fondo non riceverà un ritorno sugli investimenti. Dovrà quindi essere alimentato ogni anno dalla Confederazione. Tuttavia, l'iniziativa prevede che il Fondo possa anche prestare denaro o concedere fidejussioni e garanzie, agendo quindi come una banca per il clima. È possibile che per alcuni progetti il Fondo conceda un sostegno ibrido: una combinazione di sovvenzione a fondo perduto, garanzia bancaria e prestito subordinato, ad esempio. Il Fondo sarà poi parzialmente alimentato dai relativi rimborsi.

Qual è la logica economica sottostante al Fondo per il clima? Questo è l'argomento del prossimo capitolo.

Riassunto del capitolo

- Per superare le discussioni, a volte caricaturali, sulla data entro la quale si dovrà raggiungere la neutralità climatica, la cosa migliore è discutere dei mezzi e agire.
- Il Fondo per il clima mira a fornire i mezzi per realizzare questa trasformazione il più rapidamente possibile, anche sostenendo la formazione. Ciò potrebbe includere il pagamento di un reddito sostitutivo durante il periodo di formazione.
- Deve contribuire in modo massiccio alla sicurezza dell'approvvigionamento e allo stoccaggio dell'elettricità, aspetti che il mercato non finanzia.
- Sarà inoltre in grado di finanziare investimenti in emissioni negative.
- Il Fondo per il clima potrà anche concedere prestiti e operare come banca del clima.
- In questa fase di lancio di un'iniziativa costituzionale, è giusto mantenere un certo grado di flessibilità nella sua futura applicazione.

12

Rendere le energie rinnovabili meno care del gas e del petrolio

Con il Fondo per il clima, proponiamo quindi di destinare ingenti risorse statali al sostegno degli investimenti nella transizione. Qual è la logica economica alla base di questo nuovo paradigma di cofinanziamento collettivo degli investimenti?

Invece di affannarci a cercare di imporre penalizzazioni economiche o tecniche all'uso dei combustibili fossili e di scaricare la maggior parte del costo degli investimenti sugli utenti dell'energia, siano essi privati o aziende, proponiamo di fornire un forte sostegno agli investimenti nelle tecnologie pulite, per abbassare il costo dell'ammortamento. L'obiettivo è quello di rendere l'uso di energie rinnovabili e una maggiore efficienza più attraenti dal punto di vista economico rispetto ai combustibili fossili. Quelle prevarranno poi naturalmente sul mercato degli usi finali grazie al loro costo marginale prossimo allo zero. Nel farlo, dobbiamo anche sfruttare le debolezze intrinseche dei combustibili fossili. Quali sono queste debolezze?

Primo punto debole: prima che ogni chilowattora di combustibile fossile possa essere utilizzato, deve essere estratto, trasportato, eventualmente raffinato e infine distribuito. Tutta questa gestione è onerosa. Inoltre, gli investimenti per l'estrazione sono sempre più costosi una volta esaurite le riserve facilmente accessibili. Infine, i proprietari delle scorte residue (e del carbone) cercano di venderli a prezzi

sempre più alti. In confronto, la maggior parte delle energie rinnovabili ha una struttura dei costi molto più vantaggiosa: i chilowattora sono forniti gratuitamente dal sole, dal vento e dalla pioggia. Nessuno deve pagare per l'energia primaria. In altre parole, il loro costo marginale, cioè il costo di produzione di un kWh aggiuntivo, è pari a zero. Naturalmente, prima di poter raccogliere questa energia, è necessario investire in strutture come pannelli solari, turbine eoliche o dighe, e questi investimenti rappresentano un costo iniziale. Ma una volta che questi impianti esistono, i loro costi operativi sono imbattibili, dato che l'energia primaria è gratuita. Non c'è più alcuna esposizione ai rischi di prezzo sui mercati mondiali.

Il secondo punto debole dei combustibili fossili è la loro inefficienza quando si tratta di fornire lavoro meccanico per mezzo di un motore, come illustrato dal diagramma della Figura 16 (nel Capitolo 7). Tre quarti della benzina di un SUV che scala il Passo della Novena viene dispersa sotto forma di calore. Equipaggiato con un motore elettrico, lo stesso veicolo diventa molto più efficiente. Il motore elettrico ha un'efficienza di circa il 90%, quattro volte superiore alla sua controparte a combustibile fossile. A parità di utilità, consuma solo un quarto dell'energia. Nel settore del riscaldamento, si osserva lo stesso fenomeno: per fornire 4 kWh di calore per il riscaldamento, occorrono 4 kWh di combustibili fossili. Ma se si installa una pompa di calore, è sufficiente un solo kWh di elettricità, perché permette di mobilitare il calore presente nell'ambiente, di innalzarne il livello di temperatura e di fornire infine 4 kWh di calore utile per riscaldare l'edificio.

Il terzo tallone d'Achille dei combustibili fossili è la loro vulnerabilità alle misure di efficienza energetica: è vero che prima gli investimenti sono necessari per migliorare le attrezzature e quindi ridurre il consumo di combustibili fossili, ma in seguito la riduzione dei chilowattora di energia consumati è definitiva. Non hanno più bisogno di essere acquistati. In altre

parole, il loro costo è esattamente pari a zero. Se invece fossimo rimasti allo stesso livello di utilizzo di energia fossile, ogni kWh dovrebbe ancora essere pagato.

Il Fondo per il clima avrà un ruolo assolutamente decisivo nella realizzazione di tutti questi nuovi impianti: creando un cofinanziamento pubblico per gli impianti di raccolta, stoccaggio e utilizzo delle energie rinnovabili, stiamo creando un'infrastruttura che marginalizzerà i combustibili fossili. Passando alle rinnovabili, infatti, si passa in larga misura a una logica di costo marginale zero. Imbattibile.

Va notato che questa analisi dei costi deve essere messa in prospettiva su un punto: mentre i combustibili fossili liquidi sono molto facili da immagazzinare in grandi quantità in serbatoi, l'elettricità è difficile da immagazzinare. Deve essere prodotta «just in time» per soddisfare la domanda. In alternativa, è necessario installare e investire in strutture più specifiche dedicate allo stoccaggio dell'elettricità (dighe, serbatoi, power-to-gas) (torneremo su questo punto nella Parte VI). D'altra parte, può essere facilmente trasportata sulla rete esistente. E altre energie rinnovabili, come la legna o il calore ambientale, sono generalmente utilizzate a livello locale.

In che modo l'iniziativa del Fondo per il clima intende sfruttare le debolezze intrinseche dei combustibili fossili? In un certo senso, inverte il principio «chi inquina paga» Invece di cercare di rendere più costosi i combustibili fossili, fornisce sussidi più generosi per le attrezzature di raccolta delle energie rinnovabili e per le conversioni che aumentano l'efficienza.

In altre parole, siamo favorevoli a premiare gli effetti positivi sull'ambiente innescati dalle scelte private, quelle che gli economisti chiamano «esternalità ambientali positive». Piuttosto che punire ulteriormente un'azienda che utilizza gas fossile, preferiamo sostenere gli investimenti che le consentiranno di ottenere gas sintetico a basso costo da elettricità rinnovabile.

Per essere chiari, non stiamo parlando di uno stravolgimento totale, se non altro perché siamo favorevoli al mantenimento degli attuali strumenti di lotta al riscaldamento globale, come previsto dalla legge sul CO₂ in vigore. Proponiamo però un cambio di filosofia per gli strumenti aggiuntivi, per le ragioni esposte di seguito.

Quali sono le considerazioni politiche che ci portano a proporre questo cambio di paradigma per il futuro? Innanzitutto, partiamo da una constatazione pratica: è molto difficile aumentare il prezzo dell'olio da riscaldamento fossile e quasi impossibile aumentare il prezzo dei carburanti (benzina, diesel e cherosene). Attualmente, il livello di tassazione raggiunto per litro di carburante o per tonnellata di CO₂ non è sufficiente a ridurre l'uso dei combustibili fossili su larga scala. Nonostante il loro costo elevato, i combustibili fossili hanno il vantaggio di una soglia d'ingresso molto bassa: le attrezzature necessarie per utilizzarli, come le caldaie a gasolio, sono molto economiche. Inoltre, queste apparecchiature esistono in gran numero e in genere si sono già ripagate da sole.

Ci troviamo quindi di fronte a un paradosso difficile da superare: una tassa di incentivazione deve essere quasi indolore per essere politicamente accettabile, ma è poi troppo debole per innescare cambiamenti massicci nei comportamenti e negli investimenti. Al contrario, una tassa di incentivazione abbastanza forte da essere efficace è troppo dolorosa per essere adottata.

D'altra parte, quando riescono a essere attuate a un livello decente, queste strategie di prezzo sono costantemente esposte ad attacchi politici. Paradossalmente, nonostante l'approccio sia liberale, è spesso questo schieramento politico a combatterle, in alleanza con i populistici di destra.

Sebbene non ci sia nulla di sbagliato in questi approcci, che cercano di incorporare le esternalità negative nel prezzo attraverso una tassa, è ormai chiaro che non saranno affatto sufficienti per raggiungere l'obiettivo della decarbonizzazione totale. Nei prossimi anni dovranno essere rafforzate da un

sostegno agli investimenti, come proposto dall'iniziativa del Fondo per il clima.

Questo significa che dovremmo creare una contrapposizione definitiva e duratura tra la logica del sostegno agli investimenti e il principio «chi inquina paga»? Assolutamente no, se non altro perché i due approcci si rafforzano a vicenda e non si escludono affatto.

A seconda del momento e del campo, si può imporre l'uno o l'altro. Possono anche completarsi a vicenda, soprattutto in termini di tempo. Ad esempio, i sussidi agli investimenti possono contribuire a far progredire una tecnologia fino a farla affermare gradualmente sul mercato, a condizione che le energie sporche siano rese leggermente più costose (o addirittura più costose in seguito). Questo è l'effetto della curva di apprendimento tecnologico.

Al contrario, l'aumento artificiale del prezzo dei combustibili fossili contribuisce chiaramente a innescare ristrutturazioni tecnicamente facili da realizzare. Ma dopo un po' ci si scontra con dei limiti, soprattutto per gli edifici complicati da ristrutturare per motivi architettonici o organizzativi (edifici occupati dai proprietari, immobili in affitto). In questi casi deve subentrare la logica del sostegno agli investimenti.

Se vogliamo riuscire a trasformare rapidamente il nostro sistema energetico, abbiamo bisogno di un forte sostegno pubblico, come proponiamo nell'iniziativa del Fondo per il clima. E data la portata colossale di questa trasformazione e l'urgenza di procedere, è chiaro che la dotazione del Fondo dovrà essere molto consistente. In questa fase, diciamo che il contributo annuale richiesto è pari all'1% del PIL. Torneremo sull'aspetto finanziario, poiché la Parte VIII è dedicata alla stima degli ordini di grandezza necessari e al finanziamento del Fondo. Ma prima di esaminare le modalità di finanziamento del Fondo, è necessario esaminare gli investimenti necessari, ossia le azioni da intraprendere nei vari settori.

Riassunto del capitolo

- Dobbiamo aiutare l'energia pulita e l'efficienza energetica a battere i combustibili fossili sul mercato. Per farlo, dobbiamo abbassare i loro costi di investimento e sfruttare le debolezze intrinseche dei combustibili fossili, in particolare la loro inefficienza.
- Piuttosto che esaurirci nel tentativo di rincarare l'energia sporca, dobbiamo sostenere gli investimenti nella raccolta di energia pulita e nell'efficienza.
- Il minor costo di investimento delle energie rinnovabili, unito alla gratuità dell'energia primaria (acqua, vento, sole), le renderà più economiche del petrolio e del gas, estromettendo questi ultimi dal mercato.
- Una volta implementati gli investimenti nelle energie rinnovabili e nell'efficienza, i combustibili fossili non hanno alcuna possibilità di tornare.
- Questa logica è compatibile con il mantenimento delle misure esistenti, compresa la tassa sul CO₂, ai livelli attuali.

Parte V

I classici:

**investire per risanare
abitazioni e trasporti
terrestri**

Nelle prossime tre parti del libro, formuleremo un piano generale⁴ ed esamineremo ciò che deve essere fatto in termini concreti, settore per settore. Inizieremo esaminando i settori dell'edilizia e dei trasporti terrestri, che sono le due maggiori fonti di emissioni di gas serra in Svizzera. Nella Parte VI, esamineremo i modi per decarbonizzare l'industria e garantire una quantità sufficiente di elettricità nei mesi invernali senza dover ricorrere ai combustibili fossili. La trattazione congiunta di questi due settori è giustificata dalle sinergie insospettabili che esistono tra loro. Infine, la Parte VII tratterà le questioni materialmente molto difficili dell'aviazione, della riduzione delle emissioni non fossili e delle emissioni negative. Su questa base, saremo in grado di affrontare la questione del finanziamento da parte del Fondo per il clima.

Nel complesso, la nostra proposta consente di fare a meno dei combustibili fossili, tranne che per l'aviazione, un settore che probabilmente può essere reso compatibile con il clima solo riducendo le emissioni. Il piano definisce anche, in modo meno dettagliato, le linee guida per la riduzione delle emissioni di gas serra da fonti non energetiche.

Tuttavia, sarebbe presuntuoso cercare di regolare tutto nel dettaglio quando si lancia un'iniziativa costituzionale che avrà un impatto per 25 anni. Al contrario, per una serie di ragioni, dobbiamo mantenere un certo grado di flessibilità:

- I progressi tecnologici possono portarci a modificare le nostre scelte e priorità nel tempo.

4 La nostra proposta fa seguito al «Piano Marshall sul clima per la transizione energetica» [99] presentato dal Partito Socialista nel luglio-luglio 2019 e destinato a integrare la legge sul CO₂ allora in discussione in Parlamento. Tuttavia, aggiorna alcuni aspetti, ne rafforza altri e ne amplia l'ambizione e l'intensità. Va tenuto presente che, in seguito alla bocciatura della legge sul CO₂, alcune misure, come l'aumento della tassa sul CO₂ sui carburanti, non saranno adottate a breve. In settori come la ristrutturazione degli edifici, sarà necessario sostenere un maggior numero di progetti, e a un livello superiore a quello previsto quando abbiamo elaborato il Piano Marshall per il clima.

- L'evoluzione «naturale» dei parametri economici e demografici, cioè indipendente dalle misure incentivate dal Fondo per il clima, non è del tutto prevedibile. I cambiamenti di questi parametri possono portare a una modifica delle priorità nell'utilizzo del Fondo: ad esempio, alcune forme di sostegno possono diventare superflue a seguito di variazioni dei prezzi relativi. In altri settori potrebbe essere necessario intensificare gli sforzi.
- Il contesto geostrategico può cambiare rapidamente, come l'anno 2022 ci ha dolorosamente mostrato.
- Le nuove conoscenze sulle cause e sugli effetti del riscaldamento globale possono portare a modificare le strategie previste.
- Le preferenze del legislatore - in Svizzera, del Parlamento e del popolo - non sono fissate nella pietra.
- Le esigenze della popolazione, ad esempio in termini di equità, possono cambiare nel tempo.

Le proposte presentate in quest'opera rappresentano quindi una possibile strada da percorrere, ma è chiaro che possono essere esaminate numerose varianti. Alcune di queste saranno discusse di seguito. Naturalmente, il Fondo per il clima non è la soluzione a tutti i problemi climatici ed energetici. Sono ancora necessarie altre misure, tra cui norme tecniche come il divieto graduale di utilizzare motori a combustione nelle nuove automobili entro il 2030 o il 2035. Oppure l'adozione di procedure semplificate per la costruzione di impianti di raccolta di energia rinnovabile.

13

Rapida modernizzazione del patrimonio edilizio

La Svizzera ha una lunga tradizione di costruzioni di qualità. Costruiamo per generazioni e teniamo molto a preservare la sostanza, il che ha due conseguenze opposte.

Il lato positivo della medaglia è che gli edifici costruiti oggi sono generalmente efficienti dal punto di vista energetico e hanno un buon isolamento. Ciò è dovuto in particolare alla cultura professionale dei costruttori, alla tassa sul CO₂ e agli standard cantonali.

L'altro lato della medaglia, più oscuro, è l'esistenza di molti vecchi edifici strutturalmente solidi, ma costruiti in un'epoca in cui le questioni energetiche non avevano praticamente alcun ruolo. Spesso questi edifici sono riscaldati da combustibili fossili e sono scarsamente isolati. Questo vale non solo per le abitazioni, ma anche per i locali di servizio e le strutture industriali.

Poiché il patrimonio edilizio esistente è vecchio e di grandi dimensioni, è responsabile di un quarto delle emissioni totali di gas serra del nostro Paese. In altre parole, è inconcepibile non intervenire.

Le linee generali sono chiare: in primo luogo, l'obiettivo è rendere gli edifici più efficienti migliorando la coibentazione dell'involucro edilizio e migliorando gli impianti tecnici, come

la ventilazione e l'illuminazione. In secondo luogo, passare a una fonte di riscaldamento rinnovabile. A volte è possibile farlo senza un grande apporto di elettricità, soprattutto se si può installare una stufa a legna o collegarsi a un sistema di teleriscaldamento. In altri casi, invece, l'unica opzione è una pompa di calore. Questo richiede elettricità, soprattutto in inverno (definito qui come il semestre invernale dal 1° ottobre al 31 marzo). Nel Piano solare e climatico del 2019, abbiamo stimato in 6 TWh l'elettricità aggiuntiva necessaria per alimentare le pompe di calore [18, pag. 39], e questa stima rimane valida.

Consumo di elettricità da parte delle pompe di calore e delle resistenze elettriche

Poiché le pompe di calore sono generalmente installate in edifici efficienti, cioè ben isolati, il loro consumo è modesto. Nel 2021, in Svizzera ci saranno 380'000 pompe di calore, che utilizzeranno 2,6 TWh, ovvero il 4% del consumo elettrico svizzero. In dieci anni, il numero di pompe di calore è raddoppiato, ma senza aumentare il consumo complessivo di elettricità, perché i guadagni di efficienza sono stati realizzati in altri settori.

La differenza di efficienza con il riscaldamento a resistenza elettrica è spettacolare: i 2,6 TWh di elettricità utilizzati dalle pompe di calore possono riscaldare le abitazioni principali del 16,4% della popolazione svizzera. Al contrario, le resistenze elettriche utilizzano 3 TWh di elettricità [38] per riscaldare le abitazioni principali di solo il 3,5% della popolazione svizzera. Il loro consumo è diminuito solo di un decimo tra il 2011 e il 2021 [26].

Purtroppo, l'attuale sforzo per rinnovare gli edifici non è sufficiente: ogni anno viene rinnovato circa l'1% degli edifici [39, p. 18]. Al ritmo attuale, il patrimonio edilizio sarà neutrale dal punto di vista climatico solo nel XII secolo, poiché il 77% di

circa 1,8 milioni di edifici residenziali è riscaldato con gas, petrolio o elettricità [40]. Si tratta quindi di triplicare o quadruplicare la velocità di ristrutturazione. In quasi tutti i casi, la sfida non è solo quella di sostituire l'impianto di riscaldamento, ma anche di isolare l'involucro dell'edificio e modernizzare gli impianti tecnici.

Di solito si presume che l'intero involucro dell'edificio debba essere isolato prima di cambiare l'impianto di riscaldamento, per evitare di installare un sistema troppo potente e inutilmente costoso da acquistare. Dopo aver analizzato tutti gli edifici, la prof. Kristina Orehounig dell'Empa ha formulato una strategia anticonformista per ottenere risultati rapidi: isolare rapidamente i tetti e cambiare le finestre, quindi sostituire il riscaldamento, senza necessariamente occuparsi delle pareti, che spesso sono complicate [40]. Queste ultime possono essere isolate in un secondo momento.

Questo per quanto riguarda la teoria. In pratica, gli ostacoli sono molti:

- Poiché ogni edificio è diverso, raggiungiamo rapidamente i limiti pratici di qualsiasi standard tecnico. È difficile standardizzare le ristrutturazioni. Inoltre, prima di qualsiasi progetto ambizioso è necessaria un'analisi energetica approfondita.
- Requisiti tecnici molto elevati per le ristrutturazioni possono avere l'effetto di dissuadere i proprietari di casa dall'intraprenderle, o almeno di ritardarle.
- È difficile destreggiarsi tra i numerosi vincoli imposti dalla pianificazione territoriale e dalla normativa edilizia. Ed è un'illusione cercare di farli sparire in un Paese densamente popolato come la Svizzera.
- L'elevato numero di appartamenti in affitto comporta una serie di preoccupazioni: gli inquilini temono, e non senza ragione, che gli affitti aumentino in modo spropositato dopo la ristrutturazione. Temono anche di dover interrompere del tutto il contratto di locazione per poterlo riaffittare a un prezzo molto più alto dopo la ristrutturazione.

- Le opzioni pratiche per il riscaldamento non a combustibile fossile sono spesso limitate: assenza di reti di teleriscaldamento, problemi di qualità dell'aria per il riscaldamento a legna, problemi di sottosuolo per l'energia geotermica. Le pompe di calore aria-acqua pongono talvolta problemi di rumore, anche se di recente sono stati compiuti notevoli progressi in questo campo.

La somma di tutti questi vincoli pone problemi pratici, ma anche economici: da un punto di vista strettamente finanziario, è difficile rendere redditizio il rinnovamento energetico nel breve o medio termine. Eppure, come abbiamo visto, i vantaggi per la comunità umana sono evidenti.

In modo apparentemente paradossale, c'è un ultimo problema: nonostante i tassi di interesse rimangano piuttosto bassi, un certo numero di proprietari di case anziani non è più in grado di accedere al credito per la ristrutturazione energetica, perché il loro reddito è insufficiente agli occhi delle pratiche bancarie. A volte, a scoraggiarli è anche la paura di intraprendere lavori importanti in età avanzata. Il problema si pone anche per i proprietari di casa indebitati: è difficile per loro approfittare della concorrenza se devono aumentare il debito. La loro banca attuale può *di fatto* impedire loro di cambiare banca e quindi imporre condizioni drastiche.

Di fronte a queste difficoltà, il Fondo per il clima fornirà un aiuto decisivo aumentando il sostegno e mettendo i vari proprietari su un piano di parità, a un livello sufficiente per accelerare gli investimenti.

Attualmente esistono evidenti disparità di trattamento tra i diversi tipi di proprietari:

- Per le persone fisiche con un reddito imponibile elevato, la combinazione di sovvenzioni e deducibilità fiscale su 2 anni finanziari rende già molto attraente la ristrutturazione: oltre alle sovvenzioni del 10-15% previste dal programma edifici, il loro risparmio fiscale può rappresentare tra il 35%

e il 45% del costo dell'opera, a causa della loro elevata aliquota fiscale marginale. In totale, l'autorità locale sta *di fatto* già finanziando la metà del loro investimento. Paradossalmente, questo gruppo, che riceve più aiuti, è quello che ha meno bisogno di sostegno.

- Per i proprietari di case con redditi modesti, come i pensionati, o con aliquote fiscali marginali più basse, come le famiglie, il guadagno fiscale è molto minore, in genere del 20-25%. La combinazione di sussidi e agevolazioni fiscali copre solo un terzo del costo dell'adeguamento energetico per queste categorie di proprietari, che avrebbero bisogno di maggiore sostegno.
- Poiché i fondi pensione non sono soggetti a imposte, logicamente non beneficiano di detrazioni fiscali e quindi ricevono solo sussidi tra il 10% e il 15%. D'altro canto, la loro notevole capacità finanziaria e la strategia di valorizzazione a lungo termine li incoraggiano a investire. Lo stesso vale spesso per le cooperative edilizie, che in genere non cercano di ottenere profitti.
- Nel caso delle aziende, i cui profitti sono tassati tra l'11% e il 24% a seconda del cantone, la situazione è simile a quella dei modesti proprietari di immobili, poiché i costi di ristrutturazione rappresentano spese che riducono i profitti e quindi l'imposta dovuta. Tuttavia, poiché molte aziende, in particolare le PMI, non registrano profitti nei loro bilanci, la ristrutturazione dei loro immobili non riduce il loro carico fiscale. Dovrebbero essere aiutate più di quanto non lo siano oggi. Al contrario, è sorprendente che le compagnie di assicurazione, che sono ampiamente redditizie, possiedano enormi proprietà in affitto che non sono ancora state ristrutturate. Dovrebbero essere obbligate a ristrutturare i loro edifici.

Grazie al Fondo per il clima, sarà possibile aumentare il sostegno per ottenere una distribuzione più razionale ed efficiente. Ciò vale in particolare per le persone con redditi modesti o medi e per le aziende con profitti contabili bassi o nulli. Inoltre, sarebbe possibile concedere anche sovvenzioni

più elevate per gli edifici il cui elevato valore storico rende più costosa la ristrutturazione energetica.

Soprattutto, il Fondo potrebbe dare un contributo decisivo alla ristrutturazione degli immobili in affitto. La costellazione del diritto di locazione è molto sfavorevole alla ristrutturazione (cfr. 7.2):

- Il proprietario non beneficia della riduzione dei costi energetici, che sono a carico dell'inquilino. Non ha quindi interesse a ristrutturare, se non in un'ottica di lungo periodo.
- Per compensare questo problema, la legge sui contratti di locazione prevede che tra il 50% e il 70% dei miglioramenti energetici possa essere trasferito nel calcolo dell'affitto. L'aumento che ne deriva è spesso contestato dagli inquilini, che giustamente chiedono una riduzione dell'affitto a causa del calo dei tassi di interesse. Molti proprietari temono questo tipo di controversia, che potrebbe portare alla correzione delle loro pratiche abusive.
- Il risultato è spesso la paralisi: la ristrutturazione energetica viene rimandata all'infinito.

Per aggirare il blocco creato da questo dilemma «inquilino-proprietario», il Fondo potrebbe offrire ai proprietari accordi che tutelino gli inquilini. In particolare, il tasso di sovvenzione per i miglioramenti energetici potrebbe essere aumentato del 10% in cambio dell'impegno a non aumentare gli affitti. Questa soluzione sarebbe tanto più equa in quanto gli inquilini non beneficiano del valore aggiunto a lungo termine del loro appartamento. Sarebbe molto ingiusto far ricadere i costi su di loro.

Come previsto dal testo dell'iniziativa, il Fondo potrebbe agire anche come banca del clima. Concedendo prestiti e garanzie bancarie, il Fondo potrebbe limitare i costi aggiuntivi sostenuti quando si devono prendere in prestito fondi esteri. In caso di aumento massiccio dei tassi d'interesse, potrebbe svolgere un ruolo importante, ad esempio aiutando i proprietari ritenuti poco solvibili dalle banche. Potrebbe anche concedere

prestiti non ipotecari ai condòmini. A causa dell'inadeguatezza dei fondi di ristrutturazione per i condòmini e delle situazioni personali molto variabili dei comproprietari, attualmente è molto difficile per loro raccogliere i fondi necessari per finanziare una ristrutturazione.

Infine, il Fondo potrebbe finanziare un programma rapido di sostituzione degli impianti di riscaldamento a combustibili fossili e degli impianti di riscaldamento elettrico diretto nelle case unifamiliari e nei piccoli edifici. I proprietari di casa sono motivati e un aiuto tra i 10'000 e i 15'000 franchi per sostituzione scatenerebbe un'ondata di ristrutturazioni, come ha dimostrato l'esperienza del Cantone di Berna. Va notato che nella controproposta all'iniziativa dei ghiacciai è stata adottata una prima tranche di tale programma, pari a 200 milioni all'anno per 10 anni.

In relazione al settore edilizio, il Fondo potrebbe anche fornire prestiti o sovvenzioni per lo sviluppo di reti di teleriscaldamento e per investimenti in sistemi di produzione collettiva di calore: centrali elettriche a legna, impianti solari termici su larga scala, pozzi geotermici per il calore, recupero del calore residuo, stoccaggio stagionale del calore ecc. L'estensione delle reti di teleriscaldamento è un investimento a lungo termine, poiché è difficile renderlo redditizio nei primi anni, prima che sia stato collegato un numero sufficiente di edifici. Inoltre, man mano che un maggior numero di edifici viene coibentato, la quantità media di energia distribuita diminuisce. Ciò rende più complicato il recupero dell'investimento.

L'obiezione abituale ai programmi di risanamento è che hanno un effetto inerziale. In realtà, questa critica è assurda. Dovremmo parlare di «effetto equità»: perché una persona, che decide spontaneamente di agire per migliorare il clima e l'efficienza energetica, non dovrebbe ricevere aiuti, mentre l'altra, che per motivi suoi aspetta di ricevere aiuti prima di agire, dovrebbe essere l'unica beneficiaria degli aiuti?

Naturalmente, questi aiuti aumenteranno il fatturato dei lavoratori autonomi e delle imprese attive nel settore dell'edilizia in senso lato. Ma è proprio di questo che la Svizzera ha bisogno per progredire verso la ripresa. In cambio, questi attori pagano anche i contributi sociali, l'IVA e l'imposta sugli utili, mentre i loro proprietari e dipendenti pagano l'imposta sul reddito. Il guadagno non scompare. Infine, da un punto di vista globale, cosa guadagneremmo se il processo di ristrutturazione degli edifici rimanesse lento come oggi?

Detto questo, non sosteniamo che il Fondo per il clima sia l'unico modo per accelerare il risanamento del patrimonio edilizio. In particolare, si potrebbero prendere in considerazione tre misure aggiuntive:

- rendere la tassa sul CO₂ a carico del locatore. In pratica, ciò significa che il locatore potrà trasferire all'inquilino solo il prezzo netto di acquisto del gasolio da riscaldamento o del gas dopo la deduzione dell'imposta. L'imposta sarebbe ora un incentivo per il proprietario, che ha la possibilità di risanare, piuttosto che per l'inquilino, che non può intervenire proprio perché non è il proprietario dell'immobile che ha in affitto.
- Obbligare i proprietari di grandi edifici o di grandi proprietà immobiliari ad adottare un piano vincolante di riqualificazione progressiva. L'aggiornamento sarebbe considerato un obbligo, così come lo è *de facto* o *de jure* per un parco informatica o una flotta aerea, per fare solo due esempi.
- L'eliminazione della deducibilità fiscale della sostituzione di un riscaldamento a combustibile fossile con uno nuovo, anch'esso a combustibile fossile, è un'idea intelligente recentemente avanzata dalla Consigliera nazionale Jacqueline de Quattro in un'interpellanza (n. 2022.4470).

Come il settore immobiliare, anche quello della mobilità può essere completamente decarbonizzato. Il prossimo capitolo illustra le sfide da affrontare.

Riassunto del capitolo

- In linea di massima, è necessario coibentare il cappotto, modernizzare la tecnologia e sostituire i riscaldamenti a olio, gas e quelli elettrici diretti.
- L'attuale tasso di risanamento (non più dell'1% degli edifici ogni anno) è assolutamente troppo lento. Sono necessarie più risorse, che il Fondo fornirà.
- Il sostegno al risanamento spesso non è sufficiente, tranne che per le famiglie benestanti. Il Fondo potrebbe correggere questo aspetto.
- Il Fondo potrebbe offrire un maggiore sostegno alla ristrutturazione degli edifici in affitto in cambio della stabilità del canone.
- Il fabbisogno supplementare di elettricità per le pompe di calore aggiuntive sarà di 6 TWh, soprattutto in inverno.

14

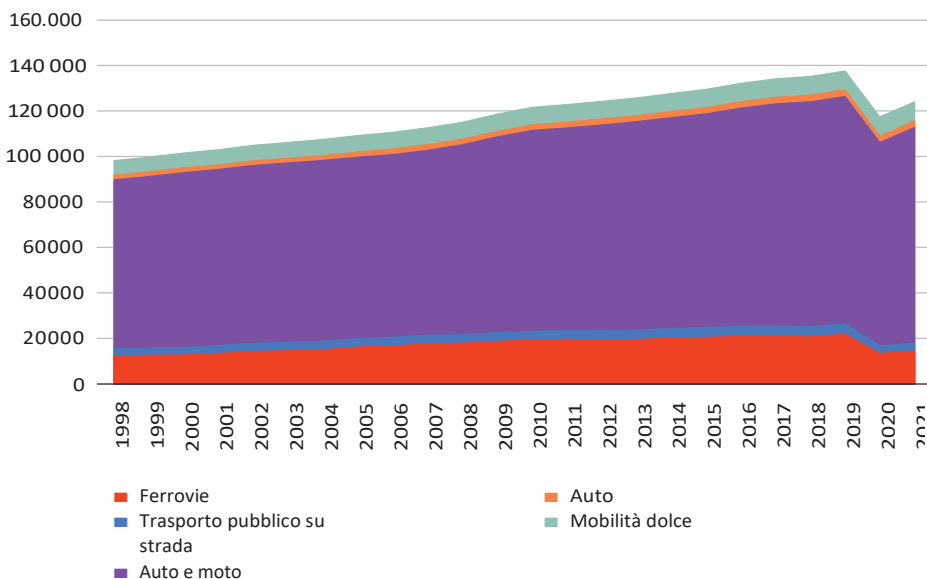
Garantire la catena di approvvigionamento elettrico per la mobilità stradale

Il traffico stradale è attualmente responsabile di 14 milioni di tonnellate di CO₂, pari al 27% delle emissioni della Svizzera (vedi Figura 9). In altre parole, è fondamentale risanare questo settore in termini energetici e climatici.

Poiché i quattro quinti di queste emissioni sono causati dalle automobili, il prerequisito per qualsiasi soluzione è analizzare le tendenze della mobilità personale. Il grafico della pagina successiva mostra che la mobilità personale è aumentata del 40% negli ultimi due decenni (escludendo gli ultimi due anni segnati dal Covid-19). Tra il 1998 e il 2019, nonostante tutta la retorica e gli sforzi compiuti, il tasso modale dell'automobile è sceso dal 77% al 73%, mentre quella della ferrovia è passato dal 13% al 15%. Quest'ultimo aumento, chiaramente visibile nel grafico (in rosso), non è stato sufficiente a ridurre il numero assoluto di chilometri percorsi in auto. Al contrario, questo valore è aumentato.

Figura 20: **Evoluzione del trasporto passeggeri**
(milioni di persone-chilometro, per modalità di trasporto)

Trasporto passeggeri: servizi di trasporto



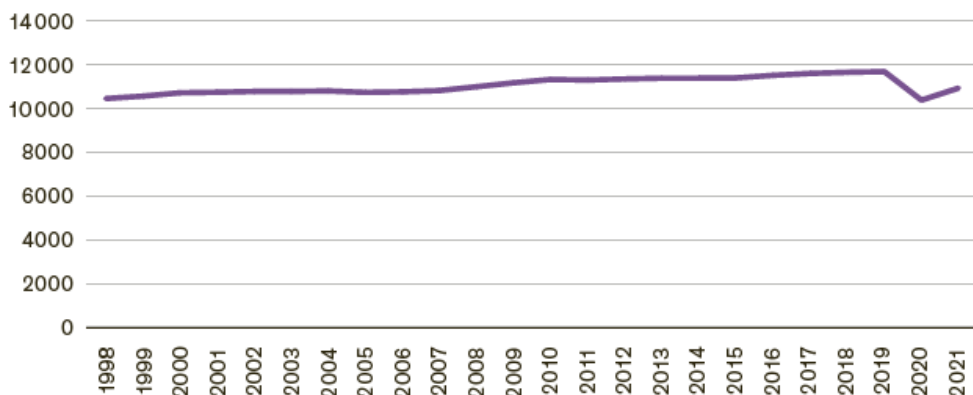
Fonte dei dati per i calcoli di questo grafico, del grafico successivo e del testo: [41] [14] e [42].

Solo un leggero progresso tecnico nel periodo in esame ha permesso di stabilizzare le emissioni di CO₂: nel 1998, una persona emetteva 148 grammi di CO₂ per percorrere un chilometro in auto, mentre nel 2019 questa cifra era di 112 grammi⁵.

In termini comportamentali, non sono stati compiuti progressi negli ultimi due decenni: il numero di chilometri percorsi per persona continua ad aumentare leggermente, ad eccezione dei due anni di Covid.

⁵ Dati reali basati sull'inventario dei gas serra e sulle statistiche di percorrenza, non sui dati dubbi forniti dai produttori di auto nuove. Attenzione: non si tratta delle emissioni per chilometro dell'auto. Queste ultime sono più elevate, perché in media c'è più di una persona per veicolo.

Figura 21. Numero di chilometri percorsi in auto per abitante all'anno



La nostra conclusione è che sarebbe irresponsabile limitarsi a predicare la riduzione degli spostamenti in auto, lo sviluppo del trasporto pubblico, lo sviluppo di spazi pubblici per incoraggiare la mobilità dolce e così via. Queste misure, adottate negli ultimi anni, hanno semplicemente moderato un po' la tendenza, ma non si sono dimostrate sufficienti a ridurre in modo significativo l'uso dell'auto in tutto il Paese. I progressi sono stati certamente misurati nei centri urbani, ma sono stati vanificati altrove. Nonostante la qualità generalmente elevata del trasporto pubblico, il trasporto individuale sembra inevitabile nelle regioni periferiche.

Ciò non significa che queste misure debbano essere abbandonate. Anzi, dovrebbero essere rafforzate. Ma dobbiamo riconoscere che da sole non saranno sufficienti a decarbonizzare sostanzialmente la mobilità. Una riduzione del 10% attraverso questo tipo di misure sarebbe già un utile miracolo. Ma dobbiamo arrivare a zero!

Per questo motivo riteniamo che sia necessario trarre vantaggio dal progresso tecnico. La rapida evoluzione del mercato automobilistico rappresenta una grande opportunità: l'elettrificazione è chiaramente in movimento. Questo cambiamento non è ovviamente dovuto al caso, ma è in gran parte il risultato delle norme europee che limitano le emissioni medie di CO₂ per km. Per sostituire i 55 TWh di diesel e

benzina attualmente in uso, il fabbisogno di elettricità aggiuntivo di elettricità sarà di circa 17 TWh [18, p. 40]. Il consumo sarà costante durante tutto l'anno.

Le obiezioni tecniche di principio all'auto elettrica non reggono. In un nuovo studio completo [43], l'organizzazione europea «*trasporti e ambiente*» T&E ⁶ stima che un'auto elettrica acquistata in Europa nel 2022 ridurrà le emissioni di CO₂ del 69% rispetto a un'auto equivalente a benzina. Questo è il valore medio dell'intero ciclo di vita, che comprende l'estrazione dei materiali, la fabbricazione del veicolo e delle batterie, la produzione di elettricità e il riciclaggio.

Se l'elettricità utilizzata per produrre la batteria e guidare l'auto è completamente priva di carbonio, la riduzione delle emissioni del ciclo di vita è già dell'83%. Inoltre, lo sviluppo delle auto elettriche porterà a ulteriori significativi progressi tecnologici, economici ed ecologici nelle batterie. In particolare, T&E stima che il fabbisogno di litio per kWh di batteria si dimezzerà nel prossimo decennio [44]. Nel marzo 2023, Volkswagen e l'azienda cinese JAC hanno immesso sul mercato la prima auto la cui batteria è costruita utilizzando il sodio, uno dei due atomi del sale, al posto del litio.

T&E sottolinea inoltre che sarebbe incoerente essere rigorosi nel valutare il ciclo di vita delle auto elettriche senza esserlo anche per i veicoli a combustibile fossile. Si tratta di un doppio standard frequente nel dibattito pubblico: si criticano le auto elettriche, dimenticando facilmente che le auto convenzionali causano tutti gli altri problemi non legati al clima: estrazione del petrolio, inquinamento atmosferico locale, rumore, materiali per la marmitta catalitica e così via.

Con ogni probabilità, il Fondo non dovrà intervenire per finanziare le auto, poiché l'elettrificazione avverrà in modo naturale con la sostituzione delle auto. Mentre il prezzo delle auto elettriche si sta avvicinando sempre più a quello delle auto convenzionali e il costo del possesso di un'auto elettrica è

⁶ Di cui fa parte l'Association traffico e ambiente (ATA).

paragonabile, o addirittura inferiore, a quello di un'auto a combustione, sarebbe inutile spendere denaro pubblico per sovvenzionarle. Inoltre, tale sostegno sarebbe discutibile se si considera che un'auto elettrica non è di per sé ecologica. Come la sua antenata termica, consuma un'enorme quantità di spazio, infrastrutture e materiali. È preferibile in termini energetici e climatici rispetto alla sua antenata solo grazie alla sua maggiore efficienza e alla sua capacità di funzionare con energia elettrica rinnovabile.

Va inoltre ricordato che la questione della mobilità non può essere ridotta alla tecnologia. Comporta anche la messa in discussione della portata e della natura delle nostre abitudini di mobilità. Su questi temi, il Fondo per il clima giocherà solo un ruolo marginale. Saranno decisive le preferenze e le scelte culturali in termini di pianificazione urbana e territoriale, infrastrutture stradali e tassazione, come abbiamo già detto.

Inoltre, il fondo non verrebbe utilizzato, in linea di principio, per finanziare infrastrutture pubbliche come linee ferroviarie o modifiche agli spazi pubblici per incoraggiare la mobilità dolce o il trasporto pubblico. Esistono infatti canali di finanziamento sufficienti per questo tipo di progetti. Sotto l'impulso della politica degli agglomerati, di recente sono stati compiuti progressi in questo settore. In termini giuridici, tuttavia, sarebbe possibile utilizzare il Fondo per il clima per finanziare le infrastrutture di trasporto. La condizione è che il progetto specifico abbia un beneficio climatico diretto e dimostrabile.

Infine, è soprattutto nella catena di approvvigionamento energetico delle auto elettriche che il Fondo potrebbe dare un contributo significativo alla transizione.

- Finanziamento di sistemi di ricarica collettiva e individuale, sia su edifici che in parcheggi privati e pubblici.

- Finanziamento di sistemi di accumulo temporaneo di energia elettrica per garantire la flessibilità necessaria nel caso in cui tutti decidano di ricaricare le proprie auto contemporaneamente.
- Finanziamento di sistemi di accumulo decentralizzati per evitare la necessità di rinforzare la rete a causa della domanda di ricarica dei veicoli elettrici.
- In alcuni casi specifici, il finanziamento di veicoli utili, in particolare per il trasporto di merci, autobus o agricoltura, ad esempio.

Il passo successivo è, ovviamente, quello di affrontare finalmente la questione decisiva della generazione di elettricità sufficiente. Questo è l'argomento della Parte VI.

Riassunto del capitolo

- Dato il costante aumento dei chilometri percorsi su strada, non è realistico aspettarsi che l'aumento del trasporto pubblico e della mobilità dolce sia sufficiente a risolvere il problema del clima.
- L'elettrificazione è quindi essenziale.
- Tenendo conto della costruzione del veicolo, delle batterie, dell'energia consumata durante la circolazione e del riciclaggio, le auto elettriche emettono in media un terzo delle emissioni di un'auto a combustibile fossile. Nei Paesi in cui l'elettricità è a basso contenuto di carbonio, questo risultato è ancora migliore.
- Non è necessario finanziare i veicoli, salvo alcune eccezioni, ma è necessario garantire la catena di approvvigionamento elettrico, in particolare per quanto riguarda la rete di stoccaggio intermedio e i punti di ricarica.
- Per sostituire completamente il diesel e la benzina saranno necessari altri 17 TWh di elettricità.

Parte VI

**Le opportunità:
decarbonizzare l'industria
e assicurare la produzione di
energia elettrica**

Come abbiamo appena visto, l'elettricità è una risorsa assolutamente decisiva per la decarbonizzazione: nel campo della mobilità e degli edifici, quattro chilowattora di energia fossile possono essere sostituiti da un chilowattora di elettricità. Inoltre, poiché è relativamente facile raccogliere grandi quantità di elettricità rinnovabile, questa è la scelta più logica. Questo spiega perché si prevede un aumento sostanziale del consumo complessivo di elettricità con il procedere della decarbonizzazione.

È quindi indispensabile una maggiore capacità di produzione di energia elettrica. Ciò è tanto più importante in quanto è anche necessario sostituire la produzione in calo delle vecchie centrali nucleari, che forniscono circa un terzo dell'elettricità attualmente consumata in Svizzera. Procrastinare questo aspetto, prolungando indiscriminatamente la durata di vita del nucleare, comporterebbe un grave rischio di affidabilità, come dimostra l'elevato livello di indisponibilità del parco nucleare francese.

Infine, non basta limitarsi a decarbonizzare gli edifici e la mobilità terrestre. Dobbiamo anche decarbonizzare l'industria, che attualmente utilizza 17 TWh di combustibili fossili e, naturalmente, evitare di utilizzare i combustibili fossili per produrre elettricità in inverno o importare più elettricità prodotta all'estero sulla base di combustibili fossili.

Nel sistema energetico del futuro, il settore elettrico e l'industria interagiranno più strettamente di quanto non facciano oggi. Da un lato, l'elettricità rinnovabile può essere utilizzata per produrre il syngas rinnovabile necessario per sostituire i combustibili fossili nell'industria. D'altro canto, è possibile ottenere nuovamente elettricità dal syngas. Come vedremo, le sinergie sono significative.

Per comprendere appieno la posta in gioco, è necessario esaminare prima la situazione dell'industria, nel capitolo 15, e poi il consumo e la produzione attuali di elettricità, nel capitolo 16. Solo allora si potranno evidenziare le sinergie e delineare il fabbisogno totale di elettricità aggiuntiva, tenendo conto della questione stagionale.

15

La decarbonizzazione dell'industria

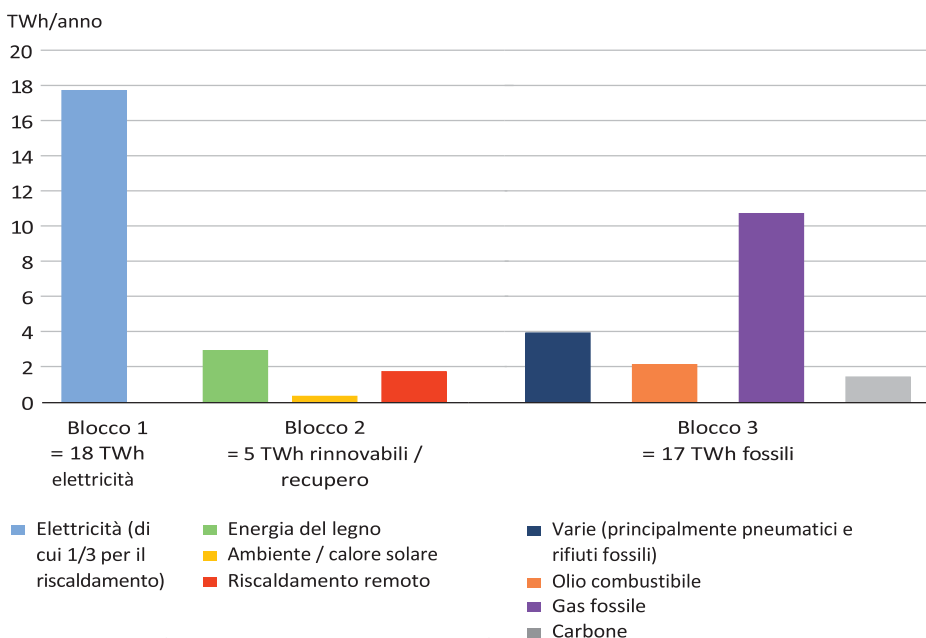
Considerando tutte le fonti energetiche, l'attuale consumo energetico dell'industria può essere raggruppato in 3 blocchi. Il primo blocco, costituito da 18 TWh di elettricità, non pone problemi dal punto di vista climatico, ad eccezione della piccola percentuale di combustibili fossili importati nel mix elettrico svizzero, un aspetto che spetterà al settore elettrico, non all'industria, migliorare.

Anche il secondo blocco, composto da 3 TWh di energia da legno e 2 TWh di teleriscaldamento o rinnovabile, non presenta problemi. Il teleriscaldamento, che generalmente proviene da impianti di incenerimento dei rifiuti, non è certo interamente rinnovabile. Solo una parte di esso, costituita da rifiuti di legno o cartone, è effettivamente rinnovabile. L'altra parte, come le plastiche, non lo è. Si tratta di atomi di carbonio provenienti da idrocarburi che si trovavano nel sottosuolo e che finiscono sotto forma di CO₂ nell'atmosfera. Alla fine, questa frazione fossile dei rifiuti dovrà essere riciclata anziché bruciata, quindi si dovrà trovare un'altra fonte di energia rinnovabile. Tuttavia, questo aspetto è marginale nell'industria e sarà trattato nel Capitolo 21, sulle emissioni da incenerimento dei rifiuti.

Tuttavia, è il terzo blocco, con 17 TWh, a rappresentare il problema principale. La maggior parte proviene dal gas naturale fossile (11 TWh). Inoltre, 2 TWh di olio combustibile sono utilizzati in parte per riscaldare i locali, il che rende il problema legato agli edifici. Infine, per quanto incredibile possa sembrare, stiamo ancora utilizzando 1 TWh di carbone, quasi

esclusivamente per la produzione di cemento. Considerando che il carbone emette più del doppio del gas a parità di energia, questo è assurdo. Fortunatamente, l'uso del carbone è diminuito del 40% in 10 anni. In questo terzo blocco si deve tenere conto anche dei rifiuti. L'industria ne utilizza 4 TWh, tre quarti dei quali, cioè 3 TWh, sono di origine fossile, come i vecchi pneumatici. Nel complesso, dobbiamo trovare un'alternativa ai 17 TWh di combustibili fossili.

Figura 22. **Fonti energetiche nell'industria nel 2019 (esclusi i carburanti per veicoli, che sono inclusi nei trasporti).**



Fonte dei dati di calcolo: [45]

Complessivamente, il consumo diretto di combustibili fossili nell'industria è responsabile di circa il 10% delle emissioni di gas serra del Paese (compreso il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria negli edifici industriali). Questa quota è relativamente bassa rispetto agli standard internazionali, il che si spiega con la scarsità di industrie pesanti in Svizzera.

Per valutare le opzioni tecniche disponibili per la sostituzione dei combustibili fossili, è necessario differenziare i livelli di temperatura richiesti dall'industria. Infatti, le soluzioni tecniche non sono le stesse per i diversi livelli di temperatura. La tabella seguente illustra la situazione:

Figura 23. **Uso di energia per la produzione di calore nell'industria per livello di temperatura (processi ed edifici)**

Tutti gli usi, fonti rinnovabili e non rinnovabili	TWh	Parte
Riscaldamento, acqua calda e calore di processo fino a 100°C	9,0	31,0%
100-200°C	3,3	11,4%
200-400°C	1,6	5,5%
400-800°C	8,9	30,5%
800-1200°C	4,4	15,3%
> 1200°C	1,8	6,3%
Totale	29,2	100,0%

Fonte dei dati di calcolo: [45]

Un terzo di questa energia viene utilizzata per produrre temperature inferiori a 100°C, in particolare per il riscaldamento degli edifici industriali. Per questo terzo, la sostituzione non è difficile, grazie al recupero del calore di scarto dei processi e all'utilizzo di calore rinnovabile, ad esempio ottenuto con pompe di calore. Negli ultimi anni sono stati compiuti notevoli progressi tecnici che hanno permesso di superare di poco i 100° con le pompe di calore. Questo è particolarmente interessante quando il calore può essere recuperato ad alti livelli. Ad esempio, una pompa di calore elettrica può aumentare il calore rilasciato da un impianto di essiccazione da 60° a 120°, o addirittura 150°. Va notato che è anche possibile utilizzare collettori solari termici per raccogliere direttamente il calore da utilizzare nei processi industriali, senza ricorrere all'elettricità. Recentemente sono stati fatti progressi molto interessanti con pannelli piani sotto vuoto che possono modulare la temperatura erogata [46]. In Svizzera, tali pannelli stanno raccogliendo

per m² all'anno, un'energia equivalente a più di 70 litri di olio combustibile!

Tuttavia, la maggior parte di questa energia (58%) viene utilizzata a temperature superiori a 200°C, un livello attualmente impossibile da raggiungere con le pompe di calore. Solo i combustibili rinnovabili (legno, biogas, gas sintetici) o l'elettricità possono sostituire i combustibili fossili a queste temperature. Per motivi tecnici, non è sempre possibile utilizzare l'elettricità. L'uso di gas da fonti rinnovabili è quindi essenziale per decarbonizzare l'industria.

Quando si parla di gas rinnovabili, si intende biogas o syngas. Il biogas si ottiene metanizzando la biomassa (piante energetiche, scarti agricoli, rifiuti alimentari, legno). Finché le piante non vengono coltivate per produrre biogas, il bilancio ecologico è buono. Tuttavia, il suo potenziale è limitato dalla disponibilità di biomassa. È ecologicamente indifendibile piantare monoculture energetiche come la canna da zucchero, l'olio di palma o altre per produrre gas o combustibili, che non meriterebbero più il prefisso «bio». Ciò richiederebbe enormi superfici di terreno e una grande quantità di fertilizzanti, il che non ha senso in termini di energia necessaria, biodiversità e competizione con il cibo.

Il syngas viene generalmente prodotto utilizzando l'elettricità. Questa viene utilizzata per fratturare la molecola d'acqua e recuperare l'idrogeno, che può essere utilizzato come fonte di energia o come materiale per i processi industriali. L'idrogeno può essere ricombinato con il CO₂ per produrre metano (la stessa molecola del gas naturale fossile presente nella rete del gas). La conversione dell'elettricità in syngas comporta la perdita di circa il 30-50% dell'energia sotto forma di calore. Non è quindi molto efficiente. L'Appendice 1 fornisce informazioni più dettagliate sulla questione del syngas e sulla complicata questione dello stoccaggio del gas.

Se è disponibile elettricità rinnovabile, non c'è limite quantitativo alla produzione di syngas: l'acqua e, se del caso, il CO₂ dell'aria sono accessibili in quantità *di fatto* illimitate (e vengono restituite quando il syngas viene bruciato). È chiaro che il syngas offre una soluzione su larga scala, mentre il potenziale del biogas non è sufficiente.

Naturalmente, alcuni guadagni di efficienza sono ancora possibili nell'industria, ma dobbiamo essere consapevoli che essa ha già compiuto sforzi considerevoli, come mostra chiaramente la Figura 9. Ora che abbiamo identificato le esigenze di decarbonizzazione dell'industria e prima di determinare le quantità di energia rinnovabile da produrre, dobbiamo esaminare in dettaglio la situazione attuale del settore elettrico.

Riassunto del capitolo

- L'industria svizzera utilizza circa 17 TWh di combustibili fossili per produrre calore.
- Circa un terzo può essere sostituito da termopompe.
- Ma per decarbonizzare tutti i processi ad alta temperatura, abbiamo bisogno di elettricità o di gas di sintesi rinnovabili.
- Il syngas può essere idrogeno o metano, prodotto da energia elettrica rinnovabile.
- Quando il syngas viene prodotto, le perdite di conversione sono notevoli. In genere, occorrono 2 kWh di elettricità per produrre 1 kWh di syngas.

La sfida dell'elettricità in inverno

Per quanto riguarda l'approvvigionamento elettrico, la sfida è notevole: dobbiamo sostituire la produzione nucleare in declino e coprire il fabbisogno associato alla decarbonizzazione degli edifici, dei trasporti terrestri e dell'industria. Inoltre, intendiamo produrre quasi tutta l'elettricità di cui abbiamo bisogno in Svizzera, rinunciando al contempo all'uso di combustibili fossili in inverno, il che ovviamente significa espandere massicciamente la produzione di elettricità in Svizzera. Riteniamo che una strategia di importazione sarebbe troppo rischiosa, dato che l'elettricità è destinata a diventare una parte del mix energetico ancora più importante di quanto non lo sia oggi. La nostra aspirazione all'autosufficienza elettrica su base media annua non esclude scambi regolari con i nostri vicini, a condizione che questi siano relativamente equilibrati nel corso dell'anno, come avviene attualmente. Ciò presuppone che la nostra produzione di elettricità sia sufficiente.

Tuttavia, l'elettricità non è solo una questione di medie e di totali annuali. Al contrario, sull'asse del tempo, in ogni momento, deve essere immessa nella rete tanta energia quanta ne viene prelevata dagli utenti, perché la rete non è fisicamente in grado di immagazzinarne. Naturalmente, è possibile raggiungere questo equilibrio anche importando ed esportando, a condizione che l'equilibrio sia garantito anche a livello europeo. Quanto più la Svizzera sarà in grado di garantire il proprio equilibrio e di reagire in tempo reale, tanto più affidabile sarà il suo approvvigionamento.

Da questo punto di vista, il problema principale della Svizzera non è il bilanciamento a breve termine. Grazie alle dighe di accumulo, la Svizzera può adattare la propria produzione in pochi istanti, aprendo o chiudendo le paratoie delle dighe. Se c'è un'eccedenza momentanea di elettricità, può persino utilizzare questa energia per ricostituire le riserve pompando nuovamente l'acqua nelle dighe. La potenza delle pompe è notevole. Se funzionano tutte contemporaneamente, assorbono l'equivalente della metà del consumo medio di energia elettrica della Svizzera. Questo vantaggio consente alla Svizzera di importare elettricità quando è a buon mercato, per pompare nuovamente l'acqua nelle dighe, reintegrando così le scorte di acqua e quindi di elettricità. Poiché il contenuto delle dighe corrisponde al consumo di un mese e mezzo, la Svizzera può facilmente sfruttare questa flessibilità per spostare l'elettricità da un'ora all'altra, da un giorno all'altro o addirittura da una settimana all'altra. In altre parole, il sistema idroelettrico svizzero è come una gigantesca batteria.

Nonostante questo vantaggio, la Svizzera ha un problema stagionale: l'acqua che immagazziniamo in estate riempiendo le dighe non è sufficiente a coprire tutto il nostro fabbisogno elettrico invernale. Oltre ai 9 TWh immagazzinati nelle dighe, la Svizzera deve attualmente importare una media di 4 TWh per inverno. D'altra parte, esporta circa la stessa quantità ogni estate, come mostrano chiaramente i due grafici seguenti. Questo perché il nostro consumo è maggiore in inverno, soprattutto a causa del riscaldamento elettrico diretto e delle pompe di calore, mentre la nostra produzione è maggiore in estate a causa dello scioglimento delle nevi e dei ghiacciai. Il problema della Svizzera è quindi più che altro un bilanciamento stagionale tra estate e inverno.

Figura 24. Situazione elettrica durante il semestre invernale negli ultimi 20 anni

Inverno 2002/03 - 2021/22 (da ottobre a marzo)

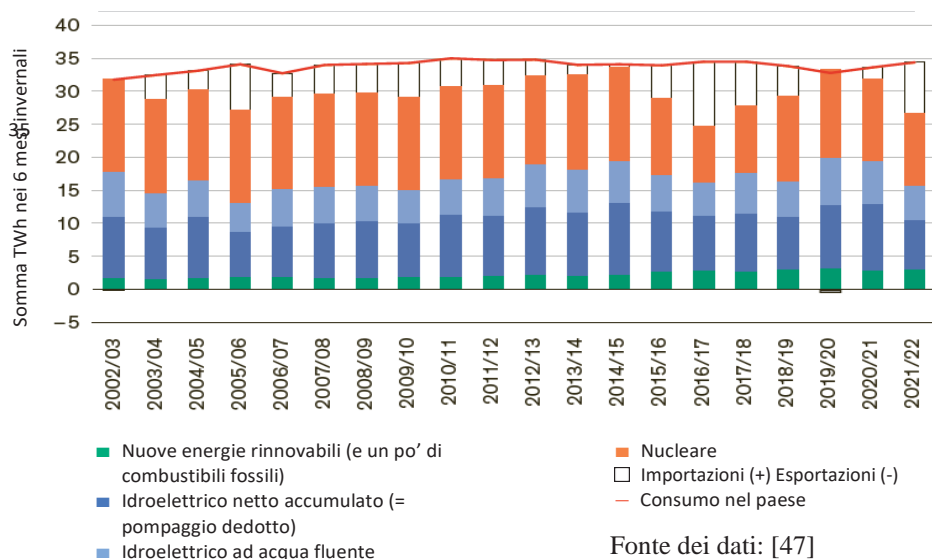
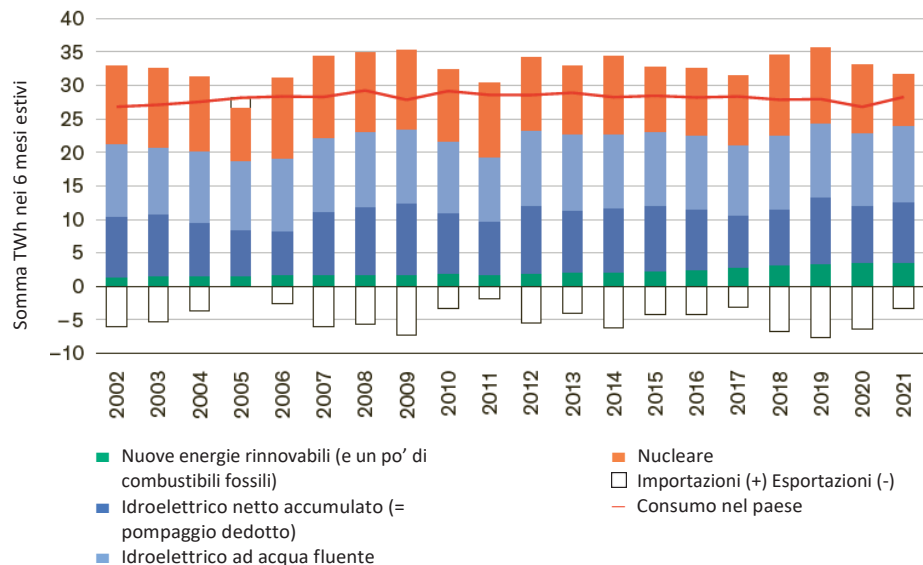


Figura 25. Situazione elettrica durante il semestre estivo negli ultimi 20 anni

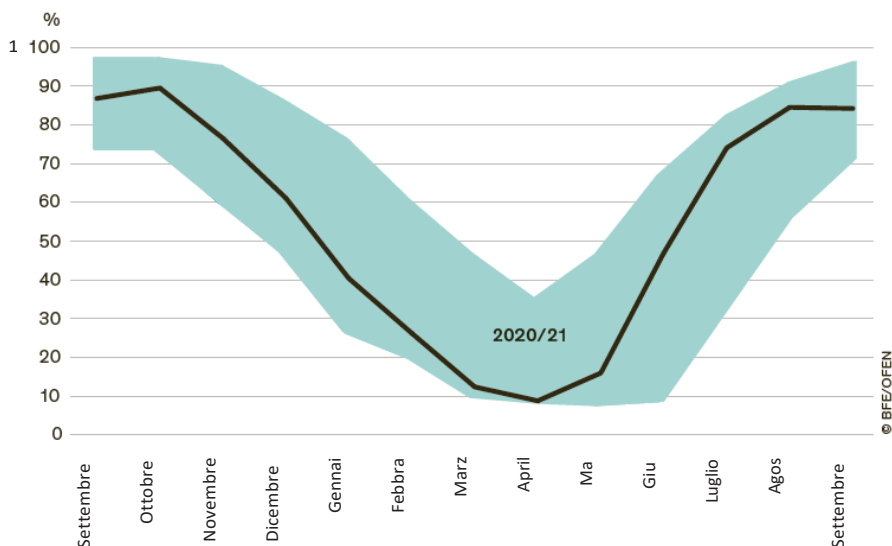
Estate 2002-2021: (da aprile a settembre)



In assenza di bacini di accumulazione, che consentono di immagazzinare uno stock di 9 TWh durante l'estate in vista dell'inverno, lo squilibrio tra le stagioni sarebbe molto più marcato. Attualmente, la capacità di stoccaggio stagionale delle dighe è quasi completamente utilizzata. Alla fine di ottobre, i bacini di accumulazione sono quasi pieni. Questa riserva si esaurisce nel corso dell'inverno, cosicché alla fine di aprile i laghi sono in gran parte vuoti, come mostra il grafico seguente.

Figura 26. **Variazione del contenuto dei bacini di accumulo (fine dei mesi)**

Variazioni negli anni idrologici 1972/73-2020/21



Fonte: [48, p. 22]

La questione invernale è quindi assolutamente cruciale. Tanto più che è tecnicamente difficile cercare di importare più di 10 TWh per inverno. L'esperienza recente ha messo alla prova i limiti. Dopo i guasti alle centrali nucleari nell'inverno 2016/2017 e 2021/2022, la Svizzera ha dovuto importare circa questa quantità, il che si è rivelato pericoloso. Data la capacità limitata delle reti di trasmissione e le incertezze sulla capacità e sulla disponibilità all'esportazione di altri Paesi, l'autorità indipendente di regolamentazione dell'elettricità (Elcom) raccomanda giustamente che la Svizzera non debba mai importare più di 10 TWh per inverno [49].

In termini di produzione aggiuntiva di elettricità, il fotovoltaico offre di gran lunga il maggior potenziale. I soli edifici possono fornire l'equivalente dell'attuale consumo di elettricità della Svizzera: 50 TWh sui tetti e 17 TWh sulle facciate [50]. A questi si aggiungono 35 TWh nei parcheggi e lungo le strade e le autostrade. Il potenziale totale realistico è di 118 TWh/anno, pari allo 0,6% della superficie svizzera, la maggior parte della quale è già cementata [51]. La possibile copertura delle autostrade non è inclusa in questo totale.

Fortunatamente, l'energia solare è molto ben accettata ed è ormai opinione diffusa che svolgerà un ruolo centrale. Tuttavia, poiché il sole splende di più in estate che in inverno, dovremo tenere accuratamente conto della questione stagionale.

Sebbene il loro potenziale complessivo sia molto inferiore a quello dell'energia solare fotovoltaica, altre fonti rinnovabili potrebbero contribuire a colmare parte del deficit: l'energia eolica, che viene prodotta per quasi due terzi durante il semestre invernale, la biomassa e, forse un giorno, l'energia geotermica.

D'altra parte, non rimangono molti progetti interessanti da realizzare per aumentare la produzione idroelettrica, soprattutto perché dobbiamo proteggere la biodiversità dell'ambiente acquatico, che è seriamente minacciata. In questo settore, i nostri predecessori hanno già mobilitato la maggior parte delle risorse disponibili. D'altra parte, gli impianti idroelettrici possono e devono svolgere un ruolo maggiore nello stoccaggio. È infatti possibile aumentare il volume di stoccaggio stagionale delle dighe di 2 TWh, il che consentirà di spostare il turbinaggio di parte dell'acqua dall'estate all'inverno. Su questo tema è stato raggiunto un accordo di massima in una tavola rotonda che ha riunito ingegneri idraulici e associazioni ambientaliste. La tavola rotonda ha proposto l'innalzamento di 13 dighe e 2 nuove costruzioni [52], la cui attuazione sarà promossa nel disegno di legge detto «Mantelerlass» (n. 21.047). Nel caso delle dighe esistenti, i danni alla biodiversità sono molto limitati.

Sospettiamo che sarebbe utile avere uno stoccaggio aggiuntivo per trasferire le eccedenze estive in inverno. Ma

vedremo che lo stoccaggio dell'elettricità non è l'unica soluzione e che la decarbonizzazione dell'industria sta introducendo nel sistema una flessibilità insospettata.

Qualunque sia lo scenario scelto, sarà necessario effettuare un'analisi stagionale. A tal fine, nel prossimo capitolo modelleremo la produzione necessaria. Grazie al suo enorme potenziale, l'energia solare farà la parte del leone, ma includeremo anche un po' di energia eolica e uno stoccaggio idroelettrico aggiuntivo per aumentare la fornitura invernale. Questo piano presuppone il mantenimento delle dimensioni attuali dell'industria e la stabilizzazione della mobilità terrestre. L'unico settore non incluso è quello dell'aviazione, per cui il piano non prevede la possibilità di ridurre le emissioni.

Come vedremo, questo piano prevede la produzione di syngas durante l'estate e lo stoccaggio di una parte di esso per l'inverno, al fine di coprire il fabbisogno dell'industria e produrre l'elettricità che manca in inverno.

Il collegamento con il «Piano solare e climatico» 2019

I lettori che hanno letto il nostro *Piano solare e fotovoltaico* del 2019 [18] avranno già riconosciuto alcuni parallelismi e ne individueranno altri nelle pagine che seguono. Quel piano prevedeva la decarbonizzazione della mobilità terrestre e degli edifici e la generazione di energia elettrica aggiuntiva esclusivamente dal fotovoltaico. L'ipotesi pessimistica era che non si sarebbero sviluppate altre energie rinnovabili. Il piano prevedeva una decarbonizzazione dell'86% del perimetro, compresi elettricità, trasporti terrestri ed edifici. Non prevedeva la decarbonizzazione dell'industria (ma copriva l'attuale consumo di elettricità di quest'ultima). Il restante 14% delle emissioni fossili in questo perimetro derivava dall'uso di gas fossili per produrre l'elettricità necessaria a colmare il deficit invernale.

Nel prossimo capitolo proponiamo una strategia d'insieme «Solare, Syngas e Industria» abbreviata in «SSI». Questa strategia completa le lacune del piano solare 2019, includendo la decarbonizzazione dell'industria e l'abbandono dell'uso di gas fossili in inverno per generare elettricità. Nell'Appendice 2 sono riportati alcuni confronti tra il Piano solare 2019 e la SSI.

Riassunto del capitolo

- Attualmente la Svizzera produce un'eccedenza di elettricità in estate, che esporta. Al contrario, deve importare elettricità in inverno.
- Grazie alle sue dighe, la Svizzera può immagazzinare grandi quantità di elettricità per spostarle da un giorno all'altro o da una settimana all'altra. Lo stock corrisponde a 1,5 mesi di consumo attuale di elettricità.
- Le sue dighe permettono inoltre di immagazzinare energia dell'estate in preparazione dell'inverno, ma questo potenziale è quasi completamente utilizzato e le possibilità di ampliamento sono limitate.

17

La strategia d'insieme «Solare, syngas e industria» (SSI)

Ora conosciamo quasi tutti i pezzi esistenti del puzzle, a partire dal consumo attuale di elettricità e dalla produzione per stagione. Abbiamo inoltre già individuato il seguente fabbisogno annuale aggiuntivo:

- 20 TWh per compensare lo smantellamento delle centrali nucleari al termine della loro vita operativa.
- 6 TWh per alimentare pompe di calore aggiuntive per gli edifici, con una grande predominanza in inverno (secondo il capitolo 13).
- 17 TWh per la decarbonizzazione della mobilità terrestre, distribuiti uniformemente nell'arco dell'anno (sostituzione totale di benzina e gasolio, con relativi incrementi di efficienza, come da capitolo 14).

Prima di mettere insieme il puzzle e completare i pezzi mancanti in un piano coerente, è logicamente necessario determinare come decarbonizzare l'industria, il cui consumo di combustibili fossili ammonta a 17 TWh (secondo il capitolo 15). Solo allora potremo dedurre la strategia complessiva. «Solare, Syngas e Industria», abbreviato in «SSI».

La decarbonizzazione dell'industria è tutt'altro che semplice. Se dovessimo semplicemente sostituire l'energia fossile utilizzata dall'industria con il syngas, avremmo logicamente bisogno della stessa quantità, ovvero 17 TWh.

Considerando la perdita di conversione di quasi il 50% durante la produzione e lo stoccaggio del syngas, sarebbero necessari 34 TWh di elettricità. Se vogliamo anche evitare di usare il gas fossile per generare elettricità in inverno, avremo bisogno di syngas anche per questo scopo.

Supponendo di aver decarbonizzato la mobilità e gli edifici e di aver installato 50 GW di fotovoltaico, il deficit elettrico invernale ammonta a 10 TWh [18]. Per coprirlo senza combustibili fossili, sono necessari 20 TWh di syngas, poiché la conversione del syngas in elettricità comporta una perdita di circa il 50%. In totale, il fabbisogno di syngas per l'industria (17 TWh) e l'elettricità invernale (20 TWh) sarebbe quindi di 37 TWh. La produzione di questo syngas richiederebbe quindi circa 74 TWh di elettricità. Produrre questa elettricità oltre a soddisfare altre esigenze sarebbe una sfida quasi insormontabile, soprattutto perché lo stoccaggio sarebbe un problema. Questo approccio «tutto syngas» non è quindi molto realistico.

Con la strategia globale «Solare, syngas e industria» (SSI), proponiamo un metodo più efficiente rispetto all'approccio di cui abbiamo appena illustrato i limiti. La SSI riduce notevolmente la quantità di elettricità da convertire in syngas e quindi la quantità di syngas da riconvertire in elettricità. L'idea di base è quella di ridurre al massimo le perdite di conversione e di utilizzare l'elettricità nel modo più efficiente possibile, immagazzinandola il meno possibile. Cosa significa in termini pratici in un contesto in cui il syngas viene prodotto a partire dall'elettricità? In breve, l'approccio è il seguente:

- Finché è disponibile una quantità sufficiente di elettricità rinnovabile, e laddove tecnicamente fattibile, l'elettricità dovrebbe essere utilizzata direttamente per produrre calore industriale, preferibilmente tramite pompe di calore, o altrimenti tramite riscaldatori.
- Solo quando è tecnicamente impossibile utilizzare l'elettricità, o quando c'è una carenza di elettricità, il syngas viene utilizzato per produrre calore di processo. In effetti con l'uso di syngas, si verificano perdite di energia: 1 kWh

di syngas significa originariamente avere circa 2 kWh di elettricità.

- Infine, il syngas dovrebbe essere utilizzato il meno possibile per generare elettricità, poiché la doppia perdita di conversione (da elettricità a syngas e viceversa) è di tre quarti. Ciò significa anche avere un parco di generazione elettrica relativamente forte in inverno.
- Quando l'elettricità non è sufficiente, sarebbe assurdo produrre calore industriale con l'elettricità, poiché questo dovrebbe essere prodotto con il syngas, con la relativa doppia perdita. Unica eccezione: se si può sfruttare l'efficienza della pompa di calore.

Come vedremo, questa SSI presenta un vantaggio decisivo: grazie al consumo estivo di elettricità e alla produzione di syngas dell'industria, si ottiene una corrispondenza stagionale molto migliore tra la curva di consumo e il profilo di produzione, che, come sappiamo, è più forte in estate.

Di seguito ne dedurremo progressivamente l'implementazione.

1. Stima del fabbisogno di energia elettrica e syngas per decarbonizzare l'industria

Per sostituire il gas fossile quando il calore richiesto non supera i 100°C, si dovrebbero naturalmente utilizzare le pompe di calore azionate dall'elettricità. Invece di perdere l'efficienza della produzione di syngas, l'industria beneficerebbe della maggiore efficienza delle pompe di calore!

Per temperature superiori a 100°C, le pompe di calore non sono generalmente utilizzabili (anche se si stanno facendo progressi). Esistono tuttavia due opzioni possibili. La prima consiste nell'utilizzare il syngas esattamente come il gas fossile, di solito con una fiamma. La seconda: utilizzare l'elettricità, in linea di principio tramite un elemento riscaldante (resistenza elettrica). Per queste ragioni tecniche, l'opzione elettrica non è sempre possibile.

In estate, quando l'elettricità è sufficiente, proponiamo di produrre calore oltre i 100° utilizzando direttamente l'elettricità il più possibile. Quando questo non è possibile - per ipotesi per metà del volume - utilizziamo il syngas, che deve essere prima prodotto con l'elettricità.

In inverno, viene utilizzato solo il syngas prodotto per ottenere un calore superiore a 100°. In questo modo si evita la necessità di energia elettrica. Tuttavia, ciò richiede che il syngas sia stato prodotto e stoccato durante l'estate precedente.

Figura 27. Fabbisogno di elettricità e syngas per la decarbonizzazione dell'industria

Perimetro da decarbonizzare	Strategia	Requisiti elettrici
<p>Riscaldamento di ambienti e processi industriali fino a 100°C: = 5 TWh di olio combustibile e gas da sostituire</p>	<p>Utilizzo di vari tipi di pompe di calore, metà per i processi (costanti durante tutto l'anno) e l'altra metà per il riscaldamento (principalmente in inverno). Poiché le pompe di calore devono raggiungere temperature più elevate rispetto ai sistemi residenziali, sono meno efficienti per ragioni fisiche. In questo caso, 1 kWh di elettricità produce 2 kWh di calore (stima prudentiale), anziché 4 kWh come nel settore residenziale. Nonostante questa limitazione, il passaggio dai combustibili fossili alle pompe di calore ha ridotto i consumi.</p>	<p>2,5 TWh di elettricità, di cui 2/3 in inverno.</p>
<p>Calore industriale superiore a 100° durante il semestre invernale = 6 TWh di gas da sostituire</p>	<p>Utilizzo di 6 TWh di syngas rinnovabile da produrre durante l'estate e da stoccare per l'uso invernale. Tenendo conto dello stoccaggio, occorrono 2 kWh di elettricità per produrre 1 kWh di syngas.</p>	<p>12 TWh di elettricità nel semestre estivo.</p>
<p>Calore industriale superiore a 100° durante il semestre estivo (6 TWh in totale)</p>		

Perimetro da decarbonizzare	Strategia	Requisiti elettrici
<p><i>Per la parte in cui è possibile utilizzare l'energia elettrica (ipotizzando 3 TWh di combustibili fossili da sostituire)</i></p>	<p>Poiché non è possibile utilizzare le pompe di calore, non vi è alcun guadagno in termini di efficienza. D'altra parte, si evitano le perdite associate alla conversione preliminare dell'elettricità in syngas. C'è però una complicazione: gli impianti industriali devono essere ibridi per poter funzionare con l'elettricità in estate e con il syngas in inverno. Ciò richiede attrezzature speciali.</p>	<p>3 TWh di elettricità nel semestre estivo.</p>
<p><i>Per la parte per cui l'uso del syngas è inevitabile (ipotizzando 3 TWh di combustibile fossile da sostituire)</i></p>	<p>L'uso del syngas comporta una perdita di efficienza, poiché per produrre 1 kWh di idrogeno occorrono 1,7 kWh di elettricità. Poiché l'idrogeno viene utilizzato in estate, non è necessario uno stoccaggio stagionale. Lo stoccaggio tampone è sufficiente e le perdite di stoccaggio sono più limitate.</p>	<p>5 TWh di elettricità nel semestre estivo.</p>
<p>Consumo totale attuale di combustibili fossili nell'industria = 17 TWh</p>	<p>Totale</p>	<p>Energia elettrica totale necessaria per la decarbonizzazione, compresa la produzione di syngas: 22,5 TWh/anno, di cui 20,9 TWh durante l'estate.</p>

Come si può vedere dalla tabella, la quantità di elettricità necessaria per decarbonizzare l'industria è di soli 22,5 TWh, soprattutto durante l'estate, dunque una quantità notevolmente inferiore ai 34 TWh di elettricità che sarebbero necessari se per decarbonizzare l'industria si utilizzasse solo il syngas. Questa sorprendente ottimizzazione è resa possibile dalle pompe di calore e dall'uso parziale dell'elettricità direttamente per produrre calore, senza incorrere nelle perdite di energia associate alla produzione di syngas.

Un altro vantaggio decisivo è che è stato confermato che il fabbisogno di energia elettrica si manifesta soprattutto in estate. Di conseguenza, il syngas industriale contribuisce ad assorbire l'eccedenza di elettricità estiva e limita fortemente l'aumento del consumo di elettricità industriale in inverno. Di fatto, diventa un importante mezzo di bilanciamento tra estate e inverno! Utilizzando il syngas stoccato per l'industria anziché per l'elettricità, si evitano le perdite di conversione in elettricità. Nel complesso, questo approccio riduce la necessità di stoccaggio stagionale del syngas rispetto a una strategia «solo syngas». Torneremo su questo punto più avanti. E, naturalmente, significa modificare alcuni impianti industriali in modo che possano utilizzare sia l'elettricità che il (syn)gas.

2. Il nuovo equilibrio tra produzione e consumo di energia elettrica

Una volta note la quantità e la distribuzione stagionale dell'elettricità necessaria per decarbonizzare l'industria e coprire il fabbisogno di syngas, resta solo da stabilire quali impianti di produzione di elettricità installare. A tal fine, dovremo assicurarci che il parco generi in estate una quantità di elettricità sufficiente a fornire non solo la produzione di syngas necessaria all'industria, ma anche la produzione di elettricità invernale.

Dal punto di vista matematico, gli scenari possibili sono numerosi. Ma in pratica, il potenziale di produzione idroelettrica

è limitata, così come quella dell'energia eolica. Per queste due tecnologie, abbiamo mantenuto le proposte note e realistiche:

- L'installazione di 4 GW di energia eolica, pari a circa 1'000 pale, produrrà 6 TWh, di cui 4 TWh in inverno, secondo il piano d'azione Suisseéole per il 2030 [53].
- In accordo con la Tavola rotonda sull'energia idroelettrica [52], stiamo aumentando il volume di stoccaggio delle dighe di 2 TWh per l'inverno, la cui tempistica può essere controllata in base alle esigenze. Questa riserva invernale aggiuntiva viene turbinata in pieno inverno.

Insieme, queste due tecnologie forniscono 6 TWh di elettricità invernale, che è molto preziosa.

L'ultima questione chiave è la quantità di energia fotovoltaica da installare. Se scegliamo una cifra piuttosto bassa, ci sarà una maggiore carenza di elettricità in inverno e si dovrà utilizzare più syngas per produrre elettricità. D'altra parte, quasi tutta la produzione di picco estiva può essere utilizzata per l'industria e la produzione di syngas. Il *peak-shaving* è quindi molto limitato. Il *peak-shaving* consiste nel limitare temporaneamente l'immissione di elettricità solare quando c'è troppa elettricità. Si tratta di una soluzione più semplice e meno costosa rispetto al potenziamento delle reti e dello stoccaggio, in modo che tutti i kWh di elettricità solare possano essere trasportati e utilizzati.

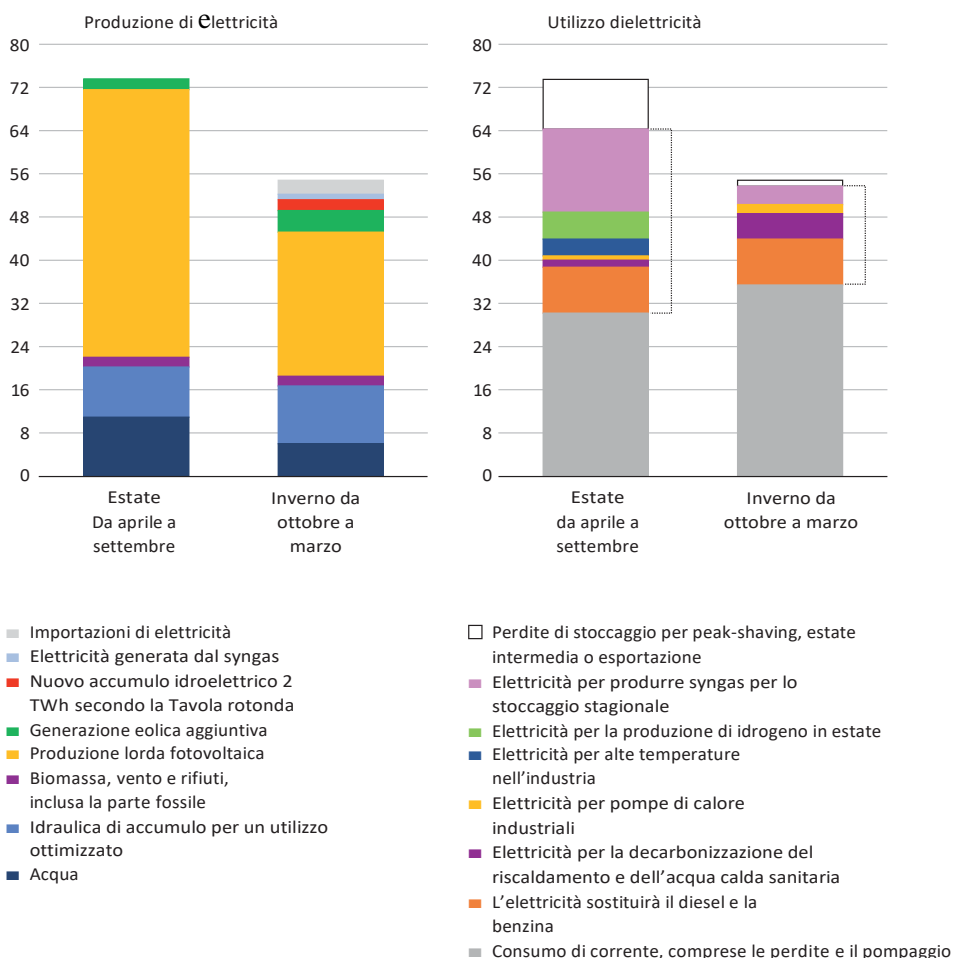
Se si sceglie una produzione fotovoltaica più elevata, la situazione si inverte: poiché la produzione solare è più consistente anche in inverno, la carenza di elettricità invernale è minore e quindi è necessario meno syngas per coprire la domanda di elettricità invernale. Ciò riduce la necessità di infrastrutture per la produzione e lo stoccaggio di syngas. D'altra parte, il surplus estivo soggetto al *peak-shaving* è maggiore.

Per determinare la produzione fotovoltaica appropriata, abbiamo modellato 11 anni di produzione e consumo di elettricità, su base mensile e utilizzando i dati effettivi di produzione idroelettrica e solare per gli anni dal 2011 al 2021. Tra le possibili soluzioni matematiche per il bilanciamento del sistema, ne abbiamo selezionata una: installare 72 GW di energia fotovoltaica, cioè 16 volte di più rispetto alla fine del 2022. La produzione lorda sarà di 76 TWh. Ciò significa utilizzare non solo tutti i tetti appropriati, ma anche alcune facciate (ad esempio degli hangar) e mobilitare alcune altre superfici, in particolare coprendo infrastrutture come le paratie o gli impianti di trattamento delle acque, oppure sul suolo. Abbiamo scelto questa cifra piuttosto alta perché limita la necessità di syngas, riducendo la complessità e la vulnerabilità del sistema.

Con questa produzione si copre tutto il fabbisogno di elettricità, anche per l'industria e la produzione di syngas. Il calcolo è parametrizzato in modo che la Svizzera non importi mai più di 1 TWh di elettricità per mese invernale, il che corrisponde più o meno alla situazione attuale. Si ipotizza inoltre che il consumo di elettricità per gli usi correnti rimanga stabile, con i guadagni di efficienza che compensano l'effetto della crescita economica e demografica, come è avvenuto negli ultimi 15 anni. Naturalmente, nel modello sono stati inseriti alcuni margini di sicurezza. Di seguito, ci limitiamo a presentare le grandi linee dei risultati dell'SSI. Il modello, le sue ipotesi e i risultati dettagliati sono presentati sotto forma di tabelle e di grafici mensili nell'Appendice 2.

In termini di consumo di elettricità, quale sarebbe stata la situazione da gennaio 2011 a dicembre 2021 se l'SSI fosse già stato implementato? I due grafici seguenti riassumono la situazione in estate e in inverno.

Figura 28. Produzione e utilizzo di energia elettrica con SSI (medie per semestre estivo e invernale), in TWh



Non sorprende che il grafico a sinistra mostri che la produzione estiva è più elevata. Si tratta di valori medi basati su dati reali dal 2011 al 2021. In inverno, il contributo delle dighe della Tavola Rotonda (in rosso) e della generazione eolica supplementare (in verde) è chiaramente visibile. Come previsto, il fabbisogno di elettricità da syngas è molto modesto.

Il grafico a destra mostra che, grazie alla strategia scelta per l'industria, il consumo aggiuntivo per la decarbonizzazione è

concentrato in estate. In dettaglio, questo effetto è dovuto all'uso diretto dell'elettricità (in blu), alla produzione di idrogeno per uso immediato (in verde) e alla produzione di syngas per lo stoccaggio (in rosa). La situazione è invertita rispetto alla domanda attuale, dove il consumo è maggiore in inverno (in grigio). In estate, il *peak-shaving* è chiaramente visibile, in bianco. Se necessario, potrebbe essere possibile esportare parte di questa energia, ma questo scenario è improbabile, poiché tutti i nostri vicini avranno i loro picchi di produzione nello stesso periodo dell'anno e non sapranno cosa farsene. Inoltre, le reti dovrebbero essere potenziate proprio per esportare questi picchi. Si osserva un po' di *peak-shaving* ai margini dell'inverno.

3. Bisogni di syngas nella SSI

Poiché la decarbonizzazione dell'industria è progettata per richiedere pochissima elettricità in inverno, la parte invernale di questa produzione di elettricità è disponibile per altri usi. Questo ha l'immenso vantaggio di ridurre il deficit di elettricità nella bassa stagione. Di conseguenza, non è necessario molto syngas per produrre elettricità rinnovabile in inverno. La maggior parte del syngas può essere utilizzata per scopi industriali.

In cifre, i risultati sono i seguenti. Per l'industria, il fabbisogno di syngas è quello indicato nella tabella precedente (Figura 27), ossia 3 TWh in estate e 6 TWh in inverno. Per la produzione di energia elettrica in inverno, sarebbero necessari in media solo 2 TWh di syngas. Tuttavia, la variabilità del fabbisogno per la generazione di energia elettrica è molto elevata: in alcuni inverni non verrebbe utilizzato alcun syngas, mentre nel 2016/2017 il fabbisogno sarebbe stato di 6 TWh. Nella maggior parte degli inverni, uno stock di 9 TWh sarebbe sufficiente a coprire tutti gli usi industriali e la generazione di elettricità. Tuttavia, per assicurarci di poter superare anche un inverno difficile, abbiamo bisogno di stoccare 12 TWh di syngas. Nella maggior parte degli anni, la produzione totale di syngas dovrebbe essere compresa tra gli 11 e i 14 TWh (per l'uso estivo immediato e per la ricostituzione delle scorte stagionali).

Il volume di stoccaggio di 12 TWh di syngas può sembrare grande. Tuttavia, deve essere confrontato con i 30 TWh di riserve obbligatorie di prodotti petroliferi in Svizzera e il volume dei serbatoi, che è circa il doppio (stima basata su [54]). In questo scenario, non sarà più necessario mantenere riserve di benzina, gasolio e olio da riscaldamento, poiché non li utilizzeremo più.

La strategia del syngas viene talvolta criticata perché tecnocratica e basata sull'elettricità. A nostro avviso, tuttavia, è di gran lunga migliore di una strategia di produzione di biogas basata sulle colture energetiche, che sono essenziali se vogliamo raccoglierne 12 TWh. Grazie alla raccolta efficiente di energia elettrica rinnovabile, che richiede una superficie da 20 a 100 volte inferiore rispetto alla vegetazione necessaria per il biogas, il syngas non entra in competizione con il cibo o le aree naturali. Inoltre, non richiede fertilizzanti o pesticidi e utilizza quantità infinitesimali di acqua. Si tratta di vantaggi molto significativi rispetto all'uso di biomassa selvatica o coltivata. In ogni caso, la questione è piuttosto teorica, dato che il potenziale di iniezione di biogas (senza colture dedicate) è di soli 2 TWh [55]. Infine, l'SSI sfrutta al meglio le sinergie con la produzione di energia elettrica. Certo, ha un impatto in termini di energia grigia e di materiali utilizzati, ma questo svantaggio esiste anche per le colture energetiche, in particolare per il loro consumo di carburante e fertilizzanti.

4. Impatto sulla rete e sullo stoccaggio intermedio delle batterie

Poiché la produzione di syngas dovrà utilizzare la potente energia solare, il carico sulla rete elettrica aumenterà in modo sostanziale. Poiché l'energia solare viene raccolta principalmente dai tetti e dalle infrastrutture, la soluzione più logica sarebbe quella di decentralizzare in larga misura la produzione di syngas, dotando numerose zone industriali di piccole unità di elettrolisi. In questo modo si eliminerebbe la necessità di trasportare l'elettricità su lunghe distanze. Poiché le riserve di capacità della rete elettrica locale sono più importanti

di quelli della rete ad altissima tensione, l'impatto sarebbe meno significativo.

Inoltre, utilizzando le batterie decentralizzate per l'accumulo tampone, la trasmissione dell'elettricità solare per il syngas potrebbe essere distribuita su 24 ore. Ciò ridurrebbe i picchi di carico sulla rete elettrica e consentirebbe di utilizzare gli elettrolizzatori 24 ore su 24 durante l'estate. Per produrre 2 TWh per mese estivo, gli elettrolizzatori dovrebbero essere in grado di assorbire 4 TWh di elettricità per mese estivo, per una capacità minima di 5,6 GW se alimentati 24 ore al giorno. A titolo di confronto, le pompe installate su alcune delle nostre dighe hanno una capacità di 4 GW. In questo caso ipotetico, la capacità di stoccaggio delle batterie stazionarie è di circa 70 GWh (5,6 GW x 12 h). Per dare un ordine di grandezza, si tratta dell'equivalente delle batterie di un milione di auto elettriche, una cifra da confrontare con i circa 5 milioni di auto in circolazione in Svizzera che saranno convertite in elettricità. Se vogliamo usare meno batterie statiche, dobbiamo logicamente aumentare la potenza degli elettrolizzatori, per sfruttare al massimo la corrente fotovoltaica mentre il sole la produce.

Tuttavia, queste batterie non saranno utilizzate solo in estate: da un lato, contribuiranno alla sicurezza e alla stabilità della rete, dall'altro, saranno utilizzate principalmente durante l'inverno per spostare l'energia alla sera per caricare i veicoli elettrici, o anche alla notte se necessario. Vale la pena notare che il peso delle batterie stazionarie non gioca alcun ruolo, il che apre una serie di opzioni tecnologiche, in particolare senza litio.

Oltre agli investimenti in elettrolizzatori, batterie e potenziamento della rete, un aspetto centrale è il costo del trasporto dell'elettricità agli elettrolizzatori. Se l'idrogeno prodotto deve avere un prezzo competitivo e battere i combustibili fossili, l'elettricità necessaria per produrlo deve essere disponibile a basso costo per la conversione in syngas. Tuttavia, il prezzo dell'elettricità ha due componenti: da un lato, l'energia che sarà a buon mercato in quel momento, e dall'altro la tariffa di trasmissione, cioè la tariffa pagata per il

trasporto dell'elettricità fino al punto di utilizzo, una tariffa indipendente dalla distanza tra il produttore e l'acquirente.

In concreto, se l'energia in eccesso viene venduta a 2 centesimi durante il giorno in estate, ma la tariffa è fissata a 10 centesimi, il kWh elettrico costerebbe al produttore di syngas 12 centesimi. Se occorrono quasi 2 kWh di elettricità per produrre 1 kWh di syngas, il syngas viene a costare 24 centesimi per kWh, supponendo che il Fondo per il Clima abbia finanziato l'impianto e che quindi non ci siano oneri di ammortamento! Ma questa tariffa è troppo alta per battere i combustibili fossili. Inoltre, non è giustificata, perché l'assorbimento decentralizzato delle eccedenze estive alleggerisce la rete e sarebbe fisicamente, ecologicamente ed economicamente assurdo rendere impossibile l'utilizzo delle eccedenze. Si dovrà trovare una soluzione per garantire che la tariffa non sia d'intralcio. Questa potrebbe assumere la forma di un'esenzione o di una compensazione forfettaria da parte della rete al momento dell'installazione dell'elettrolizzatore, con in cambio la tariffa gratuita. Il disegno di legge «Mantelerlass» (n. 21.047) potrebbe risolvere in parte il problema. Va notato che l'energia acquistata per sollevare l'acqua nelle dighe è stata esentata dalla tariffa per decenni.

Naturalmente, saranno necessari impianti per riconvertire il syngas in elettricità. Ciò comporterà un mix di turbine a gas, cogenerazione e possibilmente celle a combustibile. Alcuni di questi impianti esistono già, soprattutto come *back-up*, e possono funzionare anche con combustibili fossili. I tipi e le ubicazioni dovranno essere ottimizzati per iniettare il calore residuo nelle reti di teleriscaldamento, risparmiando su altre fonti di calore rinnovabili, come la legna.

Infine, gli impianti di produzione industriale dovranno essere gradualmente adattati, adeguando i sistemi industriali che richiedono alte temperature, in modo che alcuni di essi possano funzionare con l'elettricità anche durante il semestre estivo. Va notato che questa trasformazione è interessante già

ora: consente alle aziende industriali di ridurre sostanzialmente le emissioni di CO₂ utilizzando elettricità a basso costo durante l'estate. Alcuni impianti a gas fossile dovranno essere modificati per utilizzare l'idrogeno, operazione che in genere non è molto complicata.

Infine, va notato che progettare la nostra transizione all'interno di un quadro europeo la renderebbe più facile. Offrirebbe migliori sinergie e ridurrebbe i costi, ma non ci esimerebbe dall'effettuare investimenti sostanziali. In ogni caso, questa strategia è difficilmente concepibile finché la Svizzera non avrà chiarito le sue relazioni con l'Unione Europea. Ciò richiederebbe un accordo globale sull'energia (e non solo sull'elettricità).

Sebbene lo scenario SSI sia molto attraente, è chiaro che non si realizzerà senza il Fondo per il clima, come vedremo nel prossimo capitolo.

Riassunto del capitolo

- La strategia «*Solare, syngas e industria*» (SSI) consentirà la completa decarbonizzazione di edifici, trasporti terrestri, industria ed elettricità. Solo l'aviazione non è inclusa.
- L'SSI prevede una massiccia espansione della produzione fotovoltaica, con l'installazione di 72GW di potenza, cioè 16 volte di più rispetto ad oggi, una modesta espansione dell'eolico e un aumento del 20% della capacità di stoccaggio delle dighe, come concordato alla Tavola Rotonda.
- La SSI richiede un moderato sviluppo dello stoccaggio dell'idrogeno o del metano prodotto da energia elettrica rinnovabile. La logica di efficienza della SSI lo rende possibile.
- Sarà sufficiente immagazzinare 12 TWh di gas sintetico. Si tratta di una frazione delle attuali scorte di petrolio, di cui non avremo più bisogno.
- I risultati della modellizzazione sono riportati nell'App. 2, insieme a una serie di possibili varianti.

18

Grazie al Fondo, realizzare la SSI

Prima di discutere le possibili alternative strategiche alla SSI, dobbiamo essere chiari su un punto: l'unica impossibilità è lo status quo. Da un lato, ciò significherebbe continuare a importare e bruciare enormi quantità di combustibili fossili, che rappresenterebbero un'enorme spada di Damocle in termini di costi e sicurezza, come ha dimostrato il 2022. Dall'altro, affidarsi per sempre all'invecchiamento delle centrali nucleari esistenti. Anche se ci possono essere divergenze di opinione sulla vita operativa auspicabile per le centrali nucleari esistenti, nessuno mette in dubbio che si tratta di macchine il cui invecchiamento porterà prima o poi al loro smantellamento. E che questo dovrebbe essere fatto prima che lo stesso invecchiamento le renda troppo pericolose e la loro produzione troppo incerta. Il mantenimento della produzione di energia nucleare richiederebbe quindi un completo reinvestimento.

In teoria, la principale alternativa strategica alla ISS sarebbe il rilancio dell'energia nucleare, con la costruzione di nuovi reattori. Per coprire il fabbisogno attuale e quello aggiuntivo di decarbonizzazione, sarebbero necessarie da 5 a 8 unità, a seconda del modello previsto. Tuttavia, la ricostruzione di centrali nucleari non è realistica in Svizzera, indipendentemente dalla questione irrisolta delle scorie, dal rischio residuo di incidenti, dalla continua dipendenza dalle importazioni di uranio e dalla vulnerabilità militare, chiaramente visibile nel caso di Zaporiz'zja.

Ci vorrebbero 5 anni per eliminare il divieto di costruire nuove centrali nucleari, con un primo referendum. Poi sarebbero necessari altri 5 anni per decidere un quadro di sovvenzioni, perché con costi di costruzione di 10 o 20 miliardi per reattore, nessuna società elettrica vuole correre questo rischio. Su questo punto ci sarebbe un secondo referendum. Dopodiché, ci vorrebbero almeno 10 anni di pianificazione prima di poter concedere l'autorizzazione quadro, soggetta a un terzo referendum. La costruzione richiederebbe poi tra i 10 e i 15 anni. Il primo kWh non verrebbe consegnato prima del 2063, nella migliore delle ipotesi, ma più probabilmente nel 2068.

Dal punto di vista geografico, non esiste un luogo adatto. Oltre alla sicurezza sismica e idrologica, un sito nucleare deve soddisfare due criteri. In primo luogo, deve trovarsi vicino a un grande fiume o lago, essenziale per il raffreddamento del reattore, che disperde i 2/3 della sua energia sotto forma di calore. In secondo luogo, rispettare la regola non scritta dei 50 chilometri dai centri abitati. Questa regola, rispettata nella maggior parte dei Paesi ad eccezione di Svizzera e Belgio, limita il numero di persone che devono essere evacuate in caso di incidente. In pratica, quindi, è chiaro che il rilancio del nucleare non è un'alternativa praticabile o addirittura auspicabile nel nostro Paese.

L'altra opzione strategica sarebbe quella di importare gas rinnovabile. In termini economici, affidarsi alle importazioni significherebbe che altri costruiranno impianti di produzione altrove e che noi renderemmo redditizi i loro investimenti pagando le importazioni. In altre parole, la Svizzera dovrebbe finanziare la costruzione di impianti di produzione all'estero attraverso un prezzo di acquisto elevato. È certamente possibile che la produzione di syngas nel Sahara sia più economica che in Svizzera, grazie a un'insolazione migliore e a una manodopera meno costosa. Tuttavia, non è detto che, se si tiene conto del trasporto, il costo complessivo sia inferiore. Inoltre, questa variante è inefficiente in termini fisici, poiché non sarebbe possibile ottimizzare secondo la strategia proposta sopra. E il problema della dipendenza rimarrebbe enorme.

In termini geostrategici, accettare un grande sovraccarico strutturale durante l'inverno sembra molto rischioso. Anche se la SSI dovesse costare di più di una strategia di importazione, cosa non certa, essa presenta chiari vantaggi in termini di sicurezza degli approvvigionamenti.

È quindi chiaro che dobbiamo muoverci rapidamente in direzione della SSI, organizzandone il finanziamento e l'attuazione.

I finanziamenti per la produzione di energia elettrica e le reti aggiuntive sono relativamente sicuri:

- La rete è un monopolio che scarica i suoi costi sugli utenti.
- Poiché molto spesso l'elettricità viene venduta a un prezzo inferiore a quello di costo, esistono meccanismi legali di rifinanziamento (il sovrapprezzo della rete ad alta tensione) per coprire gli ammortamenti non coperti dal prezzo di vendita.
- Il Consiglio federale e il Parlamento stanno rafforzando questi meccanismi (cfr. 7.7).

Altri aspetti, tuttavia, non sono chiari. Nell'attuale quadro normativo, il finanziamento della capacità di stoccaggio e dei margini di sicurezza non è garantito. Nella logica del mercato, non esiste un meccanismo che garantisca le esternalità positive dello stoccaggio, dei margini di sicurezza e della disponibilità. Il motivo è molto semplice: dal punto di vista isolato del produttore o dell'acquirente, questi sono costi che essi cercano di evitare. Si limitano a vendere o comprare elettricità, senza preoccuparsi del bene comune.

Nonostante le disposizioni esistenti, la Legge sull'approvvigionamento elettrico non è chiara sulla responsabilità generale del sistema. Essa prevede solo implicitamente la responsabilità complessiva delle «aziende del settore elettrico», considerate nel loro insieme (LAEI art. 9). Per un bene di consumo come gli scarponi da sci o le gomme da masticare, questa vaghezza sarebbe accettabile. Ma per un bene così importante come l'elettricità, questa confusione è inappropriata.

A posteriori, è sorprendente che i progettisti della legge sull'approvvigionamento elettrico del 2007 non si siano chiesti come garantire la disponibilità di quantità sufficienti di elettricità pulita durante l'inverno, quando questa è una questione assolutamente centrale, indipendentemente dalla questione climatica. Ciò è probabilmente dovuto alla loro cieca fiducia nelle leggi del mercato.

In una certa misura, i singoli e le imprese hanno un interesse diretto e agiranno. Tuttavia, alcuni di questi cambiamenti sono in gran parte al di fuori della portata delle imprese industriali: attualmente, esse acquistano energia sotto forma di gas, petrolio o elettricità, per la maggior parte senza porsi grandi domande. In genere considerano la possibilità di essere riforniti come una condizione esogena di contesto.

Senza un'iniziativa e un inquadramento politico, tale trasformazione non avrà luogo, perché non ci sono attori economicamente motivati a promuoverla. Esiste tuttavia uno scenario in cui questa trasformazione potrebbe iniziare senza un impulso politico: quello di una crisi improvvisa dell'attuale approvvigionamento energetico. Uno scenario del genere è chiaramente indesiderabile e potrebbe causare uno shock economico duraturo, poiché la realizzazione della nuova infrastruttura richiederà anni. È proprio questo che depone a favore di un'anticipazione politica e di una pianificazione delle linee principali. Vi è quindi un interesse generale a procedere rapidamente e a colmare le lacune del mercato.

Come discusso nella Parte IV, ci sono due modi teorici in cui la politica può fornire questo impulso:

- a) Aumentare sensibilmente il prezzo dei combustibili fossili per incoraggiare gli operatori industriali e i produttori di elettricità ad abbandonarli o, in una variante con lo stesso effetto, imporre quote sui combustibili fossili.
- b) Finanziare nuove infrastrutture rinnovabili in modo che l'elettricità e il syngas siano più economici dei combustibili fossili.

A nostro avviso, questa seconda opzione è molto più proattiva, in quanto evita uno shock dei prezzi per l'industria e l'elettricità, ma anche per la mobilità e gli edifici. Un forte aumento dei costi dell'elettricità sarebbe controproducente, perché renderebbe l'elettrificazione meno attraente, rallentando la transizione. Inoltre, un forte aumento del costo dell'energia per l'industria porterebbe alla delocalizzazione di molte attività industriali. L'elettricità rinnovabile e il syngas devono essere economicamente attraenti rispetto ai combustibili fossili. Questo giustifica il finanziamento da parte del Fondo per il clima, che potrebbe includere diversi aspetti, come il rafforzamento della rete, lo stoccaggio intermedio delle batterie o l'infrastruttura per il syngas. Si tratta anche di finanziare parte degli investimenti per la produzione di energia elettrica aggiuntiva, al fine di accelerarli, ridurre i costi di ammortamento o finanziare alcune caratteristiche speciali che ci permetteranno di procedere in modo rapido ed efficiente. Un esempio è il contributo ai costi strutturali della copertura di un tratto autostradale con energia solare.

In termini di sicurezza dell'approvvigionamento, la strategia che proponiamo è eccellente: grazie alla produzione supplementare di elettricità, la vulnerabilità del sistema elettrico è minima. Anche in pieno inverno, la Svizzera avrebbe bisogno di importare solo un massimo dell'11% del suo consumo di elettricità. Inoltre, con il syngas, che può essere utilizzato in modo flessibile durante la stagione, la Svizzera avrebbe una seconda riserva accanto alle dighe di stoccaggio. Infine, si libererebbe dai rischi di prezzo e di interruzione delle forniture associati al petrolio e al gas.

Questo è un altro aspetto che giustifica un forte impegno pubblico in queste nuove infrastrutture: esse offrono una certa riserva di sicurezza, che il mercato difficilmente fornisce, come dimostra l'esempio dell'elettricità. Lo consideriamo un elemento cruciale del servizio pubblico, sia per il pubblico che per le aziende private.

Il finanziamento pubblico delle infrastrutture rende più vantaggiosa l'energia indigena e ci allontana dalle vie rischiose

di pura importazione e dipendenza! L'idea è quindi quella di rendere competitiva una strategia che garantisca la sicurezza degli approvvigionamenti.

Un altro vantaggio della strategia di finanziamento pubblico degli investimenti è che, affidando gli elementi chiave dell'infrastruttura al servizio pubblico, si limita il rischio di formazione di un oligopolio, o addirittura di un monopolio privato, per l'intera gestione dell'infrastruttura del syngas. Questo rischio di monopolio privato esiste chiaramente, come dimostra lo sviluppo della tecnologia negli ultimi 30 anni a livello mondiale. La concentrazione economica non riguarda più solo Internet e i GAFAs (Google, Apple, Facebook e Amazon), ma anche le infrastrutture civili e persino militari: non è forse sorprendente che la principale rete telefonica satellitare appartenga oggi all'uomo più ricco del mondo? E che non esiti a usarla per fini politici? Prevedere un ruolo predominante per il servizio pubblico offre una protezione non solo contro i prezzi stracciati, ma anche contro l'abuso di potere da parte del settore privato.

Detto questo, è chiaro che mentre la maggior parte delle infrastrutture per il syngas sarà fornita dal settore pubblico, anche le aziende private dovranno investire per adattarsi, in particolare modernizzando le loro macchine e i loro forni in modo da poter utilizzare diverse fonti di energia. Anche in questo caso, il Fondo per il clima sarà a disposizione per sostenerle.

In fin dei conti, il nostro messaggio è ottimista: esiste un modo razionale per liberarsi dai combustibili fossili nei settori dell'edilizia, dei trasporti terrestri, dell'industria e dell'elettricità. Dobbiamo quindi darci i mezzi per seguirla, soprattutto perché altri settori sono più difficili, come vedremo.

Riassunto del capitolo

- Sarebbe irragionevole diventare permanentemente dipendenti dalle importazioni di syngas.
- Gli svantaggi del rilancio dell'energia nucleare sono notevoli: costi, rischio di incidenti, dipendenza dalle importazioni, scorie, ubicazione ecc. Non è possibile costruire nuove centrali nucleari nell'ambiente densamente popolato della Svizzera. Inoltre, ci vorrebbe troppo tempo: i primi kWh non sarebbero disponibili prima del 2060.
- Nel settore dell'elettricità, il mercato non finanzia le riserve di sicurezza.
- Il Fondo per il Clima può sostenere in modo massiccio l'attuazione della SSI, in modo che l'uso di energia pulita sia più economico di quello di energia sporca.
- Lasciato a sé stesso, il mercato non sarà sufficiente per attivare questi investimenti. Dovranno essere cofinanziati dal Fondo per il clima.

Parte VII

**I Settori difficili: aviazione,
emissioni da combustibili non
fossili e le emissioni negative**

Nelle sezioni precedenti abbiamo esaminato come ridurre a zero le emissioni di CO₂ generate dal consumo di combustibili fossili negli edifici, nei trasporti terrestri, nell'industria e nella produzione di energia. Per questi settori, che rappresentano circa i due terzi delle emissioni di gas serra della Svizzera, siamo riusciti a formulare una strategia basata in gran parte su investimenti in efficienza e in energie rinnovabili.

In questa sezione esamineremo le altre emissioni, più difficili da ridurre. Innanzitutto, dovremo occuparci del traffico aereo, un problema particolarmente spinoso, perché l'effetto di riscaldamento del carburante bruciato a 10'000 metri di altezza supera di gran lunga quello delle emissioni equivalenti a livello del suolo. Dal punto di vista umano, un cambiamento di abitudini è essenziale per limitare i danni causati dall'aviazione. Se continuiamo a usare il cherosene fossile per volare, le emissioni dovrebbero essere compensate da emissioni negative.

La stessa questione si pone per le emissioni non energetiche provenienti dall'agricoltura, dall'industria e dai rifiuti. In questi settori, le strategie di riduzione delle emissioni sono difficili e limitate. Per questo motivo, dopo aver fatto il punto della situazione, vedremo che le emissioni negative sono inevitabili. Date le quantità in gioco, vedremo anche che non è realistico sperare di compensare contemporaneamente tutte le emissioni non energetiche e quelle del trasporto aereo. Nonostante le difficoltà, dovremo ridurre le emissioni, il che richiederà anche un cambiamento nelle abitudini di consumo, ad esempio nel settore alimentare e in quello edilizio.

In questa sezione esamineremo questi settori in successione, seguiti da una discussione sulle emissioni negative.

Il difficile risanamento dell'aviazione

L'aereo è un mezzo di trasporto tanto ingegnoso quanto diabolico.

È fantastico, perché in poche ore si possono percorrere migliaia di chilometri e raggiungere qualsiasi parte d'Europa. Per esempio, ci porta incredibilmente vicino alle spiagge della Spagna meridionale, mentre prima ci volevano due giorni per raggiungerle in auto o in treno. Possiamo anche volare in qualsiasi punto del pianeta in 24 ore, mentre prima ci volevano settimane, se non mesi, per raggiungere gli antipodi. Altamente flessibile, l'aereo ha bisogno solo di infrastrutture per il decollo e l'atterraggio. Grazie ai notevoli progressi tecnologici e organizzativi, è diventato molto sicuro e, tutto sommato, economico. Di conseguenza, è sempre più utilizzato da ampie fasce della classe media dei Paesi ricchi, come abbiamo visto nel Capitolo 9. Con l'avvento delle compagnie aeree low-cost, oggi usiamo gli aerei quasi come autobus.

Diabolico, perché gli aerei sono estremamente avidi di energia. Nonostante i grandi progressi tecnici nei motori e nei materiali, far decollare un aereo e poi tenerlo in volo per ore a 900 km/h richiede un'enorme quantità di energia. Anche se l'energia richiesta per passeggero e chilometro è simile a quella consumata da un'automobile, il problema sta nella lunghezza dei viaggi che si compiono. Per volare per 5'000, 10'000 o 15'000 km, la quantità di energia richiesta è colossale. L'altra faccia della medaglia è drammatica in termini energetici e

climatici. Oltre alla CO₂, vengono emesse altre sostanze (acqua, ossidi di azoto NO_x, fuliggine e, con effetto raffreddante, ossido di zolfo SO₂). Queste altre sostanze, rilasciate ad alta quota, hanno un effetto di riscaldamento complessivamente molto forte nel breve e medio termine, ma scompaiono entro pochi decenni (a differenza della CO₂). Se consideriamo l'impatto sul clima fino al 2050, si stima che le emissioni degli aerei abbiano un effetto di riscaldamento totale tre volte superiore a quello della sola CO₂.

La nostra inclinazione ai viaggi a lunga distanza ci ha reso davvero prigionieri di un patto faustiano con l'aviazione. Peggio ancora, la portata di questo patto non è affatto limitata al turismo o ai viaggi d'affari, un settore in cui le abitudini di teleconferenza sviluppate durante la pandemia potrebbero portare una gradita riduzione. La globalizzazione ha portato molte persone a creare o coltivare legami familiari al di fuori del proprio Paese e spesso del proprio continente. L'aviazione non solo rende possibili questi legami, ma ha anche contribuito in modo massiccio alla loro creazione. Infine, il trasporto aereo svolge un ruolo importante nell'economia odierna, a volte in modo grottesco: è davvero necessario farsi spedire un paio di cuffie telefoniche da Ali Baba per posta aerea espressa dalla periferia di Shanghai? Eppure questa è ormai una cattiva abitudine diffusa.

È quindi chiaro che è difficile fare a meno dell'aviazione e soprattutto che non esiste un criterio oggettivo universalmente accettabile per decidere che un volo è ragionevole e un altro no. È chiaro che non esiste una soluzione semplice. Cominciamo ad analizzare i fatti.

Nel 2019, l'ultimo anno prima della crisi di Covid-19, l'aviazione svizzera ha consumato 22 TWh di cherosene. Per dare un ordine di grandezza, ciò rappresenta la metà del consumo delle automobili. Il cherosene fornito agli aeroporti svizzeri rappresenta oggi più di un decimo delle emissioni di CO₂ del nostro Paese. Ma dato il triplice effetto di riscaldamento causato dall'effetto cumulativo della CO₂ e di altre sostanze, l'aviazione svizzera contribuisce al riscalda-

mento del clima quanto tutto il traffico stradale, compresi camion e furgoni, in Svizzera [15, p. in particolare p. 8 e 9]. Il problema è dunque assillante.

Purtroppo non esiste una soluzione tecnica semplice, paragonabile all'elettrificazione del trasporto stradale. L'elettrificazione non è facile, dato l'immenso fabbisogno energetico di un aereo che viaggia per migliaia di chilometri. È proprio questo il vantaggio dei combustibili liquidi come il cherosene, che sono leggeri e densi di energia.

Una prima strategia è quindi quella di produrre combustibili rinnovabili, in primo luogo il cherosene. Da un punto di vista tecnico, è ovviamente possibile produrre cherosene sintetico con due metodi:

- sia concentrando la radiazione solare e utilizzando il CO₂ dell'aria (per maggiori informazioni: [56]),
- sia con energia elettrica rinnovabile, solare o di altro tipo, seguita da elettrolisi per ottenere idrogeno, che viene poi legato al CO₂ e trasformato, in più fasi, in cherosene.

Il percorso verso il cherosene sintetico prodotto dall'elettricità richiede un'enorme quantità di superficie per raccogliere l'energia del sole. Per produrre 22 TWh di cherosene sintetico dall'energia elettrica generata dal sole - equivalente al consumo del 2019 - sono necessari più di 60 TWh di elettricità, pari all'attuale consumo di elettricità della Svizzera, considerando tutti gli usi. L'elettricità per la produzione di cherosene dovrebbe essere prodotta in aggiunta a quella necessaria per sostituire l'energia nucleare e per decarbonizzare il trasporto su strada, l'industria e il riscaldamento. A prima vista, questo non sembra molto realistico. Questo cherosene rinnovabile dovrebbe quindi essere prodotto all'estero, in zone molto soleggiate e desertiche, e poi importata in forma liquida. Si tratterebbe di uno sforzo assolutamente colossale per mantenere il modello energetico ed economico altamente discutibile dell'attuale aviazione.

L'altra opzione formalmente rinnovabile sarebbe quella di produrre cherosene dalle piante, in altre parole un agrocarburante. Se tutti i Paesi del mondo iniziassero a produrre cherosene in questo modo, l'impatto ambientale sarebbe catastrofico, in quanto sarebbero necessarie enormi monoculture di piante energetiche. Ciò andrebbe a scapito del cibo, del suolo e della biodiversità. È difficile credere onestamente che gli agrocarburi prodotti su questa scala siano rinnovabili. In ogni caso, non sarebbero sostenibili.

Purtroppo, anche nel migliore dei casi, queste strategie basate sui combustibili rinnovabili riducono solo di un terzo l'effetto di riscaldamento a breve e medio termine. Se da un lato questi metodi consentono di evitare gran parte delle emissioni di CO₂, dall'altro fanno ben poco per ridurre le emissioni di altre sostanze riscaldanti a breve termine: acqua, NO_x e fuliggine. Eventualmente la maggiore purezza dei carburanti di sintesi potrebbe migliorare un po' la combustione e limitare le emissioni di fuliggine.

Per evitare le emissioni di fuliggine, ossidi di azoto e vapore acqueo, è necessario un metodo di propulsione che eviti la combustione. Questo può essere ottenuto solo utilizzando eliche azionate da energia elettrica immagazzinata in batterie. Grazie ai notevoli progressi compiuti nel campo delle batterie, l'elettrificazione dei voli a corto raggio è ora una possibilità concreta. Anche se siamo ancora lontani dalla produzione commerciale, possiamo ragionevolmente sperare di far volare un giorno aerei elettrici che trasportino un centinaio di passeggeri su una distanza di 1'000 km. Tuttavia, è molto probabile che la loro velocità sarà dell'ordine di 400 o 500 km/h al massimo, per limitare il consumo di energia, rispetto ai 900 km/h attuali. In questo caso, le prestazioni non sono molto diverse da quelle di un treno ad alta velocità. Un esempio è il progetto ES30 di Heart Aerospace in Svezia, un aereo elettrico da 30 posti con 5 tonnellate di batterie e in grado di volare per 200 km solo con l'elettricità, o anche di più grazie a un generatore di riserva [57]. Con i progressi previsti nella tecnologia delle batterie, il costruttore prevede 400 km di volo elettrico. Infine, è possibile che l'elettrificazione porti ad

alcuni guadagni di efficienza grazie al motore elettrico, ma non nella stessa misura delle automobili.

D'altra parte, per voli di diverse migliaia di chilometri, non esiste una vera alternativa al cherosene fossile o sintetico, con la possibile eccezione dell'idrogeno rinnovabile. La produzione di elettricità a base di idrogeno a bordo dell'aereo stesso potrebbe consentire di prolungare i voli degli aerei elettrici. La leggerezza dell'idrogeno sarebbe un vantaggio. Tuttavia, il suo imballaggio è complicato e richiede serbatoi in grado di sopportare pressioni molto elevate. Infine, occorre un metodo di combustione che garantisca un funzionamento pulito, magari conservando a bordo l'acqua generata per evitare emissioni di vapore. In breve, queste soluzioni non sono per domani, e nemmeno per dopodomani.

È quindi difficile immaginare a medio termine un sistema di trasporto aereo neutrale nei confronti del clima come quello che abbiamo in Svizzera, in assenza di una soluzione tecnica prossima alla maturità.

Infine, va ricordato che la pratica della «compensazione delle emissioni», sostenuta da alcune compagnie aeree, non è una soluzione a lungo termine, poiché non ci sono sufficienti possibilità di cattura per le mostruose quantità di CO₂ emesse ogni anno dal trasporto aereo. Gli idrocarburi devono rimanere nel sottosuolo e il potenziale di cattura deve essere utilizzato per le emissioni realmente incompressibili di cui parleremo nella Parte VII.

Date le quantità in gioco, è del tutto irrealistico cercare di compensare le emissioni del trasporto aereo con emissioni negative [58]. Pretendere di proteggere il clima «compensando» le emissioni del trasporto aereo è un approccio la cui rilevanza pratica ricorda la pratica della Chiesa di emettere indulgenze nel Medioevo. L'unico modo per limitare il riscaldamento globale è ridurre il numero di voli [59].

Se il Fondo per il clima non è molto utile per convincere le persone a rinunciare ai viaggi in aereo a media e lunga distanza,

può invece svolgere un ruolo molto importante nel contribuire allo sviluppo di soluzioni ferroviarie e stradali per viaggi fino a 2'000 km.

Il Fondo potrebbe finanziare lo sviluppo di servizi ferroviari giornalieri sulla rete europea esistente per collegare la Svizzera alle principali destinazioni economiche e turistiche del continente europeo. Ad esempio, potrebbe offrire una garanzia di deficit per un collegamento Zurigo-Ginevra-Barcellona o una linea diretta Berna-Bruxelles.

I grandi investimenti fatti dagli Europei nei treni ad alta velocità consentono oggi di offrire un'interessante gamma di servizi. Poiché la Svizzera stessa ha investito molto nelle ferrovie europee con i nuovi valichi alpini, non c'è bisogno di sentirsi in colpa per utilizzare le reti europee - naturalmente a pagamento.

In concreto, ciò comporterebbe principalmente l'acquisto di materiale rotabile transnazionale e il finanziamento della creazione del servizio, almeno inizialmente. Dato che la durata di vita del materiale rotabile è di circa 40 anni, la copertura dell'investimento da parte del Fondo potrebbe avere un notevole effetto leva. I passeggeri dovrebbero pagare solo i costi di gestione, il che renderebbe i treni relativamente attraenti rispetto agli aerei. D'altro canto, riteniamo che gli investimenti del Fondo per il clima nelle infrastrutture ferroviarie debbano rimanere un'eccezione. Ciò potrebbe comportare, ad esempio, il prefinanziamento di alcuni lavori una tantum per migliorare i servizi esistenti. Il Fondo potrebbe anche finanziare innovazioni nel campo degli autobus, che sono ecologicamente interessanti per viaggi di poche centinaia di chilometri verso destinazioni scarsamente servite dalla ferrovia.

A questo punto, tuttavia, è necessaria una parola di cautela: lo sviluppo della ferrovia non porterà automaticamente a una massiccia riduzione del trasporto aereo. In particolare,

l'aumento dell'offerta ferroviaria internazionale ad alta velocità non garantisce una riduzione equivalente del traffico aereo. Senza misure complementari, l'effetto potrebbe essere semplicemente un aumento dei viaggi totali, come abbiamo visto nel settore del trasporto terrestre. Per ridurre le dimensioni del trasporto aereo, è necessario esercitare una pressione specifica sulla domanda.

Indipendentemente dal Fondo per il clima, la questione di una tassa o di una quota sui viaggi aerei merita quindi di essere discussa, nonostante il fallimento della legge sul CO₂. Soprattutto se si tratta di una tassa sul cherosene e se questa tassa viene interamente restituita alla popolazione. Chi vola meno della media ci guadagna, mentre chi vola di più ci perde. Tuttavia, non è detto che una simile politica possa essere accettata, poiché nel frattempo l'aviazione è diventata in parte una necessità, almeno per le persone che hanno parenti dall'altra parte del mondo. D'altra parte, la sociologia dei viaggiatori aerei mostra chiaramente che si tratta di un servizio consumato da persone che provengono da ambienti relativamente benestanti, come mostra la Figura 19.

Per il momento, l'accordo di Chicago vieta qualsiasi tassazione dell'aviazione internazionale, compresa l'IVA. Solo una tassa sui biglietti aerei è legalmente consentita. Questo spiega perché l'obbligo di acquistare diritti di emissione introdotto dall'Unione Europea e adottato dalla Svizzera si applica solo ai voli intraeuropei, considerati «non internazionali».

Concepito poco prima della fine della Seconda Guerra Mondiale per contribuire al commercio internazionale e ristabilire la pace, questo accordo è oggi totalmente obsoleto e merita una riforma radicale. Non si capisce perché il settore dell'aviazione, ad esempio, debba rimanere esente dall'IVA, mentre un utente di treni o un acquirente di biciclette debba pagarla⁷.

7. La consigliera nazionale Nadine Masshardt ha presentato una mozione in tal senso, che purtroppo è stata respinta (n. 22.3523).

Il Fondo potrebbe ovviamente finanziare innovazioni e progetti pilota nel campo dell'aviazione pulita: da un lato l'aviazione elettrica, eventualmente con l'idrogeno, e dall'altro la produzione di carburanti sintetici, nonostante le limitazioni di cui sopra.

D'altra parte, non possiamo immaginare che il Fondo per il clima finanzi infrastrutture di conversione dell'elettricità in cherosene su larga scala, o addirittura una produzione aggiuntiva di elettricità a questo scopo. In effetti, il settore aeronautico è attualmente vittima di un dumping ecologico e sociale. L'aumento dei requisiti, ad esempio imponendo una percentuale obbligatoria di carburanti rinnovabili o di aviazione a impatto climatico zero, porterà i prezzi a livelli più ragionevoli, contribuendo a moderare la domanda. Una correzione benvenuta, visto che l'aviazione è attualmente un settore che genera enormi esternalità negative.

Dal punto di vista della distribuzione della ricchezza, è anche ragionevole proporre che la maggior parte dei costi dei carburanti sintetici sia sostenuta dai beneficiari, cioè in ultima analisi dai passeggeri, con le fasce più ricche della popolazione che volano di più. Questo è il senso delle proposte svizzere ed europee che prevedono l'utilizzo di una percentuale crescente di cherosene rinnovabile nel mix di carburanti per l'aviazione. Questo aumenterà leggermente il prezzo dei voli, rendendoli meno attraenti, soprattutto rispetto ai servizi ferroviari sviluppati in parallelo.

Questo capitolo è stato l'ultimo ad essere dedicato ai problemi legati all'uso diretto dei combustibili fossili e ora passeremo alle emissioni di gas serra non di origine energetica.

Riassunto del capitolo

- Nel settore dell'aviazione il problema è più grave, perché gli aerei non emettono solo CO₂, ma anche altri gas serra. L'effetto di riscaldamento totale è tre volte superiore a quello del CO₂.
- Non esiste una soluzione tecnica semplice. Per i voli a corto raggio, l'elettificazione a batteria sembra un'opzione possibile.
- Per i voli a lungo raggio è ipotizzabile solo l'uso di carburanti sintetici rinnovabili (E-kerosene), o forse un giorno l'idrogeno, ma non è realistico produrli in Svizzera, date le enormi quantità di energia solare che sarebbero necessarie oltre a tutte le altre esigenze degli altri settori.
- Inoltre, il kerosene sintetico non risolve il problema delle emissioni dell'aviazione oltre alla CO₂.
- Dovremo quindi ridurre il numero di viaggi aerei.
- A tal fine, il Fondo per il clima potrebbe in particolare finanziare l'avvio di collegamenti ferroviari ad alta velocità con il resto d'Europa.

20

L'agricoltura

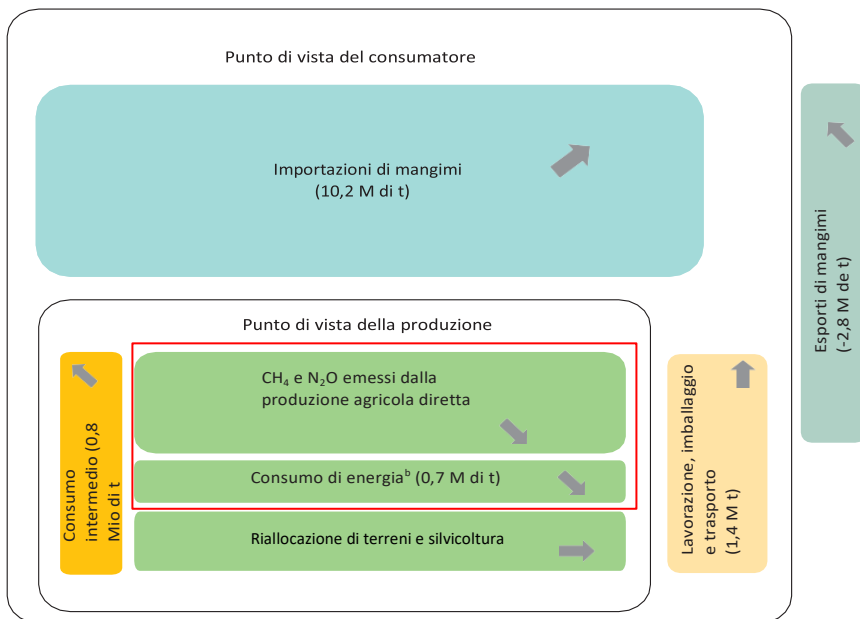
Secondo l'IPCC, l'agricoltura in senso stretto è responsabile del 13,5% delle emissioni globali di gas serra. Tuttavia, stime più ampie, che tengono conto dell'intera catena alimentare, indicano una quota compresa tra il 21% e il 37% [60, p. 12]. Questa stima più globale include la produzione di fertilizzanti, la deforestazione e, a valle, l'imballaggio degli alimenti, la distribuzione e lo smaltimento dei rifiuti.

L'agricoltura svizzera è responsabile di circa il 14% dei gas serra del Paese, e del 16% se si includono le emissioni dei fattori produttivi prodotti all'estero. Nel caso della Piccola Svizzera, i legami internazionali giocano un ruolo importante, poiché la nostra agricoltura importa una discreta quantità di foraggio e persino tutti i fertilizzanti azotati [61]. Le emissioni legate alla loro produzione non sono quindi incluse nel bilancio dei gas serra della Svizzera, anche se sono direttamente causate dall'agricoltura svizzera.

Inoltre, poiché la Svizzera importa una parte significativa dei suoi prodotti alimentari (circa il 45% [62, pag. 5]), le emissioni necessarie per nutrire la popolazione del Paese sono circa il doppio di quelle generate dall'agricoltura nazionale: alle emissioni direttamente attribuibili all'agricoltura in Svizzera vanno aggiunte non solo quelle derivanti dall'importazione di mangimi e fertilizzanti, ma anche quelle derivanti dalla produzione di alimenti umani all'estero e quelle della filiera agroalimentare a valle, contabilizzate nei settori dei servizi, dei trasporti e dell'industria.

Il diagramma seguente illustra la situazione. Dati gli stretti legami tra l'agricoltura, gli altri settori e il resto del mondo, un approccio eccessivamente settoriale porterebbe a una scarsa valutazione della situazione, con il rischio di prendere decisioni sbagliate.

Figura 29. Emissioni dell'industria alimentare svizzera, in milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti



Le cifre e le grandezze corrispondono alle emissioni prodotte nel 2017 in milioni di tonnellate di CO₂ eq. Le frecce indicano le variazioni tra il 1990 e il 2017:

→ emissioni stabili, ↗ aumento delle emissioni, ↘ diminuzione delle emissioni.

a Fabbricazione di input agricoli (preparazione di fertilizzanti azotati e importazioni di foraggi)

b Consumo di energia nelle aziende agricole

Fonte del diagramma: basato su [63, p. 13], originariamente [64, p. 460], con la gentile concessione degli autori.

Nota: il riquadro rosso è un'aggiunta. Rappresenta ciò che appare alla voce «agricoltura» nell'inventario svizzero dei gas serra [14]. Si tratta dei dati del 2017, che da allora sono cambiati pochissimo. Naturalmente, tutti i consumi energetici e la produzione di rifiuti delle aziende attive in Svizzera a valle dell'agricoltura sono inclusi altrove nell'inventario svizzero dei gas serra: in particolare nelle voci industria, servizi, trasporti e rifiuti. Lo stesso vale per le emissioni domestiche legate all'alimentazione.

Dal punto di vista climatico, riteniamo che la delocalizzazione della produzione agricola sia un'ipocrisia, in quanto non ridurrebbe l'impatto della nostra alimentazione, tranne nei casi in cui la produzione all'estero è chiaramente più rispettosa dell'ambiente. L'approccio che proponiamo qui è, al contrario, quello di mantenere l'attività e la produzione agricola, ma di ridurre le emissioni. In questo capitolo non ci occupiamo delle emissioni a valle, dovute principalmente all'energia, che sono trattate nei settori corrispondenti.

È quindi necessario identificare la fonte delle emissioni in modo più dettagliato per evidenziare le leve di intervento. Questo è lo scopo della tabella che segue.

Figura 30. **Emissioni dirette e indirette dell'agricoltura svizzera**

		Milioni di tonnellate di CO ₂ eq 2019
<i>Emissioni all'estero, non incluse nell'inventario nazionale delle emissioni</i>		
Emissioni dovute agli input Il totale di 0,8 Mt _{eq} CO ₂ compone in circa metà tra foraggio importato e fertilizzanti azotati [64, p. 460].	Foraggio importato per l'alimentazione del bestiame (non inclusi nel bilancio svizzero dei gas serra)	≈ 0,4 milioni di tonnellate di CO ₂ eq.
<i>*Gli ingressi sono tutti prodotti e servizi preliminari utilizzati in azienda</i>	Fertilizzanti industriali (Interamente importati, non inclusi nel bilancio svizzero dei gas serra) Per la produzione di fertilizzanti azotati è necessario l'idrogeno, che si ottiene per cracking di gas naturale, che emette molta CO ₂ . L'idrogeno viene poi ricombinato con l'azoto dell'aria per creare ammoniaca (NH ₃). Questo è il componente base dei prodotti finiti.	≈ 0,4 milioni di tonnellate di CO ₂ eq.

Milioni di
tonnellate
di CO₂ eq.
2019

Emissioni dal territorio svizzero, incluse nell'inventario nazionale delle emissioni		
Emissioni dirette di animali	Emissioni di metano dall'apparato digerente degli animali (la maggior parte dei quali sono bovini, con il loro complicato apparato digerente in grado di produrre metano). digerire l'erba).	3,3 milioni di tonnellate di CO ₂ eq sotto forma di metano (3,1 milioni di tonnellate da bovini)
Emissioni indirette da animali	Concimi agricoli: Manipolazione di letame e liquami.	1 milione di t di CO ₂ eq (60% metano, 40% N ₂ O)
Emissioni delle colture	Emissioni di protossido di azoto (N ₂ O) da parte del suolo, principalmente a causa dell'uso di fertilizzanti azotati (fertilizzanti sintetici e letame).	1,5 milioni di tonnellate di emissioni di CO ₂
Emissioni di energia	Emissioni energetiche dall'agricoltura (olio combustibile e diesel, 2/3 per le macchine agricole, 1/3 per i macchinari) per il riscaldamento delle serre [64, p. 460]).	0,6 milioni di tonnellate di CO ₂

La riduzione del numero di capi di bestiame è chiaramente la leva più importante: ridurrebbe proporzionalmente le emissioni di metano dalla digestione, le emissioni dalla gestione del letame da cortile, le emissioni dalle colture foraggere (in Svizzera e all'estero) e le emissioni a valle. Ma soprattutto è una questione di scelta del consumatore: mangiare meno carne e, tra l'altro, meno prodotti lattiero-caseari.

D'altra parte, produrre meno in Svizzera e importare di più avrebbe probabilmente un impatto negativo: in Europa, le vacche sono alimentate con una parte di cereali - che devono

essere coltivati – nettamente più importante che in Svizzera. Ciò non significa, tuttavia, che la situazione in Svizzera sia perfetta, poiché il bestiame allevato localmente non mangia solo erba. I miglioramenti sono possibili, anche se la produttività è inferiore, soprattutto per quanto riguarda il latte.

Anche la sostituzione del pollame con la carne bovina potrebbe portare a miglioramenti ecologici e climatici. Ma questo è un passo avanti solo se le colture foraggere utilizzate sono relativamente rispettose dell'ambiente e non portano direttamente o indirettamente alla deforestazione. Da questo punto di vista, i bovini alimentati con l'erba dei pascoli svizzeri sono più rispettosi dell'ambiente rispetto ai polli alimentati con soia coltivata su terreni recentemente disboscati.

Va inoltre notato che esistono alcune possibilità di migliorare le pratiche di allevamento dei bovini: ad esempio, modificando l'alimentazione o aumentando la durata di vita delle vacche (1 vitello in più), è possibile ridurre marginalmente le emissioni di metano per una produzione equivalente [63, p. 15].

In breve, nulla è semplice e la chiave per risolvere il problema del metano bovino non è tecnica, ma comportamentale: mangiare meno carne. In questo senso, il Fondo per il clima non sarebbe di alcun aiuto.

In altri settori dell'agricoltura è possibile apportare miglioramenti tecnici che potrebbero ridurre l'impatto sul clima, come vedremo.

Nel settore energetico sono essenziali tre tipi di investimenti:

- Per quanto riguarda le emissioni derivanti dal gasolio consumato dalle macchine agricole, l'elettrificazione sembra essere la soluzione migliore, riducendo a zero le emissioni dirette. È tanto più interessante perché l'agricoltura è più attiva in estate, quando l'elettricità è molto abbondante (questo consumo è già incluso nei calcoli del capitolo 14).

- Nel caso dell'olio combustibile bruciato per riscaldare le serre, il passaggio a fonti rinnovabili è essenziale. Dato che si tratta di grandi quantità a livello locale, l'uso di calore geotermico o recuperato è una fonte particolarmente interessante.
- Il passaggio di tutto il letame e i liquami attraverso i digestori non solo riduce le emissioni di metano, ma consente anche di ottenere un prezioso biogas. Inoltre, il resto prodotto dalla metanizzazione è un pratico fertilizzante. Ciò significa dotare il settore agricolo di impianti comunitari di biometanizzazione. Si tratta di investimenti importanti, ma che valgono anche in termini di approvvigionamento energetico.

Nell'ambito dell'uso del suolo, i metodi e le pratiche di applicazione dei fertilizzanti azotati possono continuare a ridurre le emissioni. Questi includono in particolare [65, p. 5]:

- Applicare l'azoto alla giusta dose ed esattamente quando le piante ne hanno bisogno,
- evitare l'irrorazione spargendo substrati liquidi attraverso tubi flessibili,
- l'utilizzo dell'agricoltura di precisione (interventi mirati grazie a sensori digitali, ad esempio per mettere una goccia alla base della pianta invece di spruzzarla).

D'altra parte, non è certo che eliminare completamente l'uso di fertilizzanti azotati nell'agricoltura biologica sia una buona strategia. Questo ridurrebbe certamente le emissioni per metro quadro, ma significherebbe aumentare la superficie coltivata per mantenere la produzione [66, p. 5]. In termini di biodiversità e persino di clima, l'effetto potrebbe essere negativo, soprattutto se si dovesse guadagnare terreno agricolo a scapito di aree naturali. D'altra parte, la scelta di specie vegetali più appropriate e il miglioramento delle pratiche offrono possibilità di progresso. In ogni caso, ciò non mette in discussione il vantaggio generale dell'agricoltura biologica, anche in termini di clima. In particolare, porta a un miglioramento della qualità e della vitalità del suolo, che assorbe più carbonio.

Infine, sarebbe possibile ridurre drasticamente le emissioni di CO₂ legate alla produzione di fertilizzanti azotati. Il principio di base consiste nel legare l'azoto presente nell'aria con l'idrogeno. Attualmente l'idrogeno si ottiene dal *cracking* del gas naturale. Gli atomi di carbonio di origine fossile finiscono poi nell'atmosfera sotto forma di CO₂. Se invece utilizziamo l'idrogeno ottenuto per elettrolisi alimentato da energia elettrica rinnovabile, questo impatto sul clima scompare. Se questa produzione si concentrasse nei mesi di alta produzione fotovoltaica, sarebbe un ulteriore modo per sfruttare il surplus di elettricità estiva.

In tutte le aree elencate di seguito, gli aiuti agli investimenti sono decisivi:

- Modernizzazione dei macchinari;
- Modernizzazione delle serre;
- Sistema di gestione degli effluenti di allevamento;
- Attrezzature per lo spargimento;
- Produzione di fertilizzanti (nella misura in cui la produzione svizzera viene rilanciata).

In conclusione, sarà probabilmente difficile ridurre a zero le emissioni di gas serra dell'agricoltura. La buona notizia, tuttavia, è che le emissioni di CO₂ fossile possono essere ridotte a zero (fertilizzanti ed energia). È possibile anche una riduzione significativa delle emissioni di protossido di azoto. In tutti questi settori, l'iniziativa del Fondo per il clima sarà di grande aiuto nel finanziamento degli investimenti. Nel caso del metano, tuttavia, la soluzione non sarà tecnica.

Va notato che il metano emesso dall'agricoltura non è, fortunatamente, di origine fossile. Infatti, gli atomi di carbonio mangiati dal bestiame, alcuni dei quali vengono rilasciati sotto forma di metano, sono stati inizialmente rimossi dall'aria dalle piante durante la loro crescita. Questo relativizza il danno a lungo termine, poiché in pochi decenni si decompone completamente in CO₂, che può essere completamente riassorbito dalle piante.

D'altra parte, poiché il potenziale di riscaldamento del metano è molto elevato nel breve periodo, la riduzione delle sue emissioni sarebbe un modo molto utile per rallentare il riscaldamento nel breve periodo: se le emissioni fossero ridotte, la concentrazione di metano diminuirebbe significativamente nel giro di pochi anni.

Riassunto del capitolo

- In agricoltura, le soluzioni puramente tecniche sono poche.
- Circa la metà di tutte le emissioni in Svizzera può essere attribuita all'apparato digerente delle vacche. L'unico modo per migliorare la situazione è ridurre il consumo di carne bovina.
- La tecnica può contribuire a eliminare l'uso di combustibili fossili nell'azienda agricola, anche se questo rappresenta solo una parte modesta di tutte le emissioni agricole.
- Il miglioramento delle pratiche agricole contribuirà a ridurre in parte le emissioni di protossido di azoto.
- Dobbiamo guardarci dalle false soluzioni positive, in particolare da quelle che si limitano a spostare le emissioni che attualmente avvengono in Svizzera verso altri Paesi. D'altra parte, l'essere svizzeri non è di per sé una garanzia di efficienza climatica.
- Il Fondo per il clima può contribuire a tutti gli investimenti necessari.

21

L'incenerimento dei rifiuti

L'incenerimento dei rifiuti domestici emette poco più di 4 milioni di tonnellate di CO₂. Tuttavia, circa il 52% di queste emissioni è di origine biogenica, cioè CO₂ che è già stato catturato dalla crescita delle piante. Si trova nel legno e in altri prodotti di origine vegetale che finiscono negli impianti di incenerimento: avanzi di casse di legno, cartone sporco o cibo scaduto, per esempio, o anche plastica di origine vegetale. Questa metà è neutra per il clima.

Tuttavia, l'altra metà delle emissioni di gas serra è costituita da prodotti di origine petrolifera, soprattutto plastica. Gli impianti di incenerimento emettono quindi circa 2 milioni di tonnellate nette di CO₂.

L'energia ricavata da questa combustione è preziosa: i 30 impianti di incenerimento dei rifiuti domestici (IIRU) producono 1,9 TWh di elettricità e 4 TWh di calore per il teleriscaldamento e talvolta per l'industria. Data la composizione del mix di rifiuti di cui sopra, questa energia è per metà rinnovabile e per metà fossile. Da un punto di vista pragmatico, è considerata pulita se i rifiuti devono essere comunque inceneriti.

Tuttavia, questa visione è un po' miope: questi impianti distruggono grandi quantità di materiali sintetici di origine fossile che potrebbero essere riciclati. Inoltre, inceneriscono

parte della materia vegetale che può essere utilizzata per produrre biogas, e poi sparsa sui campi per recuperare i nutrienti.

Il riciclaggio deve quindi essere migliorato. Ma in ogni caso, ci sarà sempre una quantità residua di materiale da incenerire per motivi igienici. Inoltre, lo smaltimento in discarica al posto dell'incenerimento sarebbe estremamente problematico, perché non solo c'è il rischio di inquinamento delle acque e di dispersione dei rifiuti, ma la decomposizione della materia organica emetterebbe metano, con un effetto di riscaldamento globale molto maggiore.

Gli impianti di incenerimento dei rifiuti sono oggetto di grandi controversie: per alcuni sono altamente virtuosi, in quanto forniscono energia considerata pulita (perché la parte fossile avrebbe dovuto essere comunque incenerita). Per altri sono l'emblema di un male della civiltà: l'eccessivo consumo e, soprattutto, il mancato riciclo di materiali biologici e plastici.

Per risolvere questo paradosso in modo intelligente, la strategia potrebbe consistere nell'aumentare in modo massiccio gli sforzi per differenziare i rifiuti e creare canali di riciclaggio della plastica (comprese tecnologie innovative, come la decostruzione-ricostruzione delle molecole polimeriche, per semplificare la gestione della diversità delle plastiche). Per quanto riguarda gli impianti di incenerimento esistenti, essi verrebbero alimentati maggiormente dall'energia del legno per sostituire il contenuto fossile dei rifiuti. Il profilo stagionale verrebbe rafforzato: questa aggiunta di legno avverrebbe ovviamente solo in inverno, quando la domanda di elettricità e calore è elevata. In estate, la parte residua dei rifiuti domestici sarebbe sufficiente.

Questa strategia permetterebbe di mantenere il contributo degli impianti di incenerimento al teleriscaldamento. Con le stesse quantità di energia, ma isolando gli edifici collegati, sarebbe addirittura possibile riscaldare di più. D'altra parte, la longevità degli impianti di incenerimento, la cui qualità di

filtrazione è eccellente consentirebbe di utilizzarli come fonte relativamente concentrata per la cattura del CO₂. Ciò renderebbe disponibile il CO₂ rinnovabile, sia per il sequestro permanente (emissioni negative) sia per la ricombinazione con l'idrogeno per produrre metano sintetico neutrale per il clima.

In quest'ottica, il Fondo per il clima potrebbe raccogliere almeno tre contributi principali:

- Sostegno alla creazione di un'infrastruttura per la raccolta della plastica, la selezione automatizzata e il recupero dei materiali. Ciò può comportare il semplice riutilizzo, come avviene per il PET, ma anche processi più innovativi.
- Adattamento degli impianti di incenerimento per consentire il recupero separato delle ceneri di legno-energia, che è meno problematico.
- Finanziamento di attrezzature per la separazione del CO₂ con l'obiettivo di sequestrarlo nel sottosuolo o di utilizzarlo di maniere circolare per produrre metano rinnovabile.

In assenza di un sostegno da parte del Fondo, si teme che il riciclaggio della plastica rimanga troppo costoso e che la plastica di origine fossile continui a essere incenerita in massa. Inoltre, il finanziamento causale della raccolta differenziata sta raggiungendo certi limiti. Se il prezzo del sacco viene aumentato, non si porrà solo un problema sociale, ma anche di smaltimento incontrollato dei rifiuti da parte di chi cerca di evitare l'acquisto dei sacchetti tassati.

Anche in questo caso, il Fondo consente di adottare una strategia di interesse generale.

Riassunto del capitolo

- I rifiuti domestici sono composti per metà da materiali vegetali rinnovabili e per metà da materiali fossili (plastica). Sono una preziosa fonte di energia elettrica e di calore per il teleriscaldamento.
- Per evitare le emissioni da combustibili fossili, tuttavia, dovremo orientarci verso il riciclo della plastica, che richiederà una maggiore quantità di biomassa, in particolare di legno, per alimentare le reti di teleriscaldamento urbano in inverno.
- Gli impianti di incenerimento dei rifiuti potrebbero anche essere attrezzati per catturare la CO₂ che esce dai camini, con l'obiettivo di sequestrarla o utilizzarla per produrre gas di sintesi.
- Anche in questo caso, il Fondo potrebbe finanziare gli investimenti.

22

Le emissioni non energetiche dell'industria

Nel capitolo 15 abbiamo esaminato le emissioni che l'industria provoca utilizzando i combustibili fossili. Ma esiste una seconda categoria di emissioni industriali, le cosiddette emissioni «di processo» che rappresentano il 9% delle emissioni totali di gas serra.

I componenti principali sono i seguenti:

- 2 milioni di tonnellate di CO₂ provengono dalla produzione di cemento. In concreto, quando il calcare viene bruciato, gli atomi di carbonio intrappolati nella roccia vengono rilasciati nell'atmosfera e formano CO₂. Queste emissioni sono definite «geogene», perché non sono formalmente combustibili fossili, ma sono comunque emissioni dal sottosuolo. Anche la produzione di cemento utilizza energia fossile e quindi comporta emissioni complessivamente più elevate [67]. LafargeHolcim è l'azienda con le maggiori emissioni di gas serra in Svizzera [68].
- 0,6 milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti provengono da protossido di azoto (N₂O), che viene rilasciato durante i processi industriali. Questa cifra non comprende le emissioni equivalenti a 0,6 milioni di tonnellate prodotte da Lonza a Visp, che non erano state contabilizzate [69]. Sebbene da allora sia stata trovata una soluzione tecnica, è scioccante che Lonza abbia permesso che questa situazione persistesse dal 1971.

- Infine, 1,5 milioni di CO₂ equivalenti provengono dai gas di sintesi, le molecole più grandi e complesse utilizzate come solventi, refrigeranti o come isolante.

Il Fondo per il clima potrebbe certamente dare un contributo sostanziale in queste due ultime aree:

- Dotare i siti industriali che emettono protossido di azoto (N₂O) di un catalizzatore che lo scomponga in ossigeno e azoto (N₂), i due principali componenti dell'atmosfera. Naturalmente, possiamo riferirci alle responsabilità dell'industria in questo settore per non fare nulla. Proponiamo invece di fornire un sostegno sostanziale all'industria che vuole risolvere questo problema, no appena ci sia una buona soluzione tecnica, anche se non molto economica.
- Nel caso dei gas sintetici, la situazione varia enormemente a seconda delle modalità di utilizzo. Il Fondo potrebbe sostenere progetti volti a eliminare o neutralizzare questi gas.

Per il cemento, un materiale straordinariamente utile, la situazione iniziale è complessa. Un eccellente opuscolo del WWF tedesco offre una panoramica [70] sull'impatto del calcestruzzo, un materiale composto da ghiaia, acqua e cemento. Prof. Dr. Guillaume Habert, professore di edilizia sostenibile presso il Politecnico federale di Zurigo, stima che le emissioni legate al calcestruzzo potrebbero essere dimezzate senza alcun cambiamento tecnologico nel processo di produzione: utilizzando calcestruzzo con meno clinker, l'ingrediente attivo la cui produzione emette grandi quantità di CO₂, evitando di sovradimensionare le strutture in calcestruzzo, utilizzando calcestruzzo fibrorinforzato e utilizzando anche alternative al calcestruzzo (intervista [71]). Infine, ottimizzando il processo di produzione, è possibile ridurre le emissioni, soprattutto per quel terzo che deriva dalla combustione di energia. In definitiva, non ci sarà altra scelta che catturare e stoccare le emissioni di CO₂ dell'industria del cemento.

Uno studio congiunto dell'EPFL e del PFZ dimostra che è economicamente più interessante cercare di raggiungere la neutralità climatica per il calcestruzzo ottimizzando tutte le fasi della catena del valore piuttosto che cercare di catturare tutte le emissioni di CO₂ attualmente prodotte dal cemento e stoccarle. Con questo approccio basato sull'intelligenza in ogni fase, le quantità residue di CO₂ da stoccare sarebbero molto più ridotte, rendendo più realistico l'approccio alla neutralità climatica [72].

Ci sono innovazioni molto interessanti in cantiere: ad esempio, quella della start-up svizzera Neustark, che reinietta CO₂ nei detriti di cemento frantumati. Il CO₂ si lega in modo permanente ai residui di cemento e forma nuovamente il calcare, il materiale di base utilizzato nella produzione del cemento. Il materiale può quindi essere utilizzato come ghiaia nelle nuove costruzioni. Si tratta di un calcestruzzo che cattura il CO₂. Un altro vantaggio è che si utilizza una quantità di cemento inferiore a quella che si otterrebbe utilizzando le macerie di calcestruzzo frantumato senza l'aggiunta di CO₂. Con questo sistema, ci avviciniamo a un ciclo chiuso. In questo campo, sono in corso ricerche per cercare di produrre calcestruzzo che assorba CO₂ (emissioni negative). L'Empa partecipa a questi progetti [73].

Il Fondo per il clima potrebbe sostenere sviluppi e progetti innovativi in questo settore. Tuttavia, il Fondo non è destinato a finanziare i costi correnti della cattura del carbonio. Questo costo deve essere introdotto nel costo del cemento, magari sotto forma di obbligo di cattura delle emissioni del cemento commercializzato in Svizzera. Visti i costi, questo sarebbe un forte incentivo a ridurre l'uso. Trattandosi di un mercato già soggetto al sistema europeo di scambio delle quote di emissione, il coordinamento è essenziale.

Riassunto del capitolo

- L'industria, e in particolare la produzione di cemento, genera emissioni di gas serra non legate ai combustibili fossili (le cosiddette emissioni «di processo»).
- Alcuni progressi tecnici sono possibili e dobbiamo investire per realizzarli.
- Per quanto riguarda il calcestruzzo – una miscela di acqua, ghiaia e cemento – un uso più parsimonioso e razionale di questo materiale consentirebbe di compiere progressi significativi.
- Il calcestruzzo potrebbe anche catturare parzialmente il CO₂.
- In questo settore, i progressi tecnici saranno difficili e il sostegno agli investimenti da parte del Fondo sarà ben accetto.

23

Emissioni negative e biodiversità

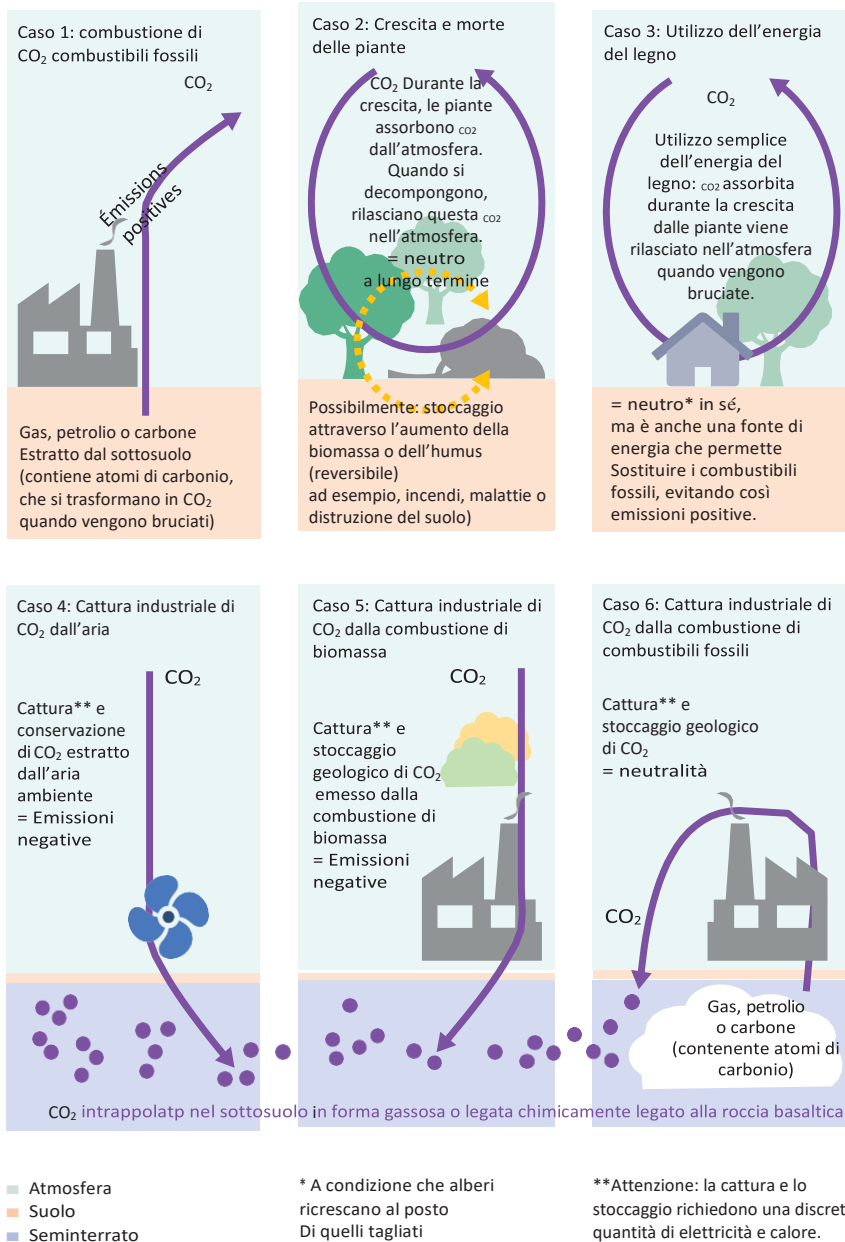
Come suggerisce il nome, le emissioni negative di CO₂ rimuovono in modo permanente le molecole di CO₂ dall'atmosfera. Queste possono essere rimosse nel momento stesso in cui vengono emesse, oppure in un momento successivo. Naturalmente, la sostenibilità di un'azione di questo tipo è assolutamente decisiva: gli atomi di carbonio così rimossi dall'atmosfera non devono tornare per almeno un secolo, o meglio ancora, non devono mai essere riemessi. Altrimenti, l'esercizio è inutile.

Prima di entrare nel merito delle strategie e delle soluzioni, è utile chiarire alcuni concetti relativi alle emissioni di CO₂ «positive» e «negative». Questo è lo scopo dei diagrammi che seguono. Nell'Appendice 1 sono riportati anche due casi particolari.

Infine, si parla spesso di «compensazione». La compensazione delle emissioni, ad esempio di un volo aereo, può consistere nel finanziamento di emissioni negative, ad esempio piantando una foresta in un'area precedentemente più o meno deserta o realizzando la cattura industriale di CO₂ e il suo stoccaggio geologico.

La compensazione può anche consistere nell'investire in turbine eoliche o nel finanziare la ristrutturazione di un edificio che, nell'arco dell'intero ciclo di vita del progetto, riduca le emissioni di gas serra in misura pari al volo emesso.

Figura 31. Diversi scenari per le emissioni di CO₂, le emissioni negative e la neutralità di carbonio



La strategia di compensare le emissioni dei combustibili fossili riducendo altre emissioni altrove è estremamente discutibile:

in primo luogo perché queste altre riduzioni sarebbero state ottenute comunque (assenza di «addizionalità»). In secondo luogo, perché mantenere le emissioni di CO₂ fossili nel lungo periodo compensandole, significherebbe avere enormi emissioni negative altrove. Nella migliore delle ipotesi, questo sistema di compensazione attraverso riduzioni in altri settori può essere difendibile durante la «discesa», rallentandola in un Paese e accelerandola in un altro. Tuttavia, l'approccio di rallentare la discesa nei Paesi ricchi imponendo una discesa più rapida nei Paesi poveri è molto ingiusto. I suoi sostenitori sottolineano, tuttavia, che a parità di investimenti, le riduzioni nei Paesi poveri o in quelli che hanno appena iniziato i loro sforzi sono meno costose.

Le emissioni negative godono di una cattiva reputazione per due motivi:

- In primo luogo, l'industria dei combustibili fossili le ha promosse come soluzione per continuare a utilizzare petrolio, carbone e gas. Secondo loro, il sequestro di CO₂ emesso sarebbe sufficiente a risolvere il problema. Sebbene tecnicamente fattibile in teoria, questo approccio è totalmente irrealistico in termini quantitativi: non c'è modo di immagazzinare quantità così elevate di CO₂. Inoltre, estrarre il CO₂ dai gas di scarico e stoccarlo richiede energia. Su questa scala, sarebbe una corsa a perdifiato per mantenere la nostra dipendenza dai combustibili fossili. Indifendibile e assurdo in termini di efficienza energetica.
- In secondo luogo, ci sono ancora grossi dubbi sulla durata dello stoccaggio geologico di CO₂ in forma gassosa: anche se utilizziamo i giacimenti geologici in cui è stato immagazzinato il gas naturale, è dubbio che si possa garantire che nel corso dei secoli il CO₂ non fuoriesca attraverso micro-fughe. Tuttavia, le conoscenze stanno aumentando e stiamo assistendo a effetti di intasamento che non escludono più del tutto questa prospettiva. Inoltre, una strategia consiste nell'iniettare il CO₂ acido negli strati geologici basaltici. Il CO₂ si lega quindi alla roccia. In forma solida, il rischio di fuoriuscita diventa praticamente inesistente.

Purtroppo l'umanità ha poca scelta se non quella di adottare le emissioni negative: data l'entità delle emissioni storiche, il volume prevedibile delle emissioni nei prossimi anni e l'inevitabilità delle emissioni in alcuni settori come il cemento, la dinamica futura del riscaldamento globale potrebbe essere davvero spaventosa. In queste circostanze, le emissioni negative sono una leva necessaria per contenere il riscaldamento globale e limitarne i danni.

Nonostante tutte le critiche, le emissioni negative saranno quindi inevitabili se vogliamo raggiungere la neutralità del carbonio. Ma dovrebbero essere riservate alle emissioni residue difficili da comprimere, come la combustione dei rifiuti o la produzione di cemento. Le possibilità pratiche non permetteranno mai di compensare a lungo termine le emissioni di combustibili fossili ai livelli attuali!

Questa osservazione illustra lo scopo dell'utilizzo delle emissioni negative: in nessun caso la produzione di emissioni negative dovrebbe sostituire la strategia di riduzione dell'uso di combustibili fossili. Sarebbe un'impresa assurda in termini di efficienza energetica ed economica, come osservano Nick e Thalmann dell'EPFL nel loro studio *Carbon withdrawal, net zero and implications for Switzerland* [58], su cui si basa in gran parte questo capitolo.

Le emissioni negative dovrebbero servire soprattutto a neutralizzare le emissioni incompressibili dei settori della produzione di cemento, dei rifiuti e dell'agricoltura. Se la comunità internazionale accetta di rimuovere attivamente il CO₂ dall'atmosfera per ridurre la concentrazione, anche la Svizzera dovrà partecipare nella misura della sua forza economica.

Quali sono le possibilità pratiche di generare emissioni negative?

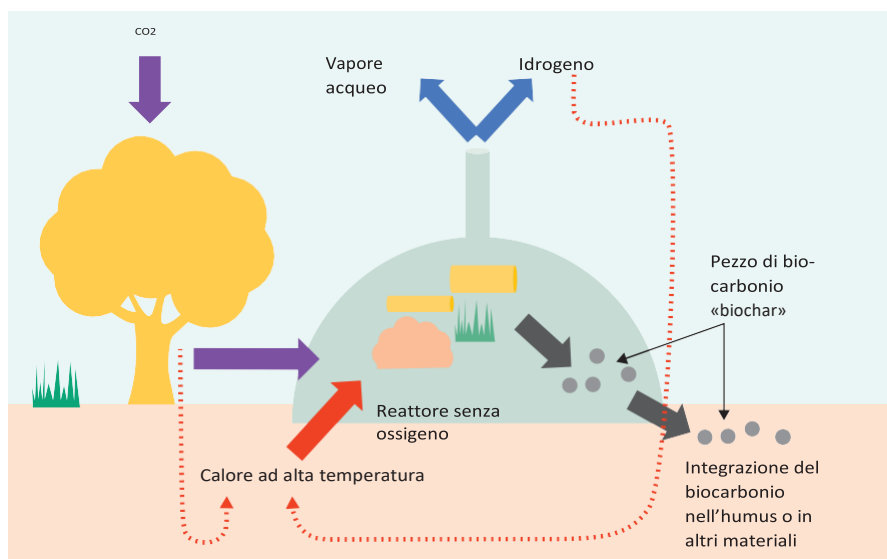
Cattura di CO₂ in forma gassosa: si tratta di catturare il CO₂ in forma gassosa direttamente nell'aria ambiente, il che può essere fatto ovunque, o all'uscita degli impianti stazionari

(camini di impianti di incenerimento dei rifiuti o di cementifici, impianti a biomassa). Queste tecnologie possono catturare il CO₂ di origine fossile, geogenica o biologica (ad esempio, dalla ciminiera di una centrale elettrica a legna o in un digestore di metanizzazione). È quindi necessaria energia per separare il CO₂ dagli altri componenti gassosi, seguita da un metodo per stoccarla in modo sostenibile, generalmente nel sottosuolo o eventualmente in resti di cemento.

Sequestro della biomassa: si tratta di sfruttare il fatto che le piante assorbono CO₂ durante la loro crescita. Quando queste piante vengono raccolte o muoiono naturalmente, è importante garantire che il materiale vegetale non si decomponga completamente, rilasciando nuovamente il CO₂. Esistono diversi modi per farlo, tra cui:

- Utilizzare il legno in costruzioni sostenibili, dove non si decompone in CO₂.
- La riabilitazione delle paludi, dove la biomassa morta è accumulata sott'acqua e non si decompone in CO₂ per mancanza di ossigeno.
- Aumentare il volume in piedi delle foreste, sia riforestando che lasciando invecchiare le foreste. In quest'ultimo caso, tuttavia, si arriva a un punto di saturazione, perché il numero di alberi per m² è limitato e gli alberi vecchi assorbono meno CO₂. Inoltre, le foreste vecchie sono più sensibili alle tempeste e agli incendi, che portano alla decomposizione del legno e alla riemissione di CO₂.
- Riabilitare lo strato di humus agricolo in modo che fissi una maggiore quantità di carbonio, tenendo presente, tuttavia, che esiste un punto di saturazione che non può essere superato.
- Riscaldamento della biomassa in assenza di ossigeno. Una piccola quantità di idrogeno può essere recuperata, producendo biocarbone, che consiste principalmente di atomi di carbonio («bio-char» per i conoscitori). Questo può essere sparso sui terreni agricoli, migliorandone la qualità e restituendo i nutrienti alle piante. Questa tecnica è molto antica (produzione di carbonella).

Figura 32. Il principio del biochar



Spiegazione: i rifiuti di biomassa (verde o legno) vengono riscaldati a 700° in un reattore privo di ossigeno. Gli atomi di carbonio cadono a terra e formano grumi di carbone. Una parte degli atomi di idrogeno si lega all'ossigeno contenuto nella biomassa e fuoriesce sotto forma di vapore acqueo, mentre il resto dell'idrogeno è disponibile per l'uso. Il calore può provenire dal legno bruciato a questo scopo o dall'idrogeno.

In teoria, sarebbe anche possibile interrare il legno, senza la corteccia, che è ricca di nutrienti, per sequestrare in modo permanente il carbonio («wood-burial» [74]), o fare lo stesso con il biochar.

È chiaro che tutte queste possibilità hanno un potenziale limitato, non da ultimo a causa dei requisiti di spazio. Anche la necessità di evitare ulteriori danni ecologici riduce il potenziale. In dosi moderate, tuttavia, un effetto positivo sulla biodiversità (foreste, paludi e humus) è realistico. L'aumento della biomassa e della biodiversità nelle aree urbane può contribuire a limitare l'effetto delle ondate di calore e a migliorare la qualità dell'aria. Questo è uno dei motivi per cui questo obiettivo è stato incluso nell'iniziativa del Fondo per il clima.

Mentre i metodi puramente biologici, come il ripristino delle paludi o l'estensione delle foreste, sono molto economici, tutti i metodi che prevedono fasi industriali, compresa la produzione di biochar, sono costosi. Inoltre, una parte del CO₂ gassoso catturato in Svizzera dovrebbe probabilmente essere esportata in Paesi con un sottosuolo adatto, rendendo i costi ancora più elevati.

Nel loro articolo, Nick e Thalmann [58] sostengono in modo eccellente che le emissioni negative difficilmente possono superare l'equivalente del 5-10% delle attuali emissioni positive. In altre parole, le tecnologie per le emissioni negative non possono esimerci dal ridurre a zero tutte le emissioni di origine fossile e dal ridurre drasticamente le emissioni non energetiche. D'altra parte, una volta raggiunta questa drastica riduzione, le emissioni negative ci permetteranno di fare il passo finale verso la neutralità climatica.

Data la portata della sfida, l'implementazione delle emissioni negative deve iniziare ora, soprattutto perché c'è ancora una curva di apprendimento iniziale per renderle più efficaci. D'altra parte, ci sono due cautele che devono essere assolutamente rispettate:

- Gli sforzi per sviluppare le emissioni negative non dovrebbero andare a scapito della riduzione delle emissioni positive, poiché queste ultime sono molto più economiche ed essenziali.
- Le emissioni negative non devono essere finanziate con la vendita di diritti di emissione positivi o con qualsiasi altra variante della logica della «compensazione». Altrimenti, l'effetto sul clima sarebbe nullo e il potenziale totale di stoccaggio delle emissioni negative verrebbe sfruttato inutilmente per prolungare stupidamente l'era dei fossili. Nick e Thalmann individuano in questo caso un rischio di azzardo morale.

Per questi motivi, il finanziamento delle emissioni negative deve essere pubblico, o almeno non deve provenire da sanzioni sulle emissioni positive. In tutte queste aree, il Fondo per il

clima potrebbe dare un contributo importante, in particolare per lo sviluppo e la costruzione delle attrezzature necessarie per le emissioni negative. Per il momento, potrebbe eventualmente finanziare i costi di implementazione delle emissioni negative, come l'energia, la movimentazione o l'esportazione. Tuttavia, questa non è l'opzione principale, poiché la vocazione del Fondo è quella di sostenere gli investimenti. Questo ci porta alla questione delle risorse e degli aspetti finanziari del Fondo per il clima.

Riassunto del capitolo

- Le emissioni negative, che comportano la cattura di CO₂ e la sua rimozione permanente dall'atmosfera, saranno indispensabili, viste le dinamiche catastrofiche del riscaldamento globale.
- In particolare, dovrebbero essere utilizzate per compensare le emissioni che sono difficili da comprimere, come quelli in agricoltura o nei cementifici.
- D'altra parte, il potenziale di stoccaggio geologico del CO₂ non permetterà di raggiungere la neutralità climatica continuando a bruciare petrolio e cercando di compensare le emissioni con emissioni negative. Il potenziale di si esaurirebbe molto rapidamente.
- Oltre alla cattura tecnologica di CO₂, l'assorbimento da parte di ecosistemi, cioè attraverso la crescita delle piante, è molto promettente. Se gestita correttamente, potrebbe anche portare a un miglioramento biodiversità.

Parte VIII

**Disporre delle risorse
necessarie grazie
al Fondo per il clima**

Abbiamo completato l'esame delle grandi linee della trasformazione del nostro sistema energetico (decarbonizzazione) e della riduzione delle emissioni di gas serra al di fuori del settore energetico. Tutte le trasformazioni previste richiedono risorse finanziarie e umane, di cui ora esamineremo l'ordine di grandezza. Da questo dedurremo, settore per settore, l'entità del sostegno del Fondo e quindi la dimensione del Fondo necessario. Metteremo questi ordini di grandezza in prospettiva con il resto delle attività economiche del nostro Paese. Questa analisi sarà completata da una valutazione del fabbisogno di personale necessario per la transizione.

Si valuterà poi come finanziare il Fondo: con il debito o con l'aumento delle tasse. La conclusione è che il debito è l'opzione migliore.

24

L'ordine di grandezza degli investimenti

In questa sede cerchiamo di stimare l'ordine di grandezza degli investimenti necessari per lo scenario presentato in questo libro. Poiché stiamo parlando di un periodo di 25 anni e tenendo conto degli sviluppi tecnologici e delle variazioni dei prezzi relativi, tale stima è necessariamente un'approssimazione.

Il risultato è un investimento totale lordo privato e pubblico di 430 miliardi di franchi costanti in 25 anni, o 17 miliardi all'anno, che rappresenta circa il 2%-2,5% del PIL per raggiungere la neutralità climatica.

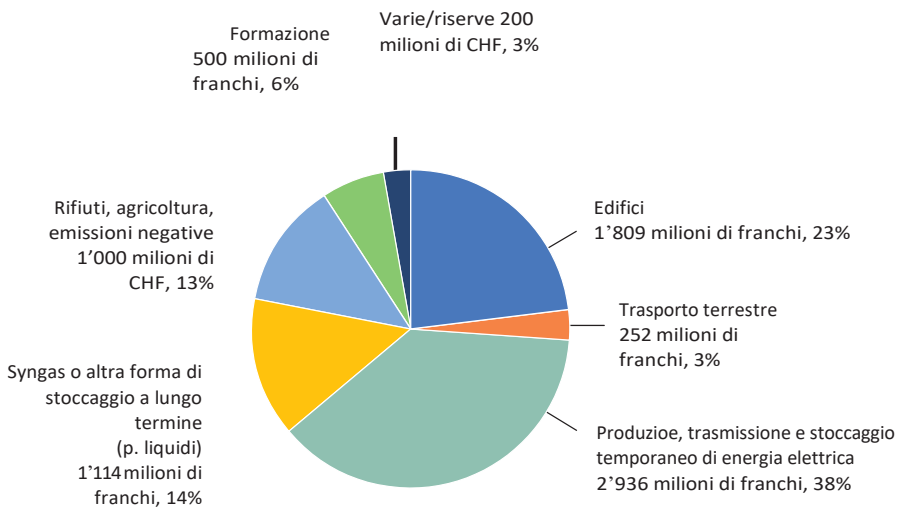
In media, il Fondo finanzierebbe quasi la metà degli investimenti proposti in questo libro. Questo tasso relativamente alto di cofinanziamento da parte del Fondo non è dovuto al caso: il Fondo finanzia generosamente i progetti privati in modo che possano essere realizzati efficacemente e in tempi utili. In particolare, il Fondo sosterrrebbe, a un tasso elevato, gli investimenti nelle infrastrutture pubbliche di trasmissione e stoccaggio dell'elettricità, ovvero nella sicurezza dell'approvvigionamento energetico. Ciò è giustificato non solo per garantire la transizione, ma anche per evitare di rendere più costoso l'uso dell'elettricità. L'obiettivo è mantenere il costo dell'energia pulita il più basso possibile. Infatti, secondo la strategia illustrata nel Capitolo 12, le energie rinnovabili devono essere più economiche dei combustibili fossili.

Con la strategia che proponiamo qui, il Fondo per il clima finanzierà quasi la metà del 2%-2,5% del PIL in investimenti lordi. Questo obiettivo può essere raggiunto con uno stanziamento annuale pari a circa l'1% del PIL, ovvero 8 miliardi di euro. Questo è esattamente ciò che propone l'iniziativa del Fondo per il clima, con un intervallo compreso tra lo 0,5% e l'1% del PIL.

Il grafico seguente mostra la ripartizione approssimativa dell'utilizzo del Fondo.

Figura 33. **Spese annuali a carico del Fondo**

Costo annuo lordo per il Fondo in milioni di franchi (totale 7,8 miliardi = 1% del PIL)



Piuttosto che cercare di nascondere la natura necessariamente approssimativa di queste stime, preferiamo mostrare in modo trasparente i parametri sottostanti a questa stima. Questo è lo scopo della tabella a fianco (Figura 34). Ognuno può giudicare, farsi un'opinione e, se necessario, fare la propria stima.

Figura 34. Ordine di grandezza stimato del volume degli investimenti e del volume del Fondo
 Note: Le note tra parentesi quadre [X] si riferiscono all'appendice 4.

Milioni di franchi costanti	Investimento lordo cumulativo su 25 anni	Investimento lordo annuo	Quota a carico del Fondo (il resto è finanziato dagli operatori/proprietari/utenti)	Importo annuo a carico del Fondo
Edifici				
Isolamento termico per abitazioni Ipotesi: altri 3,3 milioni di abitazioni da ristrutturare [A], con costi d'investimento aggiuntivi di 30'000 franchi per abitazione (dalle ville ai grandi condomini), a fronte di una manutenzione minima.	98'700	3'948	25%	987- 300 provenienti dal programma edifici esistente = 687
1,03 milioni di riscaldatori a combustibile fossile da sostituire (= tutti [B]), con un costo medio di investimento aggiuntivo di 25'000 franchi per riscaldamento rispetto alla sostituzione ordinaria (edifici di tutte le dimensioni).	25'750	1'030	25%	258
140'000 riscaldamenti elettrici diretti (= tutti [C]), con un elevato costo aggiuntivo dovuto all'installazione della circolazione dell'acqua: 70'000 CHF per abitazione.	9'800	392	60%	235
Edifici di servizio e industriali (1/3 della superficie delle abitazioni secondo [D]) La stima per l'isolamento comprende la sostituzione degli impianti di riscaldamento = 1/3 dell'importo sopra indicato per la ristrutturazione delle abitazioni, esclusa la sostituzione degli impianti di riscaldamento.	32'900	1'316	25%	329

Milioni di franchi costanti	Investimento lordo cumulativo su 25 anni	Investimento lordo annuo	Quota a carico del Fondo (il resto è finanziato dagli operatori/proprietari/utenti)	Importo annuo a carico del Fondo
Mobilità terrestre				
Acquisto di veicoli (a carico degli utenti).	zero	zero	zero	
3 milioni di terminali su proprietà private (abitazioni e parcheggi, al costo di 3'000 franchi).	9'000	360	30%	108
50'000 punti di ricarica rapida in spazi pubblici, con un costo di investimento di 50'000 franchi.	2'500	100	60%	60
Sostegno agli investimenti nei collegamenti ferroviari internazionali, 60 composizioni ferroviarie, 3 miliardi di euro.	3'000	120	70%	84

Generazione, trasmissione e stoccaggio temporaneo di energia elettrica				
Installazione di 72 GW di fotovoltaico, con un costo medio di investimento di 1'500 franchi svizzeri per KW (il costo può essere inferiore a 1'000 franchi svizzeri su tetti singoli e superiore a 2'000 franchi svizzeri su infrastrutture come parcheggi o autostrade).	108'000	4'320	40%	1'728 - 1'000 dal supplemento di rete esistente = 728
Impianto da 4 GW che produce 6 TWh/anno, al costo di 2 milioni di franchi per MW	8'000	320	60%	192

Milioni di franchi costanti	Investimento lordo cumulativo su 25 anni	Investimento lordo annuo	Quota a carico del Fondo (il resto è finanziato dagli operatori/proprietari/uteniti)	Importo annuo a carico del Fondo
Investimenti nelle dighe della Tavola Rotonda (2 nuove, 13 ammodernamenti, per un volume di stoccaggio di 2 TWh), per un valore di 2 miliardi di franchi svizzeri.	2'000	80	70%	56
Rafforzamento delle reti elettriche (costi aggiuntivi rispetto alla manutenzione e al rinnovo). Metà dei costi aggiuntivi secondo [E], poiché l'installazione di batterie consente di attenuare i picchi.	20'000	800	50%	400
Installazione di 100 GWh di batterie fisse nelle reti di distribuzione, sufficienti a garantire la fornitura di energia elettrica 24 ore su 24 degli elettrolizzatori in estate e trasferimento dei picchi di consumo in inverno (ipotesi: fr. 200/kWh di capacità).	20'000	800	70%	560

Syngas o altra forma di stoccaggio a lungo termine

Elettrolizzatore da 6 GW (potenza in entrata). (ipotesi: 1,5 milioni di franchi svizzeri/MW).	9'000	360	100%	360
Impianto di cattura della CO ₂ per il syngas (calcolo dei costi: [F]).	8'000	320	100%	320

Milioni di franchi costanti	Investimento lordo cumulativo su 25 anni	Investimento lordo annuo	Quota a carico del Fondo (il resto è finanziato dagli operatori/proprietari/uteniti)	Importo annuo a carico del Fondo
Infrastrutture di stoccaggio sotterraneo di gas per 12 TWh. Investimento stimato leggermente più alto rispetto al progetto di Oberwald, con 400 milioni di franchi svizzeri per TWh invece che 330 milioni di franchi svizzeri (vedi Appendice 1). (Ciò non esclude la possibilità che una parte dei 12 TWh venga immagazzinata con altre tecnologie).	4'800	192	70 %	134
Modifica delle apparecchiature industriali per utilizzare l'elettricità in estate per le alte temperature e l'H ₂ in inverno [G].	20'000	800	30%	240
Impianti di produzione di energia elettrica alimentati a syngas (turbine a gas o cogenerazione, per 5 GW), al costo di 1 milione di franchi svizzeri per MW di elettricità.	5'000	200	30%	60

Rifiuti, agricoltura, emissioni negative

Modifica dei sistemi di trattamento dei rifiuti [H]	5'000	200	100%	200
Costruzione di 1'000 impianti collettivi per la biometanizzazione del letame di fattoria, investimento di 20 milioni di franchi svizzeri per unità.	20'000	800	100%	800

Milioni di franchi costanti	Investimento lordo cumulativo su 25 anni	Investimento lordo annuo	Quota a carico del Fondo (il resto è finanziato dagli operatori/proprietari/utenti)	Importo annuo a carico del Fondo
Formazione				
Formazione continua per 5'000 persone all'anno (costo della formazione e del salario sostitutivo durante la formazione a una media di 100'000 franchi per persona) (ipotesi come da capitolo 27).	12'500	500	100%	500
Varie/Riserve	5'000	200	100%	200
Totale	428'950	17'158		6'511
				0,87% (7'811, cioè 1,04% se si calcolano gli aiuti esistenti)
	del PIL	2,29%		

Si conclude quindi che è necessario un investimento cumulativo di 429 miliardi in 25 anni. Nello scenario di una continuazione della politica attuale secondo l'Energy Outlook 2050+ della Confederazione [75], il calcolo è diverso. Gli autori stimano che ci sarà comunque un investimento cumulativo di 1'400 miliardi da qui al 2050 per l'intero sistema energetico (rinnovo delle infrastrutture di produzione, trasporto e utilizzo). A loro avviso, l'investimento cumulativo totale per lo scenario di «neutralità climatica» è di 1'509 miliardi. Il costo aggiuntivo è quindi di soli 109 miliardi. In termini annuali, distribuiti su 25 anni, stimano che il totale degli investimenti privati e pubblici nell'energia in senso lato sarebbe di 56 miliardi all'anno ($=1'400/25$) se non si puntasse alla neutralità climatica. E che per raggiungere lo «zero netto», costerebbe 60 miliardi all'anno ($=1'509/25$), cioè un costo di investimento annuale aggiuntivo di 4 miliardi all'anno.

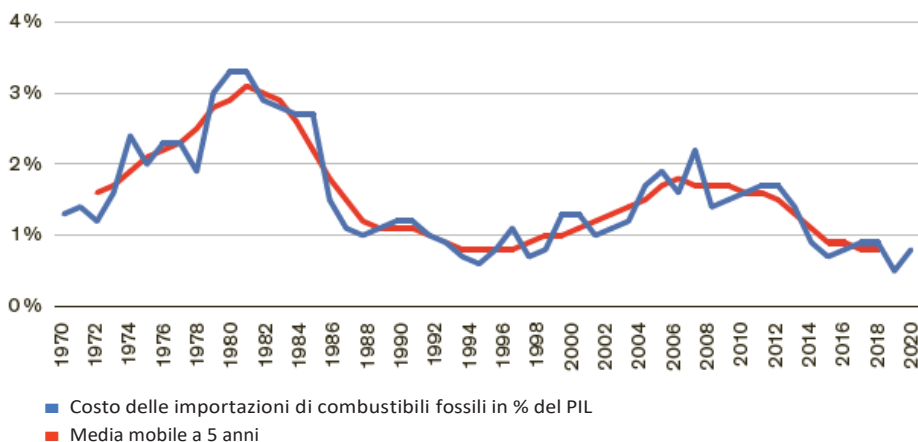
Questi dati non sono necessariamente in contraddizione con quelli presentati qui. Ci concentriamo sugli investimenti di trasformazione, senza considerare il rinnovamento ordinario. Il nostro approccio prevede che il Fondo si assuma la responsabilità di una parte dei 60 miliardi annui secondo il seguente scenario. L'obiettivo del programma PE2050 + «neutralità climatica» è quello di accelerare gli investimenti. La quota di investimenti pagata dal Fondo per il clima, pari a 8 miliardi di euro all'anno, non dovrà più essere ammortizzata dagli utenti, il che si tradurrà in prezzi dell'energia più bassi e in rate di ammortamento annuali più basse per i beneficiari delle misure di efficienza.

La differenza di approccio riflette naturalmente una divergenza strategica e politica. I PE2050+ sono concepiti in gran parte da una prospettiva «economicista» che postula che un aumento sostanziale del prezzo relativo dei combustibili fossili sarà adottato dalla Confederazione e porterà automaticamente a indirizzare gli investimenti nella giusta direzione. Da parte nostra, dubitiamo della fattibilità politica di un simile aumento artificiale dei prezzi, anche perché trascura completamente il problema della ripartizione equa degli oneri. Per questo motivo sosteniamo l'approccio del sostegno agli investimenti.

L'investimento proposto di circa 17 miliardi all'anno, ovvero 429 in 25 anni, può sembrare astronomico. In realtà, queste somme sono ragionevoli se rapportate ad altri parametri economici, a partire dalla spesa attuale per l'importazione di combustibili fossili.

La prima prospettiva è quella del commercio estero: in media, negli ultimi 20 anni, il costo delle importazioni di petrolio, gas e carbone è stato di 8 miliardi di euro all'anno (prezzi ai valichi di frontiera, al lordo delle imposte). Dal 1970, questi costi di importazione hanno oscillato tra lo 0,8% e il 3% del PIL (vedi grafico sotto). Nonostante il costante calo dell'intensità dei combustibili fossili negli ultimi 50 anni (Figura 13), il peso relativo della spesa per le importazioni di energia rimane elevato, perché i prezzi mondiali dei combustibili fossili tendono ad aumentare nel lungo periodo.

Figura 35. Costo dell'importazione di combustibili fossili al lordo della tassazione in % del PIL



Fonte dei dati del grafico: [21, p. tab 41] e [20].

Al termine della transizione, non utilizzeremo più combustibili fossili (tranne forse nel settore dell'aviazione). Il sistema energetico avrà costi di ammortamento e costi operativi, ma non i costi di importazione dell'energia primaria. Lo scenario dello status quo, *invece*, prevede di continuare a importare più o meno le stesse quantità.

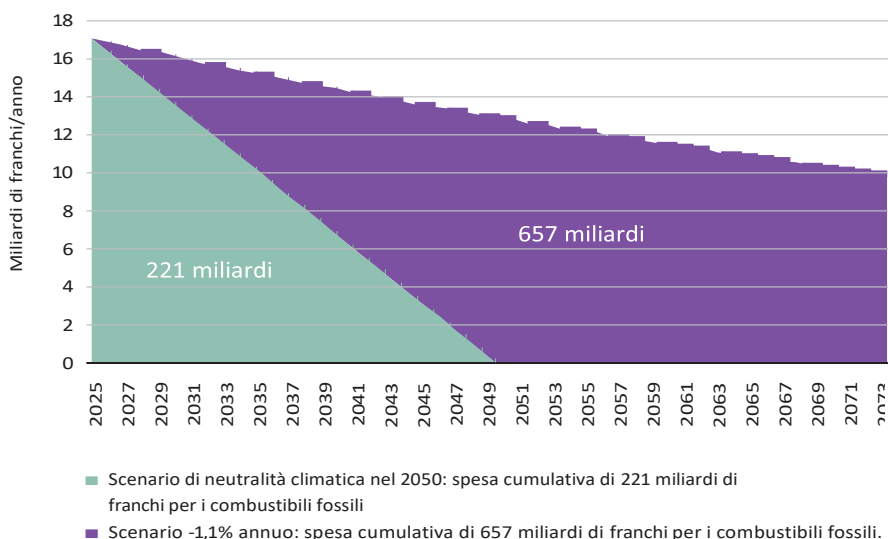
Per gli utenti finali, la transizione è estremamente interessante. Il costo dei combustibili fossili per gli utenti finali è molto più alto di quello oltre confine, poiché comprende la raffinazione, la distribuzione, le tasse e i margini. Negli ultimi 25 anni, gli utenti finali hanno speso in media 17 miliardi di franchi (2021) all'anno per i combustibili fossili. Si tratta di 425 miliardi, che per puro caso corrispondono al totale dei nostri costi di investimento stimati.

Il grafico a fianco mostra l'aumento del costo dei combustibili fossili nei prossimi cinquant'anni e mette a confronto due scenari. Il primo è quello della neutralità climatica, con una diminuzione lineare del consumo di combustibili fossili nei primi 25 anni e poi nessun consumo. Il secondo è uno scenario di laissez-faire in cui il consumo di combustibili fossili diminuisce solo dell'1,1% all'anno, lo stesso tasso degli ultimi anni (dal 2009 al 2019, escludendo quindi l'effetto Covid-19). Si ipotizza che il prezzo sia la media degli ultimi 25 anni in franchi costanti.

La differenza è spettacolare: nel primo scenario neutrale per il clima, si spendono solo 221 miliardi per i combustibili fossili, rispetto ai 657 miliardi dello scenario laissez-faire. E in questo caso, la spesa per i combustibili fossili continua. La differenza di 436 miliardi equivale – anche per caso – all'investimento totale necessario per raggiungere questo obiettivo. Ciò significa che se guardiamo oltre i 50 anni, l'operazione è redditizia.

Naturalmente, in entrambi i casi, ci sarebbe ancora il costo della manutenzione del sistema energetico. Ma questo è probabilmente abbastanza comparabile tra lo scenario dei combustibili fossili e quello delle rinnovabili. Inoltre, non si può escludere che i prezzi dei combustibili fossili si stabilizzino a un livello molto alto. Oltre ai vantaggi in termini di clima, il primo scenario riduce l'esposizione al rischio.

Figura 36. Rappresentazione schematica della spesa degli utenti finali per i combustibili fossili (franchi costanti 2021)



Comunque sia, la questione non può essere ridotta a termini puramente contabili. Se teniamo conto dei danni causati dal riscaldamento globale, è chiaro che anche se evitarlo richiedesse investimenti pari al 5% del PIL, l'operazione varrebbe comunque la pena.

Oltre alla questione dei costi, dobbiamo esaminare la capacità della nostra economia di compiere lo sforzo di decarbonizzazione. Un confronto con altre forme di spesa per investimenti fornisce alcuni indizi e conferma che lo sforzo richiesto è più che necessario. Mentre il volume totale degli investimenti aggiuntivi necessari per raggiungere la decarbonizzazione è di 17 miliardi all'anno, gli investimenti privati e pubblici nel 2019 sono stati i seguenti:

- 67 miliardi di franchi svizzeri nel settore delle costruzioni, di cui 38 miliardi per nuovi edifici, 23 miliardi per ampliamenti, ristrutturazioni e demolizioni e 6 miliardi per spese di manutenzione pubblica [76], pari al 9% del PIL. La maggior parte delle trasformazioni energetiche richiederà un rafforzamento di questo settore.

- 124 miliardi di franchi svizzeri di investimenti in beni strumentali fissi e software al di fuori del settore delle costruzioni (prima degli ammortamenti) [77], pari al 17% del PIL.

Gli investimenti nella neutralità climatica rappresentano quindi solo una frazione degli investimenti totali dell'economia svizzera, che sarebbe in grado di compiere un simile sforzo. Insopportabile sarebbe invece rinunciarvi.

RIASSUNTO DEL CAPITOLO

- L'investimento cumulativo è stimato in 430 miliardi di euro in 25 anni, pari a 17 miliardi di euro all'anno.
- Il Fondo per il clima ne finanzierebbe una piccola metà: 8 miliardi di euro all'anno.
- Queste somme devono essere messe a confronto con la notevole spesa per i combustibili fossili, da cui ci stiamo gradualmente allontanando.
- Lo sforzo aggiuntivo rappresenta circa un quarto degli investimenti attualmente effettuati dall'economia svizzera nel settore delle costruzioni in senso lato (o il 14% della spesa per beni strumentali fissi e software).

L'ipotesi scartata di finanziamento del Fondo tramite IVA, IFD o la tassazione dell'energia

In sostanza, ci sono solo due opzioni principali per finanziare il Fondo per il clima. O la Confederazione aumenta le imposte a questo scopo, o contrae prestiti. D'altra parte, tagliare altre voci del bilancio federale ci sembra un'opzione da escludere fin dall'inizio, perché anche le altre attività sono utili. L'iniziativa propone quindi di non conteggiare il contributo al Fondo all'interno del tetto consentito dal freno alle spese.

Questa struttura garantirà che il Fondo per il clima non abbia un impatto negativo su altri compiti pubblici: non sarà necessario effettuare risparmi di bilancio a seguito della creazione del Fondo per il clima. Ciò significa che, in assenza di profitti contabili per la Confederazione, il Fondo sarà interamente finanziato dal debito o dall'aumento delle imposte. Da parte nostra, preferiamo il debito per le ragioni che spiegheremo in dettaglio nel prossimo capitolo. È comunque interessante esaminare nel dettaglio l'impatto redistributivo che avrebbero le varianti fiscali.

Le quattro principali fonti fiscali aggiuntive che potrebbero essere prese in considerazione sono le seguenti:

- **Introdurre una nuova tassazione sull'energia proporzionale al consumo.** Già oggi la tassazione è usata

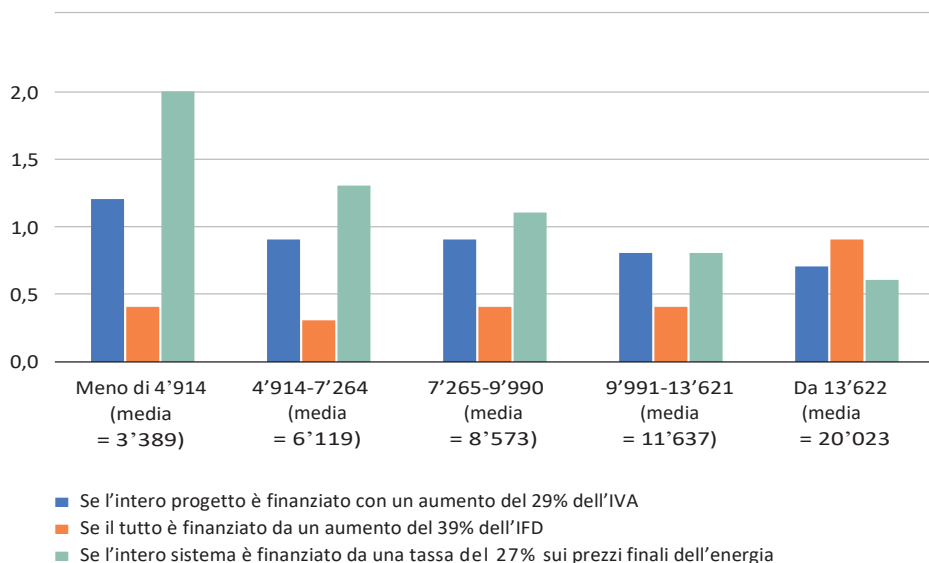
per 300 milioni di euro all'anno, attraverso la tassa sul CO₂. Tuttavia, gli ordini di grandezza dei finanziamenti necessari sono circa 25 volte superiori.

- **Aumento dell'IVA.**
- **Introdurre un aumento lineare dell'Imposta Federale Diretta, abbreviata in «IFD», per le persone fisiche e giuridiche.**
- **Introdurre una tassazione speciale altamente progressiva, ad esempio una tassa sulle grandi proprietà, sulle plusvalenze o sui redditi molto elevati.**

Quest'ultima opzione è al centro dell'iniziativa «Per il futuro» dei Giovani socialisti, che prevede un'imposta del 50% sulla ricchezza superiore a 50 milioni di franchi. In termini di equità, questa opzione è la migliore, ma abbiamo preferito non introdurla nell'iniziativa sul clima, per evitare di confondere due dibattiti, quello sugli investimenti nella transizione energetica e quello sul miglioramento dell'equità fiscale.

Abbiamo voluto valutare l'impatto delle altre opzioni fiscali. Abbiamo calcolato quanto ciascuna delle cinque categorie di reddito pagherebbe direttamente per alimentare il Fondo a un tasso di 8 miliardi all'anno, in ciascuno dei tre scenari: IVA, DFI e tassazione dell'energia. Il calcolo, che si basa sui dati relativi al periodo 2015-2017, non è né molto preciso né metodologicamente solido. Uno dei problemi principali è che le famiglie pagano direttamente solo una parte delle imposte sull'energia, sull'IVA e sul DFI. Il resto è pagato da altri soggetti, come imprese, organizzazioni non profit e autorità pubbliche. In una certa misura, questa quota viene indirettamente trasferita alle famiglie, anche se non è possibile stimarne l'entità. Ci siamo quindi limitati a stimare l'impatto diretto sulle famiglie in ciascun caso. Per valutare questo effetto per categoria di reddito, abbiamo utilizzato i dati delle indagini sul reddito e sulla spesa delle famiglie [78].

Figura 37. Confronto dell'impatto sulle famiglie del finanziamento del Fondo con tre varianti imposte (in % del reddito familiare al lordo delle imposte)



Aiuto alla lettura: il grafico divide la popolazione in 5 categorie, ognuna delle quali copre il 20% della popolazione, classificate dal reddito più basso a quello più alto. Per finanziare il Fondo all'1% del PIL, il gruppo di reddito più basso dovrebbe spendere:

- 1,2% del suo reddito se il Fondo fosse esclusivamente finanziato da un aumento lineare dell'IVA
- 0,3% del suo reddito se il Fondo fosse finanziato esclusivamente da un aumento lineare dell'IFD
- Il 2% del suo reddito se il Fondo fosse finanziato esclusivamente dalla tassazione dell'energia.

È chiaro che la tassazione dell'energia è di gran lunga la più antisociale. Possiamo vedere quanto sarebbe problematico tassare l'energia per finanziare la transizione energetica. In realtà, sulla base di questo grafico, l'ingiustizia è sottostimata: le cifre includono solo il finanziamento degli 8 miliardi di euro che passano attraverso il Fondo. Su un investimento totale di 17 miliardi, una parte dei restanti 9 miliardi è quindi sostenuta direttamente dalle famiglie, in particolare attraverso gli affitti o l'ammortamento delle loro case. In ogni caso, questo onere è approssimativamente proporzionale alla loro spesa energetica attuale, ed è quindi distribuito in modo molto iniquo.

Pur rimanendo decrescente, l’IVA è molto meno iniqua della tassazione sull’energia. Questo perché i beni di prima necessità sono tassati a un’aliquota ridotta, mentre i costi sanitari e gli affitti sono assoggettati.

L’imposta federale diretta è chiaramente la più sociale di queste tre opzioni, per due motivi:

In primo luogo, l’imposta federale diretta è, per sua stessa concezione, la più progressiva. In secondo luogo, le famiglie pagano direttamente solo il 37% dell’IFD, mentre il resto è a carico delle imprese.

Di conseguenza, sarebbe del tutto possibile finanziare il Fondo per il clima attraverso un aumento delle imposte. Ciò richiederebbe un prelievo dell’1% del PIL, come illustrato nella pagina precedente. Nell’interesse di un’equa distribuzione, preferiremmo un supplemento all’IFD. Tuttavia, trattandosi di un fondo destinato a stimolare gli investimenti, l’opzione del debito puro ci sembra migliore, per le ragioni che esamineremo nel prossimo capitolo. Proponiamo quindi di abbandonare le opzioni di aumento delle tasse.

Riassunto del capitolo

- Per finanziare il Fondo senza che la Confederazione si indebiti ulteriormente, sarebbe necessario un prelievo fiscale ad hoc.
- In questo caso, un’alimentazione del Fondo con la tassazione dell’energia sarebbe socialmente iniqua.
- Un tale prelievo rafforzerebbe la tendenza naturale a finanziare gli investimenti in proporzione alla spesa energetica, il che pone di per sé un problema di equità.
- La migliore opzione fiscale sarebbe quella di aumentare l’imposta federale diretta.
- Proponiamo di non aumentare le tasse e di optare invece per un ulteriore indebitamento.

Il coraggio di indebitarsi per investire

L'alternativa all'aumento delle imposte è che la Confederazione si indebiti ulteriormente. Riteniamo che questa sia la forma migliore di finanziamento, per una serie di ragioni:

- Evitando di aumentare le tasse esistenti o di crearne di nuove, evitiamo di ridurre la capacità di investimento di famiglie e imprese.
- Il denaro non viene speso per il consumo corrente, ma per gli investimenti, che contribuiranno a ridurre gradualmente la spesa corrente futura per l'energia primaria (importazioni di combustibili fossili e uranio). Questo investimento sarà redditizio per l'economia svizzera nel suo complesso. Questo è vero nonostante il fatto che, da una prospettiva microeconomica a breve termine – quella dell'investitore privato – alcuni investimenti in transizione non sembrano essere redditizi, date le incertezze e gli ostacoli pratici.
- L'esperienza storica dimostra che i grandi investimenti in infrastrutture e attrezzature si ripagano generalmente nel lungo periodo. Una volta effettuati, non vengono mai rimpianti. Chi rimpiange oggi i 20 miliardi spesi per costruire nuove linee ferroviarie attraverso le Alpi? O il due per cento del PIL speso per un decennio per costruire grandi dighe?

- In pratica, è raro che uno Stato ripaghi il proprio debito. Non sarà quindi necessario aumentare le imposte per rimborsare il prestito. D'altra parte, tra 30 o 50 anni, la trasformazione avrà aumentato l'efficienza complessiva del nostro sistema economico, generando ovviamente un gettito fiscale aggiuntivo, che più che compenserà gli interessi sul debito generato per finanziare il Fondo per il clima. Infine, non è escluso che un'impennata dell'inflazione riduca il peso relativo del debito federale contratto per finanziare il Fondo.
- Le spese in attrezzature e gli investimenti che saranno così stimolati genereranno anche un ulteriore gettito fiscale.
- Trattandosi di un debito a lunghissimo termine, l'onere degli interessi persisterà. In termini economici, sarà sostenuto dalla Confederazione, cioè indirettamente da una piccola parte delle imposte future. Si tratta di un finanziamento equo, perché le persone che pagheranno più tasse in futuro saranno quelle che, tra 30 o 50 anni, saranno i membri più privilegiati della società. Ciò è tanto più vero se si considera che il loro benessere dipenderà anche dal successo della transizione energetica e climatica.

La strategia di finanziamento del Fondo aumenterà quindi il debito della Confederazione. La tabella seguente mostra l'impatto sul debito pubblico, tenendo conto degli interessi composti sul debito aggiuntivo, per diversi scenari plausibili. Se si utilizza l'intera percentuale del Fondo, il debito aggiuntivo rappresenterà tra il 22% e il 24% del prodotto interno lordo nel 2050. In uno scenario molto pessimistico di stagflazione, questa percentuale potrebbe salire al 32% nel peggiore dei casi.

Figura 38. L'impatto dell'iniziativa se fosse interamente finanziata da un debito federale aggiuntivo, secondo diverse ipotesi

Scenario a 25 anni 2026 à 2050	Crescita nominale	Tassi di interesse	Finanziamento del Fondo in % del PIL	Ulteriori debiti federali, tra cui interesse composto in % del PIL nel 2050
4 Scenari plausibili				
Bassa crescita nominale e massima alimentazione (inflazione = 0%)	1%	0,5%	1%	23,6%
Crescita nominale = media 2000-2020, meno alimentazione (inflazione = 0%)	2%	0,5%	0,7 %	14,7%
Crescita nominale = media 2000-20, e alimentazione massima (inflazione = 0%)	2%	1%	1%	22,3%
Crescita reale = media 2000-20 con inflazione al 2%, cioè al 4%, tasso di interesse al 3%.	4 %	3 %	1 %	22,3 %
E uno scenario molto pessimistico				
Stagflazione, Inflazione al 2% senza crescita reale, tassi d'interesse molto alti al 4%, alimentazione massima	2 %	4 %	1 %	31,9 %

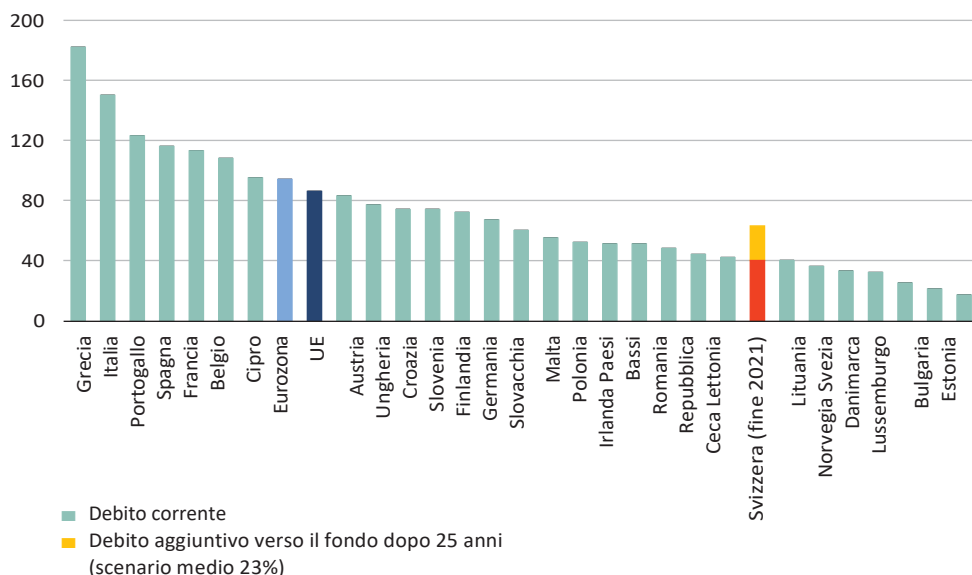
Questo debito aggiuntivo è del tutto ragionevole in relazione alla dimensione della sfida. Il ricorso al debito è ancora più legittimo quando si tratta di finanziare gli investimenti. Per quanto riguarda la contabilità cantonale e comunale, a livello federale viene elaborato una sorta di bilancio degli investimenti, al di fuori del freno all'indebitamento.

Va notato che il tasso d'interesse medio sul debito federale, cioè compreso il vecchio debito, si aggira attualmente intorno all'1%. Nonostante i recenti aumenti, i tassi rimangono bassi. L'11 gennaio 2023, la Confederazione ha preso in prestito 270 milioni per 22 anni a un tasso dell'1,4%. In altre parole, quando la Confederazione prenderà in prestito un altro miliardo a lunghissimo termine, pagherà solo 14 milioni di interessi annui [79]. Nella prima metà di aprile 2023, i tassi delle obbligazioni decennali della Confederazione si aggiravano intorno all'1,2%.

Dato il basso livello dei tassi d'interesse, il finanziamento del Fondo per il clima attraverso il debito rappresenterebbe un onere di interessi molto basso per la Confederazione nel breve e medio termine. Naturalmente, non possiamo escludere un massiccio aumento dei tassi di interesse in futuro. Ma è molto probabile che questo sia accompagnato dall'inflazione, che metterebbe in prospettiva l'onere del debito preesistente.

Infine, è necessario considerare una prospettiva internazionale. Dopo due anni di pandemia, le autorità pubbliche svizzere sono indebitate per circa il 40% del prodotto interno lordo. Si tratta di un livello molto più basso rispetto a quello dei nostri paesi vicini: questo indicatore è pari al 100% per la zona euro.

Figura 39. Indebitamento della Svizzera nel confronto internazionale e impatto del Fondo (scenario medio)



Fonte: per l'Europa [80] e per la Svizzera: [81].

In un momento in cui il franco svizzero è estremamente forte e il bilancio della Banca nazionale ammonta a quasi 1'000 miliardi di franchi, pari al 140% del PIL, l'aumento del debito pubblico di 20 o 25 punti percentuali del PIL in 25 anni non minaccia in alcun modo la prosperità del Paese. Al contrario, potrebbe contribuire a moderare la pressione al rialzo sul franco svizzero.

Quando proponiamo di aumentare il debito pubblico, a volte sentiamo il seguente timore: si tratterebbe solo di prelievi fiscali spostati nel tempo, e dovremmo aumentare le tasse in un secondo momento per ripagarlo. Questa opinione ha più a che fare con la contabilità privata delle famiglie che con l'economia nazionale. Finché il debito viene utilizzato per gli investimenti, o eventualmente per attutire uno shock ciclico come una pandemia o un crollo economico, il debito usato correttamente migliorerà la situazione futura (infrastrutture, formazione) o almeno la preserverà (evitando la distruzione del tessuto economico). Non è questa la situazione di una famiglia che finanzia le proprie spese correnti indebitandosi.

Come abbiamo sottolineato in precedenza, è raro che un Paese aumenti le imposte per ripagare il proprio debito. Se la Svizzera o la Germania hanno recentemente ridotto il loro rapporto di indebitamento e, a volte, anche il loro debito in termini assoluti, è essenzialmente perché le loro economie hanno registrato risultati estremamente positivi.

Dobbiamo anche considerare la dinamica economica:

- Questa trasformazione aumenta l'efficienza energetica, e quindi la performance economica complessiva del Paese, e riduce la bolletta delle importazioni di energia, che in ultima analisi viene pagata dall'economia e dalle famiglie.
- Il denaro concesso dal Fondo non scompare in un buco nero: ritorna nell'economia stimolando la domanda di investimenti, che a sua volta genera salari, profitti, entrate fiscali e un aumento del valore dello stock di infrastrutture, edifici e attrezzature.
- Infine, se una parte degli investimenti nella transizione energetica è finanziata attraverso il Fondo, non deve essere finanziata con altri mezzi, come il debito privato, la riduzione dei consumi, l'aumento delle tasse o della tassazione.
- Con il susseguirsi delle crisi, le forniture di combustibili fossili diventano sempre più costose. Liberarsene sarebbe molto positivo per l'economia nazionale.

Più in generale, questi investimenti sono essenziali in ogni caso. E all'umanità costerebbe di più subire il riscaldamento globale nella sua massima estensione. Ora che la necessità di investimenti è stata stabilita e il finanziamento è stato chiarito, resta da stabilire quante persone dovrebbero essere coinvolte in questi settori. Questo è l'argomento di questo penultimo capitolo.

Riassunto del capitolo

- Per finanziare gli investimenti, il debito è fondamentale-mente legittimo.
- Al contrario di nuove tasse, il debito evita di ridurre la capacità degli attori economici.
- Dopo 25 anni di alimentazione massima del Fondo, l'incremento del debito pubblico si attesterà tra il 20% e il 25% del PIL. Partendo da un rapporto di indebitamento del 40%, questo rimarrà modesto.
- Gli investimenti così attivati aumenteranno in modo sostanziale l'efficienza della nostra economia.
- D'altra parte, non investire per paura ci costerebbe di più e sarebbe indifendibile dal punto di vista climatico. E questo non comporterebbe necessariamente una riduzione del debito complessivo.

27

Le braccia, i cervelli e le aziende della transizione

La carenza di personale qualificato non è un fenomeno esclusivo del settore della transizione energetica. Può essere spiegata non solo dall'aumento del livello di competenze richieste sul mercato del lavoro, ma anche dal duplice fenomeno della diminuzione delle coorti che entrano nel mercato del lavoro e dell'aumento di quelle che vanno in pensione, come mostrato nella tabella seguente.

Figura 40: **Variazione in dieci anni del numero di persone che entrano ed escono dal mercato del lavoro**

	Numero di residenti di età pari o superiore a 20 anni	Numero di residenti di 65 anni	Differenza (+ = aumento naturale, esclusa l'immigrazione)
2011	96'850	88'767	+ 8'083
2021	86'834	96'307	- 9'473

Fonte: [82]

Il numero di giovani che entrano nel mercato del lavoro è diminuito di 10'000 unità in 10 anni, mentre il numero di persone che vanno in pensione è aumentato di 7'500 unità. Come si può vedere nella colonna di destra, le persone che lasciano il mercato del lavoro sono più numerose di quelle che vi entrano. Naturalmente, queste cifre non raccontano l'intera storia, poiché l'immigrazione contribuisce a colmare una

parte del deficit demografico e la partecipazione delle donne al mercato del lavoro sta lentamente aumentando [83]. Tuttavia, è chiaro che la carenza di personale non scomparirà tanto presto, soprattutto perché riguarda tutta l'Europa.

Per cercare di stimare il numero di persone aggiuntive necessarie per realizzare la transizione energetica, dobbiamo innanzitutto esaminare le dimensioni attuali dei settori interessati. Il settore manifatturiero non è incluso (ad esempio, la produzione di pompe di calore), ma al contrario, alcuni dei lavori ingegneristici e specialistici indicati nella tabella si riferiscono in realtà ad attività diverse da quelle energetiche e climatiche.

Figura 41. Numero attuale di persone che lavorano nei settori di investimento del Fondo per il clima.

	Totale equivalenti a tempo pieno (in migliaia)	Quota di donne
Produzione e distribuzione di energia	27,9	16%
Costruzione di edifici e ingegneria civile	111,7	7%
Lavori di costruzione specializzati	232,8	9%
Attività di architettura e ingegneria	121,7	27%
Totale dei rami di cui sopra	494,1	
Totale equivalenti a tempo pieno nell'economia nel suo complesso (esclusa l'agricoltura)	4'183,8	12%

Fonte: [84]

Nel capitolo precedente abbiamo visto che gli investimenti aggiuntivi per la decarbonizzazione rappresenterebbero 17 miliardi all'anno. Questo rappresenta circa un quarto dei 56 miliardi di attività edilizia annuale.

Applicando le proporzioni, ciò significherebbe aumentare la forza lavoro nel settore delle costruzioni di circa un quarto, ovvero 125.000 lavoratori a tempo pieno per raggiungere la

decarbonizzazione. In altre parole, dovrebbe essere coinvolto il 3% della popolazione attiva.

Questo dato va considerato con cautela:

- Dato che il patrimonio edilizio è in gran parte edificato, il naturale spostamento dell'attività verso la ristrutturazione e la conversione potrebbe continuare, relativizzando la carenza di manodopera.
- Una flessione economica generale potrebbe rendere disponibili forze per implementare la decarbonizzazione.
- Al contrario, il calo demografico e il disinteresse dei giovani per l'edilizia potrebbero aggravare la carenza di personale se il settore non diventa più attraente. Con altri Paesi nella stessa situazione, il reclutamento dall'estero rimarrà difficile.
- Gli uomini saranno sempre più propensi a richiedere lavori a tempo parziale.
- In questo contesto tecnico, i requisiti di qualificazione sono elevati e il reclutamento di manodopera non qualificata è poco rilevante.

Ma il settore ha alcune carte vincenti da giocare. I lavori di transizione energetica sono portatori di valori, il che è più importante che mai per i giovani. Le aziende del settore sono innovative e le prospettive sono strutturalmente eccellenti. Molte aziende saranno in grado di svilupparsi e innovare, non solo nel settore dell'installazione delle PMI, ma anche nell'industria di produzione dei componenti. Ci sono ampi margini di miglioramento in termini di produttività e automazione, e dobbiamo sfruttarli al meglio.

Per quanto riguarda il fabbisogno di personale, non esistono soluzioni miracolose. Oltre a migliorare la formazione iniziale (apprendistato, borse di studio) e le condizioni di lavoro, è necessario esplorare nuove strade. Pensiamo innanzitutto al reclutamento delle donne, la cui sottorappresentazione nelle professioni del settore è deplorabile. Più ancora delle condizioni di lavoro, sono i pregiudizi delle donne che devono

essere superati. Ciò meriterebbe un programma di impulso specifico, oltre agli sforzi generali per promuovere la conciliazione tra vita familiare e professionale⁸.

Esiste anche il potenziale per riqualificare le persone che attualmente lavorano in occupazioni che saranno meno richieste, come i meccanici automobilistici o gli impiegati commerciali. All'interno dello stesso settore energetico, l'aggiornamento delle competenze dovrebbe aiutare le aziende e il loro personale a evolversi: ad esempio, sostenendo la riqualificazione degli ingegneri del riscaldamento a combustibili fossili per farli diventare specialisti in pompe di calore o teleriscaldamento. Infine, sviluppare e rafforzare le competenze di chi non ha una formazione professionale è un approccio molto importante, e forse anche il migliore, perché evita la concorrenza con altri settori.

Il Fondo per il clima potrebbe quindi essere utilizzato per finanziare la riqualificazione in diversi modi:

- Un corso di poche settimane sull'assemblaggio solare.
- Riqualificazione tecnica nel campo delle energie rinnovabili o dell'isolamento per le persone che lavorano nel settore dell'edilizia (termotecnici, imbianchini, progettisti ecc.).
- Un nuovo apprendistato accelerato per chi ha già un AFC.
- Un nuovo master per chi ha già un'istruzione terziaria e desidera lavorare nel campo della decarbonizzazione.

L'iniziativa del Fondo per il clima consente di finanziare non solo l'istituzione di questi corsi, ma anche un reddito sostitutivo per le persone durante i giorni in cui li frequentano. Un flusso di 5'000 persone in più all'anno potrebbe essere un ordine di grandezza fattibile per avvicinarci gradualmente a un totale di 125'000 persone in più. Questo numero non deve essere raggiunto solo con la formazione, perché una parte delle persone che attualmente lavora nell'edilizia passerà comunque

8. Vedere l'iniziativa SP per gli asili nido e le scuole materne:
<https://www.sp-ps.ch/en/oui-a-linitiative-sur-les-creches/>

alla ristrutturazione. In una Svizzera largamente edificata, è il settore delle ristrutturazioni quello più vivace

Poiché molti corsi di formazione saranno brevi, un budget di 100'000 franchi per persona permetterà di finanziare anche corsi più lunghi. Pensiamo in particolare agli adulti che intraprendono un nuovo apprendistato, per i quali è necessario finanziare un salario molto più alto di quello di un apprendista. Va notato che la cifra di 5'000 persone formate ogni anno potrebbe essere più alta all'inizio, per aumentare gli effettivi.

Riassunto del capitolo

- Con l'invecchiamento della popolazione, non sarà facile mobilitare i cervelli e la manodopera necessari per la transizione.
- Occorre fare un grande sforzo per la formazione, compreso il finanziamento di un reddito sostitutivo per il tempo dedicato.
- Dobbiamo anche puntare a migliorare le condizioni di lavoro e la compatibilità tra vita familiare e professionale.
- La posizione delle donne nelle professioni tecniche deve essere rafforzata.
- In definitiva, circa il 3% della popolazione attiva dovrebbe entrare nel settore della transizione energetica e climatica.

Parte IX

È tempo di agire

Data la portata dei cambiamenti necessari per raggiungere la neutralità climatica e la sicurezza delle forniture energetiche, esistono due approcci possibili:

Da un lato, lo spavento, perché il percorso rimane difficile, il lavoro enorme e la portata del successo incerta, soprattutto perché non sappiamo esattamente in che misura e quanto velocemente il resto del mondo si impegnerà davvero nella trasformazione.

Dall'altro lato, il sollievo, perché esiste un percorso pratico e razionale per un Paese come la Svizzera e perché, nonostante tutto, molte altre regioni del mondo, dalla Cina all'Europa all'America, stanno procedendo secondo gli stessi concetti incentrati sugli investimenti.

Mettendoci dalla parte dell'ottimismo della volontà, siamo piuttosto tra gli attori sollevati: c'è una strada percorribile. Ma per imboccarla, dovremo relativizzare alcuni dogmi.

La prima idea da relativizzare è quella del potere del mercato di fare del bene. Il mercato è estremamente forte, ma non sta dando i risultati sperati in termini di clima, energia e giustizia. Per 20 anni, la Svizzera ha cercato di correggere i prezzi relativi nella speranza di allontanarci dai combustibili fossili. In teoria, questo sistema è molto efficace nell'innescare i giusti investimenti e i giusti comportamenti una volta che sia stata attuata una sufficiente correzione dei prezzi. Ma è proprio questo il problema: gli interessi acquisiti si oppongono a una correzione dei prezzi sufficiente. La loro opposizione è facilitata dallo spiacevole impatto dell'aumento dei prezzi dell'energia su ampie fasce della popolazione. Nelle loro menti, il breve termine ha spesso la precedenza sul lungo termine. Infine, le disfunzioni strutturali del mercato dell'elettricità sono tali da rendere impossibile finanziare la diffusione di energia pulita aumentando il prezzo dell'energia sporca. Questo settore necessita di una riforma profonda.

La seconda idea da relativizzare è quella dell'azione a livello individuale. La crisi energetica è fondamentalmente

una crisi sistemica. Non importa quanti individui motivati ci siano, non possono migliorare sufficientemente il sistema energetico da soli, perché mancano le leve essenziali. Un'eccessiva attenzione alla sfera individuale potrebbe portare a trascurare l'azione collettiva. E nella nostra società altamente frammentata e in fermento, c'è il rischio di perdere di vista l'interesse generale.

Le decisioni politiche sono essenziali per influenzare i comportamenti nella giusta direzione, in particolare le scelte di investimento dei vari attori pubblici e privati. In definitiva, in una democrazia, la principale responsabilità politica dei cittadini è quella di sostenere le decisioni che servono l'interesse generale.

Questa osservazione non deve scoraggiare gli adattamenti al comportamento individuale, come la riduzione dei viaggi in aereo. Ma l'individualizzazione della nostra visione del mondo produce anche un effetto collaterale tossico, la sindrome NIMBY («*not in my back yard*», cioè «*no nel mio cortile*»). Questo porta alcune persone ad opporsi a tutti i progetti di energia rinnovabile nelle loro vicinanze. Di conseguenza, le procedure di autorizzazione dovranno essere radicalmente riviste, abbreviate e concentrate sull'essenziale.

La terza idea sbagliata sarebbe quella di imporre la decrescita radicale alla società nel suo complesso, denigrando il cambiamento tecnologico. Conoscendo la natura umana, che cerca il benessere e la comodità, dubitiamo che la rinuncia su larga scala sia praticabile e possa essere imposta. La decrescita radicale è particolarmente inaccettabile per coloro la cui situazione socio-economica è relativamente o estremamente precaria. Siamo chiari. La transizione energetica può avere successo solo nella misura in cui è un progetto che gli esseri umani considereranno, almeno nella loro maggioranza, favorevole. È quindi meno difficile ottenere un risultato accettabile per la popolazione nel suo complesso se si sfruttano le possibilità tecnologiche, oggi numerose e ancora largamente sottoutilizzate. Tuttavia, una parola di cautela s'impone:

sappiamo che le tecnologie non risolveranno tutto, ad esempio nei settori dell'aviazione o dell'alimentazione. In particolare, approcci megalomani come l'uso diffuso di carburanti per l'aviazione presumibilmente sostenibili, la tentazione di emissioni negative su larga scala o l'attenzione alla tecnologia nucleare si scontreranno con limiti pratici, ecologici e di sicurezza.

Il nostro approccio incentrato sugli investimenti consente di evitare queste insidie e di procedere verso la neutralità climatica e un approvvigionamento energetico sicuro e sostenibile. L'iniziativa popolare per un Fondo per il clima propone la seguente strategia per raggiungere questo obiettivo:

– Abbassare il costo dell'efficienza e delle energie rinnovabili

L'iniziativa si concentra sul mercato, ma in modo molto più efficace rispetto alla debole politica di modifica dei prezzi relativi attraverso tasse incentivanti. Fornendo un sostegno finanziario agli investimenti nell'efficienza e nelle energie rinnovabili, abbassando così il loro costo, stiamo gradualmente eliminando i combustibili fossili dal mercato. Questo processo è già in atto, ma lo stiamo intensificando in modo massiccio.

– Azione credibile grazie alla prova dei fatti

Invece di limitarsi a un'eterna posizione di preminenza, lo Stato agisce e sostiene. Stimolando la rapida modernizzazione delle infrastrutture e delle strutture pubbliche e private, facilita e amplifica il movimento. Da un punto di vista micro-economico, molti progetti stanno passando dal deficit alla redditività. Oltre all'effetto diretto, il rapido sfruttamento del potenziale tecnico rende credibile la trasformazione. Pone le basi per l'accettazione di cambiamenti di comportamento in aree in cui questi sono inevitabili.

– Dare ai cittadini l'opportunità di agire

Muovendo le infrastrutture e i servizi pubblici nella giusta direzione, il Fondo per il clima dà un senso alle azioni dei singoli: essi possono agire all'interno della loro sfera di influenza

con la certezza che anche il sistema si sta muovendo. Inoltre, fornisce la base per un impegno volontario, ad esempio introducendo alternative ferroviarie all'aviazione o istituendo un programma di riciclaggio della plastica.

– Premiare l'azione piuttosto che incoraggiare un atteggiamento attendista

Sostenendo l'investimento dei vari attori, il Fondo trasmette il seguente messaggio: *«Il tuo investimento è utile e la comunità, cioè tutte e tutti, ti sostiene e questo facilita il tuo progetto»*. Questo è un potente antidoto al naturale atteggiamento di attesa, che consiste sempre nello sperare che gli altri agiscano in modo da non doverlo fare io.

– Imporre una distribuzione equa dello sforzo

Condividendo parte del costo degli investimenti, il Fondo per il clima incoraggia una distribuzione più equa dello sforzo complessivo. Infatti, se il finanziamento dell'investimento fosse esclusivamente proporzionale all'energia, direttamente o indirettamente, l'impatto sociale sarebbe molto ingiusto, dato che le famiglie a basso reddito devono comunque dedicare una quota maggiore del loro budget a queste spese. La parziale condivisione dello sforzo grazie al Fondo rende la transizione più facile da accettare. Nei casi in cui le famiglie a basso reddito possono investire direttamente, questo è un grande aiuto. Un esempio è rappresentato dai pensionati che possiedono una casa di proprietà.

Il nostro approccio, che fin dall'inizio si preoccupa di distribuire equamente lo sforzo, è il metodo migliore per raggiungere il successo: garantisce sia l'accettabilità che l'efficacia. Su una nave che affronta una tempesta, solo lo sforzo equamente distribuito di un'azione collettiva chiaramente orientata può salvare gli individui. L'iniziativa del Fondo per il clima offre una risposta realistica all'altezza della sfida, come abbiamo cercato di dimostrare in questo libro.

Rimane un'ultima domanda: perché scegliere un'iniziativa costituzionale come strumento? Innanzitutto, l'istituzione del Fondo per il clima, così come lo concepiamo, richiederà una

modifica costituzionale. Perciò è giusto che il dibattito si svolga a questo livello. In secondo luogo, il tema è fondamentale, come speriamo di aver dimostrato in queste pagine. Merita di essere lanciato con il sostegno di 100'000 cittadini. Noi siamo l'antitesi delle iniziative estemporanee di marketing lanciate su argomenti esoterici o stupidamente polarizzanti. Infine, all'interno del Parlamento e del Governo non esiste ancora una maggioranza per un progetto del genere. Se non lanciamo l'iniziativa, il dibattito non decollerà e il progetto non andrà avanti. Grazie al nostro approccio, chi si oppone dovrà presentare le proprie proposte o smascherarsi dimostrando di non averne.

L'iniziativa ha il merito di focalizzare il dibattito sulla questione centrale: come possiamo raggiungere la neutralità climatica nel 2050 garantendo al contempo un approvvigionamento energetico sicuro ed equo? Essa merita di essere sostenuta.

Parte X

Appendici

Appendice 1

La sfida dello stoccaggio stagionale e del syngas

La migliore tecnologia per l'accumulo di energia a lungo termine consiste nell'accumulare l'acqua in quota e poi turbinarla. Se l'acqua fluisce naturalmente nella diga, non c'è praticamente nessuna perdita rispetto alla turbinazione immediata. Si tratta di un accumulo efficiente al 100%. Se l'acqua deve essere pompata nella diga utilizzando l'elettricità, il 75-80% dell'elettricità viene restituita durante la successiva turbinazione. L'efficienza è quindi del 75-80%. La Svizzera ha sfruttato questo potenziale nelle Alpi, con una capacità di stoccaggio di 9 TWh, che potrebbe essere aumentata a 11 TWh con i progetti della Tavola rotonda. Purtroppo questo potenziale non è sufficiente, il che significa che si dovrà ricorrere a supporti chimici, molto meno efficienti.

Produzione di idrogeno

Lo stoccaggio chimico a lungo termine si basa generalmente sulla produzione di idrogeno, una tecnologia ben nota e industrializzata. Quando è disponibile l'elettricità, è possibile dividere in due le molecole d'acqua (H_2O). L'atomo di ossigeno viene generalmente rilasciato nell'atmosfera, mentre i due atomi di idrogeno vengono catturati per essere utilizzati. In genere, un elettrolizzatore commerciale può separare la molecola d'acqua con un'efficienza compresa tra il 72% e il 77% [85, p. 14]: con 100 kWh di energia elettrica,

si ottengono circa 70 kWh di idrogeno (potere calorifico superiore), includendo anche alcune perdite di energia legate allo stoccaggio a breve termine e consentendo un margine di sicurezza. L'idrogeno può essere bruciato per produrre calore ad alta temperatura, liberando acqua. Può anche essere utilizzato per processi chimici, come la metallurgia o la produzione di fertilizzanti (un uso più raro in Svizzera, ma significativo a livello mondiale). Purtroppo, la maggior parte dell'idrogeno mondiale è attualmente ottenuto da combustibili fossili, con conseguente emissione di CO₂. Un'eccellente panoramica della rilevanza e dei limiti dell'idrogeno nella decarbonizzazione è fornita da Carbon4 [86].

Trasformazione in elettricità

Se, partendo sempre da 100 kWh di elettricità, l'idrogeno viene compresso e immagazzinato per un periodo più lungo, il risultato è di circa 53 kWh, misurati prima dell'iniezione nella cella a combustibile che riconvertirà l'idrogeno in elettricità (l'attenzione è qui rivolta al potere calorifico inferiore). La compressione ad alta pressione e la decantazione assorbono energia. La riconversione dell'energia dell'idrogeno in elettricità comporta un'ulteriore perdita di calore di circa il 40%, per cui alla fine si hanno 32 kWh. Questo dà un'efficienza del 32% per la catena «dall'elettricità all'H₂ all'elettricità». [85, p. 38]. Va notato che sono ancora possibili sostanziali guadagni di efficienza.

Stoccaggio ad alta pressione dell'idrogeno gassoso

L'idrogeno occupa un volume enorme: a pressione e temperatura ambiente, è possibile immagazzinare solo 3,5 kWh per metro cubo. In confronto, un metro cubo di benzina contiene 10'000 kWh. Per immagazzinare grandi quantità di idrogeno, è necessario comprimerlo su vasta scala. Queste tecnologie sono state sviluppate, ma non sono semplici, dato che la molecola di

idrogeno è corrosiva e minuscola, il che le permette di fuoriuscire attraverso le più piccole fessure. I serbatoi devono essere particolarmente resistenti.

A 700 bar, una pressione estremamente elevata che richiede serbatoi molto solidi, l'idrogeno contiene 1'250 kWh per m³, 8 volte meno della benzina a pressione e temperatura ambiente. Tuttavia, anche la compressione consuma energia: comprimere 70 kWh di idrogeno a 700 bar richiede 10 kWh di energia elettrica. È quindi necessario consumare 110 kWh di elettricità per produrre 70 kWh di idrogeno altamente compresso (i 100 iniziali + 10 kWh di elettricità). Poiché la compressione avviene in estate, in un periodo in cui c'è un'eccedenza di elettricità, questo sovraconsumo non è necessariamente un problema. L'efficienza dell'elettricità da idrogeno altamente compresso è $70/110 = 64\%$.

L'idrogeno, poco adatto alla mobilità stradale

Per quanto riguarda l'elettrificazione della mobilità, l'uso dell'idrogeno è una pessima idea, perché richiede molta più elettricità rispetto alle batterie. Comprese le elevatissime perdite di compressione e di trasferimento, per produrre idrogeno occorrono più di 3 kWh di elettricità per mettere a disposizione del motore 1 kWh di elettricità. In confronto, per caricare una batteria occorrono solo 1,1 kWh per mettere a disposizione del motore 1 kWh di elettricità. I rapidi progressi delle batterie stanno rapidamente erodendo i due presunti vantaggi dell'idrogeno nella mobilità, ovvero la velocità di ricarica e l'autonomia.

Tuttavia, ci sono due casi in cui l'idrogeno potrebbe svolgere un ruolo importante nella mobilità stradale:

In primo luogo, se l'idrogeno viene prodotto con eccedenze che altrimenti non sarebbe possibile utilizzare. Ad esempio, con i picchi di produzione di un impianto solare la cui produzione spesso supera la capacità della rete.

In secondo luogo, se l'idrogeno viene prodotto utilizzando le eccedenze di elettricità durante i mesi estivi e poi immagazzinato per l'inverno, potrebbe essere utilizzato per alimentare i camion. In questo caso, la mancanza di efficienza è compensata dal vantaggio decisivo di non dover ricorrere alla rete elettrica per caricare le batterie di questi camion durante l'inverno, quando l'elettricità è scarsa e costosa. Ma anche questo vantaggio è discutibile: sembra più razionale riconvertire l'idrogeno in elettricità in impianti fissi che funzionano 24 ore su 24 e le cui perdite di calore possono essere recuperate per alimentare il tele-riscaldamento. Inoltre, equipaggiare un camion per l'H₂ è particolarmente complicato per un impianto che funziona solo per circa 4 ore al giorno e il cui calore viene perso.

Stoccaggio di grandi quantità di idrogeno gassoso

Per stoccare 1 TWh di idrogeno a 700 bar, sarebbero necessari 800'000 m³. Si tratta di 6'000 serbatoi delle dimensioni di quello mostrato nella foto qui sotto (progetto Iberdola). E anche in questo caso, questo serbatoio, progettato per essere posizionato verticalmente e con un'altezza di 23 m, è stato progettato solo per 60 bar. Per 700 bar, dovrebbe essere molto più «robusto».

Figura 42. Trasporto di un serbatoio di idrogeno a 60 bar



Fonte: [87] (estratto da un video pubblicitario)

Se volessimo immagazzinare tutti i 12 TWh sotto forma di idrogeno altamente compresso, avremmo bisogno di 72'000 di questi serbatoi in versione rinforzata. Con 100 m² di superficie per serbatoio, sarebbero necessari 7,2 km². Si tratta di una cifra considerevole, ma non impossibile. Il problema principale sarebbe l'accettazione, poiché questi serbatoi sarebbero vicini ai luoghi di produzione e utilizzo.

Va notato che è anche possibile modificare gradualmente l'infrastruttura del gas naturale per renderla in grado di trasportare idrogeno (per saperne di più: [88]).

La trasformazione dell'idrogeno in metano

Esistono diverse strategie possibili per aggirare il problema del volume. La prima consiste nel ricombinare l'idrogeno con il CO₂ per ottenere metano. A tal fine è necessario il CO₂ e circa il 20% dell'energia dell'idrogeno viene persa quando viene convertito in metano [58, p. 16]. In altre parole, se si parte da 100 kWh di elettricità e si ottengono 70 kWh di idrogeno, se ne perde un altro quinto, lasciando solo 56 kWh di metano.

La disponibilità del metano è ovviamente molto pratica, poiché è la stessa molecola del gas naturale fossile. Quindi tutte le infrastrutture e le attrezzature esistenti possono essere utilizzate senza modifiche, passando gradualmente dal metano fossile al metano rinnovabile.

D'altra parte, la difficoltà fondamentale del metano come mezzo di stoccaggio risiede nella necessità di avere a disposizione grandi quantità di CO₂. La soluzione più semplice è quella di catturare il CO₂ da fonti relativamente concentrate. Temporaneamente, ciò potrebbe riguardare i camini dei grandi impianti che bruciano combustibili fossili, ma questi sono destinati a scomparire. A lungo termine, le uniche fonti rimaste potrebbero essere le ciminiere degli impianti di incenerimento, i cementifici o gli impianti che bruciano biomassa. Tuttavia, il CO₂ catturato in queste installazioni potrebbe essere riservato

alle emissioni negative, cioè alla cattura e al sequestro permanente del CO₂.

Naturalmente, il CO₂ potrebbe essere recuperato all'uscita degli impianti che bruciano il metano sintetico, in un circuito chiuso. Poiché questa combustione avverrà in inverno, mentre il syngas viene prodotto in estate, il CO₂ dovrebbe essere stoccato, il che complica le cose.

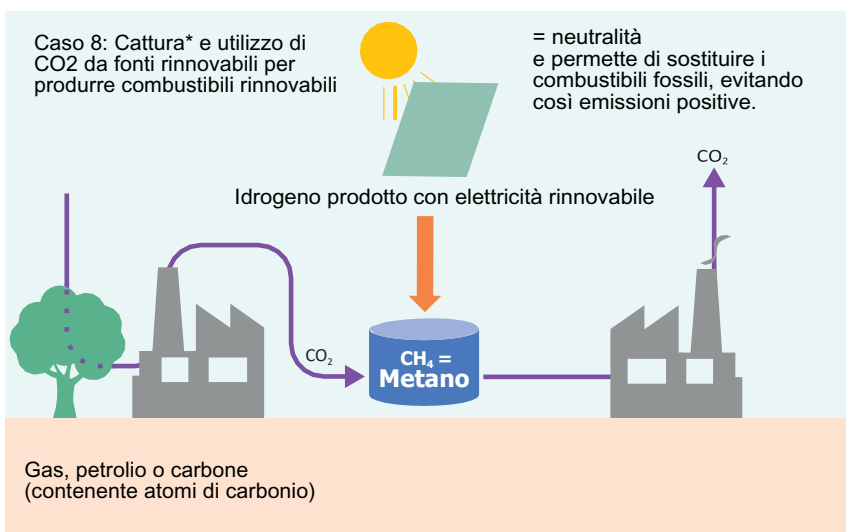
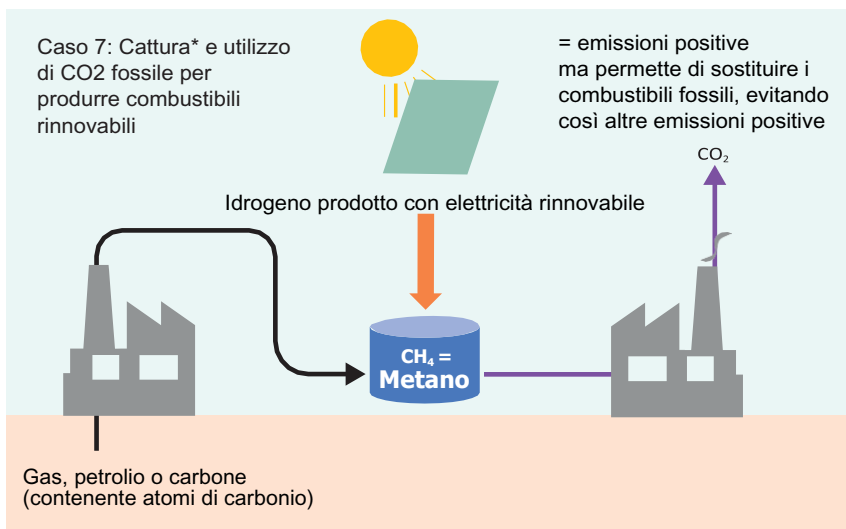
Per tutti questi motivi, attualmente si stanno sviluppando tecnologie per catturare il CO₂ dall'aria ambiente. Nonostante il recente aumento della concentrazione di CO₂, questa rimane bassa e questo processo consuma una discreta quantità di energia. Per ottenere i 54 kWh di metano, la cattura del CO₂ richiede circa 6 TWh di elettricità e circa 20 TWh di calore (valore futuro approssimativo tratto dagli intervalli in [89, p. 2068]).

Se si utilizza l'elettricità per produrre calore, il consumo è di 100 kWh per l'elettrolisi, 6 kWh per l'elettricità e 20 kWh per il calore, cioè 126 kWh per ottenere 54 kWh. L'efficienza dell'elettricità rispetto al metano è quindi solo $54/126 = 43\%$. Se c'è elettricità di troppo disponibile in piena estate, questa inefficienza relativa non è drammatica.

Se si utilizza il calore solare, l'efficienza misurata per l'elettricità è migliore: $54 \text{ kWh di metano} / 106 \text{ kWh di elettricità} = 51\%$. Si potrebbero immaginare campi solari termici dedicati. In inverno, quando non si produce metano, la loro produzione potrebbe essere utilizzata per alimentare i sistemi di teleriscaldamento.

Va notato che sono possibili grandi progressi in questo settore della cattura del CO₂. Un'ultima precisazione: se bruciamo metano sintetico ottenuto da CO₂ proveniente dall'atmosfera, la neutralità climatica è garantita. Se il CO₂ proviene da una fonte fossile, la cattura temporanea non neutralizza in modo permanente il CO₂ fossile originale, che viene riemesso quando il syngas viene bruciato, come mostrato nella figura a fianco.

Figura 43. Utilizzo del CO₂ nel ciclo del syngas



■ Atmosfera
■ Suolo

*Attenzione: la cattura e lo stoccaggio richiedono una discreta quantità di elettricità e calore.

Lo stoccaggio del metano

Il metano è molto più facile da immagazzinare che l'idrogeno. È possibile, senza alcun problema, costruire immensi

serbatoi a 300 bar, che possono contenere 2'500 kWh per m³. Il progetto del serbatoio di metano di Oberwald, nell'Alto Vallese, è molto interessante [90]. Consiste in quattro caverne cilindriche di 40 m di diametro e 90 m di altezza. Ognuna conterrà 0,3 TWh. Anche il progetto di Oberwald consentirebbe di immagazzinare idrogeno, ma in quantità molto minori. Con 40 caverne di questo tipo riempite di metano, avremmo i 12 TWh necessari per superare l'inverno. Il volume da scavare è notevole, ma non abbastanza da spaventare la nostra passione nazionale per i tunnel: è di poco inferiore a quello delle due canne del tunnel di base del Gottardo. La sfida è comunque minore, perché possiamo scegliere luoghi con roccia adatta e non dobbiamo scavare in profondità sotto la montagna. Va ricordato che la Svizzera possiede 3 TWh di giacimenti di metano in Francia, regolati da un accordo interstatale che ne garantisce l'accesso in qualsiasi momento.

Legame idrogeno temporaneo con una molecola organica (LOHC)

Per ovviare al problema della bassa densità di idrogeno e della cattura del CO₂, una possibilità è quella di utilizzare «vettori di idrogeno organico liquido», abbreviato in LOHC. Durante l'estate, l'idrogeno si lega alle molecole del LOHC. Questo genera un po' di calore. Il LOHC carico di idrogeno viene immagazzinato in un serbatoio. In inverno, quando l'idrogeno è necessario, il LOHC viene riscaldato e l'idrogeno viene rilasciato. Esistono diversi tipi di LOHC, alcuni dei quali sono comuni, come il metanolo.

Questa tecnica ha l'immenso vantaggio di conservare l'idrogeno in forma liquida a pressione e temperatura ambiente. I serbatoi utilizzati per lo stoccaggio dei prodotti petroliferi possono essere utilizzati a questo scopo. I LOHC possono immagazzinare fino a 2 kWh di idrogeno per litro, ovvero 1/5 della densità energetica della benzina, in modo semplice e pratico.

Lo svantaggio è la necessità di calore in inverno per rilasciare l'idrogeno. Il LOHC deve essere riscaldato a 300°,

cosa che richiede 3 kWh di calore per 10 kWh di idrogeno rilasciato [91, p. 21]. Questo calore può essere ottenuto semplicemente bruciando un terzo dell'idrogeno. Se si parte da 100 kWh di elettricità e si ottengono 70 kWh di idrogeno gassoso, rimangono 47 kWh di idrogeno utilizzabile dopo il ciclo di stoccaggio e recupero nei LOHC.

Se l'idrogeno viene utilizzato in una cella a combustibile per generare nuovamente elettricità, il calore di scarto della cella a combustibile può essere utilizzato per preriscaldare la LOHC, riducendo la quantità di idrogeno necessaria per il riscaldamento e aumentandone la disponibilità. D'altra parte, questa energia non è più disponibile per altri usi, come il teleriscaldamento, utile in inverno.

Altre piste

Disponendo di CO₂ e di H₂, è anche possibile produrre combustibili sintetici liquidi, come il metanolo o addirittura il cherosene. Il vantaggio è la facilità di stoccaggio, ma lo svantaggio è che le perdite di conversione sono ancora maggiori rispetto al metano sintetico.

L'energia può essere immagazzinata anche sotto forma di biocarbonio ottenuto dalla pirolisi dei rifiuti di biomassa (che recupera anche una parte di idrogeno). Poiché si tratta di atomi di carbonio precedentemente catturati dall'aria dalle piante durante la loro crescita, la neutralità climatica è garantita.

Infine, l'idrogeno può essere legato anche a un atomo di azoto, l'elemento che costituisce il 78% dell'aria ambiente e che è quindi disponibile ovunque. Il risultato è l'ammoniaca (NH₃), un gas che viene prodotto in massa per ottenere fertilizzanti. L'ammoniaca può essere utilizzata come carburante per i motori o per ottenere nuovamente idrogeno. La sua manipolazione è pienamente padroneggiata per gli usi chimici, ma il suo utilizzo come fonte di energia è attualmente molto raro (cfr. [92] e [93]).

Mantenere aperte le opzioni e combinare le tecniche

In realtà, non è necessario determinare ora la migliore tecnica di stoccaggio. Anzi, è probabile che l'optimum sia una strategia mista.

Appendice 2

Modellare la strategia complessiva «Solare, syngas e industria» (SSI)

In questa appendice, spieghiamo come abbiamo calcolato la strategia complessiva «Solare, syngas e industria» (SSI) presentata nel Capitolo 1. La metodologia è la stessa del «Piano solare e climatico» del 2019, ma il contenuto è migliorato su due punti decisivi:

- Sostituzione completa dei combustibili fossili nell'industria.
- Rinuncia completa al gas fossile per la produzione di elettricità in pieno inverno.

Questa nuova versione, nota come «SSI», ci permette di essere completamente liberi dai combustibili fossili, ad eccezione dell'aviazione, che non è contemplata. I lettori interessati troveranno i dettagli delle ipotesi tecniche al punto 29.5.

1. Produzione e utilizzo di energia elettrica nell'ISS

In un sistema vasto e nonostante una moltitudine di condizioni da soddisfare, spesso esiste un gran numero di possibili soluzioni matematiche. Ad esempio, sarebbe stato possibile proporre una soluzione in cui la maggior parte dell'elettricità aggiuntiva sarebbe stata generata da 10'000 grandi turbine eoliche. Questo esempio, poco realistico in termini di accettabilità e fattibilità politica, evidenzia il fatto che la scelta di una soluzione è soprattutto politica. Ovviamente, dobbiamo anche assicurarci che la soluzione

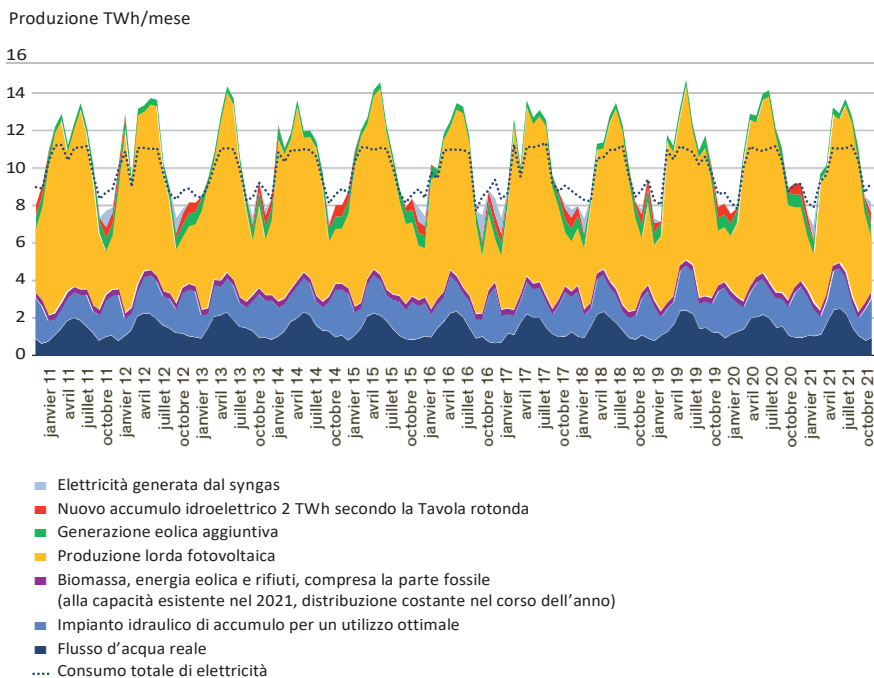
proposta soddisfi le condizioni del modello. In particolare, la soluzione deve coprire il fabbisogno mensile senza superare le capacità di stoccaggio previste, sia per l'elettricità che per il syngas.

Come spiegato nel Capitolo 17, la soluzione scelta è la seguente:

- 72 GW di capacità fotovoltaica (produzione lorda di 76 TWh/anno)
- 4 GW di energia eolica (produzione di 6 TWh/anno)
- Aumento della capacità di stoccaggio idroelettrico di 2 TWh, in conformità con l'accordo della «Tavola rotonda».

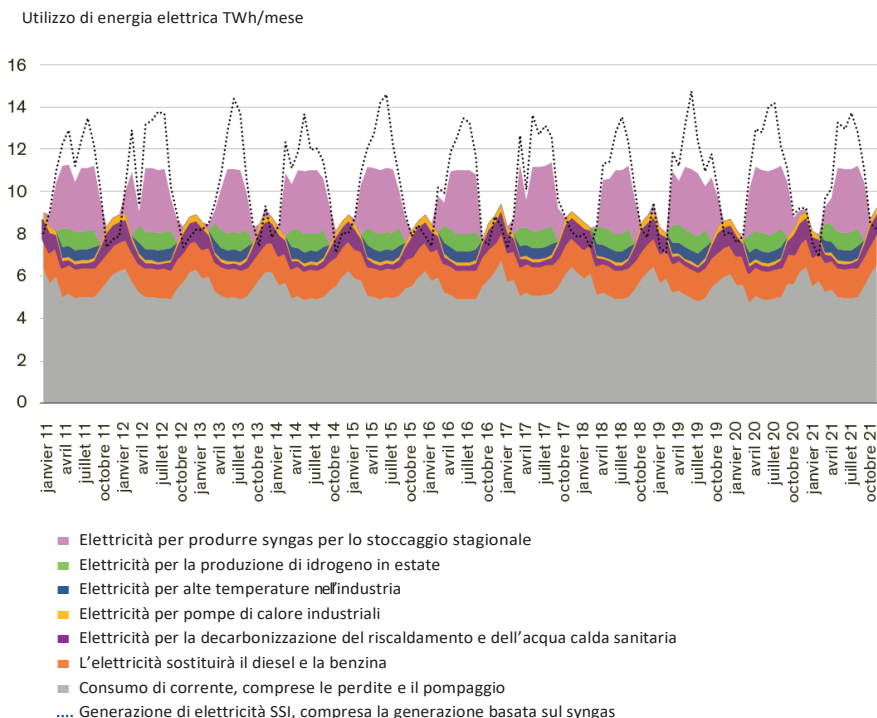
Il grafico seguente mostra la composizione della produzione mensile di energia elettrica, basata su dati reali (idroelettrico) o simulata sulla base del tempo reale (solare) per lo stesso periodo 2011-2021. Per l'energia eolica, adottiamo il modello schematico di una produzione mensile doppia in inverno rispetto all'estate.

Figura 44. Generazione di energia elettrica



La linea tratteggiata rappresenta la nuova curva di consumo per i 132 mesi. Il modesto deficit invernale, da importare, è chiaramente visibile come area bianca sotto la linea tratteggiata. La sua dimensione è la stessa di oggi. Inoltre, si può notare ancora una volta che la produzione solare estiva rimane leggermente superiore alla domanda, compreso ciò che viene assorbito dalla produzione di syngas.

Figura 45. **Uso dell'elettricità, compresa la produzione di syngas**



Il grafico qui sopra mostra come sarebbe stata utilizzata l'elettricità nei 132 mesi dello stesso periodo. Questa volta la produzione è rappresentata da una linea tratteggiata.

Il consumo attuale, indicato in grigio, costituisce la base del grafico ed è ricavato senza modifiche dai valori storici. Il suo profilo stagionale è chiaramente visibile: il consumo è maggiore in inverno e minore in estate. Questa differenza tra estate e inverno si spiega principalmente con il consumo del riscaldamento elettrico e delle pompe di calore.

L'aggiunta dei consumi derivanti dalla decarbonizzazione del trasporto terrestre non altera il bilancio stagionale. È indicato in arancione: 17 TWh distribuiti uniformemente nel corso dell'anno, in sostituzione di gasolio e benzina.

Se si aggiunge il consumo delle pompe di calore per la decarbonizzazione degli edifici, ovvero i 6 TWh per il riscaldamento e l'acqua calda indicati in viola, si rafforza ulteriormente lo squilibrio stagionale. Lo stesso vale per l'elettricità utilizzata nell'industria per produrre calore a «bassa temperatura», cioè fino a 100°C, e per riscaldare i capannoni.

D'altra parte, il consumo estivo per produrre direttamente calore ad alta temperatura (in blu), il consumo per produrre syngas da utilizzare durante l'estate (in verde) e il consumo per produrre syngas per l'accumulo stagionale in estate (in rosa) sono così elevati da invertire il profilo stagionale: ora viene utilizzata più elettricità in estate che in inverno!

Come previsto dall'ipotesi, nei 3 mesi centrali dell'inverno c'è un deficit di al massimo 1 TWh al mese, che è lecito importare, come facciamo oggi: rappresenta circa il 12% della nuova domanda invernale, ed è realistico importarlo da fonti rinnovabili. Nel grafico, questi sono i momenti in cui la linea tratteggiata è inferiore al consumo totale.

Nel complesso, possiamo notare che l'aumento della domanda corrisponde abbastanza bene al picco di produzione.

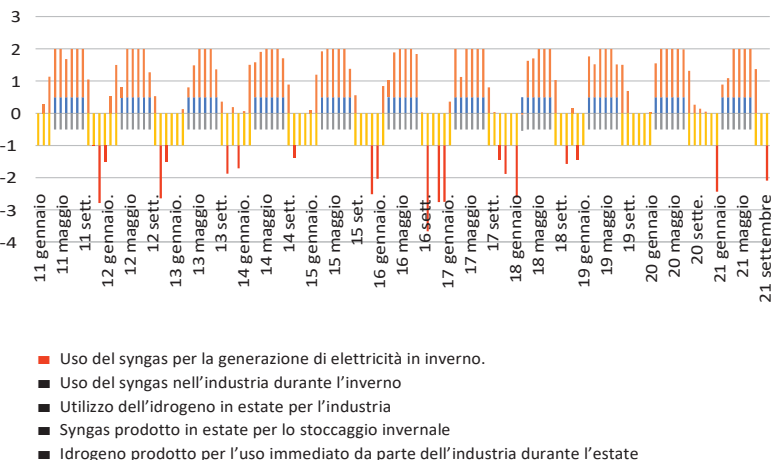
2. Fabbisogno di elettricità e di syngas

Per essere praticabile, SSI richiede che il syngas sia prodotto e stoccato prima di ogni inverno. Come si può vedere dal grafico, la produzione è relativamente stabile, così come il consumo invernale ed estivo per l'industria. D'altra parte, l'uso del syngas per produrre elettricità in inverno è altamente irregolare, a causa delle bizzarrie del tempo. Ad esempio, durante l'inverno 2019/2020, non sarebbe stato consumato alcun syngas,

mentre nell'inverno 2016/2017 sono stati consumati più di 6 TWh. In molti casi, l'elettricità in eccesso è sufficiente per produrre syngas già a marzo e di nuovo a ottobre.

Figura 46. Il ciclo annuale del syngas

Produzione mensile di syngas (+) e consumo (-) in TWh/mese

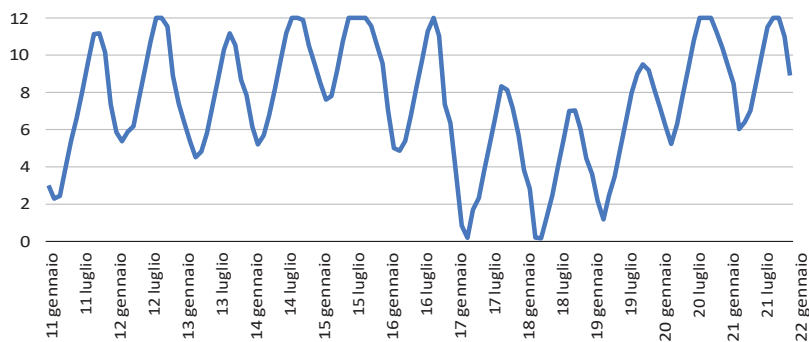


Il grafico seguente mostra l'evoluzione dello stock di syngas nel corso dei mesi. Si può notare che con uno stock di 12 TWh, saremmo riusciti a superare l'inverno più difficile coprendo completamente il fabbisogno dell'industria e della produzione di energia elettrica (il fabbisogno particolarmente elevato nell'inverno 2016/2017 è chiaramente visibile).

Figura 47. Evoluzione dello stock di syngas

Inventario di gas di sintesi (con

tetto), TWh 14



La tabella seguente riassume i principali risultati dell'ISS, confrontandoli con la situazione attuale e con il Piano solare e climatico 2019. Grazie all'ISS, stiamo effettivamente riuscendo a decarbonizzare non solo la mobilità terrestre e gli edifici, ma anche l'elettricità e l'industria. L'unico utilizzo diretto di combustibili fossili è l'aviazione. Indirettamente, possiamo anche tenere conto del contenuto fossile dei rifiuti.

Figura 48. Tabella riassuntiva in valori annuali

TWh/anno (arrotondato a 1 TWh, quindi i totali non si sommano perfettamente)	Situazione nel 2021	«Piano solare e climatico» 2019 Media su 6 anni	Strategia generale «Solare, syngas e industria» (SSI) Media su 11 anni
Combustibili fossili (tranne il cherosene)			
Consumo di petrolio e gas per il riscaldamento di edifici, abitazioni e servizi	49	0	0
Consumo di diesel e benzina	55	0	0
Consumo di combustibili fossili industriali (petrolio, gas, carbone e vecchi pneumatici)	17	17	0
Fabbisogno di gas fossile per la generazione di elettricità	0	18	0
Consumo totale di combustibili fossili (tutti tranne il cherosene)	121	35	0
Generazione di energia elettrica			
Nucleare	19 (anno di bassa produzione)	0	0
Fotovoltaico (prima del <i>Peak Shaving</i>)	3	49	76
Energia idroelettrica	40 (un anno molto produttivo)	38	39
Energia eolica, biomassa, rifiuti domestici (fossili e rinnovabili)	3	4	10 (grazie all'eolica addizionale)

TWh/anno (arrotondato a 1 TWh, quindi i totali non si sommano perfettamente)	Situazione nel 2021	«Piano solare e climatico» 2019 Media su 6 anni	Strategia complessiva «Solare, syngas e industria» (SSI) Media su 11 anni
Produzione di energia elettrica da combustibili fossili		9	
Produzione di energia elettrica da syngas		2	1 (varia da 0 a 3)
Sub-totale produzione lorda di energia elettrica	64	102	126
- perdite di stoccaggio intermedio, <i>peak-shaving</i> o esportazione	0	-5 <i>peak shaving</i> e -5 export	10
+ Importazioni	+ 2	+ 4	+ 3
Totale disponibile per il consumo	66	96	119
Consumo di elettricità			
Consumo lordo di elettricità, compreso il pompaggio, ma esclusa la produzione di syngas	67	88	94
Consumo di elettricità per la produzione di syngas	-	6	24
Consumo totale lordo di elettricità	67	94	118
Syngas			
Syngas per l'industria in estate	-	-	3
Syngas per l'industria in inverno	-	-	6
Syngas per l'elettricità in inverno	-	3	2 (varia da 0 a 6!)
Utilizzo totale di syngas	-	3	11
Dimensione dello stock di syngas richiesto	-	3	12
Utilizzo massimo mensile di elettricità da parte degli elettrolizzatori	-	1	4

3. Implementazione graduale

Sebbene il piano qui proposto sia estremamente interessante in termini di decarbonizzazione, la sua attuazione pratica rappresenta una sfida logistica colossale, soprattutto in termini di stoccaggio stagionale dell'energia.

Proponiamo un'implementazione lineare del fotovoltaico, dell'eolico, dell'innalzamento delle dighe, del miglioramento della mobilità, della ristrutturazione degli edifici e del passaggio dell'industria alle pompe di calore, per un'estensione fino a 100°.

Alla fine del 2022, la capacità fotovoltaica totale installata era di circa 4,5 GW, poco più del doppio rispetto al 2018. Per raggiungere i 72 GW installati nel 2050, secondo la SSI, il tasso di installazione dovrà essere triplicato, con quasi 3 GW installati ogni anno, rispetto al 2022, quando è stato installato circa 1 GW. Va notato che questi impianti di «generazione 2022» produrranno 1 TWh all'anno, ovvero l'1,6% del consumo svizzero.

È nostro interesse impiegare molto rapidamente la produzione fotovoltaica aggiuntiva per aumentare la produzione in autunno, inverno e primavera e consolidare l'approvvigionamento elettrico in modo semplice. Lo stesso vale per l'innalzamento delle dighe e per i 6 TWh di energia eolica. Il risultato è un accumulo graduale di surplus fotovoltaico per il peak-shaving in estate.

Naturalmente, la tempistica, ancora sconosciuta, dello spegnimento dei 4 reattori nucleari per motivi di età avrà un'influenza su questi parametri, e in particolare sui tempi e sull'entità delle eccedenze e sul fabbisogno di syngas per l'elettricità invernale. Tuttavia, è ipotizzabile che il processo sia graduale, con alcuni anni di distanza tra la disattivazione di ciascun reattore.

Non appena appariranno le prime eccedenze di energia estiva a basso costo, inizierà la trasformazione dell'industria e l'installazione del syngas. Le fasi sono quattro:

Fase 1: il modesto surplus di elettricità dell'estate viene trasformato in idrogeno, che viene iniettato direttamente nella rete del gas naturale (fino al 10% del volume, cioè il 3% dell'energia). Questa trasformazione avviene nei numerosi punti in cui la rete del gas incrocia la rete elettrica.

Allo stesso tempo, nell'industria si stanno installando i primi impianti a doppia energia: quando l'elettricità è abbondante, durante i mesi estivi, sostituiscono il metano fossile con l'elettricità. In questo modo si riducono le emissioni di CO₂.

Fase 2: con l'aumento delle eccedenze di elettricità durante l'estate, l'uso diretto dell'idrogeno diventa più diffuso nell'industria. Durante l'estate, alcuni impianti industriali ad alta temperatura passano dal metano fossile all'idrogeno. Ciò consente di ridurre in modo sostanziale l'impronta di combustibile fossile. Ciò richiede l'installazione di elettrolizzatori nelle aree industriali e di impianti di stoccaggio intermedio dell'idrogeno decentralizzati, in grado di bilanciare la produzione e l'utilizzo estivo nell'arco di alcuni giorni.

Fase 3: la produzione di idrogeno aumenta insieme alle eccedenze di elettricità. Inizia a superare il fabbisogno estivo di gas dell'industria, dando il via allo stoccaggio stagionale. Lo stoccaggio stagionale può ridurre il consumo di gas fossile nell'industria durante i mesi invernali e persino produrre il piccolo bilancio elettrico mancante. Esistono diversi modi per stoccare l'idrogeno (vedi Appendice 1). Tuttavia, non è assolutamente necessario avere 12 TWh di capacità di stoccaggio fin dall'inizio. La metà di questa capacità ci permetterebbe già di ridurre quasi completamente l'uso di combustibili fossili durante la maggior parte degli inverni.

Fase 4: sviluppo completo dello stoccaggio del syngas.

4. Varianti

Esistono, ovviamente, molti modi per adeguare la SSI. Eccone solo alcuni:

- Utilizzare più legno, se necessario importato, come combustibile per i processi industriali ad alta temperatura.
- Stoccaggio di parte dell'energia in forma liquida, come etanolo o metanolo, con perdite di conversione aggiuntive, ma con la possibilità di utilizzare le infrastrutture di stoccaggio esistenti (vedi Appendice 1).
- Importare parte dell'elettricità e del syngas aggiuntivi, ma senza abbandonare la parte essenziale del piano.
- Sviluppare ulteriormente la generazione eolica invernale.
- Sfruttare meglio il calore geotermico proveniente da fonti di medie dimensioni per riscaldare gli edifici e limitare il consumo di elettricità delle pompe di calore.
- Utilizzare maggiormente l'energia solare termica per i processi industriali e le reti di teleriscaldamento, compreso l'accumulo stagionale di calore in grandi serbatoi o falde acquifere sotterranee.
- Per semplificare la transizione nell'industria, in estate non si utilizzerebbe più l'elettricità direttamente per i processi ad alta temperatura. Si utilizzerebbe invece solo l'idrogeno, il che richiederebbe più elettrolizzatori, ma eviterebbe di dotare l'industria di forni a doppia energia (elettricità + gas). Nel complesso, ciò richiederebbe una quantità leggermente maggiore di elettricità in estate, date le perdite legate alla conversione dell'elettricità in idrogeno. Tuttavia, nella misura in cui la SSI non utilizza tutta l'energia in eccesso ed effettua il peak-shaving, questa semplificazione è del tutto fattibile.
- Infine, alcuni incrementi di efficienza sono auspicabili e possibili. Ad esempio, l'elettrificazione potrebbe essere un'opportunità per ridurre le dimensioni dei veicoli e quindi il loro consumo di carburante.

5. Parametri tecnici per la modellazione della SSI

La modellazione della SSI è tratta dal «Plan solaire et climat» [18, pagg. 97 e 151] e si basa sullo stesso approccio generale. Tuttavia, mentre la versione precedente si basava sui dati dal 2011 al 2016, la modellazione della SSI si basa su 5 anni aggiuntivi, dal 2011 al 2021.

I suoi parametri sono i seguenti:

- La produzione mensile dalle dighe esistenti è più concentrata nel cuore dell'inverno: - 400 GWh in ottobre e novembre, + 400 GWh in dicembre, gennaio e febbraio e - 200 GWh in marzo e aprile.
- La produzione mensile derivante dall'innalzamento delle dighe si concentra in inverno: + 200 GWh a novembre, + 600 GWh a dicembre e gennaio, + 500 a febbraio, + 100 a marzo. In estate, l'innalzamento delle dighe comporta una riduzione della produzione di 300 GWh al mese da maggio a settembre (complessivamente, si ammette che in estate la perdita è inferiore al guadagno invernale, perché parte dell'approvvigionamento idrico estivo non è utilizzato).
- L'energia eolica supplementare genera 666 GWh al mese da ottobre a marzo e 333 GWh da aprile a settembre.
- La produzione fotovoltaica è stata ricalibrata utilizzando i dati del calcolatore Swissolar [94]. È leggermente più alta per kW rispetto al «Plan solaire et climat» 2019, a testimonianza dei progressi tecnici. Il mix comprende ancora il 10% di solare in quota (1700 m), sulla base degli stessi parametri.
- Durante l'inverno, la produzione solare viene ridotta del 10% per avere un margine di sicurezza nel calcolo.
- Le importazioni non possono superare 1 TWh per mese invernale.
- Il 20% dell'elettricità teoricamente disponibile per il syngas è considerato inutilizzabile (perdita di rete o *peak shaving*). Si tratta di un margine di sicurezza.
- Lo stoccaggio del syngas è limitato a 12 TWh. Se è pieno, l'elettricità viene eliminata dal *peak shaving*.
- Poiché tutti i paesi vicini avranno troppa elettricità in estate, non c'è più alcuna esportazione e tutto il surplus estivo non utilizzato è soggetto a *peak-shaving* (il che non cambia nulla nel risultato).

- Il consumo per gli usi attuali dell'elettricità è stato considerato stabile, come negli ultimi 15 anni: si ipotizza che ci siano solo piccoli guadagni di efficienza nell'uso dell'elettricità e che questi siano compensati dalla crescita economica e demografica. Si ipotizza inoltre che non vi sia un aumento del tenore di vita e che non vi siano grandi sforzi per ridurre l'attuale utilizzo di energia elettrica. Tuttavia, sarebbe sbagliato concludere che la ISS non è impegnata nell'efficienza: infatti, la sostituzione dei combustibili fossili nella mobilità terrestre e negli edifici rappresenta un colossale guadagno di efficienza.
- Si ipotizza che la distribuzione degli intervalli di temperatura raggiunti nell'industria sia la stessa per i 17 TWh di combustibili fossili e per il resto dell'energia.
- Si ipotizza che per i processi che richiedono una temperatura superiore a 100°, metà del gas attualmente utilizzato possa essere sostituito dall'elettricità, ma che l'altra metà richieda idrogeno o metano sintetico.

Per semplificare i parametri citati nell'Appendice 1, i parametri del syngas sono impostati come segue:

- L'efficienza di conversione dell'elettricità in idrogeno è fissata al 60% per l'idrogeno utilizzato direttamente in estate.
- L'efficienza della conversione dell'elettricità in syngas per lo stoccaggio è fissata al 50%. Questo è il valore medio delle varie tecnologie.
- Quando il syngas viene riconvertito in elettricità in inverno, si ipotizza che il 50% dell'energia vada perso. Questo corrisponde a un valore medio: le centrali a gas a ciclo combinato e le celle a combustibile a idrogeno sono più efficienti, con un tasso di conversione in elettricità del 60%. I sistemi di cogenerazione, cioè i motori a combustione interna accoppiati a un generatore, producono solo il 40% dell'elettricità, ma il calore residuo dal raffreddamento del motore può essere utilizzato per il riscaldamento, ad esempio, e rappresenta il 50% dell'energia del syngas. Ricordiamo che la maggior parte del syngas sarà utilizzato nell'industria e solo occasionalmente per la generazione di energia, come mostra chiaramente la Figura 23.
- L'inventario iniziale di syngas all'1.01.2011 è fissato a 4 TWh.

Appendice 3

Il testo dell'iniziativa popolare «Per un fondo per il clima»

Poiché il testo dell'iniziativa è formulato in modo molto chiaro, non richiede particolari spiegazioni: il paragrafo 1 indica l'obiettivo, ovvero «adempiere agli obblighi climatici della Svizzera garantendo al contempo l'equità sociale delle misure».

Attraverso il fondo istituito al paragrafo 3, la Confederazione sostiene l'intera trasformazione energetica e climatica nei settori indicati al paragrafo 2. Attraverso questo fondo, la Confederazione finanzia i propri progetti o contribuisce a quelli dei Cantoni, dei Comuni e dei privati. Il fondo può anche concedere prestiti e garanzie. Evidentemente, questo approccio di aiuto agli investimenti rispecchia la filosofia del nostro progetto.

Il fondo è finanziato dalla Confederazione nella misura dello 0,5–1,0% del prodotto interno lordo, che attualmente corrisponde a una cifra compresa tra 4 e 8 miliardi all'anno.

Il testo dell'iniziativa popolare federale «Per una politica energetica e climatica equa: investire per la prosperità, il lavoro e l'ambiente (Iniziativa pe un fondo per il clima)».

La Costituzione è modificata come segue:

Art. 103a Promozione di una politica energetica e climatica socialmente equa

- 1 La Confederazione, i Cantoni e i Comuni lottano contro il riscaldamento climatico di origine umana e le sue conseguenze sociali, ecologiche ed economiche conformemente agli accordi internazionali sul clima. Provvedono a un finanziamento e a un'attuazione socialmente equi delle misure.
- 2 La Confederazione sostiene in particolare:
 - a. la decarbonizzazione dei trasporti, degli edifici e dell'economia;
 - b. l'impiego parsimonioso ed efficiente dell'energia, la sicurezza dell'approvvigionamento e il potenziamento delle energie rinnovabili;
 - c. le necessarie misure di formazione, formazione continua e riqualificazione, compresi i contributi finanziari destinati a compensare la perdita di guadagno durante il periodo di formazione;
 - d. i pozzi di carbonio sostenibili e naturali;
 - e. il rafforzamento della biodiversità, segnatamente al fine di lottare contro le conseguenze del riscaldamento climatico.
- 3 Per finanziare i propri progetti e fornire contributi finanziari ai progetti dei Cantoni, dei Comuni e di terzi, la Confederazione dispone di un fondo di investimento. Il fondo o terzi incaricati dalla Confederazione possono inoltre concedere crediti, garanzie e fidejussioni.
- 4 La legge disciplina i dettagli.

Art. 197 n. 15

15. Disposizione transitoria dell'art. 103a (Promozione di una politica energetica e climatica socialmente equa)

La Confederazione alimenta il fondo di cui all'articolo 103a capoverso 3 ogni anno fino al 2050, al più tardi a partire dal terzo anno dopo l'accettazione di detto articolo da parte del Popolo e dei Cantoni, con mezzi pari almeno allo 0,5 e al massimo all'1 per cento del prodotto interno lordo. Questo importo non è contabilizzato nell'importo massimo delle uscite totali da stanziare nel preventivo secondo l'articolo 126 capoverso 2. Può essere ridotto in maniera adeguata quando la Svizzera ha raggiunto i suoi obiettivi climatici nazionali e internazionali.

Appendice 4

Note e fonti per le stime dei costi

Le note tra parentesi quadre si riferiscono a «Figura 34: Ordine di grandezza stimato del volume degli investimenti e del volume del fondo».

- [A] Calcolo del numero di abitazioni da ristrutturare: 4,7 milioni di abitazioni (spesso più abitazioni per edificio!), il 20% delle quali costruite dopo il 2000 e il 19% tra il 1981 e il 2020 [95]. Per semplicità, si ipotizza che il 30% degli edifici sia già performante e non abbia bisogno di essere ristrutturato. In media, per ogni abitazione (da un modesto monolocale in affitto a una grande villa unifamiliare), il rinnovo dell'involucro rappresenta un costo aggiuntivo di 30'000 franchi svizzeri rispetto a una semplice ristrutturazione della facciata.
- [B] Numero di abitazioni riscaldate con combustibili fossili secondo [96].
- [C] Numero di abitazioni riscaldate con elettricità diretta secondo [96].
- [D] Base per la stima delle superfici riscaldate per i servizi e l'industria: [97, p. 11]. Si presume che questi edifici, più grandi e funzionali, siano più facili da ristrutturare.
- [E] Nello studio Elcom sugli investimenti di rete [98, pagg. 89 e 102], lo scenario solare estremo (intitolato «Consiglio degli Stati»!) richiede 37 miliardi di investimenti in più rispetto allo scenario «Weiter wie bisher» (nulla cambia). Proponiamo meno investimenti aggiuntivi nella rete convenzionale e investimenti sostanziali in batterie stazionarie per la rete. Queste aumentano la sicurezza e, grazie al livellamento e all'anticipazione dei picchi, consentono di sfruttare molto meglio la rete.
- [F] Ipotesi di costi per la cattura della CO₂ dall'aria, per il syngas: una tonnellata di CO₂ costa Fr. 200 per tonnellata [89], e ogni anno immagazziniamo 8 TWh sotto forma di metano,

che richiede 1,6 Mt di CO₂ all'anno, o 40 milioni di tonnellate cumulativamente in 25 anni. I costi totali sono di 200 CHF x 40 Mt. Poiché il dominio non è ancora molto trasparente e la ripartizione tra costi di investimento e costi operativi non è chiara, ipotizziamo che il fondo si faccia carico di tutti i costi opex e capex.

- [G] Adattamento delle attrezzature nell'industria: stima forfettaria.
- [H] Adeguamento degli impianti di incenerimento e del sistema di riciclaggio della plastica: stima forfettaria.

Appendice 5

Fonti e riferimenti

- [01] «Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?», Our World in Data (consultato il 2022.8.3), <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>.
- [02] Intervista allo chef Ikea: «Solo il 3 per cento dei clienti spende di più per prodotti ecologici|», Kaufmann Jürg & Meyer Jürg, NZZ Magazin, pag. 23, 2022.2.19
- [03] «Geschichte des elektrischen Antriebs von Schienenfahrzeugen», Wikipedia (visitato il 2022.11.22), https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_des_elektrischen_Antriebs_von_Schienen-fahrzeugen#Schweiz
- [04] E-mail delle FFS, 9.2.2023
- [05] Email del 5 settembre 2022, Cesca Ombretta, Professore assistente di Lingua e Letteratura greca antica, Università di Losanna
- [06] «Statistical Review of World Energy», BP (consultato il 2022.07.11), <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>
- [07] «World Population Prospects 2022», ONU, Dipartimento degli Affari Economici e Sociali, 2022, <https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/Line/900>
- [08] « *Planète vide. Le choc de la décroissance démographique mondiale* », Bricker Darell & Ibbitson John, Les Arènes, 2020
- [09] Per maggiori informazioni, IPCC, 2022.8.3, <https://www.ipcc.ch/languages-2/english/>
- [10] «Summary for Policymakers». In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I, Masson-Delmotte V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors,

- C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.), IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 3-32, 2021, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- [11] Hannah Ritchie, Max Roser & Pablo Rosado, «OurWorldIn-Data» (consultato il 2022.7.12), <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>
- [12] «Impatto sul clima ed emissioni di CO₂ equivalente di sostanze a vita breve», Neu Urs, Swiss Academies Communications 17 (5), 2022, <https://scnat.ch/fr/id/6VLbD>
- [13] Per maggiori informazioni: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/etat/donne/inventaire-gaz-effet-serre.html>
- [14] «Inventaire des gaz à effet de serre», Ufficio federale dell'ambiente (consultato il 2022.7.12) <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/themes/climat/etat/donne/inventaire-gaz-effet-serre.html>
- [15] «Le emissioni del trasporto aereo e il loro impatto sul clima», Neu Urs, Swiss Academies Communications 16 (3), 2021, <https://scnat.ch/fr/id/cSx4y>
- [16] «Influenze umane sul clima - Impronta di gas serra», Ufficio federale di statistica (consultato il 2022.07.12), <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/espace-environment/indicators-linked-to-climate/human-influences.html>
- [17] «Statistiche globali dell'energia 2021», Ufficio federale dell'energia, 2022, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html/>
- [18] *Le Plan solaire et climat, Comment passer de 2 à 50 GW photo voltaïques pour remplacer le nucléaire, électrifier la mobilité et assainir les bâtiments*, Nordmann Roger, Éd. Favre, 2019
- [19] «Consumo finale di energia, per agente energetico T 8.3.2.1», Ufficio federale di statistica, 2022, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/18224336/master>
- [20] «Prodotto interno lordo, serie lunghe», Ufficio federale di statistica (consultato il 2022.08.11), <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/18584982/master>

- [21] «Statistiche globali dell'energia (tabelle Excel)», Ufficio federale dell'energia, 2022, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html>
- [22] «Investimenti delle aziende elettriche», Ufficio federale dell'energia (consultato il 2022.08.11) <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html#kw-96086> sotto «Serie cronologica che mostra altre pubblicazioni».
- [23] «Misure adottate dalla Svizzera per ridurre le emissioni di gas a effetto serra», Ufficio federale dell'ambiente (consultato il 2022.8.12), <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/info-specialistes/misure-riduzione.html>
- [24] «Prescrizioni relative alle emissioni di CO2 delle nuove autovetture e dei furgoni», Ufficio federale dell'energia (consultato il 2022.12.23) <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/efficienza/mobilita/prescrizioni-sulle-emissioni-di-co2-dalle-auto-turistiche-e-nuove-consegne.html>
- [25] «Pour une électrification rapide de la mobilité routière», Rapporto per il Partito Socialista Svizzero, Nordmann Roger, 2018, <https://rogernordmann.ch/rapport-pour-une-electrification-rapide-de-la-mobilite-routiere/>
- [26] «Statistique de la consommation d'électricité des chauffages par résistance dans les ménages 2020», Ufficio federale dell'energia (consultato il 2022.08.25), <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistiques-sectorielles.html>
- [27] «Energie rinnovabili in cifre», sito web del Ministero tedesco dell'Ambiente (accesso 22.02.2023), <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuer-bare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>
- [28] Sito web di Energy-charts (consultato a febbraio 2023), <https://www.energy-charts.info>
- [29] «Strategia climatica per l'agricoltura», Ufficio federale dell'agricoltura (consultato il 2022.12.21), <https://www.blw.admin.ch/blw/en/home/nachhaltige-produktion/umwelt/klima.html>
- [30] «Projet d'accélération des procédures pour les énergies

- renouvelables», Ufficio federale dello sviluppo territoriale (consultato il 2022.12.23), <https://www.are.admin.ch/are/fr/.home/development-and-land-use/right-of-land-use/renewable-energies/project-acceleration-procedures.html>
- [31] «Analisi VOX del voto del 13 giugno 2021», gfs.bernGFS, 2021, https://vox.gfsbern.ch/wp-content/uploads/2021/08/vox_schluss-bericht_def_en.pdf
- [32] Email del 12.1.2023, Keller Tobias, gfs.bernGFS
- [33] «Sozialer Energiewandel - Verteilungswirkungen verschiedener klimapolitischer Massnahmen», Kägi Wolfram, Möhr Thomas, Krysiak Frank (fachliche Begleitung), BSS, 2019, https://www.bss-basel.ch/files/Berichte_Umwelt/BSS_Sozialer%20Energiewan-del.pdf
- [34] «Combien représente le carburant dans le prix d'un billet d'avion ? », Lienhard Laetitia, Le Figaro, 2022.3.22, <https://www.lefigaro.fr/conso/combien-represente-le-carburant-dans-le-prix-d-un-billet-d-avion-20220322>
- [35] «Comportamento di trasporto della popolazione», Ufficio federale di statistica e dello sviluppo territoriale, 2017 e 2023, per il 2015: <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/2480088/master>, e per il 2021: <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/24267462/master>
- [36] «The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change», Gossling Stefan & Humpe Andreas, Change Global Environnement, 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378020307779>
- [37] «IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and response to the threat of climate change, sustainable development», IPCC, 2018, www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/12/061120180206-Doc.-5-Approved-Summary-for-Policymakers.pdf
- [38] « Population selon la source d'énergie principale du chauffage », Ufficio federale di statistica (consultato il 2023.1.3), <https://www.bfs.admin.ch/bfs/it/home/statistics/construction-housing/buildings/domain-energetics.assetdetail.23324720.html>
- [39] «Hemmnisse für Energetische Gebäudesanierungen», Bundesamt für Energie (Redaktion Interface), 2022, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/efficacite/batiments.html>

- [40] « Rénover le bilan énergétique - D’abord trier, puis redévelopper », Kristina Orehounig, sintesi di Rainer Kloose, EMPA, 2021.8.24, (consultato il 2023.1.3), <https://www.empa.ch/web/s604/eq71-energiehaushalt>
- [41] « Transport de personnes : prestations de transport », Ufficio federale di statistica (consultato il 2023.1.4), <https://www.bfs.admin.ch/bfs/en/home/statistics/mobility-transport/transport-persons.assetdetail.23725823.html>
- [42] « Bilan de la population résidante permanente, de 1861 à 2021 », Ufficio federale di statistica (consultato il 2023.1.4), <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/population/effec-tif-evolution.assetdetail.23064761.html>
- [43] « T&E’s analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions, Transport & environment, 2022 », https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2022/05/TE_LCA_Update-June.pdf
- [44] « Batteries vs oil: A comparison of raw material needs, Transport & Environnement » (consultato il 2023.1.4), <https://www.transportenvironment.org/discover/batteries-vs-oil-comparison-raw-material-needs/>
- [45] « Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2019 nach Verwendungszwecken », Bundesamt für Energie BFE, 2020, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/consommation-energetique-en-fonction-de-lapplication.html>
- [46] « TVPsolar SA », <https://www.tvpsolar.com>
- [47] « Bilan suisse de l’électricité - valeurs mensuelles », Ufficio federale dell’energia (accesso 2022.10.14), <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>
- [48] « Statistique suisse de l’électricité 2021 », Ufficio federale dell’energia, 2022, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-de-l-electricite.html>
- [49] « La ElCom informa sull’importanza della produzione nazionale invernale, sulla situazione delle importazioni e sugli sviluppi tariffari », Elcom, 2020.6.2020, <https://www.elcom.admin.ch/elcom/en/home/documentation/medienmitteilungen.msg-id-79322.html>

- [50] « Les toits et les façades des maisons suisses pourraient produire 67 TWh d'électricité solaire par an » (comunicato stampa), Ufficio federale dell'energia, 2019.04.15, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/actualites-et-medias/communiqués-de-presse/mm-test.msg-id-74641.html>
- [51] «Das Schweizer PV-Potenzial basierend auf jedem Gebäude», Remund Jan, Albrecht Simon & Stickelberger David, 2019, https://www.researchgate.net/publication/332013577_Das_Schweizer_PV-Potenzial_basierend_auf_jedem_Gebäude
- [52] « Déclaration commune adoptée par la Table ronde consacrée à l'énergie hydraulique », DETEC, 2021.12.13, <https://www.uvek.admin.ch/uvek/en/home/detec/medias/communiqués-de-presse.msg-id-86432.html>
- [53] « Plan d'action 2030 de l'énergie éolienne en Suisse, Suisseéole », 2022, <https://suisse-eole.ch/fr/lenergie-eolienne/documentation/>
- [54] «Rapport annuel», Carbura SA, 2021, <https://www.carbura.ch/en/informations-sur-carbura>”.
- [55] « Potentiel d'injection de gaz renouvelable dans le réseau suisse à horizon 2030 », studio commissionato da EnDK, 2018, https://www.endk.ch/fr/ablage_fr/documentation/BiogazSuisse_Synthese_F.pdf
- [56] “CO₂-neutraler Treibstoff aus Luft und Sonnenlicht», ETHZ, 2019, <https://ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2019/06/mm-solare-mini-raffinerie.html>
- [57] «Schwedischer E-Flieger setzt zum grossen Sprung an», Hermann Rudolf, NZZ pag. 24, 2022.9.27
- [58] « Retrait du carbone, net zéro et implications pour la Suisse », Sascha Nick & Thalmann Philippe, E4S, 2021, <https://e4s.center/document/carbon-removal-net-zero-and-implications-for-switzerland/>
- [59] «Towards True Climate Neutrality for Global Aviation: A Negative Emissions Fund for Airlines», Sascha Nick & Thalmann Philippe, Journal of Risk and Financial Management, 15: 505, 2022, <https://www.mdpi.com/1911-8074/15/11/505>
- [60] «Summary for Policymakers, Climate change and land: IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems», P. R. Shukla,

- J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M., IPCC, 2019, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_en.pdf
- [61] « Dépendance de l'étranger et ampleur des stocks obligatoires », Agricura (consultato il 2022.11.25), <https://www.agricura.ch/fr/portrait/dependance-de-letranger-et-ampleur-des-stocks-obligatoires/>
- [62] « Agriculture et alimentation – Statistique de poche », Ufficio federale di statistica, 2022, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/en/home/statistics/catalogues-data-banks/publications.assetdetail.872-2200.html>
- [63] « L'agriculture suisse à l'ère du changement climatique », Thomas Fabienne, Baeriswyl Annette, Ellenberger Florian, Gothuey Nejna, Hauser Christophe, Helfenstein Sandra & Meier Albert, Unione svizzera dei contadini, 2019, https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Medienmitteilungen/PM_2019/FOKUS03_EN_web.pdf
- [64] « Émissions de gaz à effet de serre dans l'agriculture et la filière alimentaire en Suisse », Bretscher Daniel, Leuthold-Stärfl Sabrina, Felder Daniel & Fuhrer Jürg, Ricerca agricola svizzera 5 (11-12), 458-465, 2014, www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/pdf_archive/2014_1112_e_2022.pdf
- [65] « Pistes de réflexion pour une agriculture biologique climatiquement neutre en Suisse – résumé », Steffens Markus, Dittmann Marie, Krauss Maike, Baumann Stefan, Dind Alice, Fliessbach Andreas, Holinger Mirjam, Krause Hans-Martin, Leiber Florian, Müller Adrian, Rüegg Johanna, Stöckli Sibylle & Schmidtke Knut, FiBL in Abstimmung mit Bio-Suisse, 2022, <https://www.fibl.org/it/infotheque/message/pistes-de-reflexion-pour-une-agriculture-biologiquement-climatiquement-neutre-en-suisse-letude-du-fibl-sur-la-question-climatique>
- [66] « Sol et climat – Impact sur le climat de l'exploitation biologique des sols », Mäder Paul, Steffens Markus, Krauss Maike, Fliessbach Andreas, Krause Hans-Martin, Skinner Colin, Lori Martina, Bongiorno Giulia, Klaiss Matthias, Arncken Christine, Dierauer Hansueli, Bünemann Else, Müller Adrian, Niggli Urs

- & Gattinger Andreas, FiBL, 2022,
<https://www.fibl.org/de/shop/1182-sol-et-clima>
- [67] « Émissions de gaz à effet de serre générées par l'industrie », Ufficio federale dell'ambiente (consultato il 2022.11.29), <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/etat/donnees/greenhouse-gas-inventory/industry.html>
- [68] « Climat: Holcim et Lonza, les plus gros pollueurs en Suisse », Tombez Valentin & Galichet Jérôme, RTS, 2021.06.13, <https://www.rts.ch/info/suisse/12169855-climat-holcim-et-lonza-les-plus-gros-pollueurs-en-suisse.html#chap01>
- [69] « Émissions de gaz à effet de serre de l'industrie suisse plus élevées que la valeur estimée », Ufficio federale dell'ambiente, 2020.02.10, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/communiques.msg-id-78041.html>
- [70] “Klimaschutz in der Beton- und Zementindustrie: Hintergrund und Handlungsoptionen”, WWF Deutschland, 2919 (visitato il 2022.11.29), https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Klimaschutz_in_der_Beton-_und_Zementindustrie_WEB.pdf
- [71] « Diviser par deux l'impact environnemental du béton »- Intervista al Prof. Guillaume Habert, Professore di Costruzione Sostenibile presso il Politecnico Federale di Zurigo, Sonnette Stéphanie, Espazium, 2020.11.12, <https://www.espazium.ch/fr/actualites/diviser-par-deux-impact-environnemental-du-beton>
- [72] «A sustainable future for the European Cement and Concrete Industry Technology assessment for full decarbonisation of the industry by 2050», Favier Aurélie, De Wolf Catherine, Scrivener Karen & Habert Guillaume, 2018, <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/301843>
- [73] «Kicking off the journey towards a cement with a negative carbon footprint», Raabe Norbert, Empa, 11.07.2022 (visitato il 2022.11.29), <https://www.empa.ch/web/s604/zementforschung-grant>
- [74] «Carbon sequestration via wood burial», Zeng Ning, Carbon Balance and Management, 2008, <https://cbmjournal.biome-dcentral.com/articles/10.1186/1750-0680-3-1>
- [75] « Perspectives énergétiques 2050 » + (pagina di accesso ai vari rapporti), Ufficio federale dell'energia (consultato il 2023.1.15),

- <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/perspectives-energetiques-2050-plus.html/>
- [76] « Dépenses et réserves de travail dans la construction, par type de travaux, selon les cantons aux prix courants (T 9.4.1.22) », Ufficio federale di statistica, 2022, <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/23024090/master>
- [77] « Produit intérieur brut selon son affectation », Ufficio federale di statistica, 2022, <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/23184102/master>
- [78] « Revenus et dépenses des ménages » Ufficio federale di statistica, 2021, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/situation-economique-sociale-population/revenus-consommation-et-fortune/budget-des-menages.html>
- [79] « Résultats des émissions », Amministrazione federale delle finanze, https://www.efv.admin.ch/efv/fr/home/themen/mittelbeschaffung_verm_schuldenverw/datenpubl.html
- [80] « La dette publique en baisse à 94,2 % du PIB dans la zone euro », Eurostat euroindicators, Unione europea (consultato il 2023.2.12), <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/15131955/2-21102022-BP-EN.pdf/>
- [81] « Endettement des administrations publiques », Ufficio federale di statistica, (visitato il 12.2.2023), <https://www.bfs.admin.ch/bfs/en/home/statistics/transversal-measures/measure-being/all-indicators/economy/government-debt.html>.
- [82] « Population résidante permanente selon l'âge, le sexe et la catégorie de nationalité, de 2010 à 2021, T 01.02.03.02 », Ufficio federale di statistica, 2022, <https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/23064705/master>
- [83] « Les mères sur le marché du travail en 2021 », Ufficio Federale di Statistica, 2022, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken.assetdetail.23329563.html>
- [84] « Emplois en équivalents plein-temps par divisions économiques », Ufficio federale di statistica, 2022, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/en/home/statistics/industry-services/companies-jobs/statistics-jobs/jobs.assetdetail.23747830.html>
- [85] « Exkurs Wasserstoff: Hintergrund zum Einsatz in den Szenarien der Energieperspektiven 2050 », Bundesamt für Energie, TEP,

- Infras, Ecoplan e Prognos, 2022, <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11143>
- [86] « Hydrogène bas-carbone : quels usages pertinents à moyen terme dans un monde décarboné ? », Chaar Zeina, Rouault Baptiste & Aurélien Schuller, Carbone4, 2022, <https://www.carbone4.com/publication-low-carbon-hydrogen>
- [87] «The first 5 Green Hydrogen storage tanks arrive in Puertollano» (screenshot del video promozionale), Iberdola, (accesso 2022.11.20), <https://youtu.be/u29kLGsOr8E?t=8> (accessibile da <https://www.iberdrola.com/press-room/news/detail/storage-tanks-green-hydrogen-puertollano>)
- [88] «Gasleitungen: Schnellstraßen für Wasserstoff? Ein Expertengespräch mit Dr. Thomas Hüwener, Open Grid Europe GmbH, und Prof. Dr. Alexander Martin, Fraunhofer IIS, van Ackeren Janine», 2021.12.21, (visitato il 2022.11.6), <https://www.iis.fraunhofer.de/de/magazin/serie-wasserstoff/wasserstoff-gasleitungen.html>
- [89] «A comparative energy and cost assessment and optimization for direct air capture technologies», Sabatino Francesco, Grimm Alexa, Gallucci Fausto, van Sint Annaland Martin, Gert Jan Kramer & Gazzani Matteo, Joule, p. 2047-2076, 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435121002580>
- [90] «Projets de stockage gaznat» (planches), Gaznat, 2022
- [91] « Étude de reconversion du site de la raffinerie de Collombey - Opportunité d'utilisation de l'hydrogène sous la forme de "liquid organic hydrogen carrier" (LOHC) », De Block Laurent, Mosca Lucas, Perret Lionel, Cazaban Valérie, Mallet Lucien & Vantourout Benoit, Planair SA sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, 2020, <https://www.aramis.admin.ch/Dokument.aspx?DocumentID=66988>
- [92] «L'ammoniac liquide: un carburant vert pour le secteur du transport ? », Richel Aurore, Chem.4.us, site de vulgarisation scientifique, 2020.9.8, <http://www.chem4us.be/energie/lammoniac/>
- [93] « The role of hydrogen and ammonia in meeting the net zero challenge », The Royal Society, 2021, <https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/climate-change-science-solutions/climate-science-solutions-hydrogen-ammonia.pdf>

- [94] « Calculateur d'énergie solaire », Swissolar (consultato il 2022.11.19) <https://www.swissolar.ch/fr/pour-maitres-douvrage/planning-tools/solar-energy-calculator/>
- [95] « Logement », Ufficio federale di statistica, 2022, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/en/home/statistics/construction-housing/housing.html>
- [96] « Bâtiments selon le système de chauffage et la source d'énergie du chauffage, par canton et ville » Office fédéral de la Statistique, 2022, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/construction-logement/batiments/domaine-energetique.assetdetail.23524572.html>
- [97] « L'importance de l'immobilier suisse pour l'économie nationale », Baldegger Joachim, Nathani Carsten & al, Rütter, Soceco & Pom + per conto dell'Ufficio federale delle abitazioni, 2020, <https://www.bwo.admin.ch/bwo/fr/home/Wohnungsmarkt/studien-und-publikationen/kurzbericht-immobilienwirtschaft.html>
- [98] « Auswirkungen einer starken Elektrifizierung und eines massiven Ausbaus der Stromproduction aus Erneuerbaren Energien auf die Schweizer Stromverteilnetze, Consentec » EBP & Polynomics, commissionato dall'Ufficio federale dell'energia, 2022, <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-91974.html>
- [99] « Le “plan Marshall” climatique pour la transition énergétique », Parti socialiste suisse, 2019, <https://www.sp-ps.ch/fr/artikel/enfinir-avec-le-petrole-le-plan-marshall-climatique-pour-la-transition-energetique/>

Indice dei contenuti

Ringraziamenti

Dello stesso autore

Introduzione Un percorso e un metodo per agire

PARTE I

Combustibili fossili e riscaldamento globale, due facce della stessa sfida globale

- | | | |
|-------------------|---|----|
| Capitolo 2 | Consumo di energia fossile nel mondo | 27 |
| Capitolo 3 | Scenari di riscaldamento globale secondo l'IPCC | 35 |

PARTE II

La situazione in Svizzera

- | | | |
|-------------------|--|----|
| Capitolo 4 | In Svizzera, l'80% della protezione del clima è una questione di energia | 45 |
| Capitolo 5 | L'approvvigionamento energetico della Svizzera | 51 |
| Capitolo 6 | Verso l'elettrificazione del sistema energetico | 59 |

PARTE III
**Il vicolo cieco sociale ed ecologico dell'attuale
politica climatica**

Capitolo 7	Politica energetica e clima	69
	1. obiettivi quantitativi	69
	2. Per gli edifici	70
	3. Per le aziende	72
	4. Per trasporto terrestre	74
	5. Efficienza e produzione	75
	6. Aviazione e agricoltura, i due punti ciechi della politica climatica ⁷⁸	
	7. Riforma dei corsi	79
Capitolo 8	Referendum sulla legge sulla CO2 nel : 2021 non ripetere gli errori	81
Capitolo 9	I limiti del principio «chi inquina paga» per il finanziamento degli investimenti	87
Capitolo 10	Lo sterile dibattito tra investimenti e frugalità	97

PARTE IV
**Il Fondo per il clima per promuovere
l'interesse pubblico**

Capitolo 11	La risposta all'iniziativa "Per un Fondo per il clima"	107
Capitolo 12	Rendere l'energia rinnovabile più economico del gas e del petrolio	111

PARTE V

I classici: investire per migliorare gli alloggi e i trasporti terrestri

Capitolo 13	Modernizzazione rapida	121
Capitolo 14	Proteggere la catena fornitura di energia elettrica mobilità stradale	131

PARTE VI

Opportunità: decarbonizzare l'industria e garantire la produzione di energia elettrica

Capitolo 15	Decarbonizzazione dell'industria	139
Capitolo 16	La sfida dell'elettricità in inverno	145
Capitolo 17	La strategia generale "Solare, syngas e industria (SSI)	153
	1. Stima del fabbisogno di energia elettrica e syngas per decarbonizzare l'industria	155
	2. Il nuovo equilibrio tra produzione e consumo di elettricità	159
	3. Requisiti del syngas nell'ISS	163
	4. Impatto sulla rete e sulle batterie di accumulo intermedie	164
Capitolo 18	Grazie al Fondo, la creazione di un ISS	169

PARTE VII

I settori difficili: trasporto aereo, emissioni da combustibili non fossili ed emissioni negative

Capitolo 19	La difficile riorganizzazione dell'aviazione	179
--------------------	--	-----

Capitolo 20	Agricoltura	189
Capitolo 21	Incenerimento dei rifiuti	197
Capitolo 22	Emissioni non energetiche dell'industria	201
Capitolo 23	Emissioni negative e biodiversità	205

PARTE VIII

Mettere a disposizione le risorse necessarie attraverso il Fondo per il clima

Capitolo 24	L'ordine di grandezza Spese in conto capitale	215
Capitolo 25	L'ipotesi di finanziamento rifiutata del Fondo attraverso l'IVA, l'IFD o la tassazione dell'energia	227
Capitolo 26	Il coraggio di indebitarsi per investire	231
Capitolo 27	Braccia, cervello e aziende di transizione	239

PARTE IX

È tempo di agire

PARTE X

Appendici

Appendice 1	La sfida dello stoccaggio stagionale e syngas	253
	Produzione di idrogeno	253
	Trasformazione in elettricità	254
	Stoccaggio ad alta pressione dell'idrogeno gassoso	254

	L'immagazzinamento di grandi quantità di quantità di idrogeno gassoso	256
	La trasformazione dell'idrogeno in metano	257
	Stoccaggio del metano	259
	Legare temporaneamente l'idrogeno a una molecola organica (LOHC)	260
	Altri brani	261
	Mantenere aperte le opzioni e combinare le tecniche	262
Appendice 2	Modellazione della strategia Solare, syngas e industria" (SSI)	263
	1. Produzione e utilizzo di energia elettrica nell'ISS	263
	2. Requisiti di elettricità e syngas	266
	3. Implementazione graduale	270
	4. Varianti	272
	5. Parametri tecnici per la modellazione di SSI	273
Appendice 3	Il testo dell'iniziativa popolare Per un Fondo per il clima	275
Appendice 4	Note e fonti per la stima costi	277
Appendice 5	Fonti e riferimenti	279

Emergenza energetica e climatica

Come possiamo risolvere il problema del clima? Possiamo affidarci alla tecnologia? O dobbiamo cambiare il nostro stile di vita? E qual è il fabbisogno energetico della Svizzera? Dove dobbiamo investire?

In questo libro, Roger Nordmann fornisce un'ampia panoramica dei problemi. Propone poi una strategia globale e operativa in grado di liberare l'industria dai combustibili fossili e di fornire elettricità sufficiente in inverno senza emettere gas serra.

Il finanziamento della trasformazione e il suo impatto sociale sono discussi in modo approfondito. L'autore sottolinea la necessità di giustizia e i limiti del principio «chi inquina paga». In quest'ottica, presenta il progetto del Fondo per il clima, concepito per sostenere gli investimenti.

In questo dibattito vitale, corriamo il rischio di vedere le nostre società paralizzate da sterili contrapposizioni tra chi si indigna e prevede l'apocalisse e chi si rassegna e rinuncia ad agire. Questo libro dimostra in modo chiaro e documentato che esiste una via d'uscita razionale, equa e pragmatica dallo stallo climatico.

*Esperto riconosciuto di energia e clima, **Roger Nordmann** presiede il Gruppo socialista al Parlamento svizzero dal 2015 al 2023. Membro della Commissione per l'ambiente, l'assetto territoriale e l'energia (CEATE), è autore di *Plan solaire et climat*. Questo libro, pubblicato da Éditions Favre nel 2019, ha contribuito a far conoscere l'enorme potenziale dell'energia solare in Svizzera. Alcune delle sue proposte sono state adottate o stanno per esserlo.*