

Modello di Macroeconomia Ecologica per la Transizione Energetica (2METE): Scenari alternativi per la sostenibilità ecologica e l'equità sociale

Simone D'Alessandro*

Dipartimento di Economia e Management
Università di Pisa.

Versione 1.1

12 dicembre 2017

*Si ringraziano per la collaborazione al design del modello e all'analisi dei risultati: Giovanni Bernardo (Università di Palermo), Tiziano Distefano (Politecnico di Torino), Luigi Giorgio (MDF), Pietro Guarnieri (Università di Pisa), Patty L'Abbate (MDF), William M. Mebane (Consulente energia) e Emanuele Piccinno (MDF). Ogni responsabilità di ciò che è scritto nel presente report è esclusivamente dell'autore. Studio sviluppato con il supporto finanziario di MDF (Movimento per la Decrescita Felice)

Indice

1	Introduzione	3
2	Il modello	7
2.1	Distribuzione del reddito e comportamento dei consumatori	10
2.2	Produzione e domanda dei fattori	12
2.3	Il settore energetico	13
2.4	Dinamica del capitale, efficienza energetica e produttività del lavoro	14
2.5	Salari e prezzi	15
2.6	Settore Pubblico	16
2.7	Qualità ambientale	16
3	Fonti principali dei dati e definizione degli scenari	17
4	Risultati	19
5	Considerazioni conclusive	29
	Appendice 1 - Descrizione politiche	30
A	Appendice 2 - Modello Analitico	35
A.1	Popolazione	35
A.2	Gruppi di individui: redditi e domande	36
A.3	Settori produttivi	39
A.4	Occupazione	42
A.5	Investimento e produttività	42
A.6	Salari e prezzi	43
A.7	Settore Pubblico	44
A.8	Sistema Bancario	45
A.9	Bilancia Commerciale	45
	Riferimenti bibliografici	46

Elenco delle figure

1	Scenario <i>Business as Usual</i> : indicatori principali	5
---	---	---

2	Scenario <i>Green Growth</i> : indicatori principali	6
3	Scenario <i>Degrowth</i> : indicatori principali	7
4	La struttura macro del modello	9
5	Scenari – Emissioni di CO_2 e consumo lordo di energia	23
6	Scenari – Energia e qualità ambientale	24
7	Scenari – Prodotto interno lordo e domanda	25
8	Scenari – Mercato del lavoro	26
9	Scenari – Distribuzione del reddito e investimenti “verdi”	27
10	Scenari – Il settore pubblico	28
11	Il modulo della popolazione usato in 2METE	35

1 Introduzione

Il report presenta i risultati di un'analisi ottenuta applicando al caso italiano il modello 2METE¹, un modello ispirato alla letteratura di macroeconomia ecologica. Negli ultimi anni la ricerca internazionale ha prodotto numerosi studi che evidenziano come le eccessive emissioni e il costante degrado ambientale richiedano una revisione significativa delle strategie di crescita e una conseguente trasformazione del sistema economico (Victor, 2008a; Jackson, 2009; Martínez-Alier et al., 2010; Kallis et al., 2012).

Il modello si propone quindi di testare, in modo formale, l'efficacia e la coerenza di politiche che permettano di raggiungere nel 2050 una riduzione di emissioni di CO_2 superiore all'80% rispetto ai livelli del 1990, come richiesto dall'Unione Europea, e che portino nel contempo a una riduzione delle disuguaglianze, verificandone l'impatto sulle principali variabili macroeconomiche.² Per raggiungere lo scopo è stato necessario sviluppare una teoria che rappresenti i legami tra economia, energia e ambiente, tenendo anche conto delle scelte tecnologiche e di efficienza energetica.

La cosiddetta crescita verde (*green growth*), alla base di gran parte delle scelte di politiche ambientali all'interno dell'Unione Europea, ha promosso l'idea che l'efficiamento energetico, affiancato dall'automazione, possa determinare un aumento della competitività del sistema industriale europeo. Inoltre, gli investimenti necessari per l'innovazione tecnologica (anche attraverso il sussidio pubblico) possono favorire la ripresa, riducendo l'alta disoccupazione che caratterizza le economie europee. La teoria economica prevalente in tema di sostenibilità sostiene dunque che le politiche ambientali possono rappresentare un volano per la crescita stessa (Jänicke, 2012; Jacobs et al., 2012).

La difficoltà è che esistono pochi modelli macroeconomici per testare quale insieme di politiche possa promuovere la transizione a una società ecologicamente sostenibile e socialmente più equa. La letteratura della macroeconomia ecologica sta fiorendo cercando di colmare questa lacuna (es. Rezai et al., 2013; Røpke, 2013; Rezai and Stagl, 2016). Come evidenziano Hardt and O'Neill (2017), non esiste ancora una definizione precisa di macroeconomia ecologica, ma si possono identificare tre temi caratterizzanti:

- i. analizzare le dinamiche di un'economia senza crescita (Daly, 1991; Victor, 2008b;

¹Modello di Macroeconomia Ecologica per la Transizione Energetica.

²L'obiettivo della riduzione delle emissioni di CO_2 , frutto ovviamente di una mediazione politica, è in linea con le stime dell'IPCC per il mantenimento del surriscaldamento globale al di sotto dei 2 gradi centigradi.

Jackson, 2009; Kallis et al., 2013; Jackson et al., 2016);

- ii. integrare le politiche ambientali con gli effetti macroeconomici (es. effetto rimbalzo) (Dafermos et al., 2017; Røpke, 2016);
- iii. sviluppare una teoria che unisca la macroeconomia post-keynesiana con l'economia ecologica (Gowdy, 1991; Kronenberg, 2010; Taylor et al., 2016; Rezai and Stagl, 2016).³

Il modello che proponiamo tiene conto di questi tre aspetti e integra l'analisi della macroeconomia ecologica attraverso la formalizzazione di alcune relazioni che non trovano una trattazione coerente all'interno dei modelli macroeconomici.⁴ In particolare:

- i. affianchiamo ai beni di consumo finali tradizionali un settore che rappresenta l'economia sociale e locale;
- ii. consideriamo la dinamica della popolazione e degli effetti dell'invecchiamento della popolazione e dei suoi effetti sul bilancio pubblico;
- iii. teniamo conto dei cambiamenti avvenuti nelle istituzioni del mercato del lavoro;
- iv. disaggreghiamo le fonti di energia esaminando la composizione del mix energetico.

La molteplicità dei feedback che emerge all'interno del sistema socio-economico e ambientale aumenta notevolmente la complessità della struttura teorica. Per questa ragione, il modello è sviluppato utilizzando la dinamica dei sistemi. Questo approccio, attraverso la struttura del modello e i rapporti di causalità tra le variabili, aiuta la comprensione e la spiegazione dei risultati e dei loro fattori determinanti (Costanza et al., 1993; Costanza and Ruth, 1998; Jackson et al., 2016; Bernardo and D'Alessandro, 2016). Il metodo utilizzato è particolarmente indicato per l'analisi di scenari alternativi, attraverso le simulazioni degli effetti delle politiche introdotte.

Per questo fine il modello confronta tre scenari per il periodo 2010-2050:

- Scenario Business as Usual (BAU): analizza gli effetti delle politiche attuali ed è utile come confronto e per la calibrazione del modello;

³Per una trattazione più dettagliata si veda Hardt and O'Neill (2017, pp. 199-200).

⁴Nonostante vi siano numerosi elementi originali, questo modello prende spunto dal modello EURO-GREEN, che è stato sviluppato all'interno di un progetto finanziato dal gruppo parlamentare europeo Greens/EFA per l'analisi delle politiche di creazione del lavoro in un contesto di post-growth delle economie europee. Il modello è disponibile all'indirizzo: <https://www.greens-efa.eu/en/article/document/a-study-on-job-creation-in-a-post-growth-economy/>.

- Scenario Green Growth (GG): analizza gli effetti di politiche che promuovono la crescita economica, attraverso un forte aumento dell'efficienza energetica e della produttività del lavoro;
- Scenario Degrowth (DG): analizza gli effetti di un insieme di politiche che tendono a ridurre i consumi energetici e le disuguaglianze in modo coerente con le proposte del Movimento per la Decrescita Felice.

Per quanto riguarda la parte energetica del modello, le calibrazioni dello scenario BAU sono state fatte seguendo i risultati del modello PRIMES e le stime di EUCO della Commissione Europea. Nonostante la continua riduzione delle emissioni di CO_2 dovute all'efficientamento energetico e all'aumento della quota di energia elettrica rinnovabile, le politiche attuali non sono in grado di rispettare il target di riduzione delle emissioni. Sul lato economico, nonostante un tasso di crescita medio del PIL dello 0.87%, l'aumento dell'automazione e conseguentemente della produttività del lavoro comportano un aumento del tasso di disoccupazione (cfr. figura 1). Inoltre, l'aumento della produttività del lavoro che si concentra soprattutto nel settore tradizionale determina un aumento significativo della disuguaglianza nel mercato del lavoro. Infine, il bilancio dello stato peggiora notevolmente soprattutto a causa dell'invecchiamento della popolazione e del conseguente aumento della spesa pensionistica.

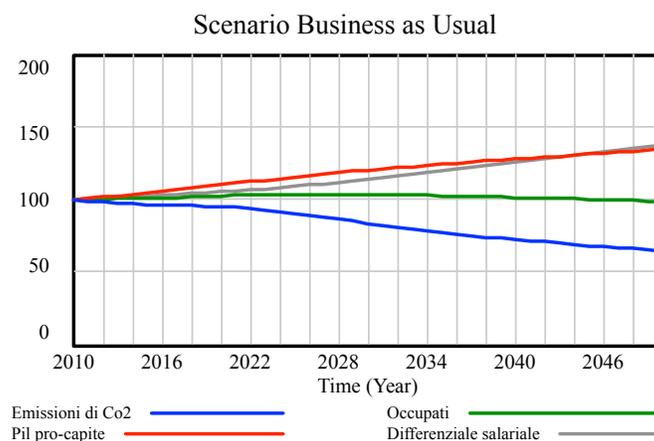


Figura 1: Scenario *Business as Usual*: indicatori principali

Lo scenario GG (cfr. figura 2) si propone di migliorare gli indicatori ambientali attraverso un notevole aumento degli investimenti “verdi” (sia pubblici che privati), sia con l’obiettivo di ridurre drasticamente l’intensità energetica sia con lo sviluppo delle rinnovabili e di un contemporaneo cambiamento nella composizione dei consumi energetici a

favore dell'energia elettrica. Questo approccio, dominante all'interno del dibattito scientifico, è al centro della Strategia Energetica Nazionale (SEN2017), documento redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico e da quello dell'Ambiente al fine di definire le politiche necessarie al rispetto degli accordi di Parigi (COP21-2015) e dei target dell'Unione Europea. Lo scenario ottenuto sviluppando le politiche di *green growth* è in grado di generare un lieve miglioramento di tutti gli indicatori economici rispetto allo scenario BAU: aumento del tasso di crescita del PIL (il tasso di crescita medio del PIL raggiunge lo 0.96%), riduzione della disoccupazione, miglioramento dei conti pubblici, aumento del salario medio. Inoltre, mentre rispetto allo scenario BAU la distribuzione funzionale del reddito premia lievemente il lavoro, all'interno del mercato del lavoro aumenta la disuguaglianza tra i salari nei vari settori. I risultati che si ottengono da un punto di vista energetico e di emissioni sono, almeno parzialmente, in linea fino al 2030 con i target previsti dall'Unione Europea (ad esempio, l'aumento della quota delle rinnovabili sul consumo interno lordo di energia è pari al 27%, l'aumento dell'efficienza superiore al 27% richiesto). Per il 2050 invece, gli obiettivi previsti non risultano raggiungibili. Rispetto alla decarbonizzazione, lo scenario GG raggiunge una riduzione del 65% nel 2050 rispetto ai valori del 1990, nonostante un forte aumento dell'intensità energetica (che si dimezza mediamente tra il 2010 e il 2050), una quasi totale produzione di energia elettrica attraverso le rinnovabili (circa il 95% nel 2050), e un aumento significativo della quota di energia elettrica nella composizione della domanda di energia (che raddoppia tra il 2010 e il 2050 raggiungendo il 36%).

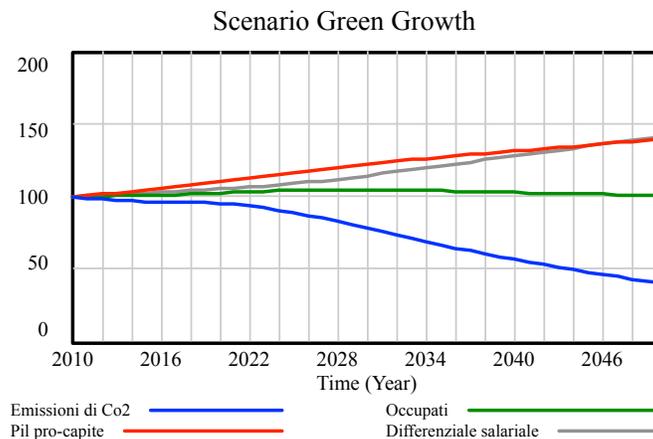


Figura 2: Scenario *Green Growth*: indicatori principali

Lo scenario DG (cfr. figura 3) è l'unico che supera tutte le problematiche legate al-

l'ottenimento della prosperità sostenibile: una bassa disoccupazione, una bassa polarizzazione sul mercato del lavoro, una bassa disuguaglianza del reddito, la sostenibilità fiscale, un sistema energetico sostenibile, taglio dell'80% di emissioni di CO_2 al 2050 e una sostanziale diminuzione del danno ambientale.

Lo scenario DG evidenzia come, basando la transizione prevalentemente su aumenti di efficienza energetica, il sistema sia esposto a un aumento della domanda di energia (Herring, 2006). Per evitare questi effetti servono politiche che implementino scelte di sufficienza energetica. Si noti che lo scenario DG produce una riduzione delle emissioni e dei consumi energetici molto simile a quelle ottenute dagli scenari francesi di *Negawatt* (Acket and Bacher, 2013).

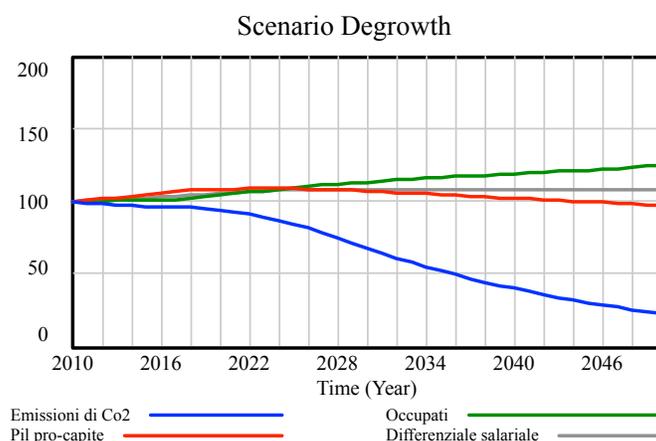


Figura 3: Scenario *Degrowth*: indicatori principali

Il resto del report è così organizzato. Nella sezione successiva presentiamo una descrizione qualitativa del modello rimandando all'Appendice 1 la parte analitica. Nella sezione 3 vengono riportate le fonti dei dati che sono stati utilizzati per le calibrazioni e la definizione degli scenari attraverso la descrizione delle politiche prese in considerazione. La sezione 4 riporta la discussione dei principali risultati ottenuti. La sezione 5 conclude con le considerazioni finali. Infine, l'appendice 1 riporta la descrizione dettagliata delle 27 politiche utilizzate nel modello per la determinazione dei tre scenari.

2 Il modello

Una rappresentazione aggregata del modello è presentata nella Figura 4. Il modello prende in considerazione quattro tipologie di individui: gli occupati, i disoccupati, i pensionati

e i capitalisti. La dinamica della popolazione determina il numero dei soggetti attivi e dei pensionati. In questa versione non prendiamo in considerazione effetti endogeni (di retroazione) sul tasso di partecipazione la cui dinamica è stabilita esogenamente.⁵

L'economia è composta da tre settori principali: il settore dei beni di consumo finali tradizionali, il settore dell'economia locale e sociale e il settore di produzione di energia. Data l'importanza del settore energetico nella struttura del modello, distinguiamo il consumo finale e intermedio di energia elettrica, di gas metano e di petrolio, tenendo conto che la produzione di energia elettrica può avvenire attraverso le fonti fossili (solide, liquide e gassose) o con l'energia rinnovabile. L'uso di fonti fossili per l'uso di energia produce CO_2 , che è il principale indicatore ambientale che consideriamo. Allo stesso tempo però l'uso di energia e il consumo di beni e servizi produce un impatto ambientale che riduce la qualità ambientale. Inoltre, assumiamo che le famiglie possano fare investimenti in efficienza energetica attraverso l'investimento al fine di ridurre il consumo di energia.

All'interno dell'economia locale e sociale includiamo oltre ai settori generalmente considerati non di mercato (si veda ad es. la definizione di *Eurostat* all'interno della divisione dei settori produttivi *NACE*), anche la vendita diretta, intesa sia in termini di produzione di beni alimentari (ad es. produzione a chilometro zero, gruppi di acquisto solidale) che di artigiani e riparatori locali. Questo ci allontana dai modelli standard, ma ci consente di capire gli effetti che determinate politiche sulla diffusione dell'economia locale e circolare possono avere all'interno del sistema economico. Quest'ultimo elemento si lega alla proposta di esplicitare in qualche modo il ruolo dei beni durevoli, per analizzare l'effetto dell'aumento della durata media di alcuni prodotti soprattutto rispetto al lavoro locale generato e al consumo di energia (nel settore dell'economia sociale). Purtroppo, al momento, non esistono ricostruzioni rigorose quantitative dell'importanza di questo settore. Per capire quanta parte del reddito delle famiglie sia speso nell'economia locale abbiamo utilizzato l'indagine sulla spesa delle famiglie prodotta dall'ISTAT

⁵La dinamica della popolazione è basata sulle proiezioni demografiche dell'ISTAT, sia per quanto riguarda la crescita della popolazione sia per le stime della forza lavoro e quindi del tasso di partecipazione. Si noti che queste stime sono significativamente diverse da quelle del modello PRIMES (la popolazione in Italia nel 2050 è prevista pari a 67 milioni nel modello PRIMES e 62,5 milioni nelle previsioni più alte dell'ISTAT - limite superiore 90% dell'intervallo di confidenza). Assumiamo una struttura della popolazione a quattro coorti: $I = 0 - 14$, $II = 15 - 44$, $III = 45 - 64$ e $IV = 65+$ anni. Seguiamo nel tempo l'evoluzione di queste coorti dati i tassi di maturazione tra una e la successiva e i tassi di mortalità e il tasso di natalità (che vale anche per migrazione in ogni coorte). I parametri scelti sono basati sulle stime demografiche dell'ISTAT. Le due coorti centrali costituiscono la popolazione attiva.

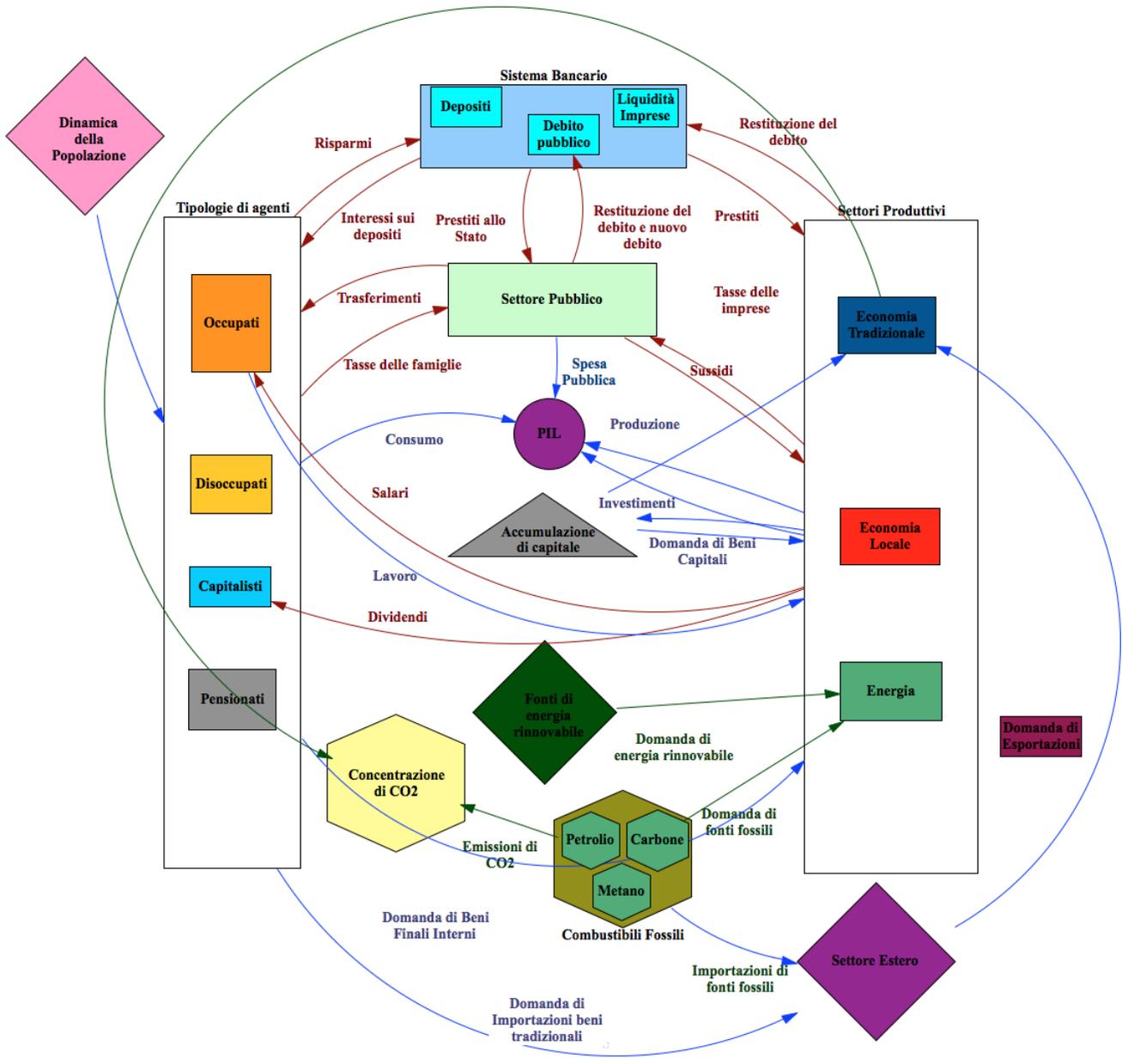


Figura 4: La struttura macro del modello

(su un campione di circa 25000 famiglie italiane). Alla luce di vari studi assumiamo che questo settore riceva, inizialmente, circa il 10% della domanda delle famiglie e della pubblica amministrazione.⁶

Questa struttura è completata considerando la presenza del sistema bancario e del governo. Il sistema bancario detiene i depositi delle famiglie, lo stock di debito pubblico e la liquidità delle imprese (i debiti delle imprese). I flussi monetari sono visibili in rosso nella figura 4. Il governo percepisce tasse sia dalle famiglie che dalle imprese e fronteggia tre tipologie di spesa: i trasferimenti alle famiglie, i sussidi alle imprese (che per il momento non sono considerati) e la spesa per acquisto di beni e servizi.

Infine, consideriamo gli scambi con l'estero che riguardano i beni prodotti nei settori dei beni di consumo finali tradizionali e l'importazione di fonti di energia fossili e di energia elettrica. Al contrario, non consideriamo la possibilità che vi siano rapporti con l'estero nel settore dell'economia sociale (i prodotti del settore sono beni e servizi non esportabili).

2.1 Distribuzione del reddito e comportamento dei consumatori

Gli occupati percepiscono un reddito pari al salario orario del settore nel quale sono occupati moltiplicato per il numero di ore annuali mediamente lavorate nel settore. I disoccupati ottengono mediamente un reddito annuale (es. sussidio di disoccupazione) che è una frazione del salario annuale più basso fra i quattro settori. I redditi dei pensionati sono proporzionali al salario medio.⁷ Infine, assumiamo che esista una classe di capitalisti, che ottengono i dividendi (ossia i profitti distribuiti) in quanto proprietari di banche e/o imprese.⁸ Questa distinzione consente di valutare la dinamica della distribuzione

⁶Il dato di partenza non è comunque estremamente importante, quello che ci interessa è capire l'effetto di un cambiamento strutturale dell'economia verso l'economia sociale e locale.

⁷Questa proporzione varia nel tempo. Vista l'attuale legislazione vigente ci si aspetta una continua riduzione del reddito del pensionato medio. Nonostante questa riduzione la spesa per pensioni aumenta in modo significativo a causa dell'invecchiamento della popolazione. Ritorneremo su questo punto nella definizione degli scenari e nella descrizione delle politiche.

⁸È chiaro che questa ipotesi è un'approssimazione. La proprietà delle imprese è almeno parzialmente all'interno dei "portafogli" finanziari delle famiglie. In ogni caso la gran parte della proprietà delle imprese in Italia è distribuita tra un gruppo di persone che non sono lavoratori dipendenti e non percepiscono un salario. In ogni caso da un punto di vista formale, l'ipotesi che viene fatta nel modello è che esista un comportamento medio degli agenti percettori dei profitti distribuiti. In altre parole un lavoratore dipendente che ha un reddito addizionale da capitale, si comporta come un "puro" lavoratore per la parte di reddito da lavoro, e come un "puro" capitalista per i redditi da capitale.

funzionale del reddito che ha certamente un forte impatto sulla distribuzione personale del reddito e della ricchezza. A sua volta, nella tradizione di [Kalecki \(1954, 1971\)](#), la distribuzione del reddito influenza la domanda aggregata per consumi e servizi finali. Infatti, data la tradizionale assunzione che i lavoratori consumano una quota maggiore del proprio reddito rispetto ai capitalisti, una distribuzione del reddito più progressiva aumenta la domanda aggregata.

Dati i redditi lordi di queste quattro categorie, attraverso la tassazione differenziata per ogni categoria si determina il reddito disponibile complessivo dell'economia. La spesa aggregata delle famiglie in consumi è una funzione del reddito disponibile realizzato nel periodo precedente e della ricchezza iniziale del periodo. Una volta determinato la spesa per consumi assumiamo che le preferenze delle famiglie determinino la quota spesa nei tre settori (economia tradizionale, economia locale e sociale, energia). Queste quote sono assunte stabili nello scenario BAU mentre subiscono lievi modifiche negli altri due scenari.

Come vedremo in seguito, tutte le tipologie di investimento delle imprese dipendono, in un dato periodo, dalle condizioni caratteristiche del periodo precedente, e che sono quindi dati all'inizio del periodo. Per semplicità assumiamo che tutti gli investimenti siano beni tradizionali e quindi sono da considerarsi una componente della domanda complessiva del settore tradizionale. Come tali, parte di questa domanda è rivolta a beni prodotti all'estero.

Si noti, infatti, che l'unico settore finale aperto agli scambi con l'estero è quello tradizionale, mentre l'importazione di energia elettrica e fonti fossili è un bene intermedio che rientra nei costi delle imprese produttrici di energia. Le importazioni sono una frazione della domanda aggregata del settore finale. Questa frazione dipende dal rapporto tra i prezzi dei prodotti nazionali e quelli internazionali.⁹

Dati i prezzi decisi dalle imprese, le quote di spesa e la spesa per consumi totale, le domande di beni e servizi finali sia del settore tradizionale che di quello locale sono determinate. Per quanto riguarda invece da domanda di energia, la spesa energetica delle famiglie viene distribuita tra elettricità, metano e prodotti petroliferi, in base ad ulteriori proporzioni. La quota di spesa in ogni tipologia di fonte energetica è inizialmente pari al 28% per l'elettricità, 32% per il metano, il 40% per il petrolio.¹⁰ Le famiglie inoltre

⁹In questa versione del modello, le variazioni di prezzo nel settore tradizionale sono estremamente limitate, quindi l'effetto sulla quota di importazioni è sostanzialmente ininfluenza almeno per quanto riguarda lo scenario BAU e GG.

¹⁰Questi valori derivano dall'indagine ISTAT sui consumi delle famiglie.

possono impiegare una parte della propria ricchezza per investimenti in efficienza energetica. Questi investimenti dipendono dagli incentivi ricevuti e, più in generale, dal grado di informazioni in proprio possesso e della loro consapevolezza delle problematiche ambientali.¹¹ L'efficientamento energetico delle famiglie produce un risparmio. Questo risparmio aumenta i consumi del periodo successivo in tutti e tre i settori. Questo feedback, che vuole rappresentare l'effetto rimbalzo, non è quindi concentrato nel settore energetico, ma viene suddiviso proporzionalmente nelle domande di tutti i settori.

La variazione dei depositi delle famiglie, che rappresentano nel nostro modello la sola forma di ricchezza, è data dalla differenza tra il reddito disponibile e la spesa per consumi meno la spesa per investimenti in efficientamento energetico del periodo. Seguendo il ragionamento sul ruolo della distribuzione funzionale, abbiamo analizzato due stock di depositi: uno per i redditi da capitale (profitti distribuiti) e uno per tutti gli altri redditi.

La spesa pubblica per acquisto di beni e servizi segue una struttura analoga a quella delle famiglie, per questa ragione non viene discussa in dettaglio. Si noti però che, da un lato, la spesa per investimenti del governo entra direttamente nel saldo del bilancio pubblico, dall'altro, le quote di spesa nei vari settori sono decisioni che varieranno negli scenari in modo significativo attraverso le politiche stabilite.

Inoltre, assumiamo che il settore tradizionale riceva una domanda estera da esportazioni. Le esportazioni sono determinate da un tasso di crescita esogeno e dalla dinamica dei prezzi interni rispetto a quelli esteri.

2.2 Produzione e domanda dei fattori

Il settore produttivo è diviso in quattro principali industrie caratterizzate da una specifica funzione di produzione: beni e servizi tradizionali, beni e servizi sociali e locali, energia proveniente da fonti fossili ed energia da fonti rinnovabili. La distinzione tra i due settori energetici è importante per capire come l'atteso sviluppo delle fonti rinnovabili determini cambiamenti nei saggi di profitto del settore energetico "tradizionale" e, quindi, sia sull'occupazione che sull'accumulazione di capitale. Inoltre, la produzione di energia rinnovabile è strettamente legata alla capacità installata che è specifica di quell'industria e quindi è importante determinare l'accumulazione di capitale propria di questa industria. La produzione necessita di tre fattori produttivi: lavoro, capitale ed energia. Una delle assunzioni che caratterizzano l'economia post-keynesiana è che i coefficienti di produ-

¹¹Vedremo che il governo può incentivare questi investimenti direttamente.

zione siano costanti, almeno nell'unità di tempo considerata. Uno dei punti cruciali di questo modello è la dinamica della produttività del lavoro e dell'efficienza energetica.

Data la discussione del paragrafo precedente, sono dunque definite le domande interne nel settore tradizionale e locale. In questi due settori quindi la produzione sarà determinata proprio dalla domanda ricevuta. Data la quantità prodotta e dato il capitale disponibile all'inizio del periodo, vengono così definite le domande di lavoro ed energia. Per quanto riguarda il lavoro, per tenere conto delle continue modifiche delle istituzioni che determinano il funzionamento del mercato del lavoro, assumiamo che una quota dei lavoratori sia proporzionale alla capacità installata dalle imprese, mentre la restante quota dipenda direttamente dalla domanda fronteggiata nell'anno dal settore. Alla base di questa specificazione vi è la tradizionale divisione tra lavoro "fisso" e "flessibile". L'occupazione totale è data da una somma pesata dei due tipi di lavoratori. L'aumento della flessibilità nel mercato del lavoro tende ad aumentare la quota di lavoro variabile che seguirà il ciclo economico della domanda. Assumendo data la produttività media del settore all'inizio del periodo e il numero di ore medie lavorate viene così determinata la quantità di lavoro impiegata.

L'energia usata nella produzione di beni e servizi dipende dalla domanda aggregata. Nei settori tradizionale e locale, l'efficienza energetica all'inizio del periodo e la domanda finale determinano la quantità di energia necessaria alla produzione che viene suddivisa in base a specifici parametri tra elettricità, metano e prodotti petroliferi. Questi parametri cambiano nel tempo tendendo a far aumentare la domanda di energia elettrica.¹²

La dinamica del capitale nei vari settori è discussa nella sezione 2.4.

2.3 Il settore energetico

Il settore energetico fronteggerà la domanda degli altri settori oltre a quella delle famiglie e del governo. Più precisamente sono definite le domande delle tre fonti principali di energia: elettrica, metano, petrolio.

Per quanto riguarda il metano e il petrolio, teniamo conto delle limitate estrazioni nazionali e ipotizziamo un leggero aumento della resa per l'intero periodo.¹³ Il resto delle quantità di fonti fossili viene importato. La raffinazione e la distribuzione di queste

¹²Le variazioni di queste quote sono uno dei parametri chiave nella costruzione dei tre scenari.

¹³L'energia ottenuta dall'estrazione nazionale varia esogenamente. Il metano passa da poco meno di 7 a poco più di 10 Mtep, e il petrolio da 5 a circa 7,5. Nonostante fosse più coerente con le proposte di MDF una riduzione delle estrazioni nazionali, la variazione resta costante nei tre scenari. Si noti che l'effetto all'interno del modello è comunque marginale.

fonti viene considerato parte del settore energetico tradizionale (insieme, come vedremo in breve, alla produzione di energia termoelettrica, in particolare per quanto riguarda il metano). In ogni caso, la domanda di petrolio e metano determina una quantità di lavoro, che in questo caso è indipendente dal capitale installato.

Come accennato sopra, la produzione di energia elettrica si divide in due industrie. Quella termoelettrica che utilizza fonti fossili gassose e solide (carbone in particolare) per la produzione elettrica, e quella rinnovabile. Il cambiamento del mix energetico è uno degli indicatori più importanti che saranno presentati nell'analisi degli scenari. Inoltre, parte della domanda di energia elettrica è soddisfatta tramite le importazioni.¹⁴ L'industria rinnovabile è l'unico settore nel quale la produzione non dipenda dalla domanda. Assumiamo, infatti, che essa sia proporzionale al capitale installato. Di conseguenza, la produzione di energia termoelettrica sarà data dalla domanda lorda ricevuta (compresa del consumo dello stesso settore energetico e delle perdite di distribuzione) al netto delle importazioni e della produzione rinnovabile. Entrambe le produzioni hanno un loro specifico capitale. Mentre nel settore termoelettrico l'occupazione è determinata esattamente come per i due settori di beni di consumo, nella produzione delle rinnovabili l'occupazione è proporzionale al capitale installato.

2.4 Dinamica del capitale, efficienza energetica e produttività del lavoro

Le decisioni private di investimento sono il cardine della dinamica del modello. Queste decisioni riguardano l'investimento in capitale fisso e l'investimento specifico in efficienza energetica.

L'ammontare di investimento in capitale fisso è determinato dal tasso di crescita del capitale desiderato che è funzione dell'utilizzazione della capacità produttiva e del rapporto tra i profitti non distribuiti e il valore del capitale impiegato (*cash flow to capital ratio*). Data la produttività del capitale, il tasso di utilizzazione della capacità produttiva è definito come il rapporto tra la domanda fronteggiata e la produzione potenziale (pari allo stock di capitale moltiplicato per la produttività del capitale). Se questo livello è diverso da quello desiderato le imprese tendono ad aumentare o ridurre gli investimenti. Gli investimenti in ogni settore saranno stabiliti in modo da raggiungere il tasso di crescita desiderato del capitale, tenuto conto del deprezzamento del capitale. Da un punto

¹⁴Per semplicità ipotizziamo che la quantità importata sia costante, in linea comunque con i dati a disposizione.

di vista finanziario, se gli investimenti sono maggiori dei profitti non distribuiti, la differenza è realizzata attraverso il credito delle banche che aumenta lo stock di debito delle imprese. Nel caso contrario, lo stock di debito dell'impresa si riduce.

La produttività del capitale dipende dagli investimenti pubblici in infrastrutture, e solo nel settore tradizionale da un tasso di crescita esogeno (pari allo 0,4% annuo).

In ogni settore, la variazione della produttività del lavoro dipende da cinque fattori:

- i. dal tasso di crescita esogeno (0,2% nel settore tradizionale e in quello termoelettrico, 0,1% nel settore dell'economia sociale e locale e in quello delle rinnovabili);
- ii. dal tasso di crescita del capitale del settore;
- iii. dal tasso di crescita del salario orario medio del settore;
- iv. dalla variazione percentuale del numero di ore lavorate nel settore;
- v. dagli investimenti pubblici in automazione (che incorporano anche i sussidi pubblici a questo scopo).

La variazione dell'efficienza energetica dipende dall'ammontare degli specifici investimenti effettuati dalle imprese o dallo stato e dal tasso di crescita del capitale. L'investimento privato è determinato da una componente esogena (che varierà nei tre scenari), dalla differenza tra la variazione del prezzo dell'energia e il tasso di inflazione e dall'ammontare richiesto per mantenere costante il livello di efficienza energetica (si suppone un grado di deprezzamento dell'efficienza energetica). Assumiamo inoltre che gli investimenti in efficientamento energetico mostrino rendimenti decrescenti. Quindi, più alto è il livello di efficienza raggiunto più piccolo sarà l'effetto sul livello dello stock di un'unità di investimento. Questo effetto viene ottenuto attraverso la fissazione di tetti massimi di efficienza energetica raggiungibili in ogni settore.

2.5 Salari e prezzi

I salari orari in ogni settore dipendono positivamente dal tasso di crescita della produttività del lavoro e dell'inflazione, negativamente dal tasso di disoccupazione.¹⁵

Dati i salari, possiamo stabilire quali sono i costi unitari di produzione e, attraverso il costo unitario e il livello di tassazione indiretta, la fissazione del prezzo dei beni, assumendo un mark-up specifico in ogni settore. Si noti che nel calcolo del costo unitario

¹⁵Si noti che mentre il tasso di disoccupazione non è specifico di ogni settore, possono esserlo le sensibilità delle sue variazioni nei quattro settori, dovute ad esempio al grado di sindacalizzazione, alla stabilità dei contratti e ad altri fattori.

viene comunemente incluso anche l'ammortamento del capitale nell'unità di tempo. Il mark-up è influenzato dall'aumento della produttività del lavoro. Inoltre, i profitti settoriali sono dati dalla differenza tra ricavi e costi in ogni settore, nei quali andranno inseriti i costi per gli interessi sui prestiti ricevuti.

Infine, assumiamo che i profitti siano in parte distribuiti e in parte trattenuti dalle imprese nel periodo successivo per ripagare i debiti o per coprire una parte della spesa in investimenti. Se, in un certo periodo, i profitti trattenuti fossero maggiori della spesa in investimenti, il debito si ridurrebbe.

2.6 Settore Pubblico

Le uscite si dividono in quattro macro aggregati: la spesa pubblica; i trasferimenti per pensioni; i sussidi di disoccupazione; gli interessi sul debito pubblico. Per semplicità assumiamo che il governo abbia un livello di spesa pubblica proporzionale al prodotto interno lordo del periodo precedente. Questa spesa si divide tra l'acquisto di beni e servizi nel settore tradizionale e in quello sociale e locale, i consumi di energia e gli investimenti pubblici. Gli investimenti pubblici vengono divisi tra efficientamento energetico della pubblica amministrazione, delle imprese e delle famiglie; investimenti per automazione e per infrastrutture e in aumento della capacità produttiva di energia rinnovabile. Le politiche determinano l'ammontare specifico di questi investimenti.

Le entrate sono determinate dalla somma della tassazione diretta e quella indiretta. La prima comprende le tasse su tutte le tipologie di reddito e quelle sui profitti delle imprese. La seconda quelle sui beni scambiati nell'economia.

La differenza tra entrate e uscite determina il saldo del bilancio pubblico in ogni periodo. Se questa differenza è negativa (positiva), lo stock di debito pubblico aumenta (diminuisce).

Il debito pubblico è posseduto interamente dal sistema bancario. Dati i tassi di interesse sui depositi, sui debiti delle imprese e sul debito pubblico che consideriamo costanti, i profitti delle banche sono dati dalla differenza di questi flussi monetari che saranno totalmente distribuiti.

2.7 Qualità ambientale

Nonostante il modello non integri una funzione di danno ambientale, è stata introdotta una variabile di qualità ambientale caratterizzata da una propria dinamica naturale e

sulla quale impatta il sistema produttivo non solo attraverso l'uso di fonti fossili, ma in generale attraverso l'uso di energia e della quantità di consumo. Per una descrizione più precisa della funzione e delle sue proprietà si veda [Bernardo and D'Alessandro \(2016\)](#). Questo indicatore consente di investigare se le politiche volte a ridurre le emissioni di CO_2 siano allo stesso tempo in grado di limitare il danno ambientale o di sostenere un miglioramento di questo indicatore.

3 Fonti principali dei dati e definizione degli scenari

Le numerose interazioni descritte nella sezione precedente rendono evidente la complessità del modello che consente di valutare l'impatto sociale, economico e ambientale di cambiamenti nelle scelte del governo e degli agenti economici. L'analisi dei risultati è fatta attraverso le simulazioni di scenari alternativi. Per quanto il modello sia calibrato sui dati italiani, gli scenari che vengono costruiti non hanno l'ambizione di rappresentare delle previsioni numeriche precise, ma mirano ad illustrare la catena di effetti e le ripercussioni delle variazioni sul sistema. L'obiettivo dunque è quello di migliorare la nostra conoscenza e la consapevolezza delle problematiche e delle possibili soluzioni tenendo conto di un'ampia gamma di indicatori.

Le calibrazioni dei parametri esogeni del modello e la scelta dei valori iniziali sono state effettuate considerando le banche dati disponibili. Per quanto riguarda la parte demografica e quella economica (sia per quello che riguarda le famiglie e i loro consumi, le imprese e il settore pubblico) i dati derivano dall'ISTAT, in particolare, dai conti nazionali, dalle indagini sui consumi delle famiglie e dalle stime demografiche. Per quanto riguarda la parte energetica, abbiamo fatto riferimento ai dati Eurostat sul bilancio energetico confrontando anche le previsioni di EUCO basate sul modello PRIMES. Infine, i dati sulle emissioni derivano dalle stime ISPRA. Si noti che il modello considera soltanto le emissioni collegate all'energia.

Sono stati definiti tre scenari alternativi: *Business as Usual*, *Green Growth* e *Degrowth*. Discutiamo qui brevemente le caratteristiche dei tre scenari, mentre tutte le differenze sono presentate e commentate nella scheda delle politiche in Appendice 1.

Business as Usual (BAU): Questo scenario rappresenta la dinamica del sistema date le politiche attuali sia in termini di risparmio energetico sia economiche. La parte energetica è costruita partendo dalle stime EUCO basate sul modello PRIMES. Differentemente da questi dati, il tasso di crescita medio del PIL risulta essere inferiore (specialmente nel

periodo 2030-2050) come significativamente inferiore è il tasso di crescita della popolazione (nel 2050 la popolazione raggiunge i 62,5 milioni nel nostro modello contro i 67 milioni di PRIMES). In questo scenario, si considerano investimenti pubblici in efficienza energetica e in aumento della produttività del lavoro (Industria 4.0).

Green Growth (GG): Lo scenario GG si propone di raggiungere i target stabiliti dai vari accordi Europei prendendo spunto sia dalle politiche discusse dalla letteratura internazionale su *green growth*, sia dalle azioni indicate nella Strategia Energetica Nazionale (Ministero dello Sviluppo Economico, 2017). Queste azioni, oltre a cambiare la composizione della spesa pubblica, sono in grado di modificare le scelte delle famiglie e delle imprese. Particolarmente rilevanti risultano essere l'aumento degli investimenti pubblici rispetto allo scenario BAU con un notevole aumento degli investimenti in rinnovabili, il cambiamento nella composizione della domanda di energia a favore dei consumi elettrici, il mantenimento di alti contributi all'automazione.¹⁶ In sintesi, un'economia che cerca, attraverso l'efficientamento energetico e l'aumento della produttività del lavoro di mettere insieme il rispetto ambientale e la crescita economica.

DeGrowth (DG): Le politiche che sono state fatte sono molteplici: quelle ambientali sono in parte simili a quelle della GG: i) aumento investimenti famiglie in efficienza energetica, ii) aumento degli investimenti pubblici e privati sull'efficienza della produzione, e iii) aumento degli investimenti in rinnovabili (anche se a un tasso inferiore rispetto al GG). Lo scenario DG aggiunge in particolare: (i) la Carbon Tax; (ii) una tassa sui redditi disponibili pari al 5% per il ripristino dei danni ambientali. Sul lato sociale i cambiamenti sono molto più significativi:

- riduzione dell'orario di lavoro di circa il 30% tra il 2018 e il 2050 (una riduzione annuale media di circa l'1%);
- il cambiamento delle quote di spesa delle famiglie e del settore pubblico dal settore tradizionale a quello locale che induce un cambiamento strutturale;
- un aumento della tassazione dei redditi da profitti dal 42% al 52% in 15 anni.

Questi cambiamenti influenzano strutturalmente il sistema economico e sociale e anche la qualità dell'ambiente.

¹⁶Si noti che i sussidi e le detrazioni concessi a privati (sia famiglie che imprese) per miglioramenti ambientali sono considerati nel modello impropriamente come investimenti pubblici.

4 Risultati

Le Figure 5-10 illustrano i risultati ottenuti attraverso le simulazioni dei tre scenari appena descritti. Le prime quattro figure, 5a-5d, mostrano i risultati nei tre scenari in termini di emissioni. Rispetto al target della riduzione di emissioni di CO_2 dell'80% nel 2050 rispetto ai valori del 1990, lo scenario DG è l'unico che raggiunge l'obiettivo con una riduzione di circa l'81% (cfr. figura 5c). A livello pro-capite le riduzioni sono ancora più evidenti passando dalle attuali 6,7 tonnellate a 1,4 nello scenario DG (cfr. figura 5b). Al contrario nello scenario GG, la riduzione delle emissioni si ferma a circa il 65%. Anche lo scenario BAU, date le politiche correnti riesce a portare una riduzione significativa delle emissioni. Si noti che in termini di intensità delle emissioni, gli scenari DG e GG sono molto simili (cfr. figura 5d). Il contributo all'ulteriore riduzione in DG è dovuta principalmente alla riduzione dei consumi sia energetici ma anche, e soprattutto, di quelli di beni e servizi.

Questo risultato è evidente dalle figure sui consumi energetici lordi 5e e 5f, dove le differenze tra lo scenario GG e DG sono molto evidenti. Nonostante il forte aumento nella produzione di energia elettrica attraverso le fonti rinnovabili (le figure 6c e 6d illustrano il mix della produzione elettrica nazionale), e la riduzione sotto il 50% dell'intensità energetica (cfr. figura 6a) – sostanzialmente pari a quella dello scenario DG, lo scenario GG non riduce sufficientemente i consumi energetici. Il fatto che l'intensità energetica sia sostanzialmente equivalente negli scenari GG e DG, non significa, come si evince dalle politiche, che gli investimenti in efficienza siano gli stessi. La riduzione della domanda di beni e servizi in DG aiuta a ridurre l'intensità energetica. Inoltre si noti che il forte calo del consumo energetico finale delle famiglie pesa a fine periodo per il 39% della differenza totale di consumo lordo (6b). Più del 60% è dunque dovuto alla riduzione del consumo di beni e servizi.

Nello scenario GG la quota di energia rinnovabile rispetto ai consumi finali di energia raggiunge il 27% nel 2030 e circa il 70% nel 2050 (cfr. figura 6e). L'ulteriore aumento di questa quota nello scenario DG è dovuta nuovamente alla riduzione della domanda aggregata, la quale più che compensa una riduzione nella produzione aggregata di energia rinnovabile (si noti che nello scenario GG la produzione di energia rinnovabile arriva nel 2050 a circa 62 Mtoe contro i 51,5 in DG).

Infine, l'indice di qualità ambientale peggiora significativamente sia nel BAU che nel GG. Attraverso la tassazione "di scopo", lo scenario DG riesce invece a ripristinare il danno ambientale e a ridurre i conseguenti rischi di danni consistenti al sistema socio-

economico (cfr. figura 6f).

La figura 7 mostra la dinamica del PIL e dei principali aggregati della domanda nei tre scenari (per la dinamica della spesa pubblica si veda figura 10d). In termini di PIL nominale e pro-capite (cfr. figure 7a e 7b rispettivamente), lo scenario GG risulta quello che raggiunge i risultati migliori, con un tasso di crescita medio del PIL di circa l'1% nell'intero periodo. La differenza con lo scenario BAU è legata principalmente all'aumento degli investimenti in risparmio energetico e capacità rinnovabile (cfr. figura 7d). Attraverso il moltiplicatore della domanda l'aumento di investimenti si riflette anche sui consumi aggregati (cfr. figura 7c). Per quanto riguarda le esportazioni e le importazioni non ci sono differenze sostanziali tra gli scenari BAU e GG (cfr. figure 7e e 7f). Dai grafici della figura 7 appare evidente la diversità dello scenario DG. La riduzione della propensione marginale al consumo, l'aumento della tassazione sui profitti e il contributo per il ripristino ambientale riducono la domanda aggregata. Questa decrescita contribuisce in modo sostanziale a ridurre il consumo di energia sia diretto che indiretto e a raggiungere gli obiettivi di risparmio energetico e emissioni. Si noti che la riduzione dell'orario di lavoro non contribuirebbe, da sola, al contenimento della domanda. Al contrario, i consumi aggregati aumenterebbero mentre si ridurrebbero gli investimenti (per via dell'aumento dei costi di produzione e quindi del tasso di profitto). L'esito di questi feedback non è scontato, ma nel modello l'aumento dei consumi più che compensa le imprese per l'aumento dei costi, soprattutto grazie all'aumento della quota di spesa nel settore locale che aumenta il moltiplicatore. Quindi, in un contesto di decrescita, la riduzione dell'orario di lavoro contribuisce in modo sostanziale a ridurre gli effetti negativi della riduzione del PIL. Nello scenario DG, il tasso di crescita medio del PIL, a partire dal 2018, è circa -0,3%. L'effetto complessivo in termini nominali è un ritorno a fine periodo ai livelli iniziali, mentre in termini di PIL pro-capite è lievemente al di sotto (di circa il 3%). Si noti inoltre che nonostante l'aumento dell'investimento in risparmio energetico e rinnovabili sia pubblico che privato, la spesa totale per investimenti si riduce notevolmente – nel 2050 si raggiunge un livello pari a circa i 2/3 di quello del 2018. Nelle figure 9e e 9f vengono riportati rispettivamente i livelli di investimento in efficienza energetica e sviluppo delle rinnovabili sia pubblici che privati, e la percentuale di questo aggregato sugli investimenti totali. Come si nota le politiche di GG riescono a mobilitare una somma di investimenti più alta che lo scenario DG, mentre in percentuale le differenze sono limitate. Questa quota raggiunge circa il 3,5% nel 2030 in GG e DG contro l'1,45% in BAU e poi continua ad aumentare in modo più marcato nello scenario DG data la riduzione significativa degli investimenti totali.

L'aumento dei costi di produzione, sostanzialmente blocca la crescita delle esportazioni (cfr. figura 7e). Il risultato in termini di bilancia commerciale è comunque positivo dato che il forte aumento del settore sociale e locale riduce significativamente le importazioni (cfr. figura 7f).

La figura 8 presenta la dinamica del mercato del lavoro. Il tasso di disoccupazione cresce negli scenari BAU e GG fino a raggiungere livelli superiori al 20% nel 2050 (cfr. figura 8a). L'aumento della produttività del lavoro dovuta in particolare all'automazione nel settore tradizionale (cfr. figure 8c e 8d), produce una lieve flessione nel numero degli occupati (figura 8b). La crescita della forza lavoro (da 27,5 a 29,5 milioni) determina l'aumento significativo del tasso di disoccupazione. Attraverso la riduzione dell'orario di lavoro, nello scenario DG, il tasso di disoccupazione si riduce tra il 2018 e il 2030 per poi restare stabile attorno al 6%. La riduzione della produttività media del lavoro (cfr. figure 8c e 8d) è dovuta alla riduzione degli investimenti privati (che dipendono dai costi di produzione), ma anche allo spostamento degli incentivi pubblici dall'automazione al risparmio energetico.

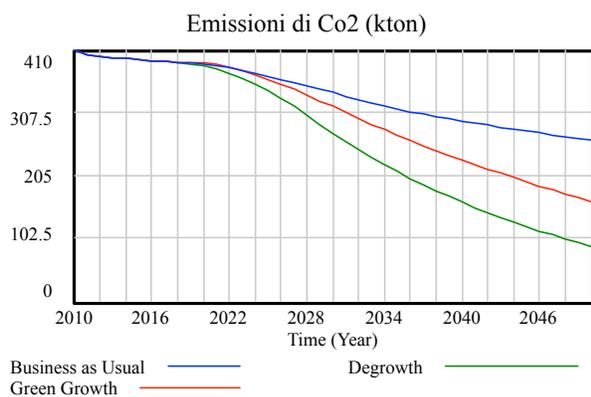
Gli ultimi due grafici della figura 8 (8e e 8f), chiariscono l'effetto sui salari della riduzione dell'orario di lavoro. Mentre la riduzione del numero delle ore riduce il salario medio annuale, la riduzione della disoccupazione tende ad aumentare il salario orario. Questo effetto modera la riduzione dei salari e contribuisce significativamente, come vedremo nel paragrafo successivo, alla riduzione della disuguaglianza sia tra percettori di redditi da lavoro e da profitti, sia all'interno del mercato del lavoro tra coloro che beneficiano dell'aumento di produttività nel settore tradizionale e gli altri.

Per quanto riguarda la distribuzione funzionale del reddito (cfr. figure 9a e 9b), possiamo notare che mentre in BAU e GG essa appare sostanzialmente stabile con un rapporto monte salari PIL medio attorno al 41%, nello scenario DG questa quota aumenta in misura significativa raggiungendo un livello di poco inferiore al 50%. Inoltre, il rapporto tra profitti distribuiti e PIL segue in modo complementare l'indicatore precedente. Si noti che, nello scenario GG, la quota dei profitti subisce una diminuzione nel 2018 dovuta al cambiamento di incentivi alla produzione di energia dall'uso di fonti fossili a quelle rinnovabili. La differenza tra lo scenario DG e gli altri due è sostanzialmente dovuta all'aumento del costo del lavoro dato dalla riduzione dell'orario di lavoro. L'aumento della tassazione sui redditi da profitto non impatta su questo indicatore. In ogni caso, il rapporto tra reddito da profitti post-tasse (compreso degli interessi sulla ricchezza imputata ai percettori di questi profitti) e reddito disponibile passa dal 34% nel 2010 al 31%

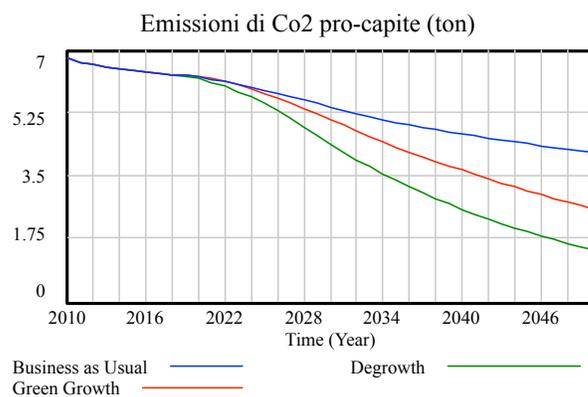
circa nel 2050 negli scenari BAU e GG, mentre diminuisce fino al 24% nello scenario DG.

La figura 9c mostra un indicatore distributivo alternativo che riassume gli effetti di polarizzazione sul mercato del lavoro dovuti soprattutto alla concentrazione dell'aumento della produttività del lavoro nel settore tradizionale. I processi di aumento di produttività del lavoro e di automazione tendono a concentrarsi in poche industrie, generando un incremento della disuguaglianza nel mondo del lavoro. Infatti il rapporto tra il salario orario nel settore tradizionale e quello locale-sociale inizialmente pari a 1,06, subisce un incremento notevole sia in BAU (fino a 1,5) che in GG (fino a 1,46). Al contrario, il cambiamento strutturale a favore dell'economia locale (cfr. figura 9d) interrompe questo processo, mantenendo il differenziale salariale sostanzialmente costante dal 2024 in poi a 1,14. L'aumento della quota del settore locale-sociale nello scenario DG, che raggiunge il 28,4% nel 2050, è dovuto ai cambiamenti indotti nella composizione della domanda delle famiglie e dello stato. Si noti che in questa versione del modello abbiamo assunto che tutti gli investimenti, compresi quelli in risparmio energetico e in sviluppo delle rinnovabili, siano rivolti al settore tradizionale.

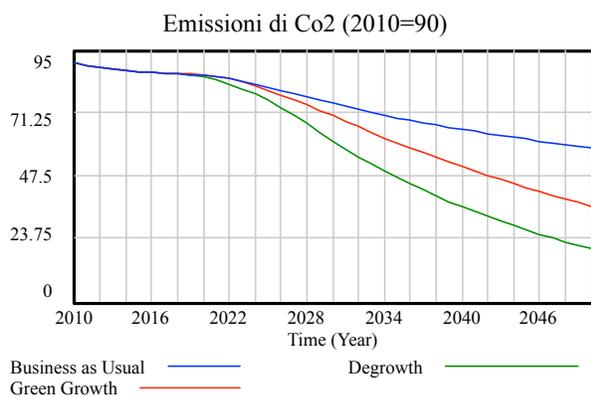
La figura 10 presenta le dinamiche dei principali indicatori dei conti pubblici. Per quanto riguarda le entrate (cfr. figura 10a) si nota il continuo aumento del gettito in BAU e GG. Questo incremento segue quello del PIL mantenendo il rapporto stabile tra il 48 e il 50%. Nello scenario DG invece le entrate tendono a ridursi a partire dal 2030, in questo caso però il rapporto tra entrate totali e PIL cresce lievemente fino al 56%. Anche la spesa pubblica aumenta negli scenari BAU e GG (cfr. figura 10b), anche se il rapporto spesa pubblica/PIL diminuisce lievemente come indicato nella politica numero 8 nell'appendice 1. Questa lieve riduzione mira a contenere l'aumento del deficit di bilancio che è causato dall'aumento dei sussidi alla disoccupazione e della spesa pensionistica. L'invecchiamento della popolazione e l'aumento dei salari medi, producono infatti un aumento insostenibile di quest'ultima. Il risultato è evidente nelle figure 10d-10f, che riportano rispettivamente i risultati del deficit annuale, del rapporto deficit/PIL e del rapporto debito/PIL. Lo scenario DG, al contrario, ottiene la sostenibilità dei conti pubblici. Infatti, grazie all'aumento del carico fiscale sui redditi da profitti, alla riduzione della disoccupazione e alla riduzione dei salari che rende sostenibile la spesa pensionistica, lo scenario DG riesce a coniugare l'aumento del rapporto spesa pubblica/PIL e degli investimenti pubblici (cfr. figura 10c) con un attivo di bilancio.



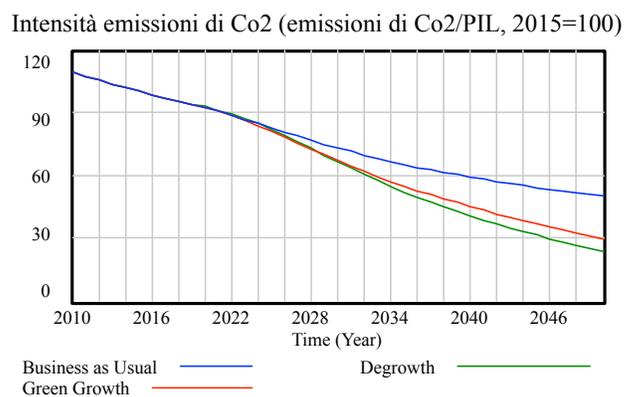
(a)



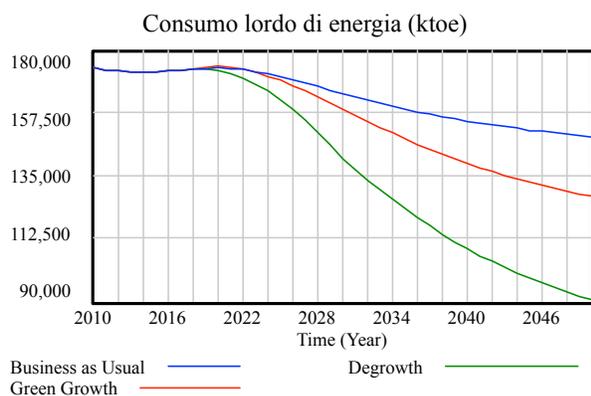
(b)



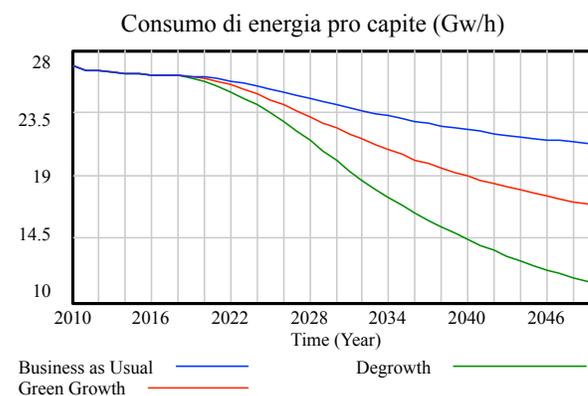
(c)



(d)



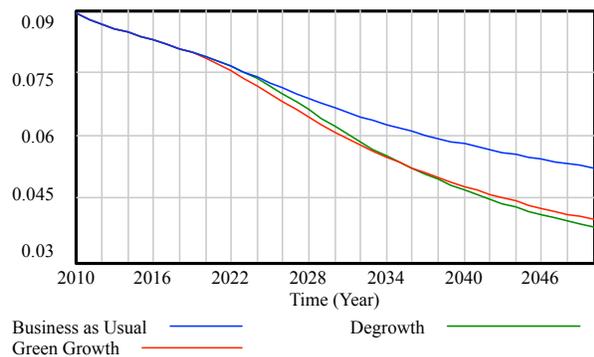
(e)



(f)

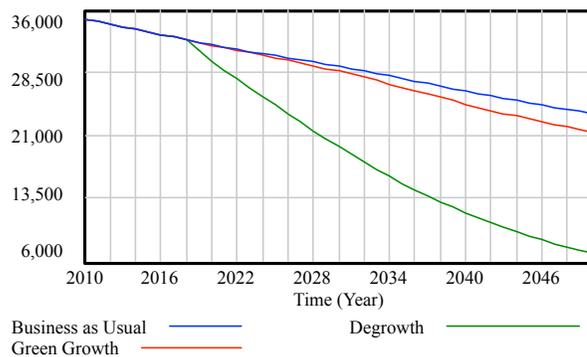
Figura 5: Scenari – Emissioni di CO_2 e consumo lordo di energia

Intensità energetica media (Domanda finale di energia/PIL)



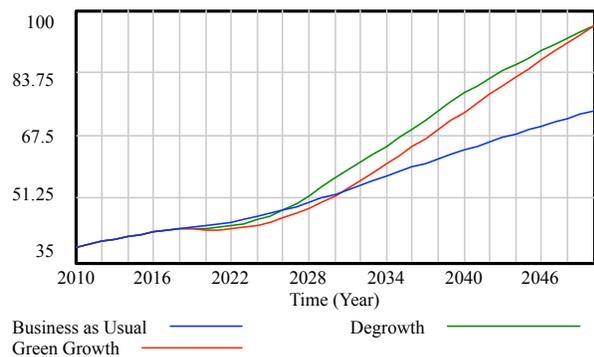
(a)

Consumo energetico famiglie (ktoe)



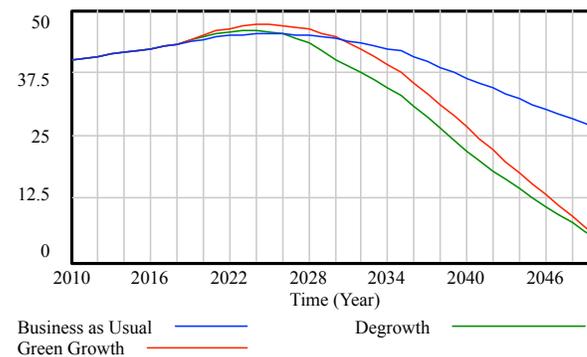
(b)

Quota rinnovabili su produzione nazionale di energia elettrica



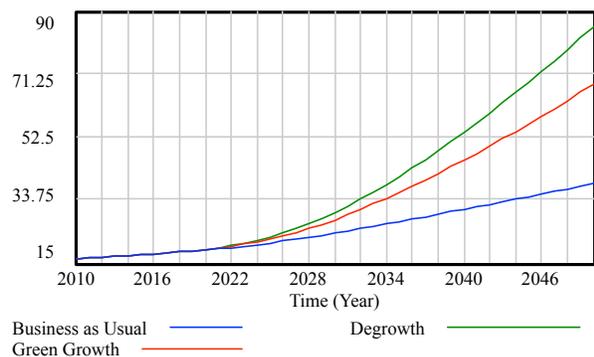
(c)

Quota metano su produzione di energia elettrica



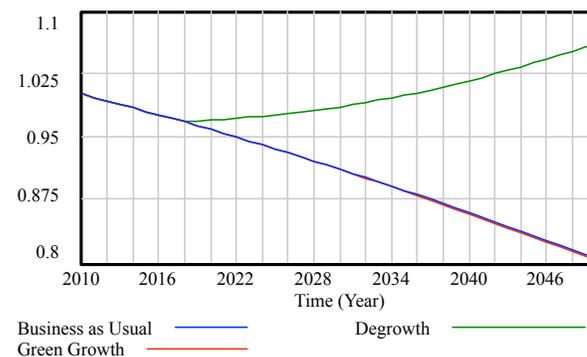
(d)

Quota FER su consumi finali di energia



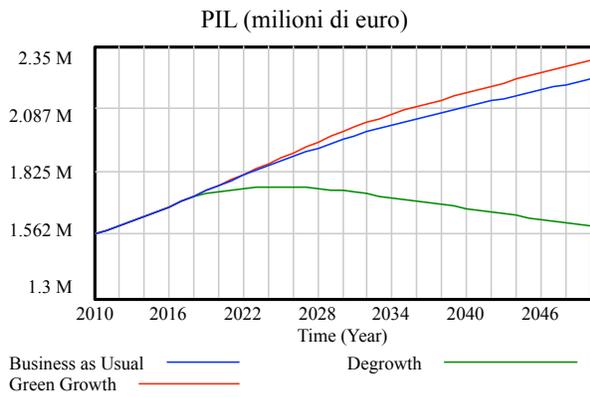
(e)

Indice di qualità ambientale (2010=1)

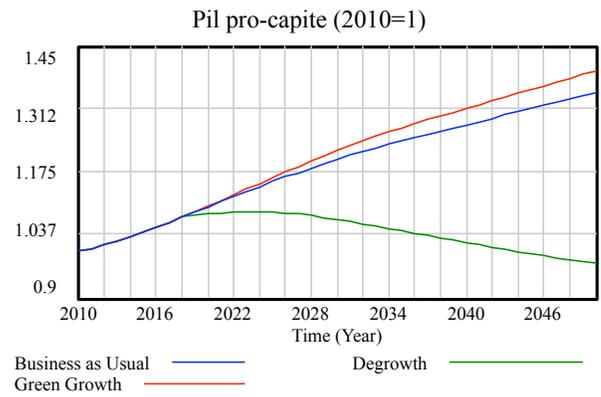


(f)

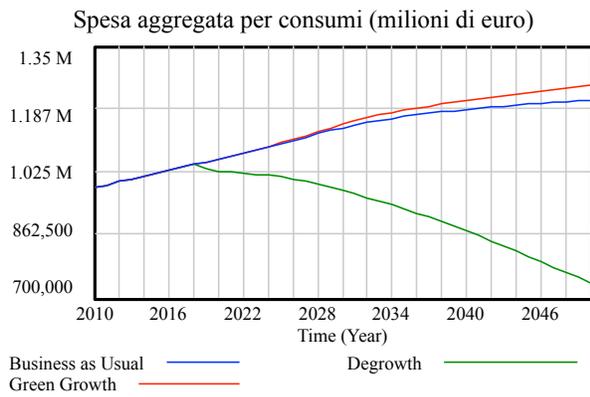
Figura 6: Scenari – Energia e qualità ambientale



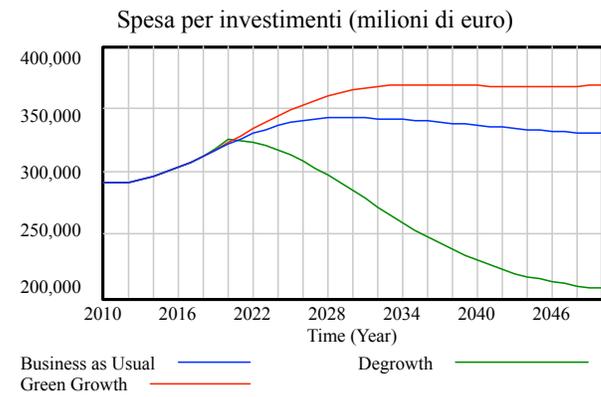
(a)



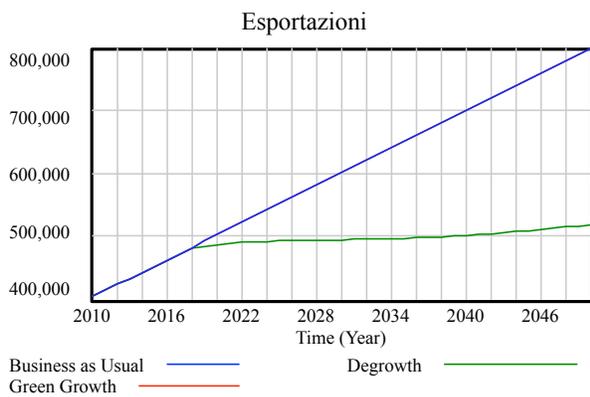
(b)



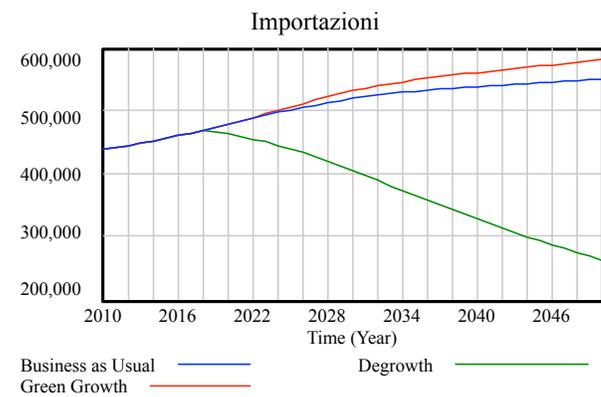
(c)



(d)

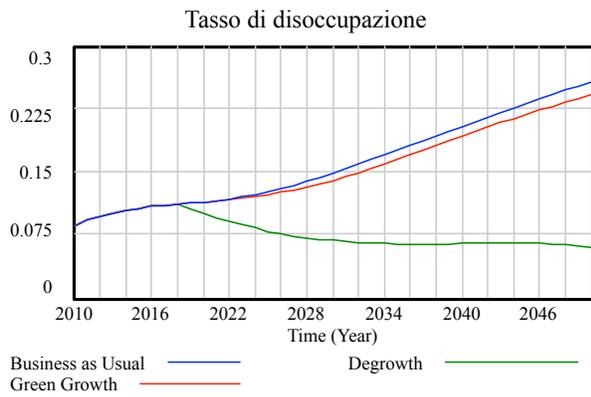


(e)

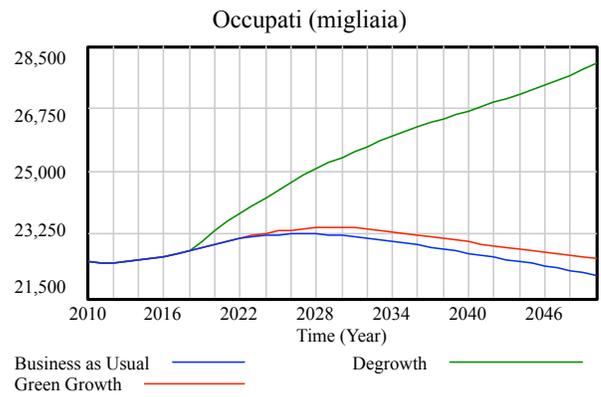


(f)

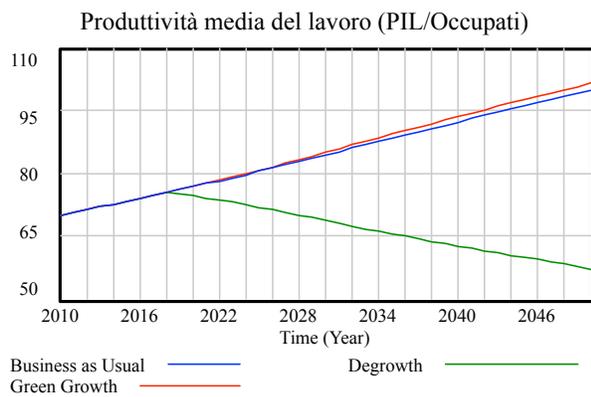
Figura 7: Scenari – Prodotto interno lordo e domanda



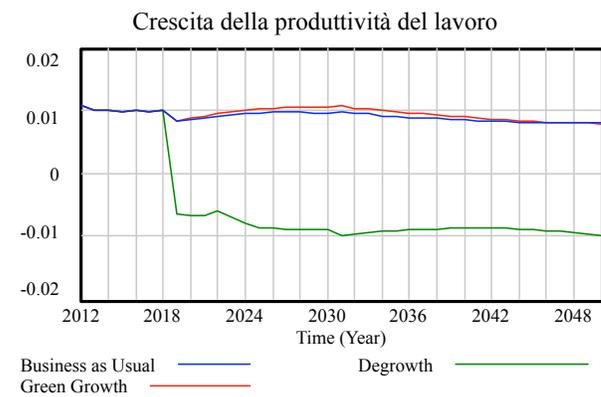
(a)



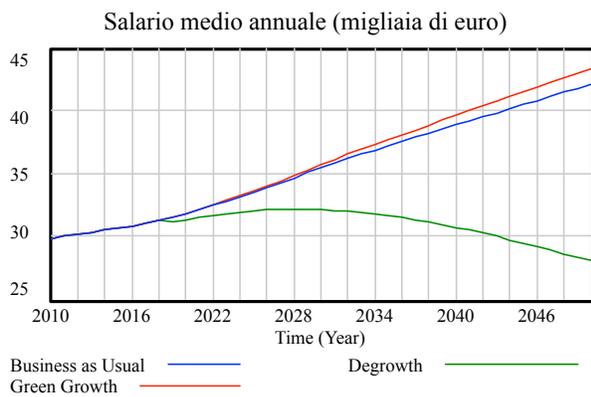
(b)



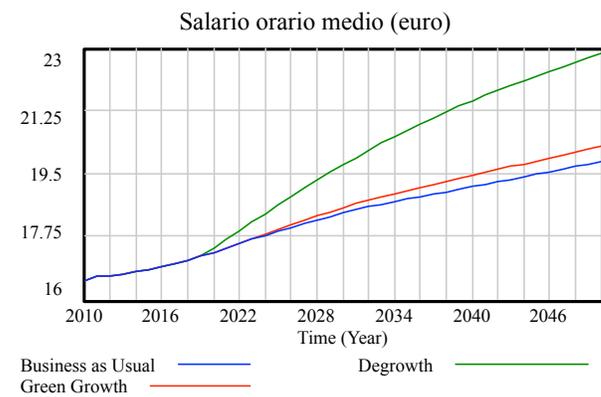
(c)



(d)

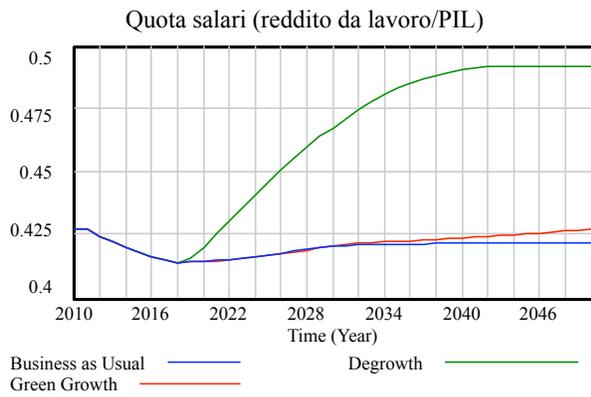


(e)

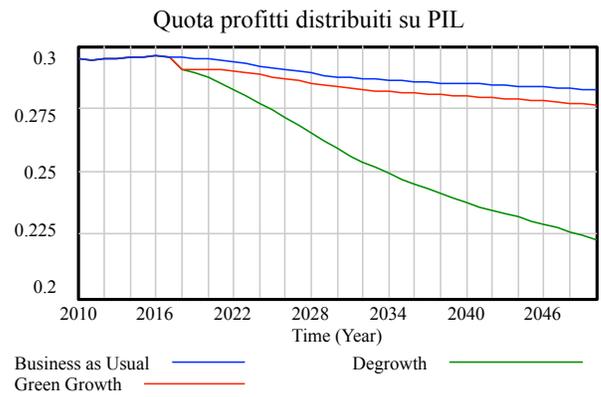


(f)

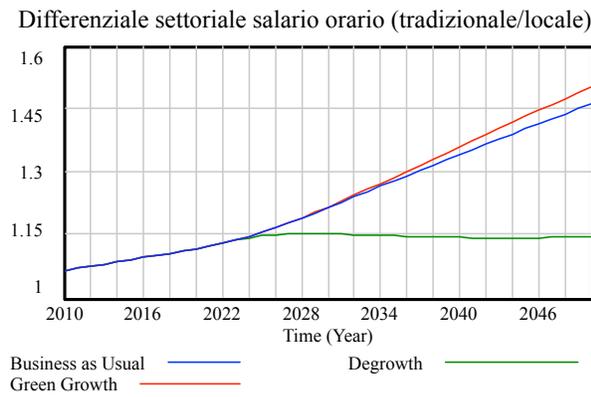
Figura 8: Scenari – Mercato del lavoro



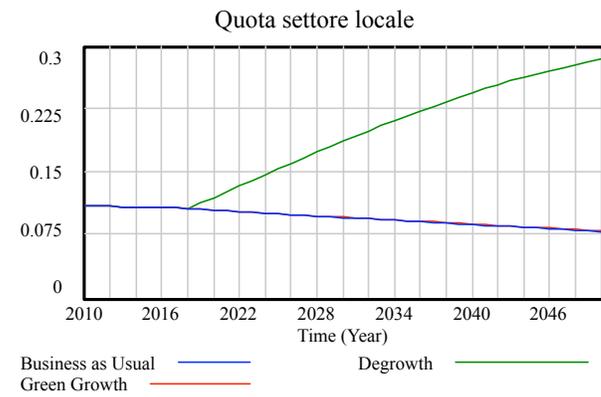
(a)



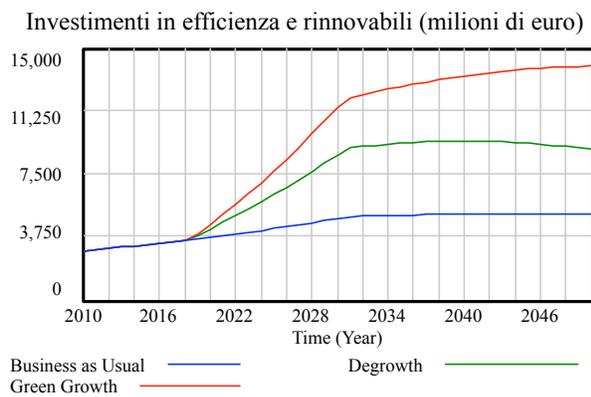
(b)



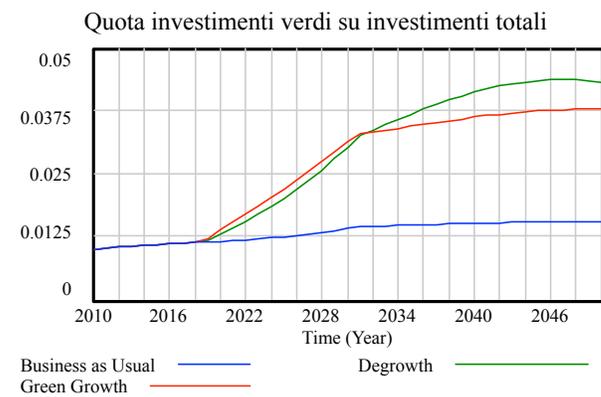
(c)



(d)

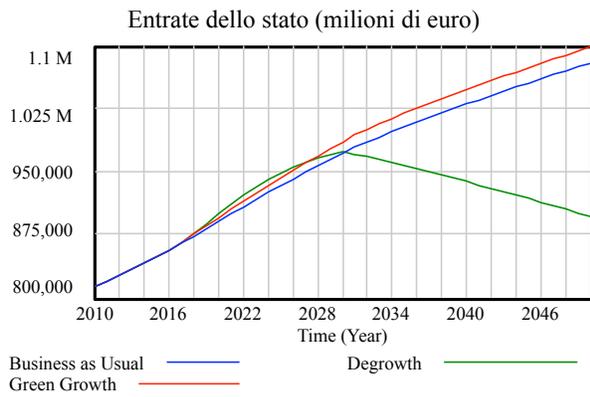


(e)

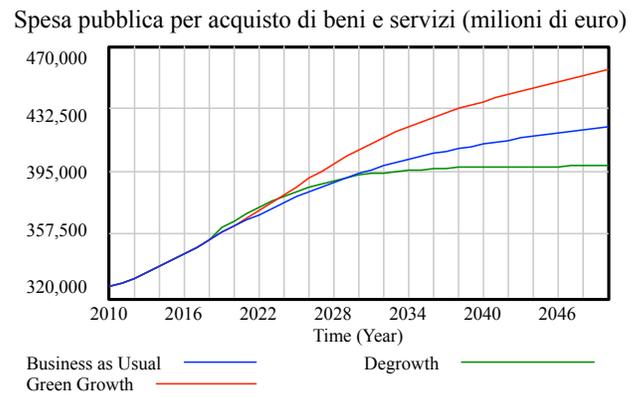


(f)

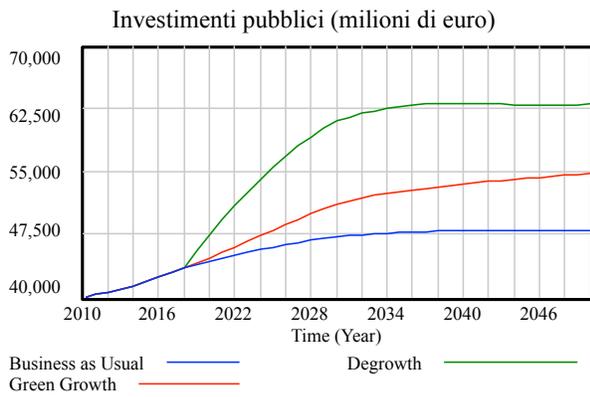
Figura 9: Scenari – Distribuzione del reddito e investimenti “verdi”



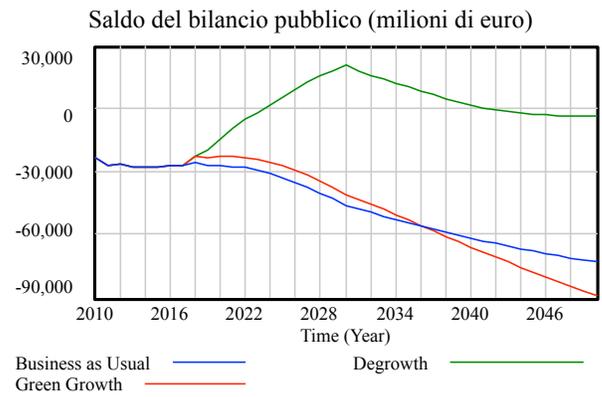
(a)



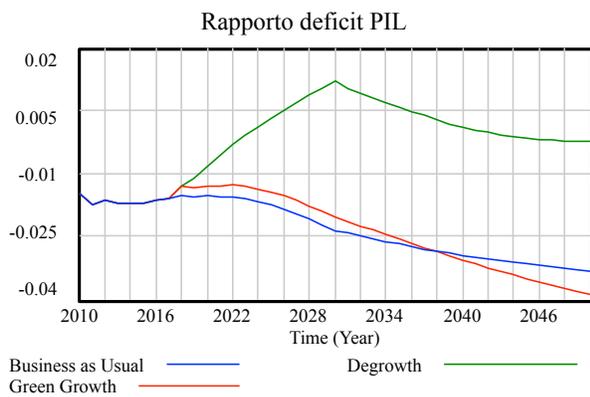
(b)



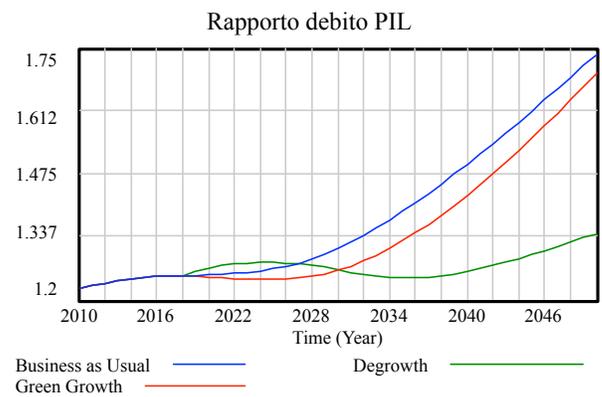
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 10: Scenari – Il settore pubblico

5 Considerazioni conclusive

Il modello 2METE è stato sviluppato per fornire una solida comprensione delle sfide strategiche associate alla transizione ad una società ecologicamente sostenibile e socialmente equa. In particolare, il modello ha voluto testare l'efficacia di un insieme di politiche coerenti con le proposte del movimento della decrescita, che mirano a raggiungere una prosperità sostenibile. Lo scopo non è quello di predire il futuro, ma di proporre scenari consistenti che rappresentino futuri alternativi determinati dalle assunzioni del modello e dalla loro affidabilità.

A questo fine, sono stati confrontati tre scenari: il *Business as Usual* che segue gli effetti delle politiche correnti sia ambientali che sociali; il *Green Growth* che sostiene una transizione energetica attraverso l'aumento dell'efficienza energetica e lo sviluppo dell'energia rinnovabile senza modificare le politiche sociali del *Business as Usual*; il *Degrowth* che contiene un insieme di politiche coerenti con le proposte del Movimento per la Decrescita Felice.

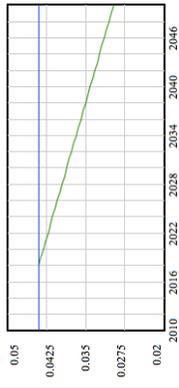
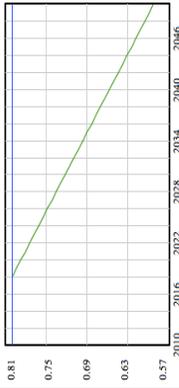
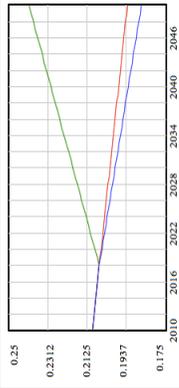
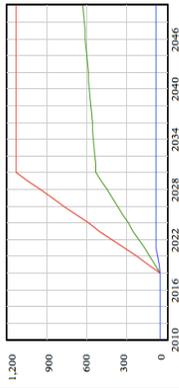
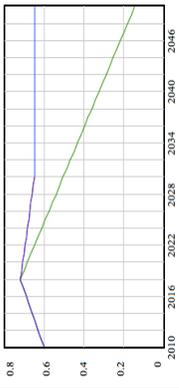
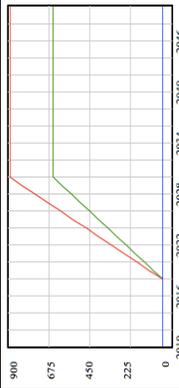
I risultati evidenziano che le scelte fatte da ogni scenario riguardo le 27 politiche economiche e sociali considerate nel modello comportano risultati che hanno dei pro e dei contro.

Risulta chiaro però, che lo scenario *Degrowth* è l'unico che raggiunge i target di riduzione delle emissioni e riduce la disoccupazione e la disuguaglianza. Il "prezzo" di questi decisi miglioramenti rispetto agli altri due scenari alternativi è quello di una riduzione, seppur contenuta, del reddito pro-capite e dei consumi. D'altra parte è questa diminuzione della domanda che permette di raggiungere la *sufficienza energetica*: la transizione ad una società sostenibile e più equa richiede necessariamente un cambiamento negli stili di vita e nelle scelte di consumo.

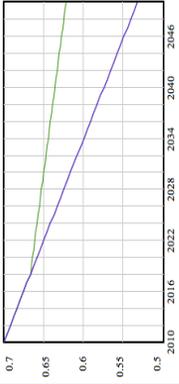
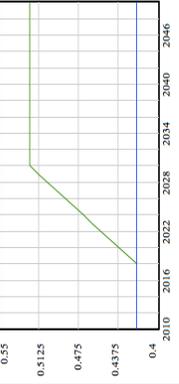
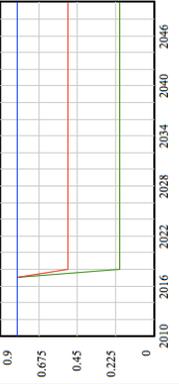
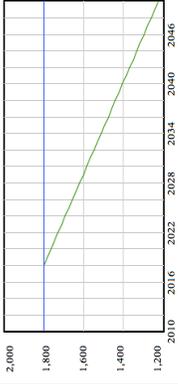
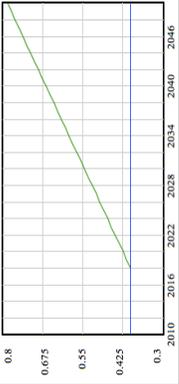
Il compito dei ministeri che devono gestire la strategia energetica nazionale è quello di fare le scelte politiche ed economiche più appropriate per raggiungere in Italia gli obiettivi di decarbonizzazione fissati dall'Unione Europea al 2050 e allo stesso tempo migliorare i parametri macroeconomici legati al mercato del lavoro e ai conti pubblici. Speriamo che questo studio sia un contributo utile alla discussione nel definire le strategie più efficaci da prendere in considerazione.

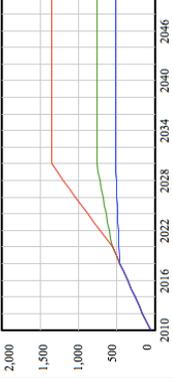
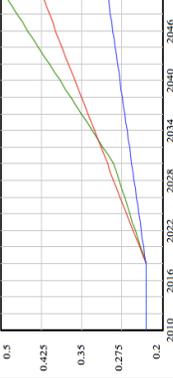
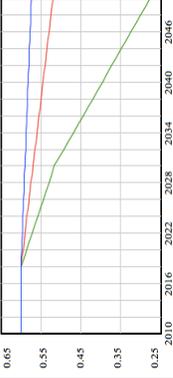
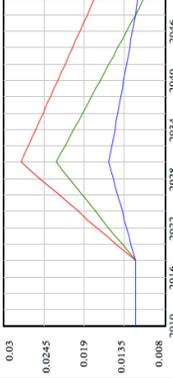
Appendice 1 Descrizione delle politiche

#	POLITICHE	I TRE SCENARI	DESCRIZIONE	COMMENTO	Imp. CO2	Imp. PIL	Imp. Occ.
	Famiglie						
1	Spesa famiglie in efficientamento energetico		da 400M€ a: i) 115M€ in BAU; ii) 1640M€ in GG; iii) a 1440M€ in DG	L'investimento delle famiglie diminuisce lievemente nel BAU dal 2018 (5M€ all'anno), mentre aumenta negli scenari GG e DG di 70 M€ ogni anno tra il 2018 e il 2030. Nel periodo successivo aumenta di 10M€ nello scenario DG e di 20M€ in GG.	A	B	B
2	Quota spesa energia elettrica delle famiglie su totale energia		dal 28% al: i) 39,2% in BAU e GG; al 60,1% in DG	La composizione della domanda di energia cambia nei tre scenari favorendo l'aumento del consumo di energia elettrica. Mentre in BAU e GG l'aumento della quota destinata a elettricità varia dell'1% annuo, a partire dal 2018, nello scenario DG, il tasso passa al 3,4%.	A	B	B
3	Quota spesa metano delle famiglie su totale energia		dal 32% al: i) 28,2% in BAU e GG; ii) al 15,9% in DG	L'aumento della quota di spesa energetica in elettricità viene compensata dalla riduzione della quota di spesa in metano e petrolio. Per il petrolio (qui non rappresentata) essa passa dal 40 al 33,6% in BAU e GG, e al 26% in DG.	A	B	B
4	Quota spesa famiglie nel settore tradizionale		BAU e GG: costante all'86,5%; DG: da 86,5 al 55%	Si veda commento Politica 6.	M	A	A
5	Quota spesa famiglie nel settore locale e sociale		BAU e GG: costante all'10%; DG: da 10 al 42%	Si veda commento Politica 6.	M	A	A

#	POLITICHE	I TRE SCENARI	DESCRIZIONE	COMMENTO	Imp. CO2	Imp. PIL	Imp. Occ.
6	Quota spesa famiglie in energia		BAU e GG: costante al 4,4%; DG dal 4,4 al 2,8%	Politiche 4-6: Lo scenario DG propone un significativo cambiamento strutturale che sposta la domanda sul settore locale e sociale. Inoltre la quota di spesa in consumo elettrico si riduce.	A	B	B
7	Propensione al consumo famiglie		BAU e GG: costante all'80%; DG dall'80 al 60%	Nello scenario DG, la propensione marginale al consumo si riduce significativamente. La riduzione dei consumi ha un effetto sul risparmio energetico sia diretto che indiretto. Si noti che i consumi dipendono anche dalla ricchezza: a fine periodo il rapporto tra spesa per consumi e reddito disponibili si riduce di poco più del 12% tra DG e gli altri due scenari.	A	A	A
Governo							
8	Rapporto spesa pubblica PIL		dal 21% al: i) 18,6% in BAU; ii) 19,3% in GG; iii) 24% in DG	Leggera riduzione della percentuale di spesa pubblica rispetto al PIL negli scenari BAU e GG (lo 0,3% in BAU e lo 0,2% in GG). Nello scenario DG questo rapporto aumenta ad un tasso dello 0,5% annuo tra il 2018 e il 2050.	A	M	M
9	Investimento pubblico capacità rinnovabile		da 50M€ a: i) 80 in BAU; ii) 1.130M€ (nel 2030 poi costante) in GG; iii) 630 nel 2050 in DG	Gli investimenti pubblici per sviluppo capacità rinnovabile aumentano meno in DG che in GG. La contrazione della domanda in DG riduce il bisogno di accumulazione di capacità rinnovabile per raggiungere circa il 95% di mix energetico (un livello sostanzialmente identico a GG).	A	B	B
10	Quota investimenti pubblici per automazione		dal 72% nel 2018 al: i. 65% nel 2030 in BAU e GG; 36% al 2050 in DG	La quota di investimenti pubblici in automazione aumentano fino al 2018 per tutti gli scenari, poi si riduce lievemente in BAU e GG mentre la riduzione è significativa in DG. Questa azione divide la percentuale di investimento pubblico tra produttività del capitale e del lavoro. Riduzione dell'aumento della produttività del lavoro in DG rispetto agli altri due scenari.	B	M	A
11	Spesa PA in efficientamento energetico		da 50 M€ (costante in BAU) a: 890M€ in GG; ii) a 650 in DG	Nonostante le differenze tra GG e DG, in entrambi gli scenari questi investimenti producono un significativo aumento di efficienza energetica nel settore pubblico (scuole, ospedali, illuminazione stradale, etc.).	M	B	B

#	POLITICHE	I TRE SCENARI	DESCRIZIONE	COMMENTO	Imp. CO2	Imp. PIL	Imp. Occ.
12	Quota investimenti pubblici per sussidi efficienza energetica		dal 10% (costante in BAU) al: i) 38,8% (2050) in GG; ii) al 22% in DG (dal 2030)	La quota dei sussidi pubblici, nella scelta tra investimenti in produttività (definita da politica n. 10) ed efficienza energetica aumenta significativamente in GG e DG. Si noti però che questo aumento prosegue fino al 2050 soltanto in GG.	A	M	M
13	Tassa sulle emissioni di Co2		DG: 20€ per tonnellata di Co2 (dal 2018)	Introduzione della carbon tax sullo stile fillandese 20€ per tonnellata, questo aumenta i costi unitari nella produzione.	M	B	B
14	Tassa sul reddito disponibile per miglioramento qualità ambientale		DG: Il 5% del reddito disponibile totale viene usato per il ripristino ambientale	Introduzione di una tassa proporzionale al reddito disponibile del 5%. Questo ammontare è sufficiente nello scenario DG per il ripristino del danno ambientale. Si veda figura 6.f.	B	A	M
15	Quota spesa pubblica in economia locale		Dal 18%: i) al 9,36% in BAU e GG; ii) 26,64% in DG	Si veda commento Politica 17	B	M	M
16	Quota spesa pubblica in economia tradizionale		Dal 65%: i) al 75,4% in BAU e GG; ii) 48,34% in DG	Si veda commento Politica 17	B	M	M
17	Quota spesa pubblica in energia		Dal 4,5% (costante in BAU) al: i) 3,96% in GG; ii) 3,69% in DG	Politiche 15, 16 e 17 cambiano le quote di spesa delle pubbliche amministrazioni nei vari settori. In particolare oltre al contenimento nel consumo di energia, questo scenario contribuisce allo sviluppo del settore locale e sociale.	M	B	B

#	POLITICHE	I TRE SCENARI	DESCRIZIONE	COMMENTO	Imp. CO2	Imp. PIL	Imp. Occ.
18	Riduzione rapporto salario medio pensione		da 70% del salario medio annuale ai: i) 53,2% (BAU e GG); ii) al 62,2% in DG	L'invecchiamento della popolazione richiede una riduzione media delle pensioni (in rapporto al salario). Nello scenario decrescita questa riduzione è dimezzata. Questo allo scopo di migliorare la distribuzione del reddito e mantenere un livello sufficiente delle pensioni in un contesto di decrescita.	B	M	B
19	Tassazione reddito profitti distribuiti		costante negli scenari BAU e GG al 42%; cresce nel DG al 52% in 12 anni	L'aumento della tassazione sui profitti distribuiti contribuisce in modo significativo alla riduzione della quota di questi redditi concentrati nella popolazione più ricca da circa il 30 al 22%.	B	A	M
20	Cambio incentivi rinnovabili vs termoelettrico		dal 80% (costante in DG) ai: i) 50% in GG; ii) 20% in DG nel 2018	Questo parametro misura la divisione tra gli incentivi alla produzione di energia elettrica tra termoelettrico e rinnovabili. Fino al 2018 la tassazione sui profitti derivanti dalle fonti fossili è il 10%, mentre è il 30% nelle rinnovabili. In GG passa al 25% nel termoelettrico al 18,75% nelle rinnovabili. In DG al 40% nel termoelettrico e al 7,5% nelle rinnovabili.	M	B	B
Lavoro							
21	Ore lavorate in un anno - riduzione		In DG per tutti i settori, le ore si riducono del 32% (un tasso annuo dell'1%) es. nel settore tradizionale da 1800 ore a 1224.	La riduzione è significativa ma è in grado di sostenere l'occupazione e i salari anche in una fase di riduzione del PIL. La riduzione graduale consente al sistema economico di assorbire il cambiamento e riduce la disoccupazione più lentamente.	B	A	A
22	Quota lavoro fisso		In DG: nel settore tradizionale dal 40 al 78,4%; nel settore sociale dal 30 al 68%.	Nello scenario DG, nei settori tradizionale e locale-sociale la quota del lavoro legato allo stock di capitale, invece che alla domanda tende circa a raddoppiare tra il 2018 e il 2050. Questo riduce la flessibilità del lavoro.	B	M	A

#	POLITICHE	I TRE SCENARI	DESCRIZIONE	COMMENTO	Imp. CO2	Imp. PIL	Imp. Occ.
	Imprese						
23	Investimenti privati imprese settore tradizionale in efficienza energetica		dal 2010 al 2018 passano da 50M€ a 450M€. Dal 2018 al 2030: i) in BAU a 510M€; ii) in GG a 1350M€; iii) in DG a 750M€	L'aumento di questi investimenti provoca un significativo aumento dell'efficienza energetica. Questo aumento sarà particolarmente accentuato in GG, anche per il contributo della crescita del capitale.	A	B	B
24	Investimenti imprese settore sociale e locale in efficienza energetica		i) in BAU 20M€ costante; ii) in GG a 980M€ nel 2030; iii) in DG a 260M€ nel 2030	Si veda descrizione politica 23.	A	B	B
25	Quota energia elettrica su spesa energetica		nel settore tradizionale passa dal 23%: i) al 30% in BAU; ii) al 42% in GG; iii) al 49% in DG (valori simili nel settore sociale-locale)	Questo cambiamento nella composizione della domanda di energia è necessario per raggiungere un alto livello di FER sui consumi finali di energia e di conseguenza per la riduzione delle emissioni di Co2.	A	B	B
26	Quota petrolio su spesa energetica		nel settore tradizionale passa dal 60%: i) al 57% in BAU; ii) al 52% in GG; iii) al 27,6% in DG (valori simili nel settore sociale-locale)	Si veda descrizione politica 25.	A	B	B
27	Tasso di crescita esogeno del capitale delle rinnovabili		valore iniziale 1,2% costante fino al 2018. Nel 2030 aumenta fino al: i) 1,56% in BAU; ii) 3% in GG; iii) 2,28 in DG. Dal 2030 al 2050 si riduce fino al: i) 1,16% in BAU; ii) 2% in GG; iii) 1% in DG	Il tasso di crescita desiderato del capitale per la produzione di energia rinnovabile è funzione del tasso esogeno e del tasso di profitto dell'anno precedente.	A	M	B

A Appendice 2 - Modello Analitico

A.1 Popolazione

La struttura della popolazione è basata su quattro coorti: $I = 0 - 14$, $II = 15 - 44$, $III = 45 - 64$ e $IV = 65+$ anni. Dati i tassi di maturazione tra una e la successiva e i tassi di mortalità e il tasso di natalità (che vale anche per migrazione in ogni coorte), 2METE considera l'evoluzione di queste coorti. La variazione nel tempo di ciascuna di queste coorti è data da

$$\Delta Pop_i = births_i - deaths_i - maturation_i, \text{ for } i = I, II, III, IV, \quad (1)$$

e

$$LF_t = (Pop_{II,t} + Pop_{III,t}) * participation_{rate,t}, \quad (2)$$

dove LF_t è la forza lavoro al periodo t (nel seguito del modello eviteremo di indicare il tempo t se non espressamente necessario). La Figura 11 mostra il dettaglio del modulo popolazione usato nel modello.

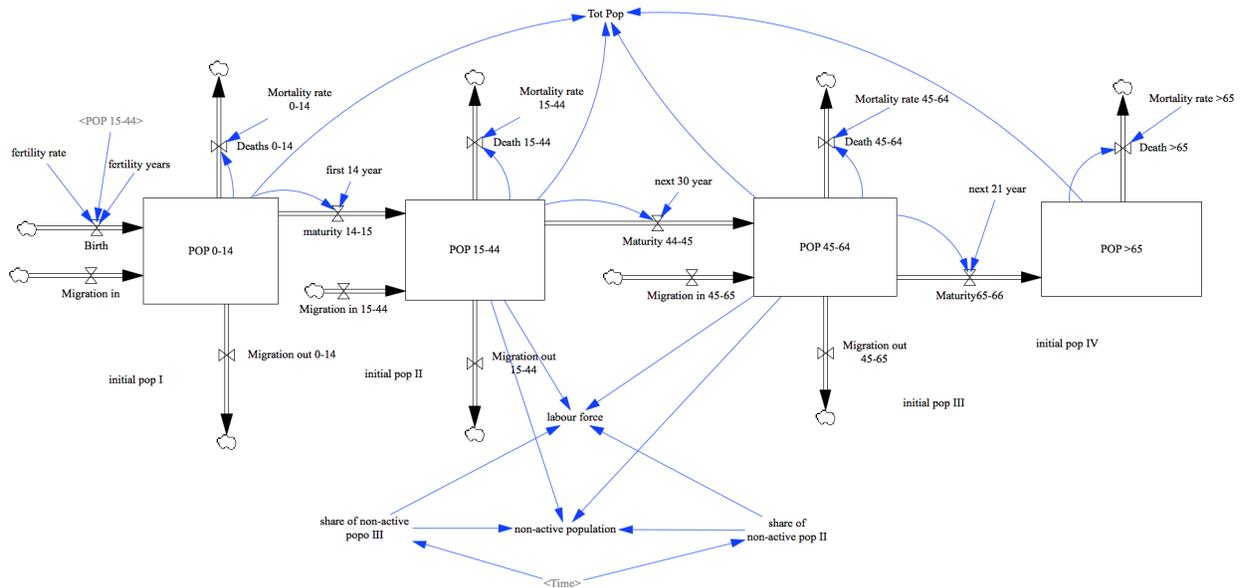


Figura 11: Il modulo della popolazione usato in 2METE

A.2 Gruppi di individui: redditi e domande

Indichiamo con N gli occupati, U i disoccupati e con P i pensionati. Per ogni settore produttivo avremmo un certo numero di occupati, quindi

$$N = N_c + N_s + N_e, \quad (3)$$

dove i pedici c, s, e indicano, rispettivamente il settore dei beni di consumo, dell'economia sociale, dell'energia. In particolare l'occupazione nel settore dell'energia è data da

$$N_e = N_{term} + N_{mh} + N_{oil} + N_{ren}, \quad (4)$$

dove il pedice $term$ indica il *sotto settore* che produce elettricità attraverso le fonti fossili, mh il metano, oil il petrolio, ren le rinnovabili. Inoltre, il salario orario medio pagato nel settore energetico, tranne che per le rinnovabili, è lo stesso. Quindi i lavoratori nel settore c avranno un salario orario W_c ; quelli del settore s , W_s ; quelli in ren , W_{ren} ; e i lavoratori nei settori di energia non rinnovabile, W_e .

I redditi da lavoro degli occupati sono quindi dati dal salario orario moltiplicato per il numero di ore annuali mediamente lavorate nel settore (h):

$$R_N = h_c W_c + h_s W_s + h_{ren} W_{ren} + h_e W_e. \quad (5)$$

I disoccupati sono:

$$U = LF - N. \quad (6)$$

Mentre gli occupati ricevono il salario orario medio del proprio settore, assumiamo che i disoccupati ottengono mediamente un reddito annuale (es. sussidio di disoccupazione) che è una frazione ub del salario annuale più basso fra i quattro settori,

$$R_U = ub \min\{h_c W_c, h_s W_s, h_{ren} W_{ren}, h_e W_e\}. \quad (7)$$

I pensionati sono in prima approssimazione dati da:

$$P = Pop_{IV}, \quad (8)$$

e i loro redditi sono assunti proporzionali al salario medio:¹⁷

¹⁷Le numerose riforme pensionistiche avvenute negli ultimi anni spingono ad ipotizzare una continua diminuzione nel tempo di questo rapporto di proporzionalità. Nello scenario base questo rapporto si riduce dal 70% al 53% nel periodo 2010-2050.

$$R_P = pb \frac{h_c W_c N_c + h_s W_s N_s + h_{ren} W_{ren} N_{ren} + h_e W_e N_e}{4N}. \quad (9)$$

le famiglie possono ottenere oltre ai redditi suddetti, anche un reddito derivante dalla proprietà di imprese e banche, e quindi ottengono i dividendi (ossia i profitti distribuiti). Quindi:

$$R_C = FD_c + FD_s + FD_{ren} + FD_e + FD_b, \quad (10)$$

dove FD_z con $z = c, s, ren, e$ sono i profitti distribuiti del settore z , e FD_b sono i profitti distribuiti delle banche. 2METE non tiene conto della distribuzione di questi redditi tra le famiglie, ma viene ipotizzato che, nelle scelte di consumo, la parte di reddito generato dai profitti distribuiti abbia alcune caratteristiche diverse rispetto agli altri redditi. Costruiamo inoltre due aggregati di ricchezza che indichiamo con D_F , i depositi delle famiglie al netto dei profitti distribuiti, e con D_C , i depositi generati dai profitti distribuiti. La variazione dei depositi nel tempo è data dalle seguenti equazioni:

$$D_{F,t} = D_{F,t-1} + (YD_{F,t} - C_{F,t}) - p_c i_h, \quad (11)$$

e,

$$D_{C,t} = D_{C,t-1} + (YD_{C,t} - C_{C,t}), \quad (12)$$

dove $p_c i_h$ è la spesa per investimenti in risparmio energetico delle famiglie, YD è il reddito disponibile, C la spesa per consumi. Questa distinzione permette di definire due aggregati di reddito disponibile, uno per le famiglie (al netto dei profitti distribuiti) e uno determinato dai profitti distribuiti:

$$YD_F = (1 - \theta_N)R_N + (1 - \theta_U)R_U + (1 - \theta_P)R_P + i_d D_F \quad (13)$$

$$YD_C = (1 - \theta_C)R_C + i_d D_C \quad (14)$$

dove θ_i con $i = N, U, P, C$ è l'aliquota media della fonte di reddito, i_d è l'interesse sui depositi.

Assumiamo inoltre che la spesa in consumo in un determinato periodo sia una funzione del reddito disponibile realizzato nel periodo precedente e della ricchezza iniziale del periodo (che indichiamo sempre con $t - 1$), cioè

$$C = \alpha_{1,F} YD_{F,t-1} + \alpha_{2,F} D_{F,t-1} + \alpha_{1,C} YD_{C,t-1} + \alpha_{2,C} D_{C,t-1}. \quad (15)$$

L'espressione precedente chiarisce che la differenza tra i redditi da lavoro e profitti si riflette nella propensione media al consumo (con $\alpha_{1,C} < \alpha_{1,F}$). Inoltre, indicando con β_z la quota del reddito spesa nel consumo del bene $z \in \{c, s, e\}$, il consumo di ogni bene (la quantità domandata dalle famiglie) è

$$c_z = \frac{\beta_z C}{p_z}, \quad \forall z \in \{c, s\}. \quad (16)$$

Nel settore energetico e , il consumo desiderato dalle famiglie dipende dal grado di efficienza raggiunto (comprensivo del settore residenziale e del trasporto privato). Indicando con η_h l'efficienza energetica delle famiglie, abbiamo che la spesa nominale per consumi energetici è:

$$C_e = \frac{\beta_e C}{\eta_h}, \quad \forall z \in \{c, s, e\}. \quad (17)$$

Il livello di η_h è determinato dall'investimento che viene fatto in efficienza da parte di privati i_h e dai sussidi pubblici $i_{g,h,\eta}$:

$$\eta_{h,t+1} = \tau_h (i_h + i_{g,h,\eta}) (\eta_{max} - \eta_{h,t}) - \delta_\eta \eta_{h,t}, \quad (18)$$

dove,

$$i_h = \gamma_{1,h} + \gamma_{2,h} g_{D_h} + \gamma_{3,h} (g_{p,el} - \pi) + \delta_{p,h,\eta} \delta_{eta} \eta_h, \quad (19)$$

e,

$$i_{g,h,\eta} = i_{g,green} g r_{p,h}. \quad (20)$$

L'investimento privato in efficienza energetica dipende da una componente esogena $\gamma_{1,h}$, dal tasso di crescita dei depositi delle famiglie g_{D_h} moltiplicato per una costante di sensibilità positiva, dalla differenza tra il tasso di crescita dei prezzi dell'energia elettrica (come proxy del prezzo dell'energia) e il tasso di inflazione, e dal costo di ripristino del livello di efficienza del periodo precedente, dove a sua volta $\delta_{eta} \eta_h$ rappresenta la perdita di efficienza e $\delta_{p,h,\eta}$ il suo costo unitario. Anche la pubblica amministrazione, attraverso gli incentivi in efficienza aumenta l'ammontare di risorse mobilitato. In particolare, $i_{g,green}$ rappresenta gli incentivi pubblici in efficienza e $g r_{p,h}$ la quota di questi investimenti che vengono destinati alle famiglie. Si noti che le altre quote influenzeranno l'investimento in efficienza energetica da parte delle imprese. Una volta determinato l'ammontare di risorse che sono investite nell'aumento di efficienza energetica, per determinare la variazione di eta_h , questa spesa viene moltiplicata per la facilità di ottenere miglioramenti, rappresentata dalla differenza tra il livello massimo di efficienza energetica e quello attuale, $(\eta_{max} - \eta_{h,t})$, e da un coefficiente di trasformazione τ_h . Allo stesso tempo, una parte

dell'efficienza si perde durante il periodo ed è pari a $\delta_{eta}\eta_h$. Il livello massimo di efficienza energetica è determinato dalle *best practices* del settore a livello Europeo.

Si noti che mentre la quota di spesa allocata dalle famiglie nel settore energetico è $\beta_e C$, la spesa realmente effettuata è $\beta_e C / \eta_h$. La differenza è il risparmio dovuto ad miglioramenti in efficienza energetica. Questo ammontare va ad aggiungersi alla spesa per consumi del periodo successivo, tendendo così ad aumentare non solo la spesa energetica (*Jevons Paradox*) ma, in base alle quote β , anche i consumi degli altri beni.

La spesa C_e viene divisa tra consumo di elettricità, metano e combustibili liquidi rispettivamente in base ai parametri β_{el} , β_{mh} , β_{oil} , tali che $\beta_{el} + \beta_{mh} + \beta_{oil} = 1$. La domanda di energia per le tre fonti è dunque data da:

$$c_j = \frac{\beta_j C_e}{p_j}, \quad \forall j \in \{el, mh, oil\}. \quad (21)$$

Le quote di spesa energetica variano nel tempo esogenamente. L'aumento della quota di spesa in energia elettrica è uno degli obiettivi oggetto delle politiche. Si noti infine che tutti i consumi energetici sono misurati in migliaia di tonnellate equivalenti di petrolio, e quindi il consumo finale di energia da parte delle famiglie può essere indicato con

$$C_e = c_{el} + c_{mh} + c_{oil}. \quad (22)$$

La spesa pubblica per acquisto di beni e servizi segue in modo analogo la formalizzazione della domanda delle famiglie. Indicando con G la spesa pubblica per acquisto di beni e servizi, e con G_e la spesa pubblica in energia, utilizzando le quote di spesa in ogni settore, l'effetto sul risparmio energetico e le ulteriori quote per ogni fonte energetica, sono definite le domande del settore pubblico, ge_z , con $z \in \{c, s, el, mh, oil\}$.

A.3 Settori produttivi

In questa sezione analizziamo il funzionamento dei vari settori, partendo dal fatto che il modello è prevalentemente guidato dalla domanda. Il funzionamento dei settori è basato sulla stessa struttura, ma vi sono alcune differenze che ci spingono a considerare singolarmente ognuno di essi. La produzione in ogni settore è ottenuta attraverso l'uso di lavoro, capitale ed energia. Questo significa che il settore che produce energia e il settore che produce i beni standard fronteggeranno la domanda degli altri settori produttivi (per energia e investimenti) oltre a quella delle famiglie e del governo. Essendo un'economia aperta agli scambi con l'estero assumiamo che una frazione m_z della domanda del settore dei beni tradizionali (c) sia rivolta all'estero. Al contrario, il settore dell'economia

sociale/locale (s) non è aperto agli scambi con l'estero. Inoltre il settore c riceve una domanda estera pari a exp_z . Sia m_z che exp_z dipendono dalle variazioni dei prezzi relativi tra i beni nazionali ed esteri. Il settore energia importa una quota di fonti fossili e di l'energia elettrica. Le famiglie acquistano l'energia da operatori nazionali, mentre sono è il settore energetico che produce energia che si rifornisce all'estero. Quindi otteniamo:

$$y_c = (1 - m_c) \left[c_c + \sum_z i_z + ge_c \right] + exp_c, \quad (23)$$

$$y_s = c_s + ge_s, \quad (24)$$

$$y_e = c_e + \sum_z e_z + ge_e, \quad (25)$$

dove y_z è la domanda totale del settore z , i_z è l'investimento fatto dal settore z , e e_z è il consumo di energia del settore z .

Il consumo di energia è, come detto, disaggregato rispetto alla tipologia. Assumiamo che in ogni settore produttivo e per ogni gruppo di individui, la domanda di energia sia divisa tra tre tipologie di fonti: energia elettrica, metano e petrolio. Per semplicità assumiamo che vi siano delle quote della tipologia di energia richiesta da parte delle imprese, e quindi $e_{z,j} = \psi_{z,j} e_z$, dove $z \in \{c, s\}$ e $j \in \{el, mh, oil\}$.

$$y_{el} = c_{el} + \sum_z e_{z,el} + ge_{el}, \quad (26)$$

$$y_{mh} = c_{mh} + \sum_z e_{z,mh} + ge_{mh}, \quad (27)$$

$$y_{oil} = c_{oil} + \sum_z e_{z,oil} + ge_{oil}. \quad (28)$$

Il settore elettrico funge da distributore per il consumo finale di metano e petrolio, mentre produce elettricità attraverso la produzione termoelettrica e rinnovabile, tenendo conto delle importazioni dirette di energia elettrica. L'importazione di energia elettrica è esogena al modello, mentre la produzione di energia rinnovabile dipende dal capitale installato (si veda sotto per i dettagli). Indicando con l_{el} l'energia elettrica che viene persa nella distribuzione e utilizzata all'interno del settore, la domanda di energia al sotto-settore termoelettrico sarà data dalla differenza tra il consumo lordo di energia elettrica ($y_{el} + l_{el}$) e la produzione di energia rinnovabile e l'energia elettrica importata ($y_{ren} + imp_{el}$), e quindi:

$$el_{term} = y_{el} + l_{el} - imp_{el} - y_{ren}. \quad (29)$$

2METE considera che la produzione termoelettrica avvenga attraverso l'utilizzo di carbone, metano e altri combustibili fossili. Le domande di queste fonti sono stabilite in base alle quote di produzione.

Per semplicità ipotizziamo che la tecnologia sia a coefficienti fissi in ogni periodo, ma che vi siano margini di sostituzione tra fattori produttivi attraverso l'investimento specifico in nuovi beni capitali che possano portare la produzione ad essere più intensiva di uno dei tre fattori. Vi sono quattro stock di capitale che riguardano il settore di consumo c , quello sociale/locale s , la produzione di energia termoelettrica $term$ e la produzione di energia elettrica rinnovabile ren . Per determinare il livello di investimento in ognuno di essi si definisce il livello di produzione potenziale, ovvero il livello di pieno utilizzo della capacità produttiva,

$$y_{fc,z} = \epsilon_z k_z, \quad (30)$$

dove ϵ_z rappresenta la produttività del capitale.

Sia u_z il livello di utilizzazione della capacità produttiva, definito come

$$u_z = \frac{y_z}{y_{fc,z}}, \quad (31)$$

Per ottenere il volume degli investimenti, definiamo il tasso di crescita dello stock di capitale g_k che dipende positivamente dalla differenza tra il livello attuale di utilizzazione della capacità produttiva al periodo precedente e il suo livello desiderato (o normale) $u_z^T \leq 1$, e dal rapporto tra i profitti non distribuiti FU_z e il capitale in valore (*cash flow to capital ratio*), cioè $r_z = \frac{FU_z}{p_k k_z}$. Quindi

$$g_{k_z,t} = \gamma_1 (u_{z,t-1} - u_z^T) + \gamma_2 r_{z,t}. \quad (32)$$

dove γ_1 e γ_2 sono due parametri positivi. Sia inoltre δ_z il tasso di deprezzamento del capitale nel settore z , avremo che l'ammontare di investimenti lordi è dato da:

$$i_z = \max\{g_{k_z,t} + \delta_z, 0\} k_z. \quad (33)$$

Lo stock di capitale è

$$k_{z,t+1} = i_{z,t} + (1 - \delta_z) k_{z,t}. \quad (34)$$

Da un punto di vista finanziario gli investimenti possono essere realizzati attraverso il credito delle banche. Quindi lo stock dei prestiti è dato da:

$$L_{z,t+1} = p_{k,t} i_{z,t} - FU_{z,t} + L_{z,t}. \quad (35)$$

La ricchezza netta dell'impresa in ogni periodo è data da

$$NW_z = p_k k_z - L_z. \quad (36)$$

A.4 Occupazione

La domanda di ogni settore determina l'ammontare di occupazione. Per tenere conto delle continue modifiche delle istituzioni che determinano il funzionamento del mercato del lavoro assumiamo che una quota dei lavoratori sia proporzionale alla capacità installata dalle imprese, mentre la restante quota dipende direttamente dalla domanda fronteggiata nell'anno dal settore. Alla base di questa specificazione vi è la tradizionale divisione tra lavoro "fisso" e "flessibile". L'occupazione totale è data da un somma pesata dei due tipi di lavoratori.

$$N_z = \frac{\sigma_z y_{fc,z} + (1 - \sigma_z) y_z}{\lambda_z h_z} \quad (37)$$

dove λ_z è la produttività oraria del lavoro, h è il numero di ore medie lavorate nel settore z , e σ_z rappresenta la quota di lavoratori fissi nel settore z . In altri termini un aumento della flessibilità del lavoro tenderà a ridurre σ . Oltre ai settori definiti dall'accumulazione di capitale, l'occupazione per i sotto-settori energetici che riguardano la distribuzione di metano e petrolio è assunta proporzionale alla domanda, e quindi $N_{oil} = y_{oil}/(\lambda_{oil} h_{oil})$ e $N_{mh} = y_{mh}/(\lambda_{mh} h_{mh})$. L'occupazione del settore energetico è quindi

$$N_e = N_{term} + N_{ren} + N_{oil} + N_{mh} \quad (38)$$

A.5 Investimento e produttività

Le imprese nei quattro settori possono aumentare la produttività dei tre fattori produttivi grazie ai nuovi beni capitali installati. Assumiamo che ogni bene capitale possa incrementare la produttività di ogni fattore, ma che le imprese possano cercare, proprio attraverso l'acquisto di nuovi beni capitali, di sostituire i fattori produttivi. Questa sostituzione dipenderà dai costi relativi dei vari fattori. Mentre per il capitale assumiamo che la produttività sia esogena (sarà stimata la variazione in base ai dati disponibili), per quanto riguarda lavoro ed energia, indichiamo con χ_z la quota di spesa per l'acquisto dell'energia, e con $(1 - \chi_z)$ la quota di spesa nel fattore lavoro nel settore z . L'impresa cercherà di ridurre l'uso del fattore che ha aumentato di più la quota nei costi di produzione. Più precisamente, indicando con $E_z = \sum_j p_j e_{z,j}$ ($j \in \{el, mh, oil\}$) la spesa energetica nel

settore z

$$\chi_z = \frac{E_z}{E_z + h_z W_z N_z}, \quad \forall z \in \{c, s, term, ren\}, \quad (39)$$

dove il denominatore rappresenta la spesa totale dell'impresa data la domanda di fattori. Se $\Delta\chi_j = \chi_{j,t} - \chi_{j,t-1} > 0$ allora nel periodo $t + 1$ l'impresa acquisterà i beni capitali maggiormente intensivi di lavoro, nel caso opposto quelli più intensivi di lavoro. Data questa struttura, la produttività dell'energia nel periodo $t + 1$, sarà data da:

$$\eta_{z,t+1} = \max\{\tau_z i_{z,t}(\eta_{z,max} - \eta_{z,t}), 0\} \eta_{z,t} - \delta_\eta \eta_{z,t}, \quad (40)$$

dove $\eta_{z,max}$ è il livello massimo di efficienza energetica nel settore z e

$$\tau_z = \begin{cases} \bar{\tau}_z & \text{if } \Delta\chi_z \geq 0 \\ \underline{\tau}_z & \text{if } \Delta\chi_z < 0. \end{cases} \quad (41)$$

In ogni settore $z \in \{c, s, term, ren\}$, la produttività del lavoro, λ dipende da quattro fattori:

- i. da un tasso di crescita esogeno, $\sigma_{z,1}$,
- ii. dal tasso di crescita del capitale moltiplicato, $\sigma_{z,2}g_{z,k}$,
- iii. dal tasso di crescita del salario orario medio del settore, $\sigma_{z,3}g_{z,w}$,
- iv. dalla variazione percentuale del numero di ore lavorate nel settore, $\sigma_{z,4}g_{z,h}$,
- v. gli investimenti pubblici in automazione $\sigma_{z,5}i_{g_a}$

Da cui, omettendo per semplicità il pedice del settore, otteniamo che

$$\lambda_t = (1 + \sigma_1 + \sigma_2 g_{k,t} + \sigma_3 g_{w,t}) - \sigma_4 g_{h,t} + \sigma_5 i_{g_a,t} \lambda_{t-1}, \quad (42)$$

con $\sigma_{z,i} > 0$ per ogni $i = 1, 2, 3, 4, 5$. Come discusso sopra, il valore del parametro $\sigma_{z,1}$ è determinato dal segno di $\Delta\chi_z$. In particolare,

$$\sigma_{z,1} = \begin{cases} \bar{\sigma}_{z,1} & \text{if } \Delta\chi_z < 0 \\ \underline{\sigma}_{z,1} & \text{if } \Delta\chi_z \geq 0. \end{cases} \quad (43)$$

A.6 Salari e prezzi

I salari monetari in ogni settore, dipendono positivamente dal tasso di crescita della produttività del lavoro e dell'inflazione, negativamente dal tasso di disoccupazione. Sia $\mu_t \equiv (FL_t - E_t)/FL_t$ il tasso di disoccupazione, e π il tasso di inflazione, il salario monetario orario in ogni settore è dato da

$$W_{z,t} = (1 + \omega_{z,1}g_{\lambda_{z,t}} - \omega_{z,2}\Delta\mu_t + \omega_{z,3}\Delta\pi_t)W_{z,t-1}, \quad (44)$$

dove $\Delta\mu$ è la variazione del tasso di disoccupazione. Si noti che mentre il tasso di disoccupazione non è specifico di ogni settore, possono esserlo le sensibilità delle sue variazioni nei quattro settori, dipendendo ad esempio dal grado di sindacalizzazione, dalla stabilità dei contratti e da altri fattori.

Dati i salari, possiamo stabilire quali sono i costi unitari di produzione e, attraverso il costo unitario, la fissazione del prezzo dei beni. Indicando con UC_z il costo unitario del settore z , abbiamo che:

$$UC_z = \frac{W_z E_z + E_z + \delta_z p_c k_z}{y_z}, \quad \forall z \in \{c, s, term, ren\}. \quad (45)$$

Si noti che nel calcolo del costo unitario viene comunemente incluso anche il valore dell'ammortamento del capitale nell'unità di tempo.

Il prezzo viene stabilito dalle imprese sulla base di un mark-up, ϕ , specifico di ogni settore che è una funzione crescente della produttività del lavoro. Quindi

$$p_{z,t} = (1 + \phi_{z,t})UC_{z,t-1}, \quad (46)$$

dove $\phi_{z,t} = \phi_{z,0}(1 + \alpha_{\phi_z}g_{\lambda_{z,t}})$. Infine i profitti saranno dati dalla differenza tra ricavi e costi in ogni settore, nei quali andranno inseriti i costi per gli interessi sui prestiti ricevuti.

$$F_z = (1 - \theta_z)(p_z y_z - w_z N_z - p_e e_z - i_\ell L_z), \quad (47)$$

dove i_ℓ indica il tasso di interesse sui prestiti alle imprese che può essere diverso dall'interesse sui depositi, e θ_z le tasse sui profitti.

Infine assumiamo che i profitti siano in parte distribuiti ai capitalisti e in parte trattenuti dalle imprese nel periodo successivo per ripagare i debiti o per coprire (parte del)la spesa in investimenti.

$$FD_{z,t} = \nu_z F_{z,t-1} \quad (48)$$

$$FU_{z,t} = (1 - \nu_z)F_{z,t-1}. \quad (49)$$

A.7 Settore Pubblico

La spesa pubblica si divide in quattro aggregati principali: la spesa pubblica per acquisto di beni e servizi, gli investimenti pubblici, i trasferimenti, più altre spese correnti che non sono contenute nei tre aggregati. La somma dei primi due aggregati (GE) è proporzionale al PIL del periodo precedente. La spesa in investimenti comprende sia gli investimenti diretti che i sussidi e trasferimenti alle famiglie per investimenti (es. le detrazioni per gli investimenti in automazione o in efficientamento energetico). Questo ammontare, determinato esogenamente e che varierà in base alle politiche, è suddiviso in investimenti “verdi” e “grigi”. I primi puntano a rafforzare l’efficienza energetica e lo sviluppo delle rinnovabili, i secondi ad aumentare la produttività del capitale e del lavoro. Ognuna di queste variabili è determinata sulla base di quote di spesa. La spesa pubblica per acquisto di beni e servizi è stata analizzata alla fine della sezione A.2, 2METE assume che la domanda da parte del settore pubblico in ogni settore finale venga determinata in modo analogo alle famiglie. I trasferimenti sono dati dai sussidi ai disoccupati e dalle pensioni.

$$TR = R_U + R_P. \quad (50)$$

Il totale della uscite del settore pubblico sarà dato dalla somma di TR e GE , più gli interessi sul debito pubblico $i_b B$. Le entrate da parte dello stato sono date dalla sommatoria delle tasse sui redditi degli individui e sui profitti delle imprese:

$$T = \sum_j \theta_j R_j + \sum_z \theta_z F_z, \quad \forall i \in \{N, U, P, C\} \text{ and } z \in \{c, s, k, e\}. \quad (51)$$

A queste entrate principali sono aggiunte alcune altre forme di tassazione che dipendono dagli scenari analizzati. I saldi del bilancio pubblico e il debito pubblico sono quindi dati da

$$SB = T - G - TR - i_b B, \quad (52)$$

$$B_t = B_{t-1} - SB_t. \quad (53)$$

A.8 Sistema Bancario

Dati i tassi di interesse i_d , i_ℓ e i_b , i profitti delle banche sono dati dalla differenza di questi flussi monetari che saranno totalmente distribuiti, e quindi

$$F_b = i_\ell \sum_z L_z + i_b B - i_d \sum_j D_j = F D_b \quad (54)$$

A.9 Bilancia Commerciale

Per quanto i flussi finanziari internazionali sono certamente importanti, 2METE considera soltanto la bilancia commerciale. In particolare sia le importazione che le esportazioni reagiscono in modo vischioso a cambiamenti dei prezzi relativi tra beni interni e beni internazionali: se il prezzo del bene nazionale rispetto al bene internazionale aumenta la quota di importazioni aumenta, mentre le quantità esportate si riducono. Dato un certo valore iniziale $m_{z,0}$, la quota di importazioni è data da

$$m_{z,t} = m_{z,0} \left(1 + \left(\frac{p_z}{p_{z,x}} \right)^{\theta_{m,z}} \right), \quad (55)$$

dove $0 < \theta_{m,z} < 1$ misura l'elasticità delle importazioni a variazioni dei prezzi relativi e $p_{z,x}$ è il prezzo internazionale del settore che varia esogenamente. In modo analogo, viene derivato il valore delle esportazioni.

Riferimenti bibliografici

- Acket, C. and P. Bacher (2013). Negawatt/negatep, the cost of energy transition. Technical report, Fondation Polemia.
- Bernardo, G. and S. D'Alessandro (2016). Systems-dynamic analysis of employment and inequality impacts of low-carbon investments. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 21, 123–144.
- Costanza, R. and M. Ruth (1998). Using dynamic modeling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental management* 22(2), 183–195.
- Costanza, R., L. Wainger, C. Folke, and K.-G. Mäler (1993). Modeling complex ecological economic systems. *BioScience* 43(8), 545–555.
- Dafermos, Y., M. Nikolaidi, and G. Galanis (2017). A stock-flow-fund ecological macroeconomic model. *Ecological Economics* 131, 191–207.
- Daly, H. E. (1991). Towards an environmental macroeconomics. *Land Economics* 67(2), 255–259.

- Gowdy, J. M. (1991). Bioeconomics and post keynesian economics: a search for common ground. *Ecological economics* 3(1), 77–87.
- Hardt, L. and D. W. O'Neill (2017). Ecological macroeconomic models: Assessing current developments. *Ecological Economics* 134, 198–211.
- Herring, H. (2006). Energy efficiency—a critical view. *Energy* 31(1), 10–20.
- Jackson, T. (2009). Prosperity without growth?: The transition to a sustainable economy.
- Jackson, T., P. Victor, and A. Naqvi (2016). Towards a stock-flow consistent ecological macroeconomics. Technical report, WWWforEurope Working Paper.
- Jacobs, M. et al. (2012). Green growth: economic theory and political discourse. *Centre for climate change economics and policy working paper 108*.
- Jänicke, M. (2012). “green growth”: From a growing eco-industry to economic sustainability. *Energy Policy* 48, 13–21.
- Kalecki, M. (1971). *Selected Essays in the Dynamics of the Capitalist Economy*. Cambridge University Press.
- Kalecki, M. (2009/1954). *Theory of Economic Dynamics*. Monthly Review Press.
- Kallis, G., M. Kalush, H. O'Flynn, J. Rossiter, and N. Ashford (2013). “friday off”: reducing working hours in europe. *Sustainability* 5(4), 1545–1567.
- Kallis, G., C. Kerschner, and J. Martinez-Alier (2012). The economics of degrowth.
- Kronenberg, T. (2010). Finding common ground between ecological economics and post-keynesian economics. *Ecological economics* 69(7), 1488–1494.
- Martínez-Alier, J., U. Pascual, F.-D. Vivien, and E. Zaccai (2010). Sustainable de-growth: Mapping the context, criticisms and future prospects of an emergent paradigm. *Ecological economics* 69(9), 1741–1747.
- Ministero dello Sviluppo Economico (2017). *Strategia Energetica Nazionale 2017. Audizione Parlamentare*.
- Rezai, A. and S. Stagl (2016). Ecological macroeconomics: Introduction and review. *Ecological Economics* 121, 181 – 185.

- Rezai, A., L. Taylor, and R. Mechler (2013). Ecological macroeconomics: An application to climate change. *Ecological Economics* 85, 69–76.
- Røpke, I. (2013). Ecological macroeconomics: implications for the roles of consumer-citizens. *Innovations in Sustainable Consumption*. Cheltenham: Edward Elgar, 48–64.
- Røpke, I. (2016). Complementary system perspectives in ecological macroeconomics, the example of transition investments during the crisis. *Ecological Economics* 121, 237–245.
- Taylor, L., A. Rezai, and D. K. Foley (2016). An integrated approach to climate change, income distribution, employment, and economic growth. *Ecological Economics* 121, 196–205.
- Victor, P. (2008a). *Managing without growth: slower by design, not disaster*. Edward Elgar.
- Victor, P. A. (2008b). *Managing without growth: slower by design, not disaster*. Edward Elgar Publishing.