



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
“MARCO FANNO”

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA “TULLIO LEVI-CIVITA”

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**CONDIZIONI DI FIRST BEST E SECOND BEST NELLA
DETERMINAZIONE DELLE TASSE AMBIENTALI**

RELATORE:

CH.MO PROF. VISCOLANI BRUNO

LAUREANDA: TOFFANO BEATRICE

MATRICOLA N. 1160820

ANNO ACCADEMICO
2019-2020

La candidata, sottoponendo il presente lavoro, dichiara, sotto la propria personale responsabilità, che il lavoro è originale e che non è stato già sottoposto, in tutto o in parte, dalla candidata o da altri soggetti, in altre Università italiane o straniere ai fini del conseguimento di un titolo accademico. La candidata dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati ai fini della predisposizione dell'elaborato sono stati opportunamente citati nel testo e riportati nella sezione finale "Riferimenti bibliografici" e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l'esplicito richiamo al documento originale.

Indice

1	Introduzione	1
2	Allocazione di First best	3
2.1	First best nella determinazione di tasse ambientali	4
3	Teorema del Second best	9
3.1	Second best nella determinazione di tasse ambientali	11
4	Equilibrio in presenza di tasse ambientali	13
4.1	Creazione del modello	13
4.1.1	Cenni sul modello di Coleman	13
4.1.2	Modello di Howarth	15
4.1.2.1	Comportamento delle famiglie	15
4.1.2.2	Comportamento delle imprese	17
4.1.2.3	Accumulazione dei gas nell'atmosfera	18
4.1.2.4	Operatore pubblico	19
4.2	Scenari ipotizzati	19
4.3	Risultati ottenuti	20
4.4	Osservazioni	26
5	Conclusioni	29
A	Profitti uguali a zero e infinite soluzioni ottime	33
B	Saggio marginale di sostituzione intertemporale	35
	Riferimenti bibliografici	37

Elenco delle figure

2.1	Livello effettivo e livello efficiente di inquinamento	5
2.2	Ottimo sociale e ottimo privato in assenza di regolamentazione	6
2.3	Ottimo sociale e ottimo privato con regolamentazione (tassa pigouviana) .	7
3.1	Ottimo sociale e ottimo del monopolista in assenza di regolamentazione .	10
3.2	Ottimo sociale e ottimo del monopolista con regolamentazione	10
3.3	Settore x	11
3.4	Settore y	11
4.1	Risultati principali	23
4.2	Consumo, lavoro e capitale	24
4.3	Tassazione su lavoro e capitale	25

Sommario

Molti concetti vengono studiati solo su base teorica, senza capirne le implicazioni nel mondo reale. Lo scopo di questo elaborato è provare a rendere più concreti alcuni concetti teorici incontrati nel corso di laurea in Economia. Paradossalmente, si comincia con l'introduzione dal punto di vista teorico di argomenti, quali first best, second best, esternalità, in modo da capire quali sono le regole di decisione da adottare quando si affronta il problema di determinare l'allocazione efficiente e più specificatamente la determinazione delle tasse ambientali efficienti. Per l'individuazione delle tasse ambientali è necessario formulare varie assunzioni e ipotesi utili per ridurre la complessità del problema. Successivamente, attraverso un modello dinamico, si determineranno varie politiche fiscali e ambientali per trovare la combinazione di tasse sul lavoro, sul capitale e sulle emissioni di anidride carbonica tali da incrementare il più possibile il benessere sociale.

Capitolo 1

Introduzione

Negli ultimi tempi il cambiamento climatico è stato un argomento che ha preso molto spazio nell'agenda pubblica e, inevitabilmente, ha influenzato l'opinione di alcuni individui, tanto da modificarne abitudini e preferenze, per non parlare poi dei movimenti ambientalisti che sono nati. Si pensi al WWF, a Greenpeace oppure, più recentemente, al Friday for future.

I cambiamenti nelle preferenze dei cittadini hanno portato i paesi più industrializzati ad introdurre le tasse ambientali come elemento di future iniziative politiche, con lo scopo di aumentare i prezzi di attività dannose e di conseguenza, diminuire l'estensione di tali attività.

Nella letteratura economica, si è discusso a lungo sulla tassazione ambientale. Alcuni economisti argomentano che essa è uno strumento efficiente per raggiungere obiettivi ambientali; altri invece, suggeriscono che le tasse ambientali possono portare ulteriori benefici nel sistema economico. Infatti, l'operatore pubblico può usare le entrate fiscali derivanti dalla tassazione ambientale per aumentare i trasferimenti destinati ai cittadini, oppure diminuire i costi distorsivi provocati da imposte già esistenti. Nel secondo caso si parla di "doppio dividendo" (Bovenberg e de Mooij 1994), in quanto si hanno duplici benefici: ambiente più sano e riduzione di tasse distorsive.

La tassazione ambientale viene contestata da Bovenberg e Goulder (1996), i quali pongono un occhio critico ai benefici descritti da altri autori. Secondo la loro opinione, i benefici dipendono dalla situazione iniziale ipotizzata nel modello dinamico, il quale non rappresenta una situazione veritiera. Le critiche vengono, in parte, ritratte in un lavoro successivo (Bovenberg e Goulder, 1997), a condizione che le entrate fiscali vengano utilizzate per diminuire la tassazione sul capitale.

Il presente elaborato dimostra l'esistenza del doppio dividendo, ovvero che è possibile aumentare il benessere sociale introducendo la tassazione sulle emissioni di anidride carbonica e usando le entrate fiscali per ridurre le distorsioni create da tasse già esistenti. Per farlo, si utilizzeranno molti concetti studiati nei corsi di Microeconomia e Scienza delle Finanze, come ad esempio esternalità negative, cioè gli effetti che alcune scelte prese da un agente economico avranno sul benessere di altri agenti economici oppure allocazioni di first best e second best, le quali forniscono delle regole di decisione che verranno poi utilizzate per calcolare la politica ambientale ottima a seconda della politica fiscale adottata.

Si utilizzerà il modello dinamico sviluppato da Howarth (2005), il quale calcola per scenari differenti, le conseguenze che il livello di tassazione fiscale e ambientale provocano su benessere sociale, emissioni di gas serra, consumo, offerta di lavoro e accumulazione del capitale. Il suo articolo dimostra che è possibile ottenere ampi guadagni di benessere anche con tasse ambientali relativamente alte sotto certe condizioni.

L'elaborato è organizzato come segue. Nel Capitolo 2 si descrivono le principali caratteristiche della situazione di first best. Successivamente, si introducono le esternalità negative e ci si focalizza sull'articolo di Howarth per comprendere come si trova l'allocazione efficiente nel contesto economico da lui descritto.

Il Capitolo 3 illustra il teorema di second best, necessario quando le distorsioni nell'economia sono più di una oppure non sono eliminabili. Successivamente si passa alla determinazione delle tasse ambientali utilizzando il criterio del second best, quindi si ipotizza la presenza di tasse distorsive che si scontrano con l'imposizione di ulteriori tasse per ridurre l'inquinamento.

Nel Capitolo 4 si descrive brevemente il modello di Coleman (2000), il quale trova che la tassazione di first best, in un modello dinamico in cui non si considera l'ambiente, pone la stessa aliquota fiscale sui beni finali. Questo risultato viene utilizzato per descrivere la situazione di partenza dell'economia del modello di Howarth (2005), dove la tassazione degli input della produzione è la stessa e non è presente nessuno sforzo per ridurre le emissioni. Successivamente, si descrivono i comportamenti degli agenti economici e l'accumulazione dello stock di anidride carbonica nell'atmosfera. Si vanno poi a definire i vari scenari e si analizzano i risultati trovati. Si continua con l'esposizione di alcune osservazioni riguardo il modello stimato.

Infine, nel Capitolo 5 si espongono alcuni problemi che si riscontrano nella tassazione ambientale che esulano dallo studio svolto da Howarth, ma considerati necessari per avere una visione completa della situazione. Si ripercorre brevemente il lavoro svolto per trarne le conclusioni e i punti principali, ovvero che una buona politica pubblica basata su aggiustamenti della tassazione può portare ad un incremento di benessere non indifferente.

Capitolo 2

Allocazione di First best

In economia si cerca sempre di trovare l'allocazione che renda massimo il benessere sociale senza avere sprechi di risorse nella società. Tale allocazione, chiamata di first best, rappresenta una "situazione che corrisponde all'ottimo di Pareto. Il first best richiede pertanto le medesime condizioni dell'ottimo paretiano" (definizione: Enciclopedia Treccani).

L'efficienza paretiana si ottiene quando non è più possibile aumentare il benessere di un individuo senza danneggiare il benessere di altri individui e si traduce in due condizioni: efficienza nel consumo ed efficienza nella produzione.

L'efficienza nel consumo si ha quando gli individui non sono più disposti a scambiare i propri beni con altri, per non vedere ridotta la propria utilità. Dal punto di vista economico, la condizione si traduce nell'uguaglianza tra i saggi marginali di sostituzione di tutti i consumatori. Il saggio marginale di sostituzione (Marginal Rate of Substitution, MRS) è la ragione di scambio tra l'aumento del consumo di un bene e la riduzione del consumo di un altro bene che mantiene costante l'utilità di un consumatore. Il MRS corrisponde, quindi, alla pendenza di una curva di indifferenza in un particolare punto.

Analiticamente, dati due beni x e y e un certo valore della funzione di utilità che dipende da x e y , $U(x, y) = U_0$, il saggio marginale di sostituzione di un individuo si calcola come segue:

$$\frac{\partial U(x, y)}{\partial x} dx + \frac{\partial U(x, y)}{\partial y} dy = 0 \quad (2.1)$$

L'equazione 2.1 rappresenta il differenziale totale, cioè la variazione di utilità quando variano sia x che y e viene posto uguale a zero perché, essendo sulla stessa curva d'indifferenza, l'utilità non varia. L'equazione può essere riscritta come:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\frac{\partial U(x, y)}{\partial x}}{\frac{\partial U(x, y)}{\partial y}} = MRS_{xy} \quad (2.2)$$

L'efficienza nel consumo si basa sul presupposto che la quantità di beni nell'economia sia disponibile in quantità fissa, condizione non accettabile quando si cerca l'efficienza nella produzione. Quindi, in questo caso, il volume di produzione dei due beni x e y può essere modificato.

Supponiamo che i due beni vengano prodotti attraverso l'impiego di due input, lavoro L e capitale K . La quantità di questi input è fissa all'interno del sistema economico. Ogni combinazione di K e L corrisponde ad una certa quantità prodotta di ciascuno dei due beni.

L'efficienza nella produzione si ha quando, date le risorse produttive, non è più possibile aumentare la produzione di un bene senza diminuire quella di almeno uno degli altri beni. Le allocazioni che soddisfano l'efficienza nella produzione costituiscono la frontiera delle possibilità produttive, la cui pendenza in un punto viene chiamata saggio marginale di trasformazione.

Il saggio marginale di trasformazione (Marginal Rate of Transformation, MRT) è la ragione di scambio tra l'aumento della produzione di un bene e la riduzione della produzione di un altro bene che mantiene costante l'utilizzo dei fattori produttivi, i quali vengono usati nella quantità massima possibile.

Di norma, viene sempre espresso in termini di costo marginale, ovvero il maggior costo dovuto alla produzione di una unità aggiuntiva di un bene. Ad esempio, il costo di aumentare la produzione di x (MC_x) è rappresentato dalla quantità di y a cui si deve rinunciare (dy). Analogamente, il costo marginale di y (MC_y) è pari alla quantità di x a cui si rinuncia (dx) per aumentare la produzione di y .

Per definizione, il valore assoluto della pendenza della frontiera delle possibilità produttive, che rappresenta anche il MRT, è pari a:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{MC_x}{MC_y} = MRT_{xy} \quad (2.3)$$

Affinché un'allocazione si possa chiamare Pareto efficiente è necessario che essa rispetti la condizione di produzione efficiente, tenendo conto anche delle preferenze dei consumatori.

Ipotizzando che i consumatori abbiano le stesse preferenze, quindi le stesse curve di indifferenza e data la frontiera delle possibilità produttive, l'utilità dei consumatori è massima nel punto di tangenza tra la curva di indifferenza del consumatore e la curva delle possibilità di produzione. In questo punto, il saggio marginale di sostituzione, uguale tra tutti i consumatori, è uguale al saggio marginale di trasformazione. In altre parole, la proporzione con cui le imprese sono disposte a ridurre la quantità di x per aumentare la produzione di y deve essere uguale alla proporzione con cui i consumatori sono disposti a scambiare x con y .

2.1 First best nella determinazione di tasse ambientali

Spesso accade che la realtà sia più complicata di quanto appena descritto e che il mercato lasciato a se stesso non sia in grado di raggiungere l'allocazione Pareto efficiente.

Si pensi all'inquinamento provocato dalle imprese. Da un lato, esiste il principio economico per cui il libero mercato riuscirà a produrre un'allocazione efficiente; dall'altro lato, l'inquinamento è il prodotto del libero funzionamento del mercato. Le conseguenze dell'inquinamento ricadono anche su soggetti non responsabili di esso. Dal punto di vista

economico, c'è una discrepanza tra costo privato e costo sociale. Infatti, il costo dell'inquinamento per l'impresa è pari a zero, mentre sono ampiamente conosciute le ricadute sulla qualità ambientale.

Di per sé, il fatto che il comportamento di alcuni individui influisca sul benessere di altri non è necessariamente causa di inefficienze, fintanto che gli effetti ricadano sulle variazioni dei prezzi. Quando l'attività di un soggetto economico influisce direttamente sul benessere di un altro, e non mediante variazioni dei prezzi di mercato, si è di fronte a un'esternalità (si veda Katz, et al., 2011, p.548). Di conseguenza, i prezzi presenti sul mercato non incentivano il livello di produzione o di consumo socialmente efficiente.

In caso di esternalità negativa, il mercato produce una quantità maggiore rispetto a quella socialmente efficiente, perché non tiene in considerazione il costo dell'inquinamento.

Nella figura 2.1, l'asse delle ascisse misura la quantità di inquinamento emessa, mentre sull'asse delle ordinate è indicata una misura monetaria dei costi e dei benefici prodotti. Si ipotizzi che i costi marginali derivanti dalle emissioni dell'inquinamento siano crescenti al crescere della quantità prodotta e che esistano dei benefici derivanti dall'inquinamento stesso. Possiamo definire il beneficio marginale di una tonnellata di inquinamento come l'output aggiuntivo che l'economia riesce a produrre, oppure come il denaro che si risparmia evitando di installare sistemi che riducano l'inquinamento.

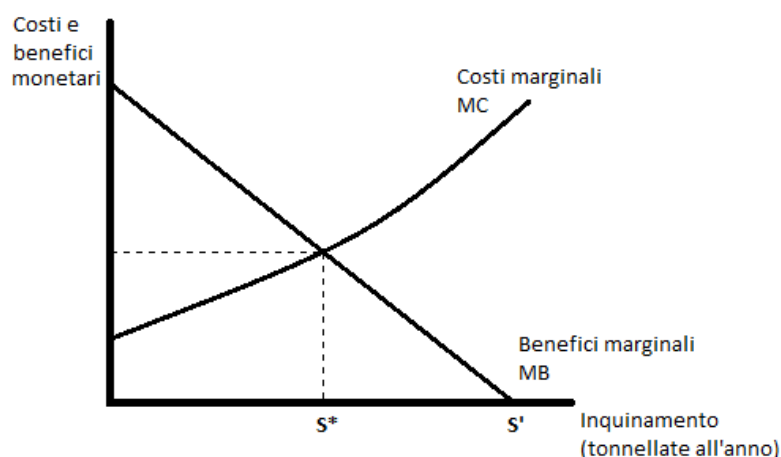


Figura 2.1: Livello effettivo e livello efficiente di inquinamento

Un livello di inquinamento pari a zero non è auspicabile per la società, in quanto tutte le attività produttive in qualche modo inquinano. Porre un livello di inquinamento pari a zero significa cessare la produzione, per cui è essenziale trovare un compromesso tra costi e benefici, accettando un certo livello di inquinamento.

Dal punto di vista sociale, la quantità efficiente di inquinamento è S^* , in corrispondenza della quale i costi marginali sono pari ai benefici marginali. Tale livello ottimale di inquinamento è difficile da raggiungere, perché l'inquinatore non sostiene alcun costo per i danni che arreca, di conseguenza continuerà ad inquinare senza tener conto che il suo comportamento provoca una riduzione di benessere per altri individui. La produzione si spingerà finché i benefici marginali derivanti dall'inquinamento saranno pari a zero, ovvero in corrispondenza di S' , dove il livello di inquinamento è troppo elevato.

Nella letteratura economica esistono diversi modi per risolvere le esternalità. Una di queste è la regolamentazione da parte del settore pubblico, attraverso una tassazione correttiva sulla quantità prodotta.

La regolamentazione di first best, quindi, si avvale della tassa pigouviana. In caso di esternalità negativa, lo Stato dovrebbe introdurre dei prezzi (tasse) in modo che gli agenti economici spingano l'attività al livello socialmente efficiente, in modo che l'ottimo privato corrisponda all'ottimo sociale.

La tassa pigouviana viene applicata ad ogni quantità di beni prodotta ed è il valore che il danno marginale assume in corrispondenza del livello di produzione socialmente ottimale.

La figura 2.2 rappresenta l'economia in assenza di regolamentazione. L'asse orizzontale rappresenta il totale della quantità di beni prodotti nell'economia, mentre l'asse verticale rappresenta una misura monetaria delle esternalità negative e dei costi e dei benefici marginali associati alla produzione. Come detto precedentemente, a causa delle esternalità si produce una quantità maggiore rispetto a quella socialmente efficiente.

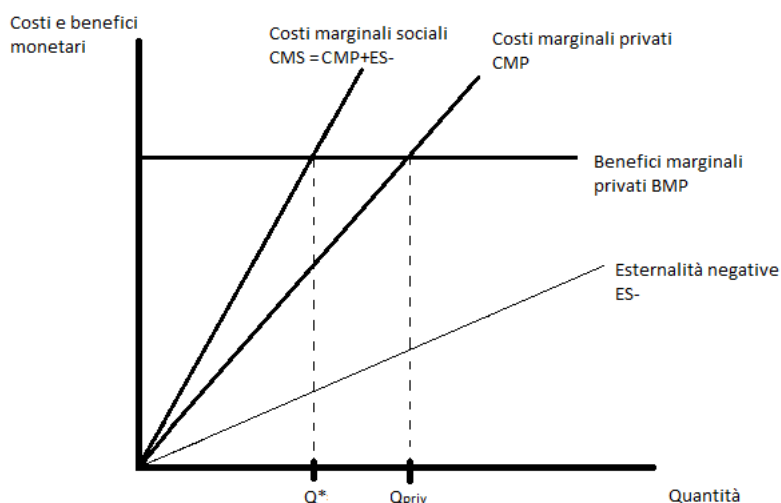


Figura 2.2: Ottimo sociale e ottimo privato in assenza di regolamentazione

La figura 2.3 mostra l'equilibrio dell'economia quando l'operatore pubblico inserisce un'imposta pari al valore dell'esternalità nel punto Q^* che l'agente economico dovrà pagare per ogni unità prodotta. Così facendo il costo marginale privato si allinea a quello sociale e la quantità prodotta corrisponde alla quantità ottima sociale. Il totale del prelievo fiscale è pari a t^*Q^* .

Nella determinazione delle tasse ambientali nel modello di Howarth (2005), le condizioni di first best implicano assenza di tasse distorsive e altre fonti di inefficienza, perciò l'unica fonte di inefficienza presente è l'esternalità negativa creata dall'inquinamento.

Per tassazione distorsiva si intende un tipo di tassazione utilizzata dallo stato per raccogliere risorse. L'imposizione dell'aliquota fiscale su un determinato bene influenza la ragione di scambio dello stesso rendendolo relativamente più costoso. I prezzi non riflettono più i costi e i benefici marginali e di conseguenza, si ha una perdita di benessere nell'economia.

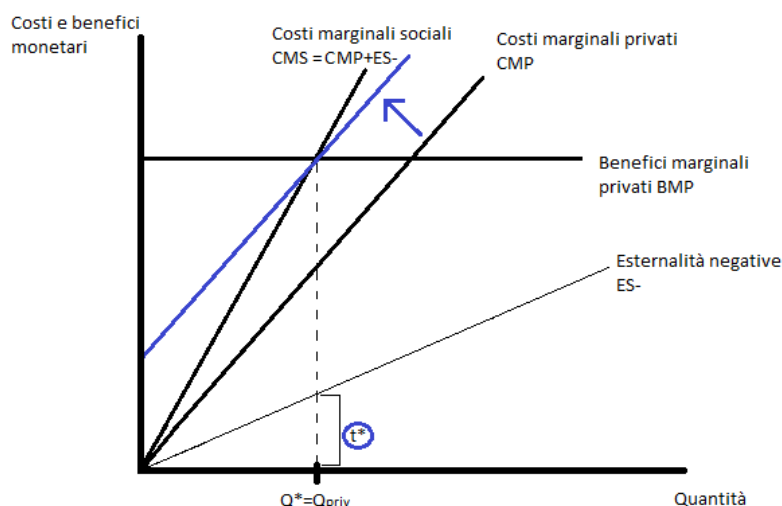


Figura 2.3: Ottimo sociale e ottimo privato con regolamentazione (tassa pigouviana)

Una tassa non distorsiva è la lump-sum tax (imposta in forma fissa), la quale prevede il pagamento di un ammontare fisso e viene imposta a prescindere da variabili controllabili dall'agente economico, come l'età o il sesso. Pertanto, l'individuo non è in grado di evitare la tassa attraverso i propri comportamenti, i quali, di conseguenza, non vengono alterati.

Nel modello adottato da Howarth (2005), si ipotizza che la situazione di partenza, dove non si applica nessuna politica ambientale, sia efficiente da un punto di vista non ambientale. Ragion per cui, sotto la regola di decisione di first best, i governi mantengono la spesa pubblica allo stesso livello della situazione iniziale, dove non ci sono sforzi per controllare le emissioni di gas serra. La differenza con lo scenario di partenza è che l'operatore pubblico riconosce le esternalità negative generate dalle emissioni di anidride carbonica, le quali inficiano l'efficienza economica.

Nel tentativo di correggere questo fallimento di mercato, i policy makers decidono un livello di tassazione ambientale come se la tassazione già esistente non fosse distorsiva. A tal proposito le emissioni di anidride carbonica vengono tassate ad un tasso uguale al costo marginale che le emissioni imporranno alle società futura, che corrisponde all'esternalità negativa e viene misurato come disponibilità degli individui a pagare per la riduzione dell'inquinamento.

Si ricordi che il costo marginale deve essere attualizzato, perché il modello si sviluppa su un orizzonte temporale di lungo periodo. Il tasso di sconto utilizzato è uguale alla produttività marginale del capitale.

Capitolo 3

Teorema del Second best

Le condizioni richieste affinché si realizzi l'efficienza paretiana di first best sono numerose e piuttosto stringenti. Infatti, nella realtà possono esistere più fonti di inefficienza ed è per questo che l'allocazione di first best non è sempre raggiungibile.

Si parla perciò di second best, come “espressione riferita a un teorema ... applicato alle situazioni in cui non si realizzano tutte le condizioni (almeno una di esse manca) che garantiscono l'ottimo assoluto in senso paretiano” (definizione: Enciclopedia Treccani).

Come sostiene il teorema del second best, non è vero che una situazione nella quale un numero maggiore di condizioni di ottimo paretiano, ma non tutte, siano soddisfatte, è necessariamente superiore ad una situazione in cui un numero minore siano soddisfatte. In altre parole, se esiste un certo numero di distorsioni, non è detto che eliminandone solo alcune si ottengano guadagni in termini di efficienza.

Dal teorema derivano due importanti corollari. Il primo consiste nel fatto che se l'operatore pubblico non è in grado di eliminare tutte le distorsioni, deve valutare di volta in volta se sia desiderabile eliminarne solo alcune. Infatti, è frequente che esistano più fonti di inefficienza all'interno di un sistema economico e intervenire per correggerne una alla volta non sempre porta ad un benessere maggiore.

Ad esempio, in caso di monopolio si avrà sicuramente una produzione inferiore rispetto a quella socialmente efficiente, però in presenza di esternalità negative, il livello di produzione potrebbe essere troppo elevato. Utilizzando le regole di decisione di first best, la soluzione per arrivare al livello di benessere efficiente si compone di due elementi distinti, ovvero l'introduzione di una tassa pigouviana per eliminare le esternalità e successivamente l'eliminazione del potere di mercato.

La figura 3.1 indica nell'asse delle ascisse la quantità di beni prodotti nell'economia, mentre nell'asse delle ordinate si rappresentano i costi e i benefici monetari. Come noto, il monopolista massimizza i suoi profitti in Q_{mon} , dove i costi marginali privati sono uguali ai ricavi marginali privati. La quantità socialmente efficiente, si trova nel punto di incontro tra la domanda del bene e i costi marginali sociali. Si vede che l'economia produce una quantità inferiore rispetto a quella socialmente efficiente.

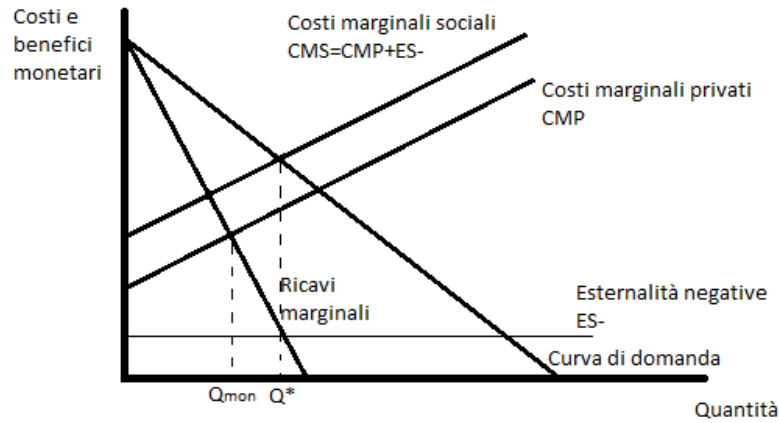


Figura 3.1: Ottimo sociale e ottimo del monopolista in assenza di regolamentazione

Dalla figura 3.2 si capisce che l'introduzione di una tassa pigouviana non funziona perché non si è in concorrenza perfetta. Infatti, si può vedere come la nuova quantità prodotta dal monopolista (Q'_{mon}) sia ulteriormente inferiore alla quantità socialmente efficiente (Q^*).

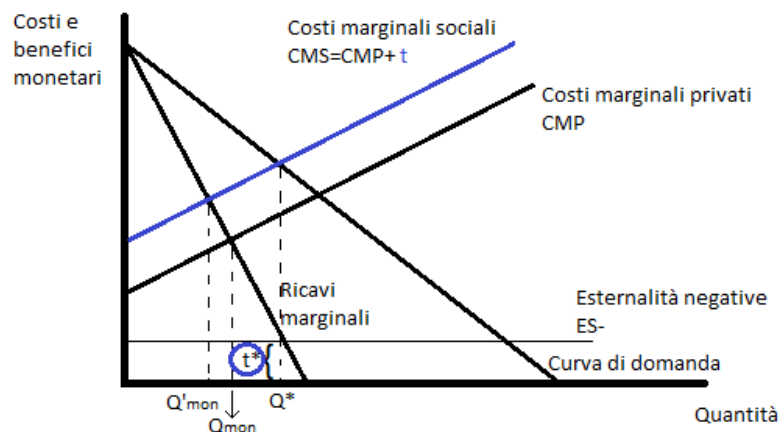


Figura 3.2: Ottimo sociale e ottimo del monopolista con regolamentazione

Il secondo corollario afferma che, se una distorsione non è eliminabile, può rivelarsi opportuno rinunciare alle condizioni di ottimalità in un altro settore. In altre parole, se è impossibile ottenere l'allocazione ottimale in termini di efficienza, l'alternativa migliore può richiedere l'introduzione di ulteriori distorsioni nell'economia, anche in un mercato diverso da quello in cui è presente l'inefficienza.

Si prenda l'esempio in cui nell'economia esistano solo due beni x e y , sostituti tra di loro. Il bene x viene prodotto da un'impresa pubblica, mentre la produzione del bene y è privata e comporta la creazione di esternalità negative non eliminabili. Il settore x ha già raggiunto l'efficienza infatti, il prezzo è uguale al costo marginale; mentre nel settore y non c'è efficienza per la presenza delle esternalità.

L'operatore pubblico, in una logica di second best, può trovare conveniente offrire il bene x ad un prezzo inferiore rispetto a quello ottimale con l'effetto di perdere efficienza e benessere. Comunque, così facendo, si aumenta la quantità consumata del bene x e si diminuisce la quantità domandata del bene y .

Le figure 3.3 e 3.4 mostrano che lo stato, modulando il prezzo di x , è in grado di variare la domanda del bene y . Di conseguenza, si può replicare l'effetto di una tassa pigouviana.

Per valutare se ciò incrementi il benessere sociale bisogna determinare se i benefici netti che derivano dalla riduzione della quantità domandata di y sono maggiori delle perdite di efficienza nel settore x .

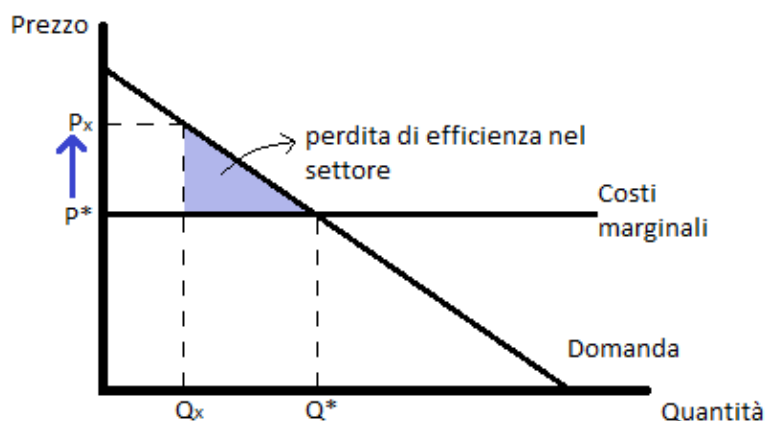


Figura 3.3: Settore x

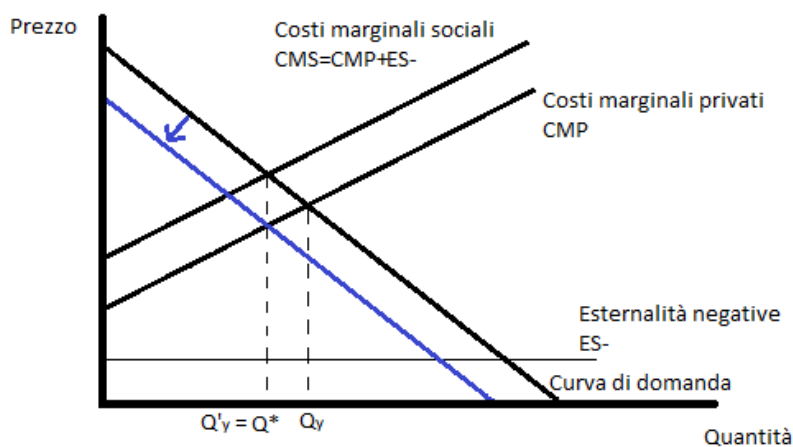


Figura 3.4: Settore y

3.1 Second best nella determinazione di tasse ambientali

Sotto le condizioni di second best esistono due fonti di inefficienza, ovvero le esternalità negative provocate dalle emissioni di anidride carbonica che derivano dalla produzione e la tassazione distortiva. Come nel caso di first best, si suppone un livello di spesa pubblica fisso al livello della situazione di partenza. In più, però, si considera la risposta degli agenti economici alle condizioni di mercato esistenti.

La regola di decisione di first best porta a risultati subottimali a causa dell'esistenza di tasse distorsive all'inizio del periodo che vengono ignorate. Infatti, ulteriori incrementi di benessere sociale possono essere ottenuti attraverso aggiustamenti dell'aliquota fiscale delle tasse ambientali.

Howarth (2005) sostiene che in presenza di tasse distorsive, la regola di decisione di first best può sottostimare la tassazione ottima, quando questa venga usata per tagliare le aliquote fiscali di lavoro e capitale.

D'altra parte, il valore ottimo delle tasse ambientali è sovrastimato quando le entrate fiscali non vengono utilizzate per ridurre la tassazione distorsiva, ma vengono restituite alle famiglie sotto forma di trasferimenti lump-sum. I trasferimenti lump-sum sono trasferimenti che non influenzano in alcun modo i prezzi relativi dei beni e sono commisurati a fattori esogeni, cioè fuori dal controllo dell'individuo.

Le diverse conclusioni appena descritte sono dovute, per Howarth (2005), al fatto che le tasse ambientali portano a due effetti: "tax interaction effect" (effetto di interazione tra tasse), il quale è assimilabile ad un aumento di costi indiretti che inducono il lavoratore a ridurre l'offerta di lavoro per aumentare il tempo libero, poiché prevale l'effetto sostituzione; "revenue recycling effect" (effetto di riciclaggio dei ricavi), assimilabile ad un aumento dei benefici indiretti e presenti quando le entrate provenienti dalle tasse sono utilizzate per ridurre la tassazione o restituite alla popolazione attraverso trasferimenti.

I risultati mostrano che le tasse ambientali possono aumentare le distorsioni indotte da politiche fiscali preesistenti quando si scelgono i trasferimenti lump-sum. Infatti, tassare un bene e successivamente distribuire risorse in questo modo non eliminerà la distorsione (si veda Coleman 2000), poiché l'aumento di utilità derivante dal trasferimento è minore rispetto alla perdita di utilità derivante dalla tassazione. Di conseguenza i costi che derivano dall'effetto interazione tra tasse sono maggiori rispetto ai benefici esistenti.

Nel caso in cui le entrate fiscali vengano utilizzate per ridurre la tassazione preesistente, il livello elevato di tasse sulle emissioni di anidride carbonica è giustificato quando le autorità progettano attentamente la propria politica per avere un enorme revenue recycling effect. Di conseguenza, le tasse ambientali vengono usate per ridurre le inefficienze della tassazione distorsiva e i benefici che ne derivano sono maggiori dei costi dovuti all'effetto interazione tra le diverse tasse.

Capitolo 4

Equilibrio in presenza di tasse ambientali

Nei capitoli precedenti si è visto come, attraverso la produzione, le imprese emettono dei gas inquinanti che hanno l'effetto collaterale di diminuire la qualità ambientale con conseguenze di lungo periodo, non solo sulla salute dell'uomo, bensì sull'agricoltura o sulla sopravvivenza di certi animali. Queste esternalità provocano un grave danno al benessere sociale. Tuttavia, un aumento di benessere potrebbe essere ottenuto attraverso l'introduzione di tasse ambientali.

In questo contesto si insinua Howarth (2005) che dimostra come minore inquinamento e aumento di benessere sociale sono possibili senza che ciò comporti una drastica riduzione della produzione e del consumo.

L'autore utilizza il modello di tassazione ottima nell'economia statunitense di Coleman (2000), il quale viene adattato per tenere conto dei costi e benefici della riduzione delle emissioni di gas serra a livello aggregato mondiale.

I risultati trovati da Coleman (2000) sono stati fondamentali per il lavoro svolto da Howarth (2005). Infatti, essi si possono considerare come un punto di partenza. L'equilibrio di lungo periodo stimato da Coleman (2000), nel quale viene praticata la traiettoria di tassazione ottima, è la cosiddetta situazione di "business-as-usual" (Howarth 2005), ovvero rappresenta lo stato da cui parte l'economia e dove non viene fatto alcuno sforzo per controllare le emissioni di gas serra.

4.1 Creazione del modello

4.1.1 Cenni sul modello di Coleman

Per capire cosa si intende per situazione di business-as-usual utilizzata da Howarth, si ritiene utile descrivere brevemente il modello di Coleman (2000). Egli vuole rappresentare l'economia nel lungo periodo ed esula dalla determinazione delle tasse ambientali, in quanto non si occupa della politica ambientale, ma solo di quella fiscale.

Detto ciò, per ogni aliquota fiscale, le famiglie possono aggiustare gradualmente il livello di consumo e offerta di lavoro, mentre le imprese sono libere di aggiustare la domanda di lavoro e il livello degli investimenti.

Innanzitutto, le imprese hanno una funzione di produzione $f(K_t, L_t, A_t)$ che dipende da capitale K_t , lavoro L_t e da un dato esogeno A_t , che rappresenta il livello di tecnologia. Al tempo t , l'impresa paga un prezzo competitivo r_t e w_t ai fattori produttivi K_t e L_t rispettivamente.

Ciascuna impresa vuole massimizzare i propri profitti che sono dati dalla funzione $f(K_t, L_t, A_t) - r_t K_t - w_t L_t$. La massimizzazione del profitto porta alle seguenti condizioni:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(K_t, L_t, A_t)}{\partial K} = r_t \\ \frac{\partial F(K_t, L_t, A_t)}{\partial L} = w_t \end{cases}$$

Con rendimenti costanti di scala, l'impresa avrà profitto nullo ed esisterà un numero infinito di soluzioni ottime (appendice A).

Il governo deve finanziare una spesa esogena pari a $g_t > 0$ per ogni periodo. Le entrate fiscali sono generate dalla tassazione sul reddito da capitale al netto del deprezzamento (τ_t^k), sul reddito da lavoro (τ_t^l) e sui consumi (τ_t^c). La politica fiscale è la definizione di tutte le aliquote fiscali presenti e future. Supponiamo ulteriormente che entrate dello Stato debbano essere uguali alle uscite.

Le entrate fiscali vengono utilizzate per acquistare beni e servizi e in parte per riversare ulteriori risorse alle famiglie, attraverso meccanismi che non alterano il comportamento (trasferimenti lump-sum).

Le famiglie hanno a disposizione una unità di tempo per ogni periodo e decidono la quantità di offerta di lavoro e il livello di consumo in modo da massimizzare la loro utilità, che dipende da consumi e tempo libero. Inoltre, dispongono di una certa quantità di capitale che prestano alle imprese e ricevono i trasferimenti dallo Stato.

La soluzione di first best, è la politica fiscale che garantisce un'aliquota fiscale costante sui consumi, sussidia il lavoro ad un tasso pari all'aliquota sui consumi, lascia il reddito da capitale libero da tassazione e, ovviamente, rispetta il vincolo di bilancio del governo.

$$\begin{cases} \tau_t^c = \tau \\ \tau_t^l = -\tau_t^c \\ \tau_t^k = 0 \end{cases}$$

Questa politica fiscale è ottimale, perché le aliquote fiscali non producono distorsioni nel tasso marginale di trasformazione, il quale rimane inalterato, a condizione che i beni consumo e tempo libero siano tassati allo stesso tasso in ogni periodo t . Questo risultato ha implicazioni molto importanti, perché è sufficiente tassare con la stessa aliquota fiscale i beni consumati dalle famiglie o, analogamente, i fattori produttivi utilizzati dalle imprese, poiché non si modifica il saggio marginale di sostituzione, per continuare ad avere l'allocatione di first best.

4.1.2 Modello di Howarth

Facendo riferimento al paragrafo precedente è immediato capire perché nella situazione di business-as-usual del modello di Howarth (2005), l'aliquota fiscale imposta ai consumatori è comune tra il reddito da lavoro e il reddito da capitale.

Nonostante ciò, il lavoro di Coleman (2000) viene aggiustato da Howarth in tre modi:

- viene permesso alla popolazione di crescere nel tempo;
- il modello, che era basato sull'economia degli Stati Uniti, viene ricalibrato sulla base di un insieme di fatti stilizzati che descrivono meglio l'economia mondiale;
- il modello viene rivisto affinché tecnologia e preferenze includano costi e benefici derivanti dalle emissioni di gas serra e l'accumulazione dei gas serra nell'atmosfera.

Ora, si è in grado di analizzare gli effetti che le tasse sulle emissioni di gas serra hanno sul benessere sociale, tenendo conto dell'esistenza di tasse su lavoro e capitale.

4.1.2.1 Comportamento delle famiglie

Supponiamo che nell'economia esista una famiglia rappresentativa che vuole massimizzare la propria utilità. L'utilità aggregata secondo Howarth (2005) è

$$V = \sum_{t=0}^{\infty} N_t u_t(c_t, l_t, S_t) \delta^t, \quad (4.1)$$

dove N_t è la popolazione misurata in miliardi presente al tempo t con $t \in [0, \infty)$, c_t è il consumo pro capite misurato in dollari americani ai prezzi del 2000, l_t misura lo sforzo lavorativo calcolato come proporzione di ore effettive che un individuo passa al lavoro, S_t è lo stock di anidride carbonica presente nell'atmosfera che condiziona negativamente il clima a livello globale e viene misurato in miliardi di tonnellate.

Il tempo viene misurato in decenni, perciò $t = 0$ corrisponde all'intervallo 2000-2009.

Il parametro δ di 4.1 rappresenta il tasso di preferenza intertemporale. Attribuire un grande peso al benessere futuro implica una diminuzione delle emissioni inquinanti e quindi, un miglioramento della qualità ambientale (Howarth e Norgaard, 1992). Generalmente, nelle ipotesi economiche il parametro di preferenza intertemporale $\delta < 1$ perché il benessere futuro è incerto, quindi si preferisce dare maggiore peso al benessere odierno. Infatti, in questa specificazione, si assume che $\delta = 0,838$.

La funzione di utilità $u_t(\cdot)$ è concava, crescente nel consumo e decrescente rispetto allo sforzo lavorativo e al livello di anidride carbonica. Come suggerito da Coleman (2000), in un modello dove i comportamenti sono perfettamente prevedibili, la funzione di utilità è logaritmica nel consumo e nel tempo libero, poiché fornisce una buona descrizione del cambiamento del comportamento delle famiglie dovuto a variazioni di salario e tasso d'interesse, attraverso le modifiche del vincolo di bilancio.

La funzione di utilità viene stimata da Howarth (2005) come segue:

$$u_t = \ln(c_t) + 1.37 \ln(1 - l_t) + \ln(1 - 0.031(S_t - 590)/590), \quad (4.2)$$

dove $1 - l_t$ rappresenta la frazione di tempo destinata al tempo libero e si assume che la concentrazione di gas serra varia solo per effetto dell'anidride carbonica. In questa specificazione, l'eccesso di accumulazione dell'anidride carbonica nell'atmosfera impone costi sociali diretti attraverso la presenza di esternalità e il termine $1 - 0.031(S_t - 590)/590$ può essere interpretato come un indice di qualità ambientale che decresce linearmente quando i livelli di anidride carbonica aumentano.

Ogni membro della famiglia possiede una certa ricchezza in capitale k_t . Le fonti di reddito derivano dal lavoro e dal capitale che ogni membro presta alle imprese, rispettivamente al tasso w_t e r_t .

Il governo tassa il lavoro attraverso l'aliquota τ_{lt} e il capitale con l'aliquota τ_{kt} . Inoltre, fornisce un trasferimento monetario π_t ad ogni individuo. Sotto queste condizioni, le famiglie devono rispettare il seguente vincolo di bilancio:

$$N_t c_t + N_{t+1} k_{t+1} - N_t k_t = (1 - \tau_{lt}) w_t N_t l_t + (1 - \tau_{kt}) r_t N_t k_t + N_t \pi_t \quad (4.3)$$

dove $N_t c_t$ è il consumo mondiale di tutte le famiglie, $N_{t+1} k_{t+1} - N_t k_t$ rappresenta l'accumulazione del capitale avvenuta tra t e $t+1$, $(1 - \tau_{lt}) w_t N_t l_t$ rappresenta il reddito mondiale da lavoro di tutta la popolazione al netto della tassazione, $(1 - \tau_{kt}) r_t N_t k_t$ è il rendimento del capitale che le famiglie prestano alle imprese, misurato a livello mondiale e al netto della tassazione sul capitale, $N_t \pi_t$ è il trasferimento statale, dovuto all'intera popolazione.

Considerando come dati in ogni periodo i prezzi, le scelte di politica pubblica e lo stato in cui si trova l'ambiente, una famiglia razionale prende le decisioni riguardanti consumo, lavoro ed investimento del capitale tali da massimizzare in ogni periodo la funzione obiettivo (4.1) rispettando il vincolo di bilancio (4.3). Le condizioni di primo ordine del problema di massimizzazione vincolata sono:

$$\begin{cases} -\frac{\partial u_t / \partial l_t}{\partial u_t / \partial c_t} = (1 - \tau_{lt}) w_t \\ \frac{\partial u_t / \partial c_t}{\partial u_{t+1} / \partial c_{t+1}} = [1 + (1 - \tau_{kt+1}) r_{t+1}] \delta \end{cases} \quad (4.4)$$

La prima equazione di 4.4 mostra che il saggio marginale di sostituzione tra consumo e lavoro è uguale al reddito da lavoro al netto delle tasse, mentre la seconda equazione implica che il saggio marginale di sostituzione intertemporale sia pari al rendimento del capitale investito al netto della tassazione (appendice B).

Inoltre, Howarth assume che la popolazione cresca secondo la seguente relazione:

$$N_{t+1} = N_t + 0.31 N_t (1 - N_t / 10.9), \quad (4.5)$$

con un valore iniziale di $N_0 = 6.1$ miliardi di persone, ovvero la popolazione mondiale presente nel 2000 (Nazioni Unite 2003, p.45). Questa equazione implica che la popolazione mondiale raggiungerà nel lungo periodo un valore $N_\infty = 10.9$ miliardi di persone, valore scelto sempre seguendo le stime delle Nazioni Unite (2019).

Infine, per descrivere meglio l'economia mondiale, vengono aggiunti i fatti stilizzati di cui si parlava all'inizio del capitolo, basati su dati forniti da organizzazioni internazionali:

- le famiglie lavorano circa il 34% delle ore in cui sono sveglie nel periodo iniziale per modello;
- l'economia cresce ad un tasso iniziale del 3.2% all'anno;
- la migliore stima dei danni provocati dall'aumento dei livelli di anidride carbonica del 100%, compresi anche gli impatti estranei all'economia, sta tra 1.5% e il 2% della produzione mondiale (IPCC 1996, p.183). Detto ciò, raddoppiare i livelli di anidride carbonica impongono un costo sociale medio di 1.75% del reddito mondiale data la struttura dell'economia nell'anno 2000.

Pertanto, raddoppiare le concentrazioni di anidride carbonica, rispetto al valore preindustriale, impone una perdita di benessere derivante dalla riduzione del consumo privato proporzionale al 3.1% (derivato da 4.2), oppure, come sostenuto dall'IPCC (1996), una perdita dell'output economico pari all'1.75% durante il primo periodo di analisi.

4.1.2.2 Comportamento delle imprese

Nell'economia è presente un gruppo di imprese competitive che condividono la stessa tecnologia e hanno una funzione di produzione $f_t(K_t, L_t, E_t)$ concava e linearmente omogenea rispetto a capitale (K_t), lavoro (L_t) e quantità di anidride carbonica rilasciata nell'atmosfera (E_t).

Si noti che $K_t = N_t k_t$ è lo stock di capitale aggregato, ovvero la somma della ricchezza detenuta in forma di capitale da tutti gli N_t individui presenti nella popolazione, misurato in milioni di dollari. Analogamente, $L_t = N_t l_t$ è l'offerta di lavoro aggregata, misurata in miliardi di lavoratori. Le emissioni di anidride carbonica sono misurate in miliardi di tonnellate.

Le imprese impiegano lavoro e capitale dalle famiglie a tassi di remunerazione rispettivamente pari a w_t e r_t . Inoltre, pagano una tassa τ_{Et} per ogni unità di gas serra che emettono.

Ne deriva che i profitti delle imprese sono pari a $f_t(\cdot) - r_t K_t - w_t L_t - \tau_{Et} E_t$ e vengono massimizzati quando la produttività marginale di ogni fattore è uguale al suo prezzo.

$$\begin{cases} r_t = \partial f_t / \partial K_t \\ w_t = \partial f_t / \partial L_t \\ \tau_{Et} = \partial f_t / \partial E_t \end{cases} \quad (4.6)$$

La funzione di produzione linearmente omogenea e l'acquisto di input produttivi a prezzi competitivi rendono i profitti pari a zero in ogni periodo (appendice A).

La funzione di produzione è la Cobb-Douglas di Coleman (2000) adattata per tenere conto della tecnologia e dei costi di abbattimento delle emissioni di anidride carbonica.

$$f_t(\cdot) = A_t K_t^{0.4} L_t^{0.6} - 0.389 K_t - 486 E_{0t} \left(\frac{E_{0t} - E_t}{E_{0t}} \right)^{4.32} \quad (4.7)$$

Si può sostenere che la funzione di produzione è linearmente omogenea perché E_{0t} non è un parametro, ma si può scrivere come:

$$E_{0t} = B_t A_t K_t^{0.4} L_t^{0.6}, \quad (4.8)$$

dove E_{0t} è il livello di emissioni in assenza di politica ambientale ed è proporzionale a $A_t K_t^{0.4} L_t^{0.6}$, che rappresenta l'output economico lordo; mentre B_t è un parametro che varia nel tempo e rappresenta l'intensità delle emissioni nel sistema.

Il parametro A_t misura la Total Factor Productivity (TFP), la quale dipende sia dal livello tecnologico che da elementi esterni all'impresa, come il sistema dei property rights, indispensabili allo svolgimento dell'attività economica, al funzionamento e alla regolazione dei mercati. Gli interventi che accrescono la TFP, oltre il progresso tecnologico, sono tutti i miglioramenti organizzativi aziendali che aumentano la produttività del lavoro (informaticizzazione, miglior gestione dei magazzini), le semplificazioni burocratiche, le riforme che accrescono l'efficienza della giustizia civile, una migliore regolamentazione dei rapporti di lavoro (Rodano 2018, p.34).

I primi due termini di 4.7 sono basati sul modello calcolato da Coleman (2000), mentre il terzo termine rappresenta il costo sostenuto dalle imprese per abbattere le emissioni di anidride carbonica. E_{0t} è il livello di emissioni di anidride carbonica nel caso in cui $\tau_{Et} = 0$, ovvero in assenza di politiche ambientali. Ne deriva che, quando le emissioni non sono controllate, $E_t = E_{0t}$ e i costi di abbattimento sono pari a zero. I costi aumentano rapidamente con l'aumento dell'impegno per diminuire le emissioni.

Siccome il progresso tecnologico futuro porterà non solo ad un aumento della Total Factor Productivity, ma anche ad un declino dell'intensità delle emissioni prodotte, Howarth suppone che le due grandezze varino secondo le seguenti relazioni:

$$A_{t+1} = A_t(1 + g_t) \quad (4.9)$$

$$B_{t+1} = B_t(1 - g_t) \quad (4.10)$$

Howarth stima che il parametro g_t declini linearmente da 0.106 per decennio al tempo $t=0$ fino a zero dopo tre secoli.

4.1.2.3 Accumulazione dei gas nell'atmosfera

Il modello necessita che l'accumulazione di anidride carbonica nell'atmosfera sia una funzione delle emissioni passate, per cui risulta molto utile riferirsi alla forma funzionale e ai parametri adottati da Nordhaus (si veda Howarth 2005). Secondo l'autore, lo stock di anidride carbonica presente nell'atmosfera, segue la seguente relazione:

$$S_{t+1} = 49 + 0.917S_t + 0.64E_t, \quad (4.11)$$

dove lo stock futuro di anidride carbonica dipende dallo stock presente, ma anche dall'inquinamento prodotto dalle imprese.

4.1.2.4 Operatore pubblico

Si assume che le tasse sul reddito da lavoro e da capitale vengano usate per finanziare la spesa pubblica, considerata esogena e fissa in ogni periodo. I governi mantengono un budget bilanciato per ogni periodo, quindi si impone che il valore della spesa pubblica G_t e i trasferimenti alla popolazione $N_t\pi_t$ siano uguali al totale delle entrate ottenute attraverso la tassazione:

$$G_t + N_t\pi_t = \tau_{lt}w_tL_t + \tau_{kt}r_tK_t + \tau_{Et}E_t \quad (4.12)$$

Dato un insieme di possibili politiche pubbliche, cioè l'insieme delle scelte delle variabili $G_t, \pi_t, \tau_{lt}, \tau_{kt}, \tau_{Et}$ per ogni periodo $t \in [0, \infty)$, 4.2 - 4.12 definiscono le traiettorie dell'economia mondiale e della sua relazione con la qualità ambientale. L'output è diviso tra consumo, investimenti netti di capitale e spesa pubblica:

$$N_t c_t + K_{t+1} - K_t + G_t = f_t(K_t, L_t, E_t) \quad (4.13)$$

L'equazione (4.13) implica che il livello di produzione debba essere sufficientemente elevato, in modo tale che siano soddisfatte le esigenze di consumo della popolazione, si renda possibile l'accumulazione del capitale attraverso il risparmio e sia sufficiente per mantenere adeguato il livello della spesa pubblica.

4.2 Scenari ipotizzati

Con questo paragrafo si vogliono ricordare le principali caratteristiche delle regole di decisione di first best e second best utilizzate per trovare la soluzione ottima per i vari scenari.

Innanzitutto, il modello dinamico inizia con una situazione in cui il governo tassa il reddito da lavoro e il rendimento del capitale ad un tasso comune $\tau_{lt} = \tau_{kt} = 1/3$. Howarth suppone che metà delle entrate vengano utilizzate per finanziare la spesa pubblica, mentre la parte rimanente venga restituita alle famiglie. Dunque, $G_t = N_t\pi_t = (\tau_{lt}w_tL_t + \tau_{kt}r_tK_t)/2$. Questa situazione viene denominata business-as-usual e in tale scenario non ci sono sforzi per controllare le emissioni di gas serra, quindi $\tau_{Et} = 0$ per tutti i valori di t .

Sotto la regola di decisione di first best, l'aliquota τ_{Et} viene scelta in modo da eguagliare il valore attuale dei danni marginali che le correnti emissioni imporranno alla società futura. Tiene, quindi, conto sia di variabili economiche sia della qualità ambientale.

In questa specificazione:

$$\tau_{Et} = \sum_{i=1}^{\infty} \left(MC_{t+i} \frac{\partial S_{t+i}}{\partial E_t} \prod_{j=1}^i \frac{1}{1 + r_{t+j}} \right), \quad (4.14)$$

dove

$$MC_{t+i} = -N_{t+i} \frac{\partial u_{t+i} / \partial S_{t+i}}{\partial u_{t+i} / \partial c_{t+i}} \quad (4.15)$$

L'equazione (4.15) rappresenta il danno marginale che l'anidride carbonica impone al periodo $t+i$, il quale dipende dalla dimensione della popolazione esistente (N_{t+i}) e dalla disponibilità marginale di un individuo a pagare per ridurre le concentrazioni di anidride carbonica $\left(-\frac{\partial u_{t+i} / \partial S_{t+i}}{\partial u_{t+i} / \partial c_{t+i}} = \frac{\partial c_{t+i}}{\partial S_{t+i}} = MRS_{c,S} \right)$.

Questa espressione, in 4.14, è moltiplicata dal termine $\frac{\partial S_{t+1}}{\partial E_t}$ che cattura l'impatto delle emissioni correnti sulla futura qualità ambientale.

Il tasso di sconto viene posto uguale al rendimento del capitale al lordo delle tasse r_{t+j} , condizione necessaria per avere un'allocazione Pareto efficiente in un contesto di sviluppo sostenibile. Solo con quel tasso è impossibile avere un aumento di benessere corrente senza peggiorare il benessere futuro (Howarth e Norgaard, 1992).

In assenza di tasse distorsive sul lavoro e sul capitale, questa regola di decisione è sufficiente per ottenere il risultato di first best che massimizza il benessere di una famiglia ideale (4.1) e soggetto ai vincoli tecnici del modello (4.11 e 4.13).

Come la regola di decisione di first best, anche quella di second best massimizza il benessere delle famiglie, tenendo conto dei vincoli tecnologici e supponendo un livello di spesa pubblica fisso allo stesso livello della situazione business-as-usual. In più, però, considera la tassazione distorsiva.

All'interno di ogni regola di decisione (first best e second best) è opportuno considerare diverse scelte di politica pubblica, chiamate scenari, che variano a seconda delle modalità con cui vengono utilizzate le entrate dello Stato. Gli scenari ipotizzati da Howarth sono i seguenti:

- lump-sum revenue recycling, quando le entrate derivanti dalle tasse ambientali sono usate per finanziare trasferimenti sempre maggiori alle famiglie, mantenendo la spesa pubblica, le tasse sul lavoro e sul capitale fisse ai livelli di business-as-usual;
- proportional revenue recycling, nel quale le entrate derivanti delle tasse ambientali vengono utilizzate per diminuire in egual misura le tasse sul lavoro e sul capitale, in modo che $\tau_{lt} = \tau_{kt}$;
- targeted revenue recycling, con il quale le entrate derivanti dalla tassazione sulle emissioni vengono utilizzate per ridurre le aliquote sul lavoro e sul capitale, ma, contrariamente al caso precedente, esse vengono scelte separatamente con il vincolo che $\tau_{lt} \leq 1/3$ e $\tau_{kt} \leq 1/3$.

È importante sottolineare che il vincolo di disuguaglianza imposto nella terza politica è necessario per escludere l'ipotesi che si sostituiscano le entrate derivanti dal capitale con quelle derivanti dal lavoro e viceversa. Sebbene la sostituzione potrebbe essere economicamente giustificata, Howarth ritiene che essa distolga l'attenzione dall'uso efficiente delle tasse ambientali.

4.3 Risultati ottenuti

I risultati descritti in questo paragrafo derivano dalle tabelle presenti nell'articolo di Howarth (2005). Sotto l'ipotesi di lump-sum revenue recycling, la regola di decisione di first best implica una tassa sulle emissioni di anidride carbonica che cresce da \$25 per tonnellata nel 2000 fino a \$183 per tonnellata nel 2100 (figura 4.1). Con questo livello di tassazione, le emissioni crescono da 5.9 a 12.8 miliardi di tonnellate all'anno, tenendosi ad un livello inferiore rispetto al business-as-usual.

I risultati rimangono pressoché invariati negli scenari di proportional e targeted revenue recycling.

Secondo le regole di second best e nello scenario di lump-sum revenue recycling, la tassazione ottimale delle emissioni è solo di \$13 per tonnellata nell'anno 2000 e \$144 per tonnellata nel 2100, molto al di sotto rispetto ai risultati di first best. Di conseguenza, le emissioni ottime crescono da 6.2 a 13.6 miliardi di tonnellate durante il periodo di analisi.

A simili conclusioni arrivano anche Bovenberg e de Mooij (1994), i quali dimostrano che la tassazione ambientale ottimale (di second best) è minore rispetto a quella pigouviana (di first best). Ciò accade perché la qualità ambientale viene percepita come un bene pubblico e di conseguenza, compete direttamente con la fornitura di altri beni pubblici. Pertanto, il costo marginale di attuare una politica ambientale aumenta con il costo marginale di acquisire ulteriori fondi pubblici che dipende dalla volontà degli agenti economici di pagare più tasse.

Secondo Howarth, invece, l'esistenza di un'ampia differenza tra il risultato ottimo di first best e quello di second best risiede nel fatto che le tasse ambientali vengono in parte utilizzate per aumentare i trasferimenti lump-sum, quindi si amplificano i costi generati dall'effetto interazione tra tasse.

Utilizzando entrambe le regole di decisione di first best e second best, la lump-sum revenue recycling è economicamente inefficiente, considerando che si possono ottenere guadagni di benessere utilizzando le entrate derivanti dalla tassazione delle emissioni per ridurre le tasse preesistenti. Infatti, come mostra la figura 4.2, in tutti e due i casi di lump-sum revenue recycling si ha una leggera diminuzione nell'offerta di lavoro e nell'investimento di capitale rispetto allo scenario di business-as-usual.

Ora, si considerino gli scenari dove le emissioni vengono tassate utilizzando la regola di decisione di second best e parte di queste entrate vengono utilizzate per ridurre la tassazione distorsiva preesistente.

Sotto lo scenario di proportional revenue recycling la riduzione dell'aliquota fiscale del lavoro e del capitale sono uguali e la tassazione ottima sulle emissioni cresce da \$38 per tonnellata fino a \$209 per tonnellata nel 2100. In questo caso, le tasse ambientali ottime eccedono quelle di first best, con il risultato che le emissioni di anidride carbonica crescono da 5.6 miliardi a 12.4 miliardi di tonnellate nel 2100.

Infine, nello scenario di targeted revenue recycling si nota immediatamente un livello molto più alto di tassazione ottima delle emissioni (da \$84 fino a \$281 nel 2100) e quindi un valore più basso delle emissioni di anidride carbonica (da 5.0 miliardi a 11.3 miliardi nel 2100). Il benessere viene massimizzato tagliando la tassazione sul lavoro solo per il primo periodo di analisi, mentre si riduce la tassazione sul capitale per tutti i periodi successivi (si veda figura 4.3).

Howarth fa notare che nel primo periodo si taglia la tassazione sul lavoro perché il capitale è fisso nel breve, quindi tagliare le tasse sul capitale porterebbe solo ad una diminuzione delle entrate fiscali, senza avere vantaggi in termini di efficienza. Ne segue che usare la tassazione sulle emissioni per tagliare quella sul lavoro rappresenta un uso più efficiente, nel breve periodo. Nel lungo periodo invece, si riduce la tassazione sul capitale poiché le distorsioni associate ad essa, sono maggiori rispetto a quelle causate dalla tassazione del lavoro. La regola di Ramsey, infatti, sostiene che a parità di gettito, per minimizzare le perdite di efficienza, bisogna tassare maggiormente il bene, la cui domanda è più rigida

(offerta di lavoro) e, viceversa, tassare meno il bene, la cui domanda è più elastica (offerta di capitale).

Pertanto, usare le entrate derivanti dalla tassazione sulle emissioni di anidride carbonica per tagliare la tassazione sul capitale nel lungo periodo è ottimo dal punto di vista della massimizzazione del benessere sociale.

Secondo Howarth, i risultati che fanno capo agli scenari di proportional revenue recycling e targeted revenue recycling suggeriscono che il “revenue recycling effect” è notevole in un modello dinamico, specialmente nel caso in cui le entrate derivante dalle tasse ambientali vengono usate per ridurre la tassazione sul capitale.

Di conseguenza, l’effetto interazione tra tasse che imporrebbe dei costi indiretti e favorirebbe l’imposizione di tasse ambientali relativamente piccole è più che compensato dai benefici indiretti derivanti dalla riduzione di tasse distorsive su lavoro e capitale.

Inoltre, dalla figura 4.1, si nota che il più alto livello di benessere sociale netto si ottiene con lo scenario di targeted revenue recycling sotto la tassazione di second best. Con benessere sociale netto si intende una variazione positiva di welfare rispetto alla situazione di business-as-usual. Tale variazione corrisponde alla riduzione del consumo corrente che la popolazione sarebbe disposta ad accettare in cambio di avere la stessa qualità ambientale presente in un dato scenario e mantenendo costante l’utilità delle famiglie.

Dalle figure 4.2 e 4.3, si osserva che i diversi scenari variano solo leggermente nelle variabili macroeconomiche, come consumo pro capite, offerta di lavoro, accumulazione di capitale e aliquote fiscali per lavoro e capitale. Tuttavia, questi piccoli cambiamenti hanno conseguenze molto importanti dal punto di vista del benessere sociale di lungo periodo.

L’analisi finora presentata suggerisce che l’esistenza di una coordinazione tra tasse ambientali e politica fiscale potrebbe portare ad ampi benefici in termini di benessere sociale e che affidarsi ad un approccio di first best potrebbe portare i policy maker a non comprendere le vere implicazioni che la politica ambientale porta alla società.

TABLE 1
PRINCIPAL RESULTS

Decade	2000	2020	2040	2070	2100
<i>Carbon Dioxide Emissions Tax (U.S. dollars per ton, 2000 prices)</i>					
Business-as-Usual	0	0	0	0	0
First-Best Decision Rule					
Lump-sum recycling	25	44	68	117	183
Proportional recycling	25	44	69	119	185
Targeted recycling	26	45	71	122	190
Second-Best Optimum					
Lump-sum recycling	13	19	34	75	144
Proportional recycling	38	50	75	131	209
Targeted recycling	84	67	130	208	281
<i>Carbon Dioxide Emissions (billion tons per year)</i>					
Business-as-Usual	8.0	11.7	15.4	20.4	24.8
First-Best Decision Rule					
Lump-sum recycling	5.9	8.0	9.8	11.7	12.8
Proportional recycling	5.9	8.0	9.9	11.8	12.8
Targeted recycling	5.9	8.1	9.9	11.8	12.8
Second-Best Optimum					
Lump-sum recycling	6.2	8.8	10.9	12.8	13.6
Proportional recycling	5.6	7.9	9.7	11.5	12.4
Targeted recycling	5.0	7.6	8.8	10.3	11.3
<i>Net Welfare Gain Relative to Business as Usual (trillion U.S. dollars, 2000 prices)</i>					
First-Best Decision Rule					
Lump-sum recycling	14.4				
Proportional recycling	18.2				
Targeted recycling	22.1				
Second-Best Optimum					
Lump-sum recycling	15.0				
Proportional recycling	18.4				
Targeted recycling	23.3				

Figura 4.1: Risultati principali

TABLE 2
CONSUMPTION, LABOR EFFORT, AND CAPITAL

Decade	2000	2020	2040	2070	2100
<i>Consumption per Capita (thousand U.S. dollars per year, 2000 prices)</i>					
Business-as-Usual	4.13	6.23	8.86	14.07	21.06
First-Best Decision Rule					
Lump-sum recycling	4.13	6.21	8.80	13.95	20.84
Proportional recycling	4.13	6.23	8.84	14.03	20.97
Targeted recycling	4.13	6.24	8.87	14.08	21.04
Second-Best Optimum					
Lump-sum recycling	4.13	6.22	8.83	13.99	20.89
Proportional recycling	4.13	6.23	8.84	14.02	20.95
Targeted recycling	4.14	6.24	8.87	14.06	20.99
<i>Labor Effort (proportion of waking hours spent at work)</i>					
Business-as-Usual	0.340	0.331	0.325	0.320	0.317
First-Best Decision Rule					
Lump-sum recycling	0.339	0.330	0.323	0.318	0.316
Proportional recycling	0.340	0.331	0.325	0.319	0.317
Targeted recycling	0.341	0.331	0.324	0.319	0.317
Second-Best Optimum					
Lump-sum recycling	0.340	0.330	0.324	0.319	0.316
Proportional recycling	0.340	0.331	0.325	0.319	0.317
Targeted recycling	0.343	0.331	0.324	0.318	0.316
<i>Capital Stock (trillion U.S. dollars, 2000 prices)</i>					
Business-as-Usual	151	306	520	954	1,541
First-Best Decision Rule					
Lump-sum recycling	151	304	514	941	1,516
Proportional recycling	151	306	518	949	1,530
Targeted recycling	151	310	527	969	1,561
Second-Best Optimum					
Lump-sum recycling	151	305	517	946	1,522
Proportional recycling	151	305	518	949	1,529
Targeted recycling	151	312	531	972	1,560

Figura 4.2: Consumo, lavoro e capitale

TABLE 3
LABOR AND CAPITAL TAXES

Decade	2000	2020	2040	2070	2100
<i>Labor Tax Rate</i>					
Proportional Recycling					
First-Best Decision Rule	0.331	0.330	0.330	0.330	0.329
Second-Best Optimum	0.330	0.330	0.330	0.329	0.329
Targeted Recycling					
First-Best Decision Rule	0.329	0.333	0.333	0.333	0.333
Second-Best Optimum	0.321	0.333	0.333	0.333	0.333
All Other Scenarios	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
<i>Capital Tax Rate</i>					
Proportional Recycling					
First-Best Decision Rule	0.331	0.330	0.330	0.330	0.329
Second-Best Optimum	0.330	0.330	0.330	0.329	0.329
Targeted Recycling					
First-Best Decision Rule	0.333	0.318	0.316	0.314	0.313
Second-Best Optimum	0.333	0.311	0.306	0.307	0.310
All Other Scenarios	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333

Figura 4.3: Tassazione su lavoro e capitale

4.4 Osservazioni

Il modello appena descritto si basa su molte assunzioni. Un esempio è l'indice di qualità ambientale presente in 4.2, $1 - 0.031(S_t - 590)/590$, secondo cui la qualità ambientale decresce al crescere dello stock di anidride carbonica attraverso una relazione lineare. Questa relazione è stata adottata per la sua semplicità, ma la validità della linearità non è certa. Inoltre, anche i dati che descrivono i costi dell'inquinamento possono essere calcolati con errore.

Nonostante ciò, la specificazione utilizzata per descrivere la qualità ambientale implica un beneficio marginale derivante dall'abbattimento dell'anidride carbonica simile a quelli calcolati da altri autori tra cui Nordhaus e Boyer (Howarth 2005).

In aggiunta, la figura 4.1 mostra un livello crescente di emissioni in tutti gli scenari. Pertanto, con qualsiasi livello ottimale di tassazione (first best o second best) si ha un peggioramento dell'indice di qualità ambientale.

Il risultato finale consiste comunque in un aumento di benessere perché il consumo aumenta nel tempo, quindi è in grado di compensare la perdita di utilità che deriva dalla diminuzione della qualità ambientale.

Il modello vuole rappresentare l'economia nel lungo periodo, quindi bisogna utilizzare un tasso di attualizzazione appropriato per poter paragonare i costi marginali che le emissioni di anidride carbonica imporranno alla società futura e decidere così l'aliquota fiscale delle tasse ambientali nello scenario di first best. Il tasso di sconto utilizzato è il tasso di rendimento del capitale al lordo della tassazione.

È lo stesso Howarth (2005) che si sofferma a lungo sulla discussione dell'appropriatezza del tasso di sconto da utilizzare. Si ritiene, infatti, che il tasso si riveli dopo la tassazione del capitale, precisamente dal rendimento degli investimenti e non dalla produttività marginale del capitale, misurata come rendimento del capitale prima della tassazione. Questa affermazione suggerisce che la regola di decisione di first best può sovrastimare il tasso di sconto appropriato e di conseguenza sottostimare il livello ottimo di tasse ambientali. Una possibile soluzione sarebbe quella di utilizzare un tasso medio, ma questo approccio è difficile da implementare perché il rendimento è condizionato dalle politiche fiscali.

Un'ulteriore critica deriva dai risultati ottenuti nei due scenari in cui le entrate fiscali vengono utilizzate per ridurre la tassazione preesistente. Mentre la letteratura economica è d'accordo sui risultati riguardanti lo scenario di lump-sum revenue recycling, alcuni autori sono contrari agli enormi benefici derivanti dai due scenari di cui sopra.

Bovenberg e Goulder (1996) costruiscono un modello in cui calcolano la tassazione ambientale ottima quando esistono già ulteriori tasse nell'economia statunitense e introducono delle assunzioni che rendono il modello più realistico alla situazione dell'economia. I risultati mostrano che se i benefici marginali derivanti dalla riduzione di anidride carbonica sono pari a \$75, anche la tassa pigouviana dovrebbe essere pari a \$75. Se si considerano anche le tasse preesistenti, la tassazione ottima è minore sia nel caso in cui le entrate siano utilizzate per aumentare i trasferimenti lump-sum (\$13 per tonnellata), ma anche nel caso in cui le entrate siano utilizzate per ridurre la tassazione distorsiva (\$48 per tonnellata).

È quest'ultimo risultato a contrastare con il lavoro di Howarth (2005), ma ciò potrebbe sottostare alla diversa adozione di ipotesi riguardanti la modalità di riduzione delle tasse distorsive.

Successivamente, Bovenberg e Goulder (1996) conducono una simulazione e utilizzano come benchmark una situazione dell'economia idealizzata, in cui il consumo non viene tassato e le aliquote fiscali su lavoro e capitale sono uguali, quindi una situazione molto simile a quella ipotizzata da Howarth (2005) nella sua situazione di business-as-usual. Sotto questo scenario, l'introduzione della tassazione ambientale porta ad una diminuzione marginale del benessere significativamente più bassa rispetto al caso più realistico. Di conseguenza, la tassazione ambientale ottima è maggiore, come la riduzione dell'inquinamento.

Parte di queste affermazioni vengono poi ritratte da Bovenberg e Goulder (1997), i quali avevano considerato solo la riduzione della tassazione sul lavoro. Infatti, essi ammettono che la riduzione della tassazione del capitale può ridurre la percezione dei costi derivanti dalle tasse ambientali.

Sebbene il lavoro di Howarth (2005) presenti alcuni punti di debolezza, esso rappresenta un lavoro completo in cui non viene calcolata solo la tassazione di first best, ma anche quella di second best per diversi scenari. Inoltre, integra molti articoli riguardanti le tasse ambientali, mettendo d'accordo diversi autori con i risultati da lui trovati.

Capitolo 5

Conclusioni

Prima di stabilire la quantità di tassazione su ambiente, lavoro e capitale, Bovenberg e Goulder (1996) sottolineano che i governi impongono un sistema di tassazione agli agenti economici per adempiere due obiettivi. Il primo è aumentare le entrate fiscali per finanziare beni pubblici estranei alla qualità ambientale; mentre il secondo è internalizzare le esternalità che derivano dall'inquinamento, quindi proteggere la qualità ambientale intesa come bene pubblico. Se le entrate fiscali risultano scarse, il sistema di tassazione si concentra più nel generare entrate, piuttosto che nell'eliminazione delle esternalità.

Inoltre, Bovenberg e de Mooij (1994) suggeriscono che molte politiche ambientali sono state usate come pretesto per ridurre l'eccesso di pressione fiscale derivante dal sistema di tassazione corrente. Così facendo, imporre la tassazione ottimale è condizionata al fatto che essa generi sufficienti entrate.

Il primo grande problema è quindi cercare di evitare di introdurre politiche ambientali ambiziose, il cui scopo sia quello di accumulare ulteriori fondi.

Il secondo problema potrebbe presentarsi dopo l'introduzione della tassazione ambientale con l'eccesso di pressione delle imposte. I costi in eccesso sono dovuti al fatto che le tasse ambientali vengono considerate come tasse implicite sui fattori produttivi, quindi non solo provocano distorsioni sul mercato intermedio, dove si acquistano e vendono fattori produttivi, ma anche sui mercati dei beni finali (vedi Bovenberg e Goulder, 1996).

L'eccesso di pressione fiscale potenziale è maggiore sul fattore capitale rispetto al lavoro. Pertanto, il costo in eccesso può essere ridotto quando la tassazione ambientale ricade principalmente sul fattore relativamente meno efficiente, ovvero sul lavoro, in modo da ridurre la tassazione sul capitale e aumentare quella sul lavoro.

Il meccanismo attraverso cui la tassazione sul capitale si può sostituire a quella sul lavoro è presente anche in Howarth (2005), ma in questo lavoro viene limitato attraverso le ipotesi che $\tau_{lt} \leq 1/3$ e $\tau_{kt} \leq 1/3$.

Un ulteriore aspetto rilevante è che l'eccesso di pressione fiscale dipende dall'ampiezza della base imponibile. Infatti, maggiore è la base imponibile, minore è la distorsione generata dall'introduzione della tassa ambientale e minore è l'eccesso di pressione delle imposte (Bovenberg e Goulder, 1997).

Al di là di queste considerazioni, il modello di Howarth (2005) si pone l'obiettivo di raccontare come è possibile arrivare ad una situazione ideale. Vuole far comprendere che è possibile aumentare in modo consistente il benessere sociale introducendo tasse ambientali, ma solo con la giusta interazione tra politica fiscale ed ambientale. Di conseguenza, non bisogna sempre affidarsi alle regole di decisione di first best nella determinazione delle politiche pubbliche.

Il concetto di first best è molto utile per comprendere da un punto di vista teorico quale sarebbe la politica ottima nel caso in cui si conoscessero tutte le variabili del problema e fornisce delle regole di decisione che portano ad un risultato in cui il benessere sociale è massimo, sotto certe condizioni, anche in caso di esternalità negativa.

L'allocazione di first best richiede che il prezzo di ogni bene sia uguale al suo costo marginale. Pertanto, la presenza di tassazione distorsiva su fattori produttivi o beni di consumo non rende possibile avere un'allocazione efficiente. Di conseguenza, in molte situazioni è lo stesso operatore pubblico ad essere creatore di distorsioni che allontanano l'economia dall'efficienza.

Inoltre, la complessità del mondo reale porta lo stato ad ignorare molti dei parametri necessari per la determinazione del livello di produzione e del livello di emissioni di anidride carbonica ottimi per la società.

Successivamente l'elaborato descrive il teorema di second best come alternativa quando la regola di decisione di first best fallisce. Non sempre le regole di first best attuabili portano ad un miglioramento della situazione, quindi bisogna valutare ogni volta se il benessere aumenta con l'eliminazione di certe distorsioni oppure con l'introduzione di altre.

Howarth (2005) si rifà in particolare a un lavoro di Coleman (2000), che dimostra che è possibile raggiungere un'allocazione di first best anche se è già presente la tassazione su certi beni. Le conclusioni a cui arriva Coleman rappresentano il punto di partenza del modello dinamico di Howarth, in modo che gli ulteriori guadagni di benessere non derivino da un migliore uso della tassazione già presente, ma solo dall'interazione delle tasse ambientali con quelle già esistenti e dal modo in cui si utilizzano le entrate della tassazione.

Il modello descritto da Howarth (2005) mostra quanto descritto precedentemente, ovvero che un approccio di first best può fuorviare il policy maker riguardo i benefici derivanti dalla politica ambientale e che l'impatto delle tasse ambientali dipendono non solo dall'ammontare della tassazione stessa, ma anche dall'uso che ne viene fatto. Se le entrate fiscali vengono usate per ridurre le tasse distorsive preesistenti, si avrà una riduzione dei costi dovuti all'abbattimento delle emissioni. Un'inefficiente redistribuzione delle tasse, invece, potrebbe aumentare i costi di abbattimento delle emissioni (IPCC 1996, p. 301).

In conclusione, sono tre i punti fondamentali:

- in presenza di tasse distorsive, la regola di decisione di first best può portare a politiche ambientali non efficienti, dato che i guadagni di benessere nello scenario di first best, per ogni ipotesi di trasferimento delle entrate, sono minori rispetto a quelli di second best;
- un uso efficiente delle entrate derivanti dalla tassazione può portare a incrementi di benessere, poiché sia in first best che second best, lo scenario di targeted revenue

recycling porta ad un maggior livello di benessere rispetto allo scenario di lump-sum revenue recycling;

- ampi guadagni di benessere possono manifestarsi quando le tasse ambientali vengono utilizzate per ridurre la tassazione del capitale nel lungo periodo, poiché la distorsione generata dalla tassazione imposta sul capitale eccede la distorsione provocata dalla tassazione del lavoro.

Tenendo conto di queste osservazioni, un minore livello di inquinamento è compatibile con una riduzione della tassazione preesistente e con un benessere maggiore molto consistente, senza avere grosse ricadute negative nel consumo pro capite e nell'offerta di lavoro.

Appendice A

Profitti uguali a zero e infinite soluzioni ottime

Si suppone che il prezzo dell'output venga normalizzato, quindi sia pari a 1 e che la funzione di produzione sia a rendimenti costanti di scala, cioè sia omogenea di grado 1. Ciò implica che:

$$F(\lambda K, \lambda L) = \lambda F(K, L), \quad \lambda > 0, (K, L) \in [0, +\infty)^2 \quad (\text{A.1})$$

Se moltiplichiamo i fattori produttivi per uno stesso valore, in questo caso λ , otterremo un valore dell'output che è esattamente λ volte $F(K, L)$.

Più genericamente, la funzione $g : A \rightarrow \mathbb{R}$, dove $A \subseteq \mathbb{R}^n$ sia un cono, è detta omogenea di grado $m \geq 0$ se

$$g(\lambda \mathbf{x}) = \lambda^m g(\mathbf{x}), \quad \lambda > 0, \mathbf{x} \in A \quad (\text{A.2})$$

Dal Teorema di Eulero, si può stabilire che data una funzione $g : A \rightarrow \mathbb{R}$, dove $A \subseteq \mathbb{R}^n$ sia un cono, e sia g differenziabile in ogni punto di A , allora g è omogenea di grado m se e solo se

$$\nabla g(\mathbf{x}) \mathbf{x} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial g(\mathbf{x})}{\partial x_i} x_i = m g(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in A \quad (\text{A.3})$$

Dal teorema deriva il corollario, secondo cui data una funzione $g : A \rightarrow \mathbb{R}$, dove $A \subseteq \mathbb{R}^n$ sia un cono, e sia g differenziabile in ogni punto di A e omogenea di grado m , allora le derivate parziali di g sono funzioni omogenee di grado $m - 1$,

$$\frac{\partial g(\lambda \mathbf{x})}{\partial x_i} = \lambda^{m-1} \frac{\partial g(\mathbf{x})}{\partial x_i}, \quad \lambda > 0, \mathbf{x} \in A \quad (\text{A.4})$$

Detto ciò, se la funzione di produzione è linearmente omogenea, le derivate parziali della funzione di produzione saranno funzioni omogenee di grado 0.

Il profitto delle imprese è dato da $f(K_t, L_t) - r_t K_t - w_t L_t$ (si ricorda che il prezzo dell'output venduto è uguale a 1). Poiché il mercato è competitivo, si assume che i prezzi dei fattori produttivi acquistati delle imprese siano a loro volta competitivi, quindi:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial K} = r_t \\ \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial L} = w_t \end{cases} \quad (\text{A.5})$$

Ritornando al profitto e utilizzando il Teorema di Eulero, si osserva che:

$$\begin{aligned} f(K_t, L_t) - r_t K_t - w_t L_t &= f(K_t, L_t) - \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial K} K_t - \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial L} L_t = \\ &= f(K_t, L_t) - \nabla f(K_t, L_t) \begin{pmatrix} K_t \\ L_t \end{pmatrix} = \\ &= f(K_t, L_t) - 1 \cdot f(K_t, L_t) = 0 \end{aligned} \quad (\text{A.6})$$

Dallo stesso corollario si può dimostrare che le imprese avranno infinite scelte ottime di capitale e forza lavoro. Infatti, il problema degli imprenditori è il seguente:

$$\begin{aligned} \max f(K_t, L_t) - r_t K_t - w_t L_t \\ \text{soggetto a } K_t \geq 0 \text{ e } L_t \geq 0 \end{aligned} \quad (\text{A.7})$$

La soluzione al problema è necessariamente interna alla regione ammissibile, siccome si sta massimizzando una funzione concava su una regione convessa e deve soddisfare le seguenti condizioni del primo ordine:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial K} - r_t = 0 \\ \frac{\partial F(K_t, L_t)}{\partial L} - w_t = 0 \end{cases} \quad (\text{A.8})$$

da cui deriva che i prezzi dei fattori produttivi sono concorrenziali e si comprende l'ipotesi di A.5. L'eventuale soluzione (K^*, L^*) è interna, per cui $K^* > 0$ e $L^* > 0$.

Per l'omogeneità di grado zero delle derivate parziali di $F(K_t, L_t)$, vale che per ogni $\lambda > 0$

$$\frac{\partial F(\lambda K_t^*, \lambda L_t^*)}{\partial K} = \lambda^0 \frac{\partial F(K_t^*, L_t^*)}{\partial K} = r_t \quad (\text{A.9})$$

$$\frac{\partial F(\lambda K_t^*, \lambda L_t^*)}{\partial L} = \lambda^0 \frac{\partial F(K_t^*, L_t^*)}{\partial L} = w_t, \quad (\text{A.10})$$

da cui deriva il fatto che $(\lambda K^*, \lambda L^*)$ è soluzione ottima per qualsiasi $\lambda > 0$.

Appendice B

Saggio marginale di sostituzione intertemporale

Nel Capitolo 4 si è visto come una delle condizioni necessarie di primo ordine per far sì che le famiglie massimizzino il loro benessere, dato un modello intertemporale come quello di Howarth, è:

$$\frac{\partial u_t / \partial c_t}{\partial u_{t+1} / \partial c_{t+1}} = [1 + (1 - \tau_{kt+1})r_{t+1}] \delta. \quad (\text{B.1})$$

Innanzitutto, si parte da un modello semplice di scelta intertemporale. L'individuo ha a disposizione una certa somma di denaro. Egli può consumare parte di esso e quindi risparmiare oppure può spendere più della sua dotazione e quindi prendere a prestito. I soldi risparmiati verranno investiti, mentre in caso di prestito, l'individuo dovrà restituire il denaro in futuro. Supponiamo che il tasso d'interesse utilizzato sia lo stesso. Si suppone che la funzione di utilità intertemporale sia di forma additiva nei periodi t e $t+1$, secondo la seguente relazione:

$$V(c_t, c_{t+1}) = u(c_t) + \delta u(c_{t+1}), \quad (\text{B.2})$$

dove δ rappresenta il tasso di preferenza intertemporale e nelle ipotesi economiche $\delta < 1$, poiché l'individuo preferisce consumare di più oggi, data l'incertezza del futuro.

In assenza di tassazione e ipotizzando un tasso d'interesse fisso per ogni periodo ($r_t = r_{t+1} = r$), l'individuo percepisce un certo livello di reddito odierno (I_t), il quale viene consumato e risparmiato. I risparmi verranno investiti e consumati assieme al reddito futuro (I_{t+1}). Al tempo $t+1$ non ci sono risparmi.

$$c_t + s_t = I_t \quad (\text{B.3})$$

$$c_{t+1} = I_{t+1} + s_t(1 + r) \quad (\text{B.4})$$

Isolando s nell'equazione B.3 e sostituendo nell'equazione B.4, si ottiene

$$c_t(1 + r) + c_{t+1} = I_{t+1} + I_t(1 + r), \quad (\text{B.5})$$

da cui deriva che il costo-opportunità di risparmiare oggi invece di consumare è $p_{c,t} = 1 + r$, mentre il costo-opportunità di consumare domani, dal punto di vista futuro è $p_{c,t+1} = 1$.

Il problema consiste nel massimizzare l'utilità (equazione B.2), che dipende dai consumi odierni e futuri, soggetta al vincolo di bilancio (equazione B.5). Si procede quindi con la scrittura della funzione Lagrangiana e le condizioni necessarie di primo ordine.

$$L(c_t, c_{t+1}, \lambda) = u(c_t) + \delta u(c_{t+1}) + \lambda [c_t(1+r) + c_{t+1} - I_{t+1} - I_t(1+r)] \quad (\text{B.6})$$

Le condizioni del primo ordine sono:

$$\begin{cases} \frac{\partial L(c_t, c_{t+1})}{\partial c_t} = \frac{\partial u(c_t)}{\partial c_t} + (1+r)\lambda = 0 \\ \frac{\partial L(c_t, c_{t+1})}{\partial c_{t+1}} = \delta \frac{\partial u(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}} + \lambda = 0 \\ c_t(1+r) + c_{t+1} - I_{t+1} - I_t(1+r) = 0 \end{cases} \quad (\text{B.7})$$

Isolando λ da entrambe le equazioni, otteniamo che:

$$\begin{cases} \lambda = -\frac{\partial u(c_t)}{\partial c_t} \frac{1}{(1+r)} \\ \lambda = -\delta \frac{\partial u(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}} \end{cases} \quad (\text{B.8})$$

Da cui si pone l'uguaglianza tra i secondi membri delle equazioni per ottenere

$$\frac{\partial u(c_t)}{\partial c_t} = (1+r)\delta \frac{\partial u(c_{t+1})}{\partial c_{t+1}} \quad (\text{B.9})$$

L'equazione (B.9) rappresenta l'equazione intertemporale di Eulero "che descrive l'andamento del consumo nel tempo, cioè la relazione di equilibrio tra consumo corrente e consumo futuro che massimizza l'utilità" (si veda Moro 2013, p.17). Dall'equazione intertemporale ci si può ricondurre alla regola secondo cui il tasso marginale di sostituzione intertemporale deve essere pari al prezzo relativo dei consumi:

$$\delta \frac{\partial u(c_{t+1})/\partial c_{t+1}}{\partial u(c_t)/\partial c_t} = \frac{1}{(1+r)}, \quad (\text{B.10})$$

che possiamo riscrivere e semplificare la notazione come segue

$$\frac{1}{\delta} \frac{\partial u_t/\partial c_t}{\partial u_{t+1}/\partial c_{t+1}} = (1+r) \quad (\text{B.11})$$

Ora si aggiunge la tassazione sugli interessi. In questo caso, il rendimento dei risparmi deve tenere conto dell'aliquota fiscale applicato ai soli interessi generati (τ), per cui il nuovo prezzo relativo dei consumi sarà $[1 + (1 - \tau)r]$.

Se ipotizziamo invece, che il tasso d'interesse e l'aliquota possano variare in ogni periodo, allora il costo-opportunità del consumo corrente dipenderà dal tasso netto di rendimento futuro, per cui il nuovo prezzo relativo dei consumi sarà $[1 + (1 - \tau_{t+1})r_{t+1}]$.

Da questo ragionamento, si comprende quindi da dove deriva l'equazione B.1.¹

¹L'elaborato presenta un numero di parole inferiore a 10 000.

Riferimenti bibliografici

Bibliografia

BOVENBERG A. L., DE MOOIJ R. A., 1994. Environmental Levies and Distortionary Taxation. *American Economic Review*, 84 (4), 1085–89.

BOVENBERG A. L., GOULDER L. H., 1996. Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes: General-Equilibrium Analysis. *American Economic Review*, 86 (4), 985–1000.

BOVENBERG A. L., GOULDER L. H., 1997. Costs of Environmentally Motivated Taxes in the Presence of Other Taxes: General Equilibrium Analyses. *National Tax Journal*, 50 (1), 59-88.

BURATTO A., GROSSET L., VISCOLANI B., 2020. *Ottimizzazione dinamica modelli economici e gestionali*. V ed. Padova: Edizioni Libreria Progetto.

COLEMAN W. J., 2000. Welfare and Optimum Dynamic Taxation of Consumption and Income. *Journal of Public Economics*, 76 (Apr.), 1-39.

DOSI C., Lezioni di Scienze delle Finanze, a.a. 2018-2019.

HOWARTH R. B., 2005. The Present Value Criterion and Environmental Taxation: The Suboptimality of First-Best Decision Rules. *Land Economics*, 81 (3), 321-336.

HOWARTH R. B., NORGAARD R. B., 1992. Environmental Valuation under Sustainable Development. *American Economic Review*, 80 (2), 473-477.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC), 1996. *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*. New York: Cambridge University Press. Disponibile su <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_sar_wg_III_full_report.pdf> [Data di accesso: 06/04/2020].

KATZ M., et al., 2011. *Microeconomia*. IV ed. Milano: McGraw-Hill.

MORO A., 2013. *Le Scelte Intertemporal di Consumo delle Famiglie Italiane*. Relazione finale CLM, Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Scienze Statistiche. p.15-19. Disponibile su <tesi.cab.unipd.it>.

RODANO G., 2018. *Elementi di teoria per la storia economica*. I ed. Bologna: Il Mulino.

UNITED NATIONS, 2003. *Demographic Yearbook 2001*. New York: Publishing Division United Nations. Disponibile su <<https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/products/dyb/dybsets/2001%20DYB.pdf>> [Data di accesso: 23/04/2020].

Sitografia

FIRST BEST: definizione *Dizionario di Economia e Finanza* [online], 2012. Disponibile su <<http://www.treccani.it/enciclopedia>> [Data di accesso: 21/04/2020].

SECOND BEST: definizione *Dizionario di Economia e Finanza* [online], 2012. Disponibile su <<http://www.treccani.it/enciclopedia>> [Data di accesso: 21/04/2020].

UNITED NATIONS, 2019. *Probabilistic Population Projections Rev. 1 based on the World Population Prospects 2019 Rev. 1* [online]. Disponibile su <<https://population.un.org/wpp/Download/Probabilistic/Population/>> [Data di accesso: 23/04/2020].