



Un nuovo approccio per valutare l'impatto ambientale di prodotti vegetali ed animali



Accademia dei Georgofili
Sezione Nord-Est

Prof. **Giuliano Mosca**, Dip. di Agronomia Animali Alimenti
Risorse Naturali e Ambiente - DAFNAE

Prof. **Paolo Tessari**, Dip. di Medicina - DIMED

Prof. **Anna Lante**, Dip. di Agronomia Animali Alimenti
Risorse Naturali e Ambiente – DAFNAE

Università di Padova

Accademia dei Georgofili, Firenze, 24 gennaio 2017

Produzione di nutrienti ed impatto ambientale

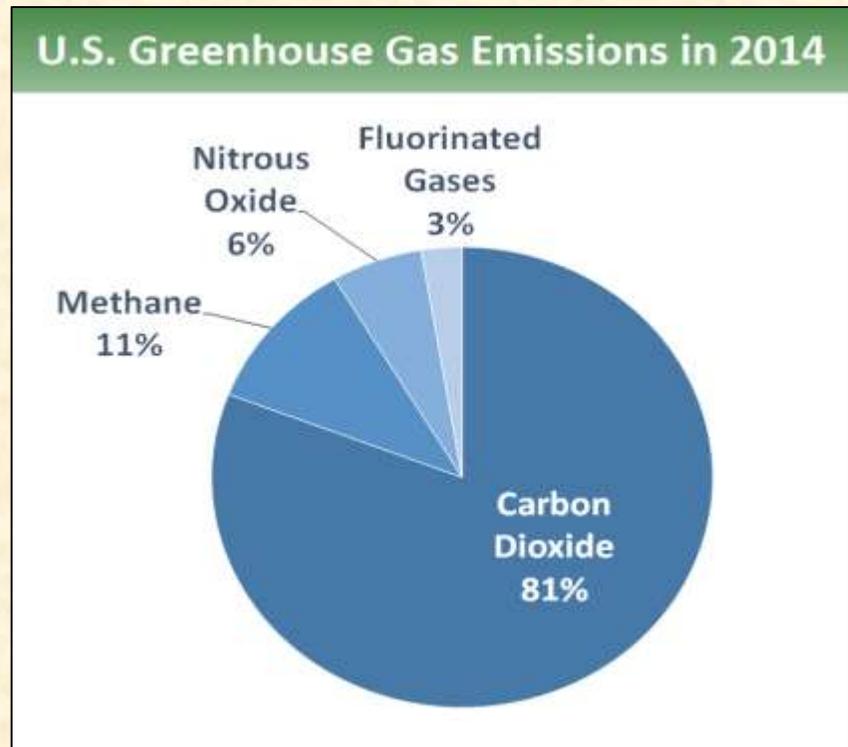
- I prodotti dell'**agricoltura** e **dell'allevamento del bestiame** (e di piccoli animali) costituiscono le sole fonti di nutrienti (oltre all'acqua) per l'uomo.
- Si ritiene comunemente che la produzione di **vegetali** abbia un impatto ambientale **inferiore** (anche **di 10-20x**) rispetto alla produzione di alimenti di origine **animale**.
- Perciò, il **destinare superfici agrarie** alla produzione di vegetali o invece all'allevamento del bestiame avrebbe importanti ricadute sull'impatto ambientale.
- ...ed anche sul tipo di **alimentazione** umana.

Parametri di impatto ambientale nella produzione degli alimenti

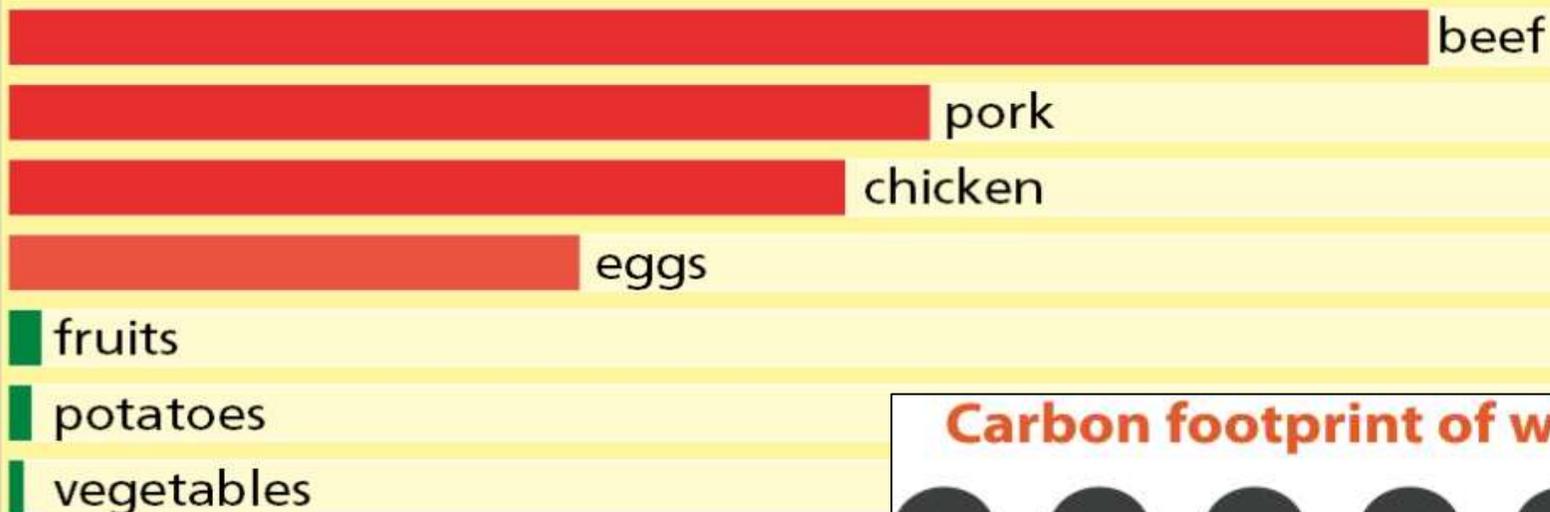
Consumo di territorio (m²)

- Superficie agraria necessaria per produrre una determinata quantità di alimento.
- Oppure, superficie di acquacultura, marina o lacustre per la produzione di pesce.

Effetto «serra» (Kg CO_{2eq}): *somma di:*



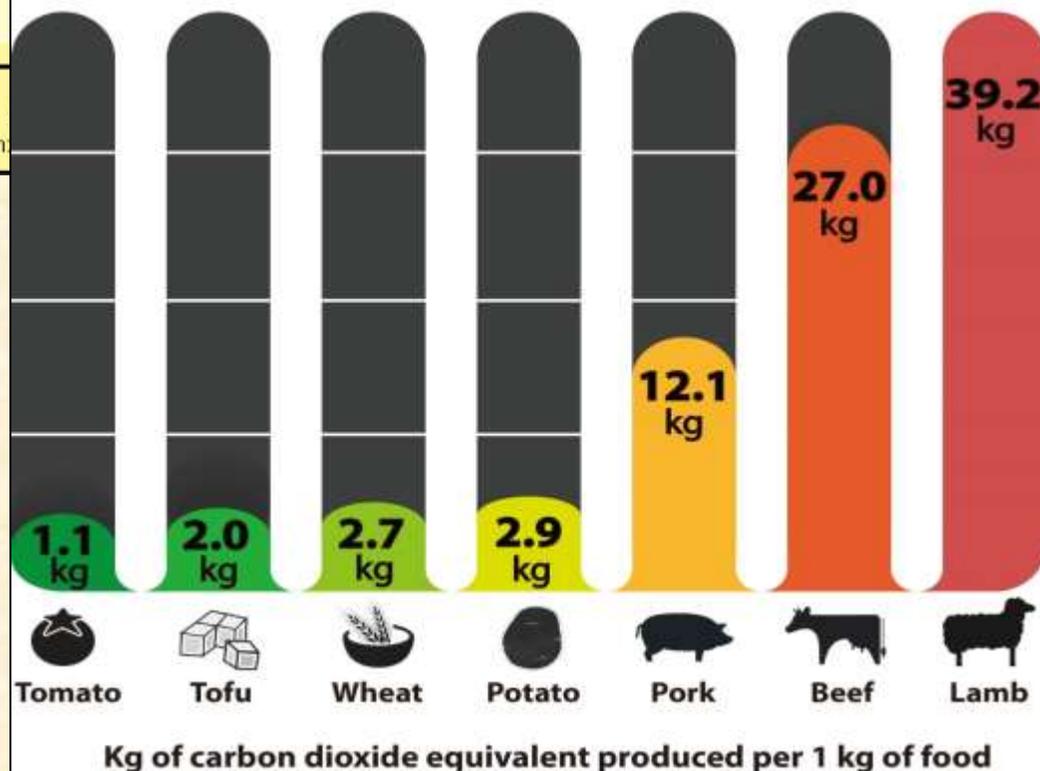
Land needed for the production of 1 kilo food:



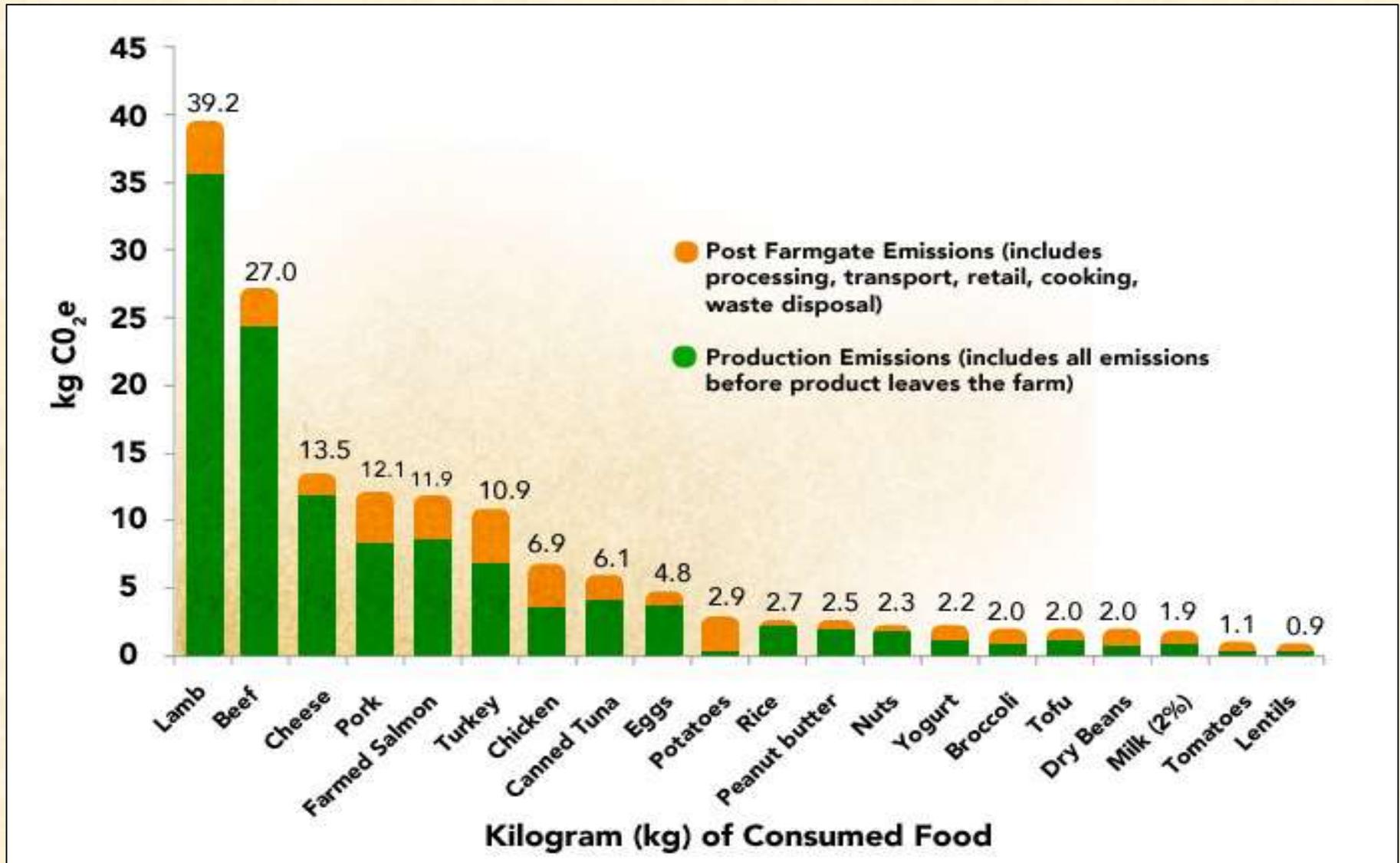
10 m²

Source: Ökologie & Landbau, 159,3/2011, pages 40-42, www.soel.de – Diagram

Carbon footprint of what you eat



Emissioni di CO_{2eq} entro la sede produttiva e dopo l'esportazione del prodotto alimentare



«Rendimento alimentare» di una determinata superficie agraria destinata rispettivamente a produzioni vegetali oppure animali

... inoltre, una **determinata superficie agraria destinata** alla produzione di alimenti vegetali, oltre ad avere un impatto ambientale inferiore, **potrebbe fornire cibo per un numero di persone significativamente superiore (da 4 a 6 volte tanto...)** di quelle che alimenterebbe **se fosse invece destinata all'allevamento del bestiame**, per la produzione di alimenti di origine animale (carni rosse e “bianche”, prodotti caseari, uova...).

Quantificazione dell'impatto ambientale di differenti fonti proteiche: "vegetale" è realmente "bello"...?

TABLE 1

Relative environmentally relevant differences between meat protein and a processed protein food based on soybeans (industrial countries)¹

Environmentally relevant effect	Effect of processed protein food based on soybeans	Relative effect of meat protein production
Land use	1	6–17
Water requirement	1	4.4–26
Fossil fuel requirement	1	6–20
Phosphate rock requirement	1	7
Emission of acidifying substances	1	>7
Emission of biocides	1	6
Emission of copper	1	>100

¹Effect refers to identical amounts of protein. The effect of soybean protein-based food is (arbitrarily) given the value of 1.

Reijnders I, Soret S, AJCN 2003

TABLE 2

Environmental evaluation of the (primary) production of meat and fresh vegetables in Switzerland¹

Foodstuff	Score <i>ecopoints/kg</i>
Meat, integrated agriculture	0.080
Fresh vegetables, integrated horticulture	0.054
Meat, organic	0.043
Fresh vegetables, organic	0.016

¹Based on reference 23.

TABLE 3

Relative environmentally relevant differences between cheese made directly from lupine and cheese made from cow milk from intensive animal husbandry (primary production and processing)¹

Relevant effect	Cheese made directly from lupine	Cheese made from cow milk (intensive animal husbandry)
Land requirement	1	5
Environmental burden ²	1	9–21

¹Effect refers to identical amounts of cheese. The effect of lupine-based cheese is (arbitrarily) given the value of 1. Based on reference 31.

²Emissions of ecotoxic, eutrophying, and acidifying compounds.

FOOD CONSUMPTION PATTERNS AND CLIMATE CHANGE

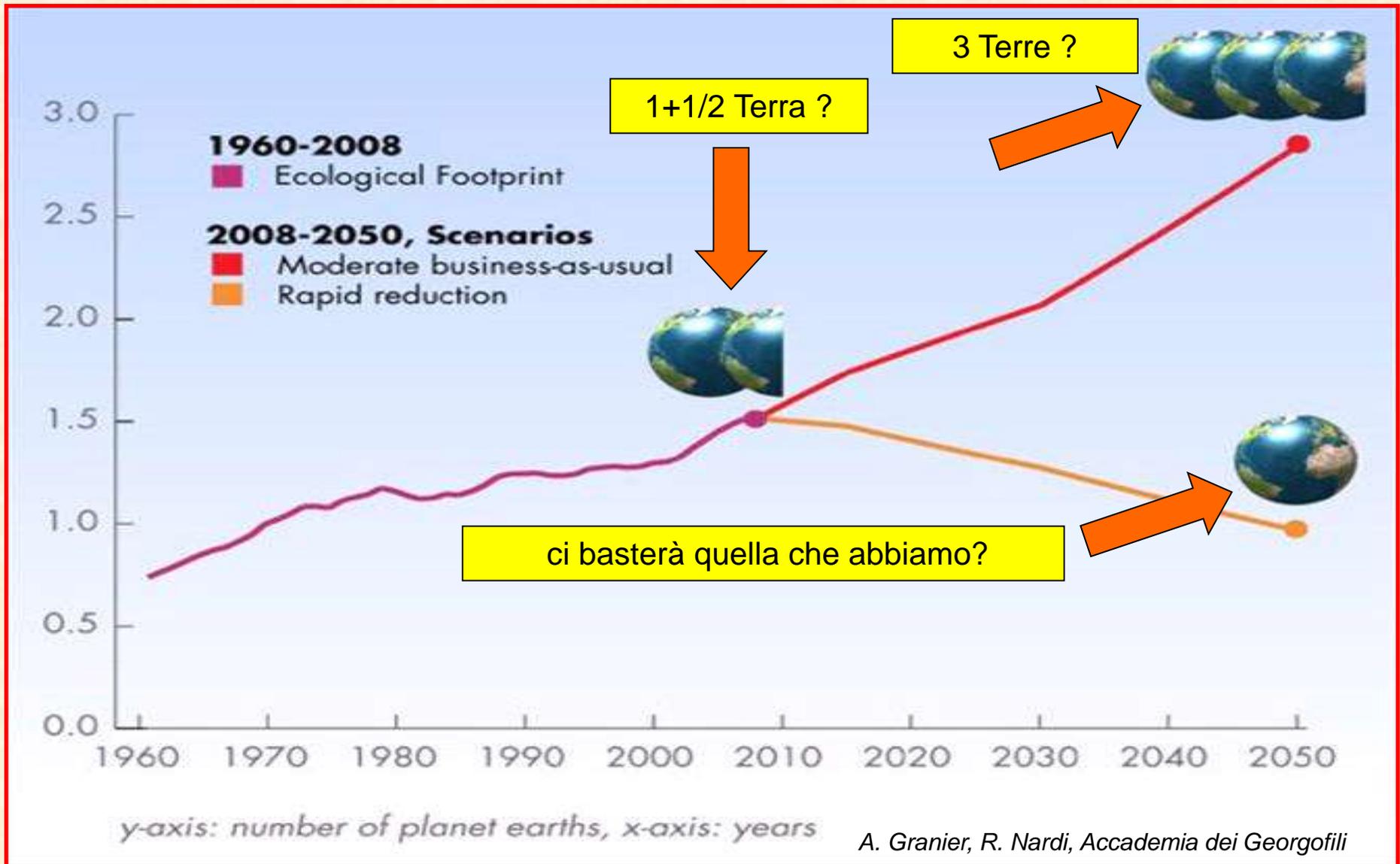
TABLE 3

Carbon dioxide, methane, and nitrous oxide emissions from farm to table for 22 items commonly consumed in Sweden

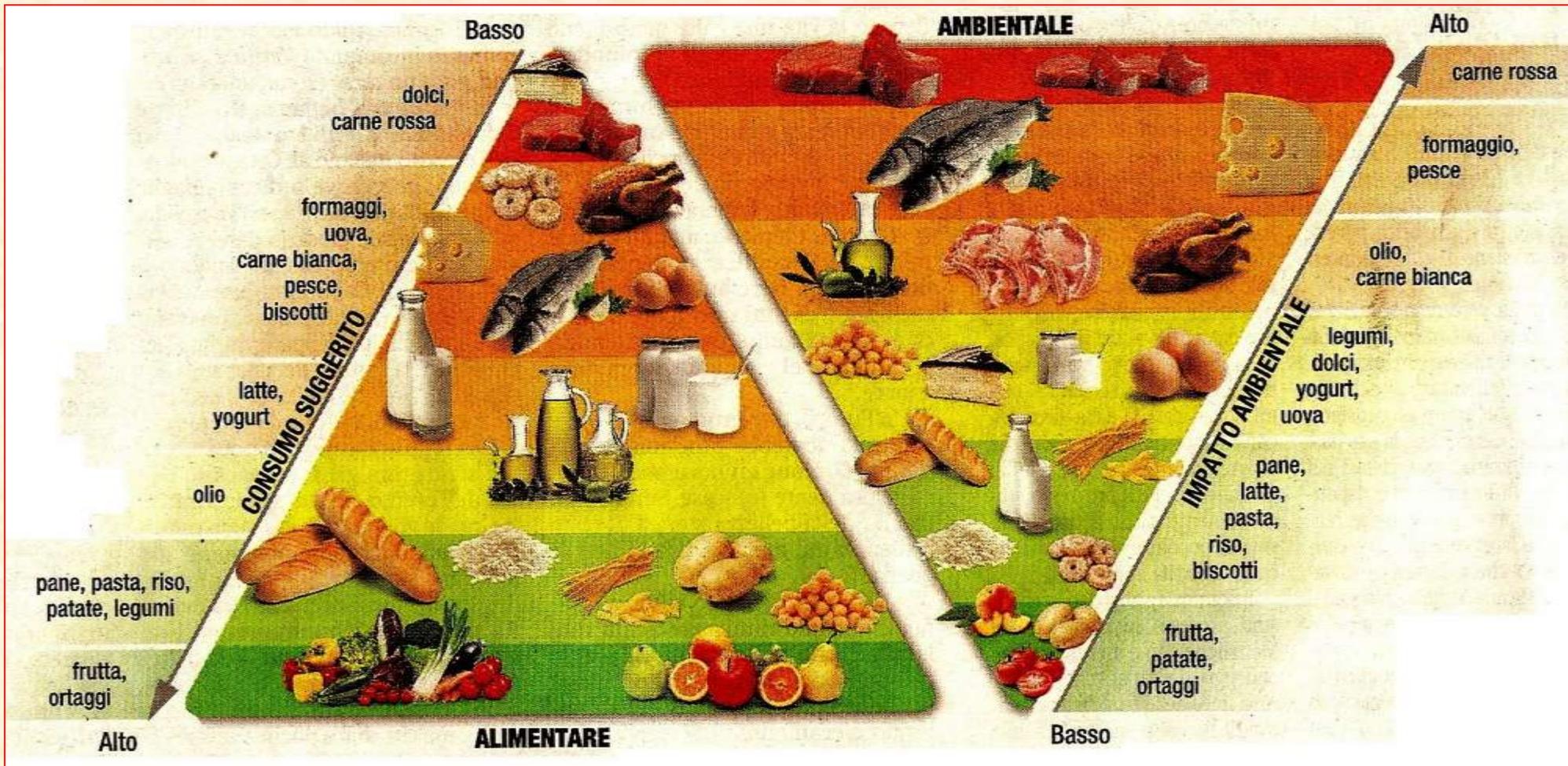
Commonly consumed foods	Emissions ¹			
	Carbon dioxide	Nitrous oxide	Methane	Total
	<i>kg CO₂ equivalents/kg product</i>			
Carrots: domestic, fresh	0.38	0.04	0.0	0.42
Potatoes: cooked, domestic	0.40	0.06	0.0	0.45
Honey	0.46	0.0	0.0	0.46
Whole wheat: domestic, cooked	0.54	0.08	0.0	0.63
Apples: fresh, overseas by boat	0.80	0.02	0.0	0.82
Soybeans: cooked, overseas by boat	0.92	0.0	0.0	0.92
Milk: domestic, 4% fat	0.45	0.14	0.45	1.0
Sugar: domestic	1.04	0.03	0.0	1.1
Italian pasta: cooked	0.96	0.12	0.0	1.1
Oranges: fresh, overseas by boat	1.1	0.10	0.0	1.2
Rice: cooked	0.59	0.21	0.52	1.3
Green beans: South Europe, boiled	1.2	0.12	0.0	1.3
Herring: domestic, cooked	1.5	0.0	0.0	1.5
Vegetables: frozen, overseas by boat, boiled	2.2	0.05	0.0	2.3
Eggs: Swedish, cooked	1.7	0.74	0.04	2.5
Rapeseed oil: from Europe	1.5	1.5	0.0	3.0
Chicken: fresh, domestic, cooked	3.1	1.2	0.01	4.3
Cod: domestic, cooked	8.5	0.0	0.0	8.5
Pork: domestic, fresh, cooked	3.9	1.6	3.8	9.3
Cheese: domestic	5.0	1.3	4.5	11
Tropical fruit: fresh, overseas by plane	11	0.23	0.0	11
Beef: domestic, fresh, cooked	6.9	6.6	17	30

¹ Values represent kg CO₂ equivalents over a 100-y time period.

Che scenario ci aspetta?



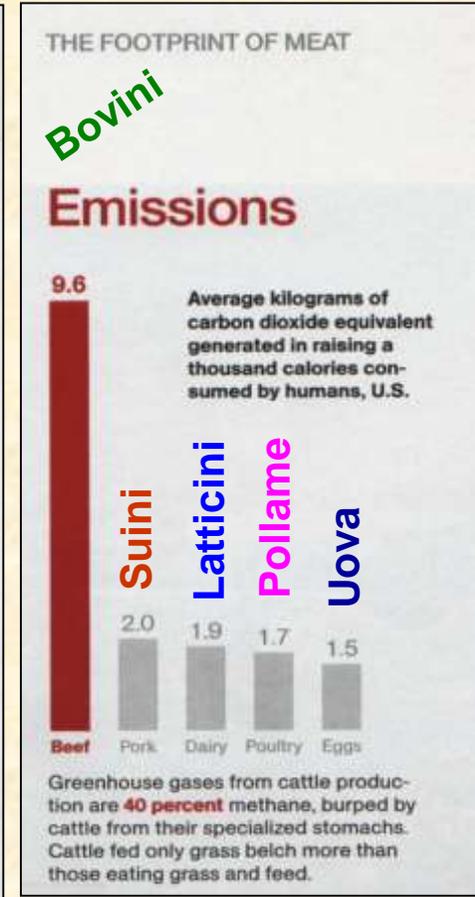
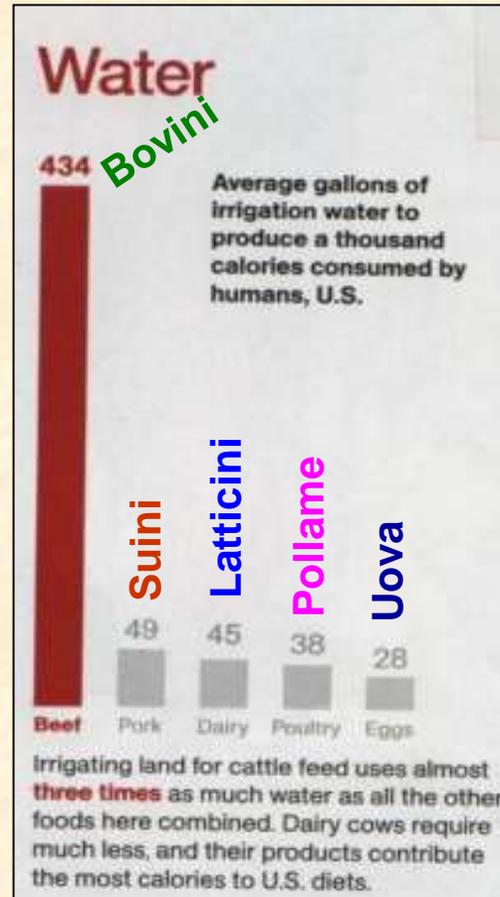
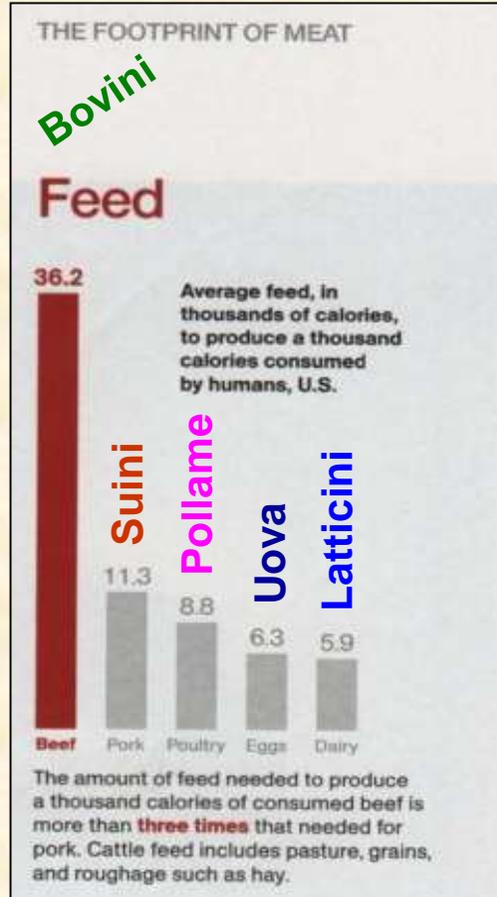
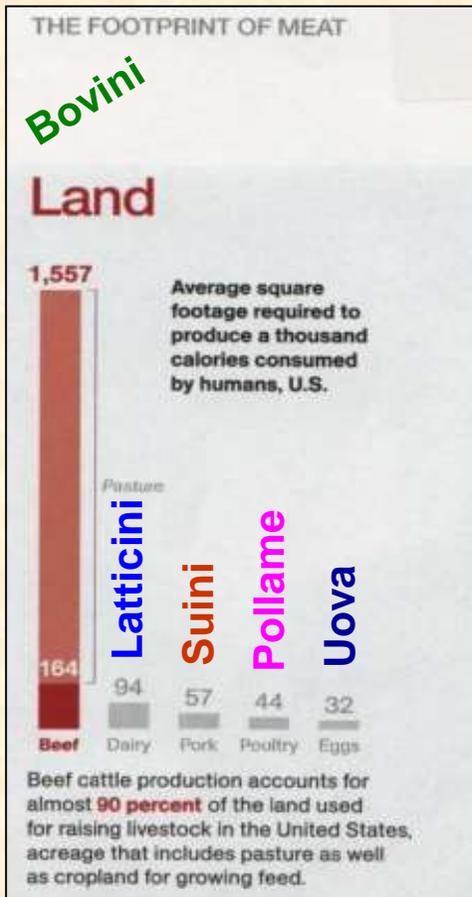
Piramide alimentare e piramide ambientale



...uno stimolo per questo studio, nell'anno dell'Expò....:

The footprint of meat:

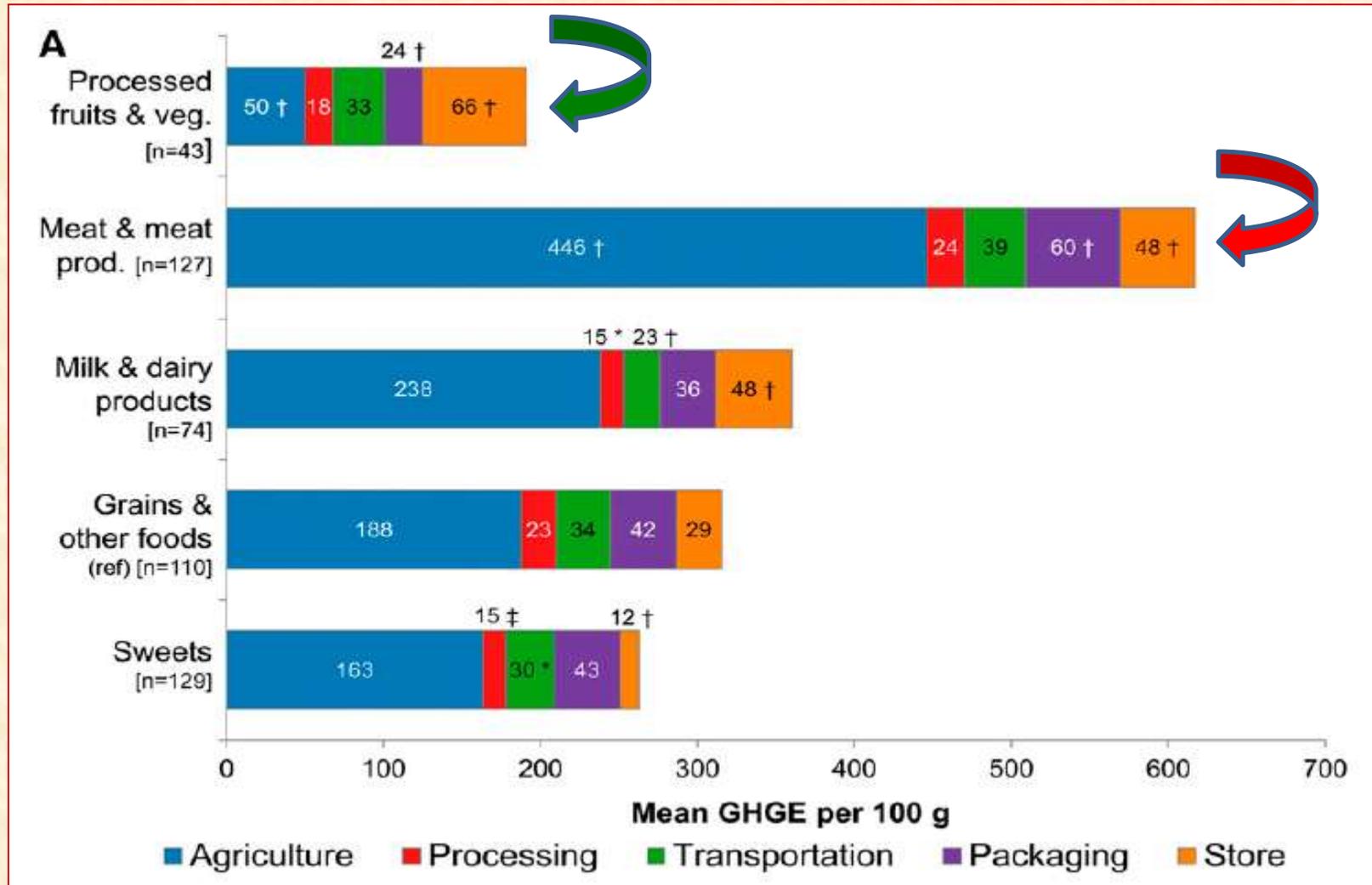
impatto ambientale per produrre 1,000 kCal di alimenti



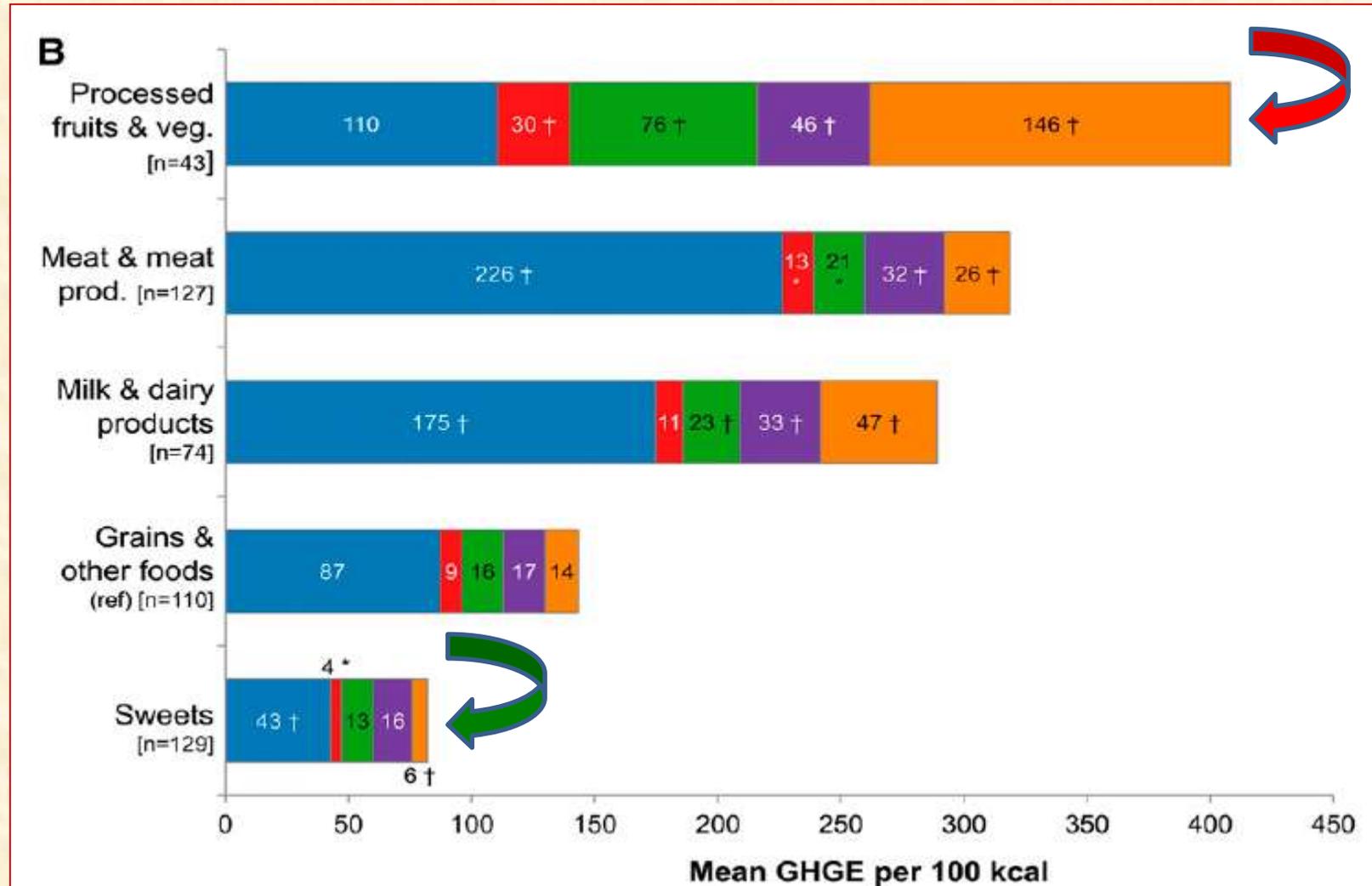
Nelle valutazioni di impatto ambientale è importante specificare l'unità di riferimento dell'alimento prodotto

- ...per **chilogrammo**:
 - **...ma**: gli alimenti differiscono di molto per il contenuto di acqua, proteine, carboidrati, lipidi, vitamine, sali minerali ecc.
- ...per **chilocaloria**:
 - **...ma**: una chilocaloria di differenti alimenti esprime solo il potenziale energetico dell'alimento, non la sua qualità nutrizionale complessiva.
- Cosa si intende allora per «**qualità di un alimento**»?
 - Quella caratteristica di un alimento relativa alla sua capacità di fornire **tutti i nutrienti necessari** al mantenimento e/o alla crescita «ideale» o normale di un organismo vivente.

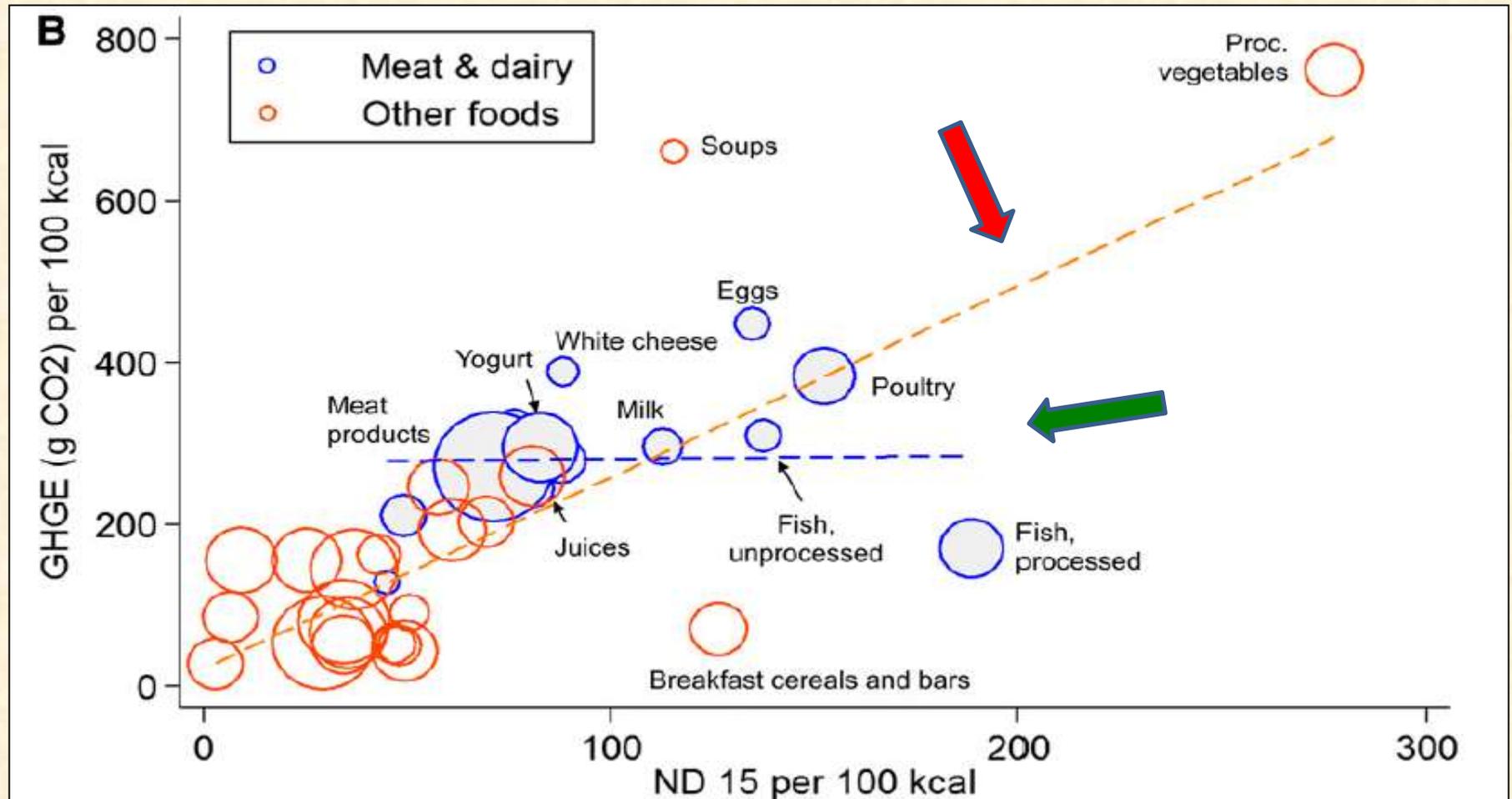
Effetto-serra (GHGES) per un ampio gruppo di categorie alimentari, espresso per 100 g di alimento ←



Effetto-serra (GHGES) per un ampio gruppo di categorie alimentari, espresso per 100 kCal di alimento ←



Associazione tra «Densità Nutritiva» ed «Effetto-Serra» (GHGE) di 34 categorie alimentari (espressi in g di CO₂ /100 kcal)



Composizione di alcuni alimenti

Valori %	Soia	Far. Frum. 00	Carne bovina	Uovo	Latte
<i>Prod. iniz. → resa</i>	40	49	36	92	100
<i>Parte edibile</i>	88.1	100	100	100 (no guscio)	100
Composizione per 100 g di parte edibile					
Acqua (g)	11.9	14.2	74.6	78	87
CHO disp. (g)	5.1	77.3	0	0	4.9
Proteine (g)	34.3	11	22	18	3.3
Lipidi (g)	19.1	0.7	2.6	8	3.6
Coolest. (mg)	0	0	0	365	11
Fibra totale	28	2.2	0	0	0
Sodio (mg)	4	3	41	142	50
Potassio (mg)	1740	126	342	123	150
Calcio (mg)	257	17	4	37	119
Energia (kcal)	407	340	111	120	64
Energia (kJ)	1815	1423	466	488	268

Nutrienti «essenziali» per l'uomo

Aminoacidi: Leucina, Isoleucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Valina, Triptofano, Treonina, (Istidina).

Lipidi: Acido linoleico, acido α -linolenico.

Minerali: Calcio, Fosforo, Magnesio, Ferro, Rame, Zinco, Manganese, Iodio, Molibdeno, Selenio, Cromo.

Elettroliti: Sodio, Potassio, Cloro,

Vitamine Liposolubili: Retinolo (Vit. A), Tocoferolo (Vit. E), Naftochinone (Vit. K).

Vitamine Idrosolubili: Acido ascorbico (Vit. C), Tiamina (Vit. B1), Riboflavina (Vit. B2), Niacina (Vit. PP o Vit. B3), Piridossina (Vit. B6), Acido folico (Vit. B9), Cobalamina (Vit. B12), Colina (?),

Altri **elementi in tracce** (è dubbio il loro carattere essenziale): Nickel, Silicio, Vanadio, Cobalto, Fluoro.

Acqua





Uso limitato:
Carni rosse e Burro;
Cereali raffinati: pane, pasta e riso;
Patate; Bevande gassate e Dolci;

	LIS		LEU					VAL	
	LIS					TRE			
		LIS				IST		LEU	
	VAL		LEU		ILE				
VAL	FE		LIS	ILE				FE	
	LEU					MET		VAL	
LEU		ILE			TRE			TRI	
LIS			IST		ILE		LEU		
LEU		MET		VAL		LIS			
		TRE		LIS				FE	



La dieta mista e completa

La dieta potenzialmente incompleta



Presupposti e obiettivi dello studio

1. Quantità **identiche** e/o **isocaloriche** di alimenti non sono «**equivalenti**» dal punto di vista **nutrizionale**.
2. Qual è quindi il rapporto tra **impatto ambientale** e **fabbisogni nutrizionali umani proteici**?

- Obiettivi: elaborare delle **stime di impatto ambientale** (utilizzo di **superficie agraria**, «**effetto serra**») in relazione alla produzione di quantità di alimenti (singoli o in combinazione), di origine animale o vegetale, atte a **soddisfare il fabbisogno giornaliero di tutti gli amino acidi essenziali**.

Metodologia: esaminare la composizione in amino acidi, quali/quantitativa degli alimenti

1. **Selezione di alcuni alimenti-tipo** di origine animale o vegetale.
2. Tabulazione della loro **composizione in aminoacidi**.
3. Riferimento al **fabbisogno di amino acidi essenziali** (EAA) nell'uomo (**RDA**: Recommended Daily Allowances, sec. **WHO/FAO/ONU 2007**), e valutazione delle differenze/carenze in singoli aminoacidi di ciascun alimento.
4. Calcolo della quantità (Q) di EAA presenti in **tre differenti** **Q** di alimento.

Metodologia adottata: composizione amino acidica quali/quantitativa degli alimenti

1. Alimenti-tipo di origine **animale** o **vegetale** selezionati

Animali

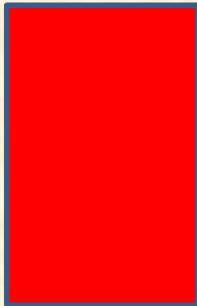
- Uova
- Latte
- Carne bovina
- Carne suina
- Pollo
- Pesce (spigola)

Vegetali

- Soia
- Fagioli
- Piselli
- Frumento
- Mais
- Riso
- Patata
- Cavolfiore
- Quinoa

Tre quantità di ciascun alimento (mg)

Q1



100 g di
alimento

...la stessa quantità per
tutti gli alimenti

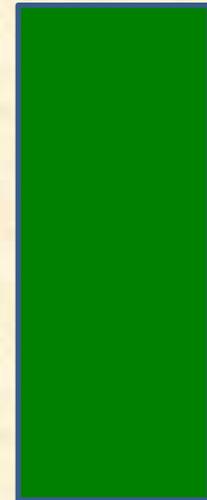
Q2



x... g per dare
~13 g EAA_{totali}

ma gli EAA potrebbero
essere sbilanciati e/o
qualcuno di mancante

Q3



x... g per dare
tutti gli EAA

contenenti tutti gli EAA
necessari secondo le
RDA

Metodologia adottata: valorizzare la composizione amino acidica, quali/quantitativa, degli alimenti

1. Selezione di alcuni alimenti-tipo di origine animale o vegetale.
2. Riporto/tabulazione della loro composizione amino acidica.
3. Scelta di un parametro di riferimento del fabbisogno di amino acidi essenziali (EAA) nell'uomo (RDA: *Recommended Daily Allowances*), e valutazione delle differenze/carenze negli alimenti.
4. Calcolo della quantità (Q) di EAA presenti in tre differenti Q di alimento:
 - Q1: Una Q standard per tutti gli alimenti = 100 g (100 ml per il latte);
 - Q2: Una Q in grammi di ogni alimento tale da fornire una **Q totale di EAA** (in grammi) pari al fabbisogno «totale» di EAA;
 - Q3: Una Q in grammi di ciascun alimento sufficiente a soddisfare il fabbisogno individuale di **tutti gli EAA**.

Metodologia adottata: dati sull'impatto ambientale nella produzione degli alimenti

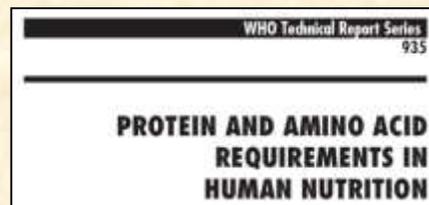
5. Scelta dei parametri di impatto ambientale:
 - **Superficie agraria** necessaria per la produzione;
 - **Effetto-serra** (Green House Gas Emission, **GHGE**) associato alla produzione;
6. Calcolo della quantità di prodotto utilizzabile a scopo alimentare, quindi corretta per la percentuale di «scarto»;
7. Riporto/tabulazione dei dati disponibili in letteratura relativi alla superficie agraria e al GHGE per i vari alimenti.
8. Calcolo della superficie agraria e del GHGE associati a ciascuna delle tre Q di alimento:
 - **Q1 = 100 g;**
 - **Q2 = pari a fornire la RDA totale di EAA;**
 - **Q3 = pari a fornire la RDA individuale di tutti gli EAA.**

Metodologia adottata: composizione amino acidica quali/quantitativa degli alimenti

1. Selezione di alcuni alimenti-tipo di origine animale o vegetale.
2. Riporto/tabulazione della loro composizione amino acidica:
 - Database dell' (ex) INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca sugli Alimenti e la Nutrizione, ora CREA);
 - Oppure: pubblicazioni scientifiche (per alcuni alimenti mancanti in INRAN);

Metodologia adottata: composizione amino acidica quali/quantitativa degli alimenti

1. Selezione di alcuni alimenti-tipo di origine animale o vegetale.
2. Riporto/tabulazione della loro composizione amino acidica:
 - Database dell' (ex)INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca sugli Alimenti e la Nutrizione, ora CREA);
 - Oppure: pubblicazioni scientifiche (per alcuni alimenti mancanti in INRAN);
3. Scelta di un parametro di riferimento del fabbisogno di amino acidi essenziali (EAA) nell'uomo (RDA: Recommended Daily Allowances):
 - **Dati 2007 di WHO/FAO/ONU.**



- NB: i dati di fabbisogno di EAA nell'uomo sono essenzialmente ricavati da meta-analisi di studi di **bilancio azotato**.

Metodologia adottata: «parte edibile» degli alimenti

Calcolo della quantità di prodotto utilizzabile a scopo alimentare («**parte edibile**»), quindi corretto per la percentuale di «scarto»;

Alimento	% edibile		Alimento	% edibile
Latte	100		Soia	88.1
Uova	92		Fagioli	52
Bovino	36 (più x% sec. il taglio)		Piselli	31
Suino	45 (→36)		Frumento (farina)	75
Pollame	58		Mais (farina)	80
Pesce	40		Riso	62
			Patata	80
			Cavolfiore	58
			Quinoa	90.6

Aminoacidi essenziali in alimenti animali (p.e.) (Q1)

AA (mg)	<i>Fabbi-</i> <i>sogno</i> ¹	Uovo ² 100 g	Latte 100 ml	Manzo ³ 100 g	Maiale ⁴ 100g	Pollo ⁵ 100 g	Spigola ⁶ 100 g
<i>Proteine</i> →		12.1 g	3.3 g	22 g	20.7 g	23.3	21.3
Lisina	2100	1001	272	2002	1737	2246	2021
Istidina	700	322	93	894	647	937	552
Treonina	1050	674	164	898	919	1160	967
Cist+Met	1050	740	118	871	780	974	897
Valina	1820	896	233	1063	1243	1384	1044
Isoleucina	1400	741	192	950	1080	1153	914
Leucina	2730	748	355	1892	1624	1955	1655
Fen+Tir	1750	1247	318	1677	1166	1776	1531
Triptofano	280	228	50	246	183	273	249
EAA tot.	12880	6597	1795	10448	9379	11858	9830

¹ In mg/die (x adulto di 70 kg). ² = 1.8 uova. ³ = sottofesa, ⁴ = lombo. ⁵ = petto. ⁶ = filetti.

Aminoacidi essenziali in alimenti vegetali (p.e.) (Q1)

AA (mg)	<i>Fabbi- sogno</i> ¹	Soia 100 g	Fagioli ² 100 g	Piselli 100 g	Frumento 100 g	Mais ³ 100 g	Riso 100 g	Patata 100 g	C.Fiore 100 g	Quinoa 100 g
<i>Proteine</i> →		38.9 g	10.2 g	5.5 g	11 g	8.7 g	6.7 g	2.1 g	3.2 g	19.6
Lisina	2100	3047	714	348	239	258	257	92	120	1025
Istidina	700	1170	303	85	228	251	165	28	37	478
Treonina	1050	1843	428	310	310	334	246	59	74	849
Cist+Met	1050	1183	238	95	454	307	257	51	63	565
Valina	1820	2176	616	226	452	472	438	99	104	961
Isoleucina	1400	2222	556	201	403	350	306	68	73	808
Leucina	2730	3689	885	342	741	1028	590	96	126	1399
Fen+Tir	1750	3970	963	345	855	761	588	132	129	1542
Triptofano	280	618	113	54	116	61	84	/	/	726
EAA tot.	12880	19918	4816	2006	3798	3822	2931	624	726	8353

¹ In mg/die (x adulto di 70 kg). ² = Fagioli freschi Borlotti crudi; ³ = come farina.

Metodologia adottata: composizione amino acidica quali/quantitativa degli alimenti

1. Selezione di alcuni alimenti-tipo di origine animale o vegetale.
2. Riporto/tabulazione della loro composizione amino acidica.
3. Scelta di un parametro di riferimento del fabbisogno di amino acidi essenziali (EAA) nell'uomo (RDA: Recommended Daily Allowances).
4. Calcolo della quantità (Q) di EAA presenti in tre differenti Q di alimento:
 - **Q1**: Una Q standard per tutti gli alimenti = 100 g (100 ml per il latte);
 - **Q2**: Una Q in grammi di ogni alimento tale da fornire una Q totale di EAA (in grammi) pari al fabbisogno «**totale**» di EAA (12,9 g) (ma che può non soddisfare il fabbisogno individuale di ciascun EAA).
 - **Q3**: Una Q in grammi di ciascun alimento sufficiente a soddisfare il fabbisogno individuale di **tutti gli EAA** (cioè aggiustata sull'amino acido meno rappresentato in ciascun alimento, cioè all' amino acido «limitante»).

Q. di alimenti animali vs. fabbisogno totale di EAA (Q2)

AA (mg)	Fabbisogno ¹	Uovo ² 206 g	Latte 718 ml	Manzo 123 g	Maiale 139 g	Pollo 109 g	Spigola 131 g
Lisina	2100	1786	1952	2468	2385	2440	2648
Istidina	700	573	667	1047	889	1018	723
Treonina	1050	1212	1177	1107	1262	1260	1267
Cist+Met	1050	1519	847	1074	1071	1058	1175
Valina	1820	1652	1672	1310	1707	1503	1368
Isoleucina	1400	1328	1378	1171	1438	1252	1198
Leucina	2730	2046	2547	2332	2230	2123	2169
Fen+Tir	1750	2376	2282	2067	1601	1929	2006
Triptofano	280	389	359	303	251	297	326
EAA tot.	12880	12880	12880	12880	12880	12880	12880

¹ In mg/die (x adulto di 70 kg). ² pari a 3.74 uova.

Q. di alimenti vegetali vs. fabbisogno totale di EAA (Q2)

AA (mg)	Fabbisogno ¹	Soia 65 g	Fagioli ² 267 g	Piselli 642 g	Frumento ³ 339 g	Mais ³ 337 g	Riso 439 g	Patata 2063 g	C.Fiore 1775 g	Quinoa 154 g
Lisina	2100	1970	1910	2234	869	1129	1900	2130	1581	1129
Istidina	700	757	810	546	846	725	571	657	737	725
Treonina	1050	1192	1145	1990	1126	1081	1215	1308	1309	1081
Cist+Met	1050	765	637	610	1035	1129	1052	1112	871	1129
Valina	1820	1407	1647	1451	1591	1925	2042	1849	1482	1925
Isoleucina	1400	1437	1487	1291	1179	1345	1402	1301	1245	1345
Leucina	2730	2385	2385	2196	3464	2593	1972	2234	2158	2593
Fen+Tir	1750	2567	2575	2215	2565	2584	2725	2289	2377	2584
Triptofano	280	399	302	347	206	369	/	/	1120	369
EAA tot.	12880	12880	12880	12880	12880	12882	12880	12880	12880	12880

¹ In mg/die (x adulto di 70 kg). ² = Fagioli freschi Borlotti crudi; ³ = come farina.

Q. di alimenti animali per il fabbisogno di tutti gli EAA (Q3)

AA (mg)	Fabbi- sogno ¹	Uovo ² 275 g	Latte 890 ml	Manzo 171 g	Maiale 168 g	Pollo 140 g	Spigola 174 g
Lisina	2100	2383	2420	3428	2920	3136	3523
Istidina	700	764	828	1454	1088	1308	962
Treonina	1050	1617	1459	1537	1545	1620	1686
Cist+Met	1050	2027	1050	1491	1311	1360	1564
Valina	1820	2205	2073	1820	2090	1933	1820
Isoleucina	1400	1773	1708	1627	1816	1610	1593
Leucina	2730	2730	3159	3239	2730	2730	2885
Fen+Tir	1750	3171	2830	2871	1960	2480	2669
Triptofano	280	519	445	421	308	381	434
EAA tot.	12880	17189	15972	17888	15766	16559	17137

¹ In mg/die (x adulto di 70 kg). ² pari a 5 uova.

Q. di alimenti vegetali per il fabbisogno di tutti gli EAA (Q3)

AA (mg)	Fabbisogno ¹	Soia 89 g	Fagioli ² 441 g	Piselli 1105 g	Frumento ³ 879 g	Mais ³ 814 g	Riso 817 g	Patata 2856 g	C.Fiore 2169 g	Quino a 205 g
Lisina	2100	2703	3150	3846	2100	2100	2100	2630	2603	2100
Istidina	700	1038	1337	939	2003	2043	1348	790	803	980
Treonina	1050	1636	1888	3426	2724	2719	2010	1682	1598	1739
Cist+Met	1050	1050	1050	1050	3989	2499	2100	1456	1359	1157
Valina	1820	1930	2718	2498	3972	3842	3579	2827	2260	1970
Isoleucina	1400	1972	2453	2222	3541	2849	2500	1941	1589	1654
Leucina	2730	3273	3904	3780	6511	8367	4821	2730	2730	2867
Fen+Tir	1750	3523	4249	3813	7513	6194	4805	3772	2797	3158
Triptofano	280	548	499	597	1019	497	686	/	/	1488
EAA tot.	12880	17674	21247	22172	33372	31109	23950	17827	15738	17113

¹ In mg/die (x adulto di 70 kg). ² = Fagioli freschi Borlotti crudi; ³ = come farina.

Metodologia adottata: dati sull'impatto ambientale nella produzione degli alimenti

5. Scelta e «data mining» dei parametri:

- **Superficie agraria** necessaria per la produzione dei singoli alimenti:
 - Dati di letteratura di «land use»;
 - ... poiché vengono variabilmente riferiti o ad alimento «grezzo» o a parte edibile, è stato necessario introdurre correzioni per la parte edibile;
 - I dati di «land use» sono quelli relativi prevalentemente a paesi europei (Olanda, UK, Irlanda, Svezia, Francia, in condizioni intensive/miste);
- **Effetto-serra** (GHGE, Green House Gas Emission) associato alla produzione di singoli alimenti:
 - Produzione totale di CO_{2-eq} (misura integrata di CO₂, CH₄ e N₂O).
 - Dati riferiti variabilmente ad alimento complessivo o a parte edibile o (necessario quindi introdurre correzioni per la parte edibile);
 - Dati di «GHGE» prevalentemente riferiti a paesi europei (Olanda, UK, Irlanda, Svezia, Francia, in condizioni intensive/miste).

Metodologia adottata: dati sull'impatto ambientale nella produzione degli alimenti

5. Scelta dei parametri:
 - Superficie agraria necessaria per la produzione;
 - Effetto-serra (Green House Gas Emission) associato alla produzione;
6. Calcolo della quantità di prodotto non utilizzabile a scopo alimentare (ovvero percentuale di «scarto»);
7. Tabulazione dei dati disponibili in letteratura relativi alla superficie agraria e al GHGE per i vari alimenti.

OPEN

Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint?

Received: 22 December 2015
Accepted: 22 April 2016

Paolo Tessari¹, Anna Lante² & Giuliano Mosca²

The environmental footprint of animal food production is considered several-fold greater than that of crops cultivation. Therefore, the choice between animal and vegetarian diets may have a relevant environmental impact. In such comparisons however, an often neglected issue is the nutritional value of foods. Previous estimates of nutrients' environmental footprint had predominantly been based on either food raw weight or caloric content, not in respect to human requirements. Essential amino acids (EAAs) are key parameters in food quality assessment. We re-evaluated here the environmental footprint (expressed both as land use for production and as Green House Gas Emission (GHGE), of some animal and vegetal foods, titrated to provide EAAs amounts in respect to human requirements. Production of high-quality animal proteins, in amounts sufficient to match the Recommended Daily Allowances of all the EAAs, would require a land use and a GHGE approximately equal, greater or smaller (by only ± 1 -fold), than that necessary to produce vegetal proteins, except for soybeans, that exhibited the smallest footprint. This new analysis downsizes the common concept of a large advantage, in respect to environmental footprint, of crops vs. animal foods production, when human requirements of EAAs are used for reference.

Superficie agraria utilizzata per la produzione di alimenti

Food	Land use m ² /kg	Refs. for land use	Country/area	Edible part (%)	Refs. for edible part		
Egg	3.5	4	NL	92	47		
	3.9	13	NL				
	5 ²	15	NL				
	6.3	16	UK				
	4	14	NL				
Egg (avg)	4.8						
Dairy cow whole milk	1.2	4	NL	100	47		
	1.5	15	NL				
	1.2	17	UK				
	1.3	18	NL				
	1.3	19	NL				
	1.9	20	Swe				
	1.5	21	Swe				
Milk (avg)	1.4						
Heifer/Beef	20.9	4	NL	100	47		
Beef Cattle ³	13.5	14	NL				
Industrial systems	22	15	NL				
Young "Piemontese" bulls	10	22	I				
Intensive systems	4.2	23	Swe				
Steers, 24 mo	9.8	24	EU				
Beef⁴ (avg)	13.4						

Superficie agraria utilizzata per la produzione di alimenti

Food	Land use m ² /kg	Refs. for land use	Country/area	Edible part (%)	Refs. for edible part
Soybeans	2.8	30	USA(MO)	88.1	47
	3.9	31	NL		
	2	32	NL		
Soybeans (avg)	2.9				
Pinto beans in vase	3.7	13	NL	52	47
Beans	2	32	EU/NL		
Greek beans ("Gigantes")	3.6	33	GR		
Beans (avg)	3.2				
Peas	2	32	EU/NL	31	47
Green peas	2.5	34	EU		
Peas	3.8	35	EU/NL		
Peas (avg)	2.8				
Wheat flour ¹²	2.1	4	NL	100	47
	0.4	13	NL		
	1.3	35	EU		
	2.2 ¹³	36	CH		
Wheat flour (avg)	1.3				

Effetto «serra» (GHGE) associato alla produzione di alimenti

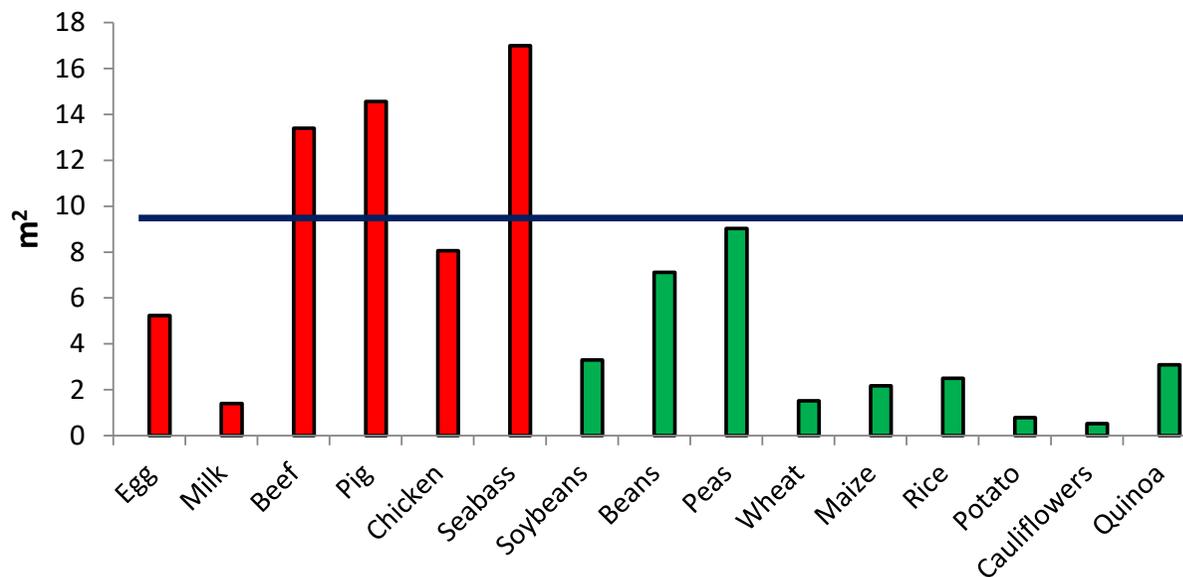
Food	Raw kg CO ₂ -eq kg ⁻¹	Recov. factor	Corr. for e.p. kg CO ₂ -eq kg ⁻¹	Region	Refs.
Egg (range 2-6)	4	0.92	4.3	UE, World	14
Milk	1-2	1	1.5	UE, World	14
Beef & veal ¹ (mixed/industrial systems) (range 9-42)	26		26	NL, World	14, 29
Beef ¹ (range 8-16) ²	12		12	NL	13
Beef ¹ (semi-intensive?) ²	38		38	IRE	13
Beef (avg)	25	1	25		
Pork	6.1			SWE	53
Pig meat ¹ (range 4-11)	7.5			UE, World	14, 29
Pork/Pig (avg)	6.8	0.79	8.6		
Poultry ¹ (range 2-6)	4			UE, World	14, 29
Chicken ²	3			NL	13
Chicken/Poultry (avg)	3.5	0.98	3.6		
Fresh fish (aquaculture) (mean of pangasus = 4.7, and salmon = 3.7)	4.21			NL	54
Seafish (aquaculture) (range: 3-15)	9			UE	14, 29
Fish ^{1,2} (mean of salmon = ~2 and cod = ~3.4)	2.7			NL	13
Fish (avg)	5.3	0.40	13.3		

Effetto «serra» (GHGE) associato alla produzione di alimenti

Food	Raw kg CO ₂ -eq kg ⁻¹	Recov. factor	Corr. for e.p. kg CO ₂ -eq kg ⁻¹	Region	Refs.
Soybeans (<i>organic culture</i>)	0.19	0.88	0.22	CAN	37
Beans ²	1.7	0.52	3.27	NL	13
Peas	0.68	0.31	2.18	SWE, EU	33, 53
Wheat flour (<i>in Italian pasta, 89% w/w</i>)	0.85	1	0.85	IT	55
Wheat (<i>organic culture</i>)	0.29	0.75	0.39	CAN	37
Wheat (avg)			0.62		
Corn (<i>organic culture</i>)	0.26	0.80	0.32	CAN	37
Rice (<i>basmati</i>)	2.31			UK	55
Rice	6.4			SWE	53
Rice (avg)	4.4	0.62			
Potato	0,17			SWE	53
Potato	0,31			UK,	55
Potato (avg)	0.24	0.80	0.30		53, 55
Cauliflower	1.43 ³	0.58 ⁴	2.46	NL	40, 47, 56

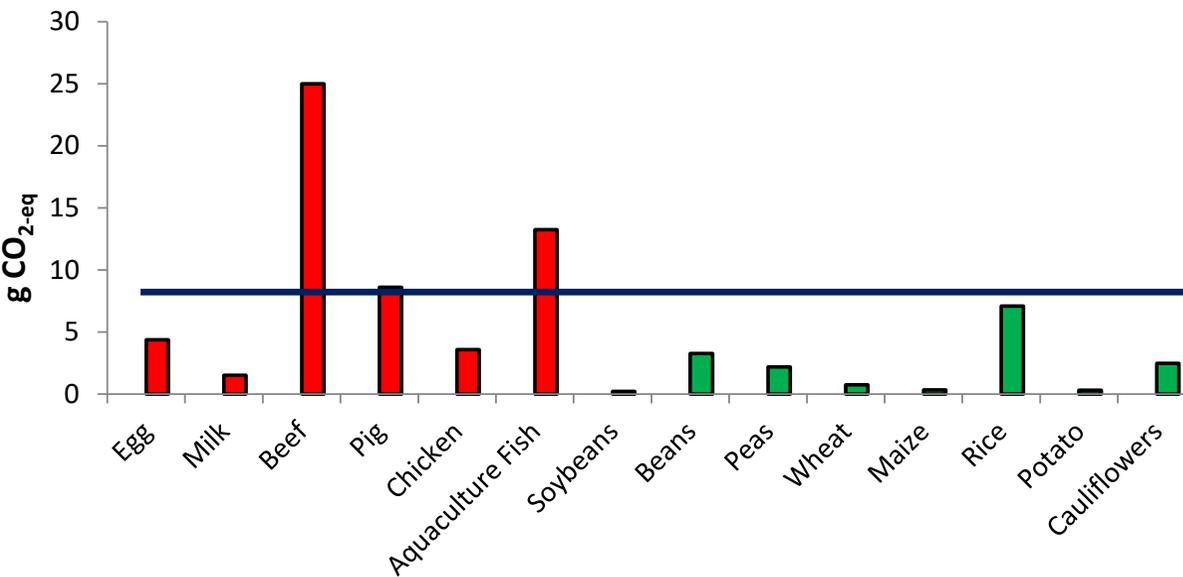
Utilizzo di superficie agraria

(a) Land use for production of 1 kg (1 L milk) of food (e.p.)



«Effetto-serra» = produzione di CO₂ tot

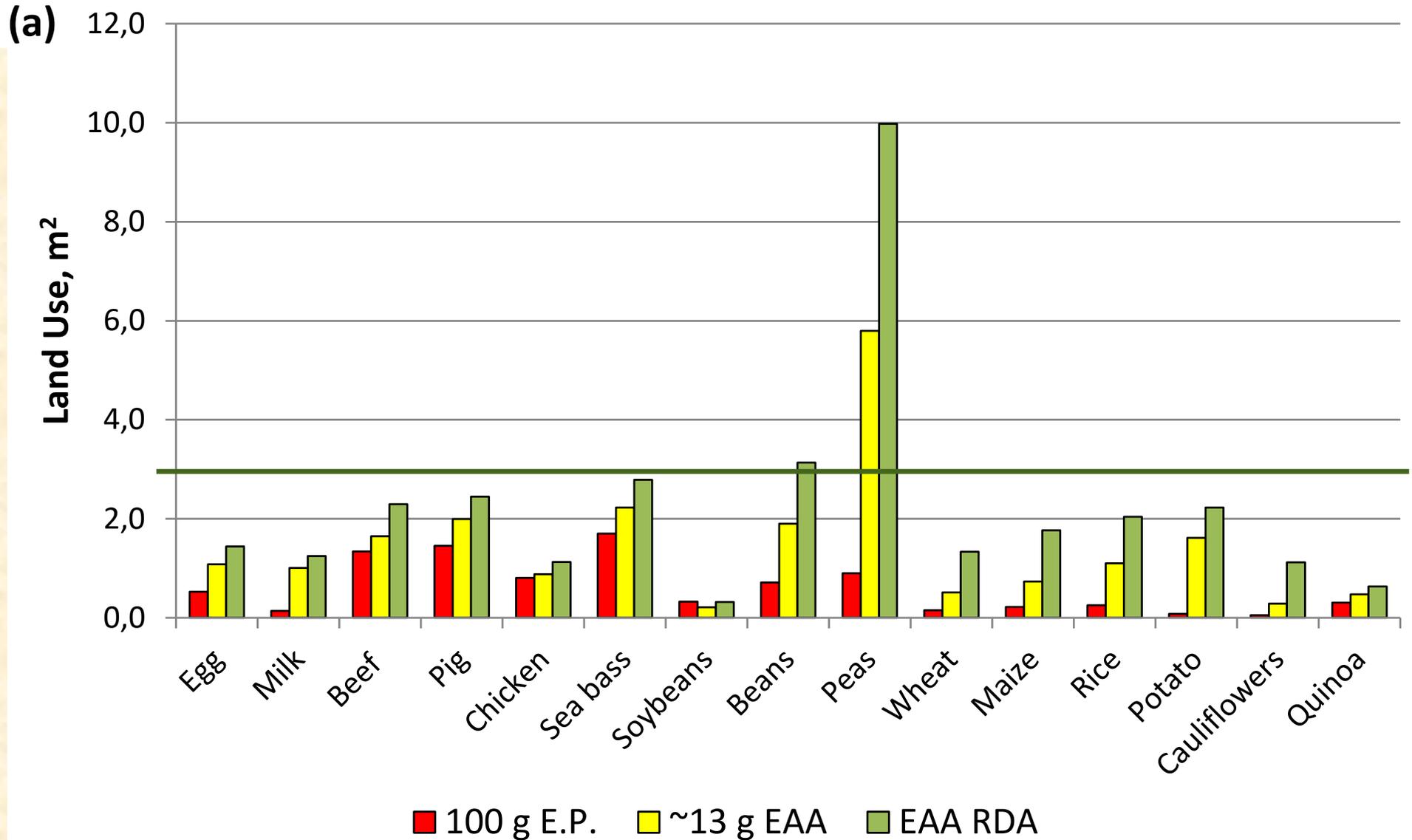
(b) GHGE for production of 1 Kg (1 L milk) of food (e.p.)



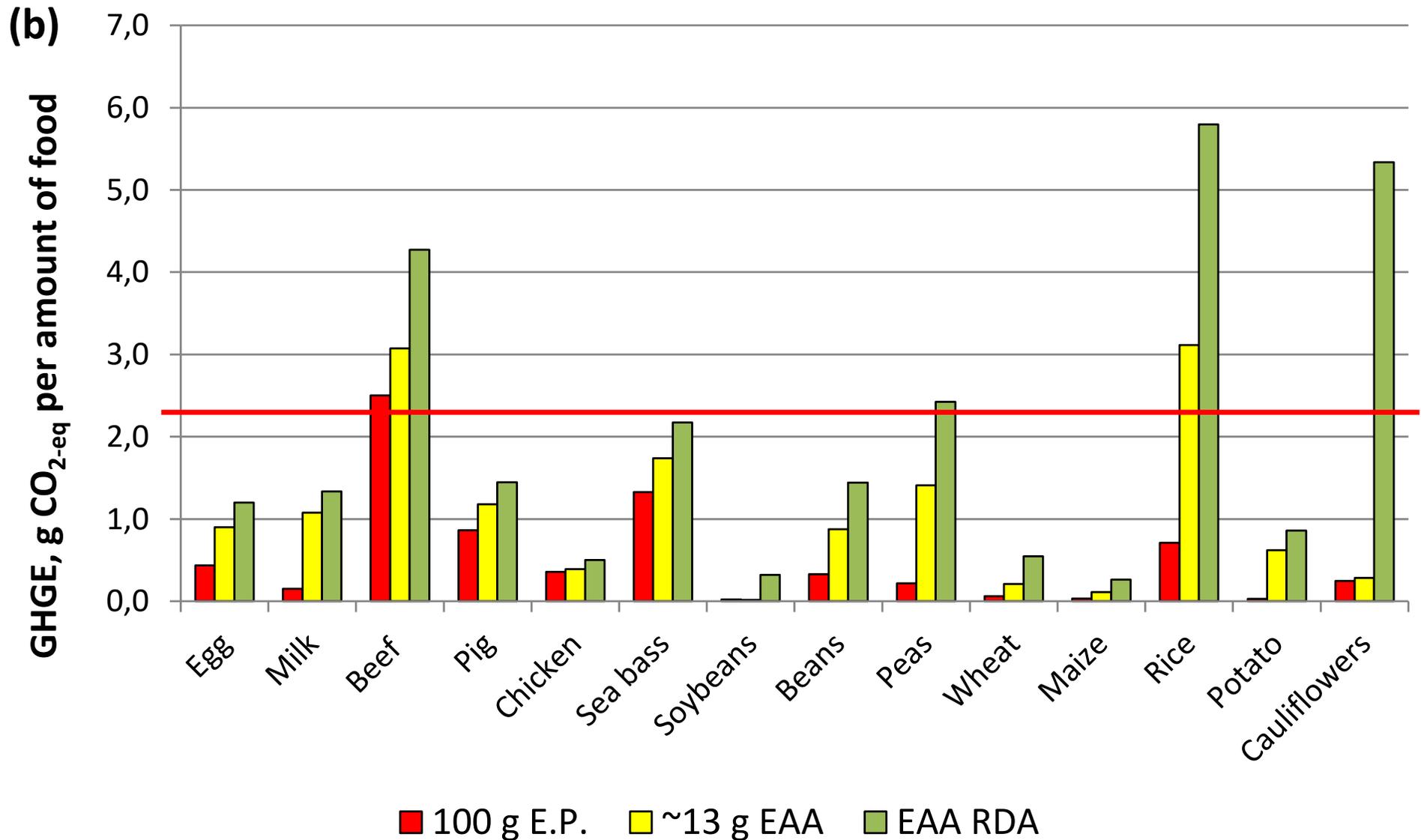
Metodologia adottata: dati sull'impatto ambientale nella produzione degli alimenti

5. Scelta dei parametri:
 - Superficie agraria necessaria per la produzione;
 - Effetto-serra (Green House Gas Emission) associato alla produzione;
6. Calcolo della quantità di prodotto non utilizzabile a scopo alimentare (ovvero percentuale di «scarto»);
7. Tabulazione dei dati disponibili in letteratura relativi alla superficie agraria e al GHGE per i vari alimenti.
8. Calcolo della superficie agraria e del GHGE associati a ciascuna delle tre Q di alimento:
 - **Q1 = 100 g;**
 - **Q2 = pari a fornire la RDA totale di EAA;**
 - **Q3 = pari a fornire la RDA individuale di tutti gli EAA.**

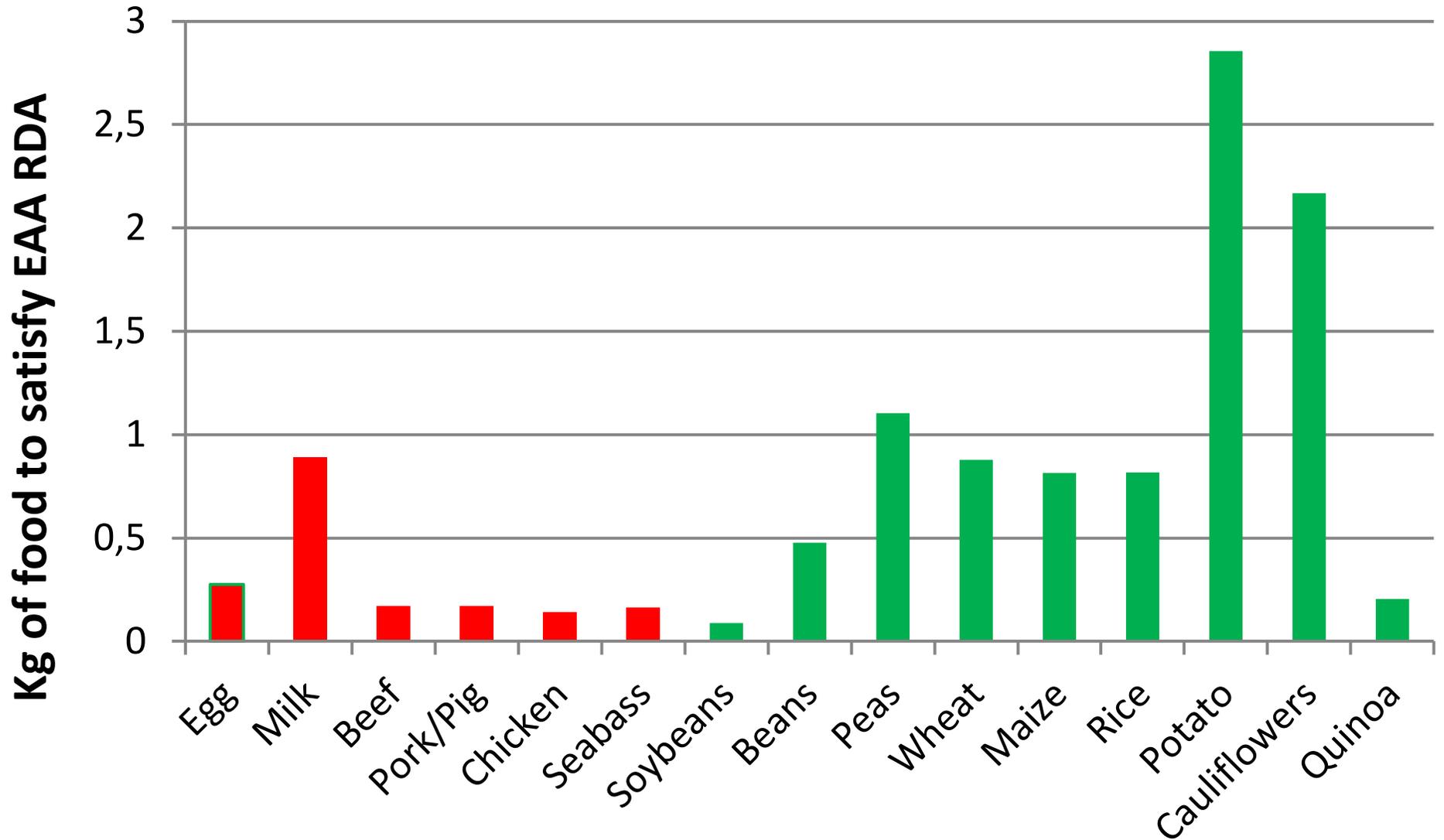
«Land use» per la produzione di alimenti, secondo le 3 Q scelte



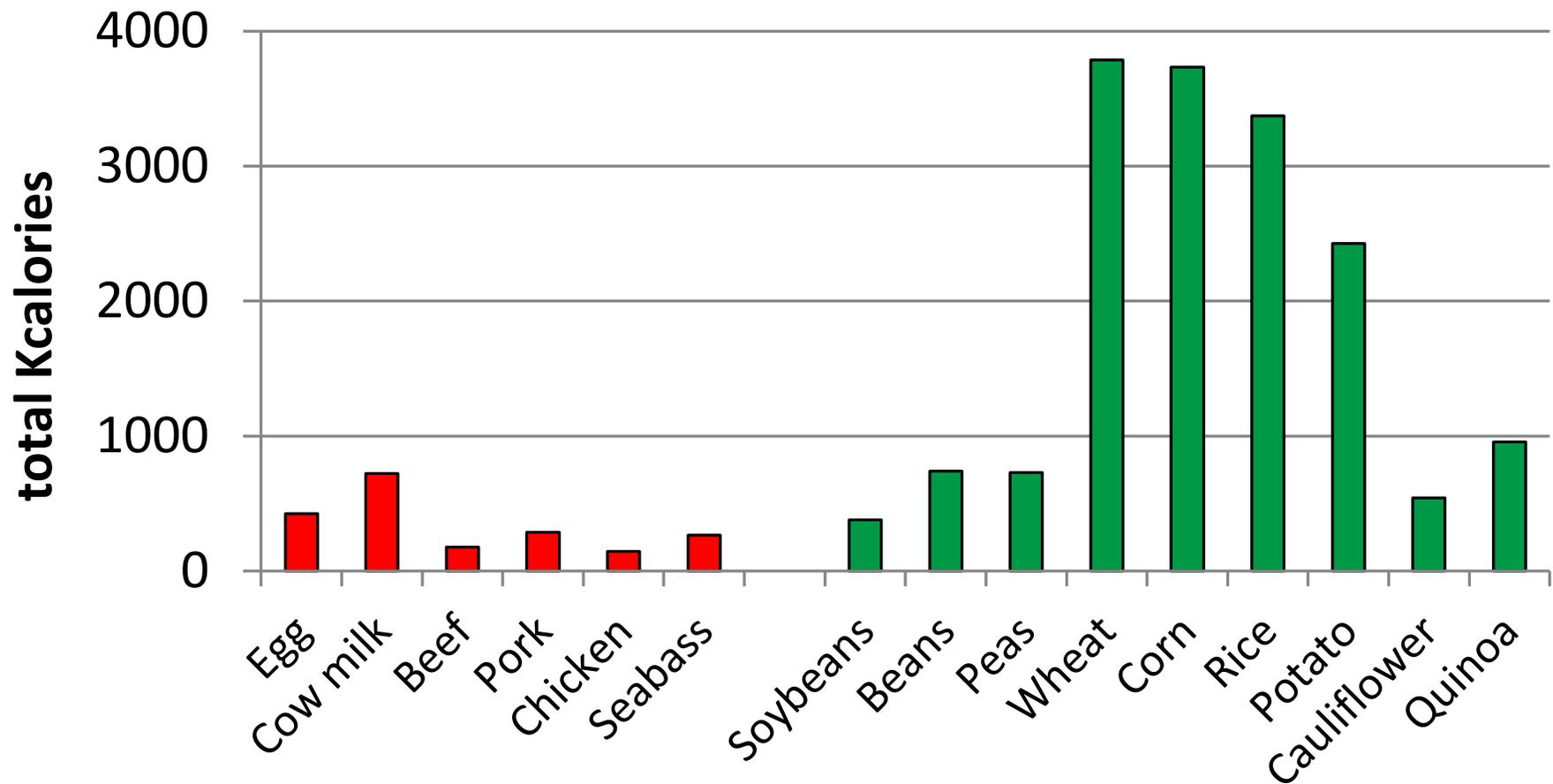
«Effetto-serra» per la produzione di alimenti, secondo le 3 Q scelte



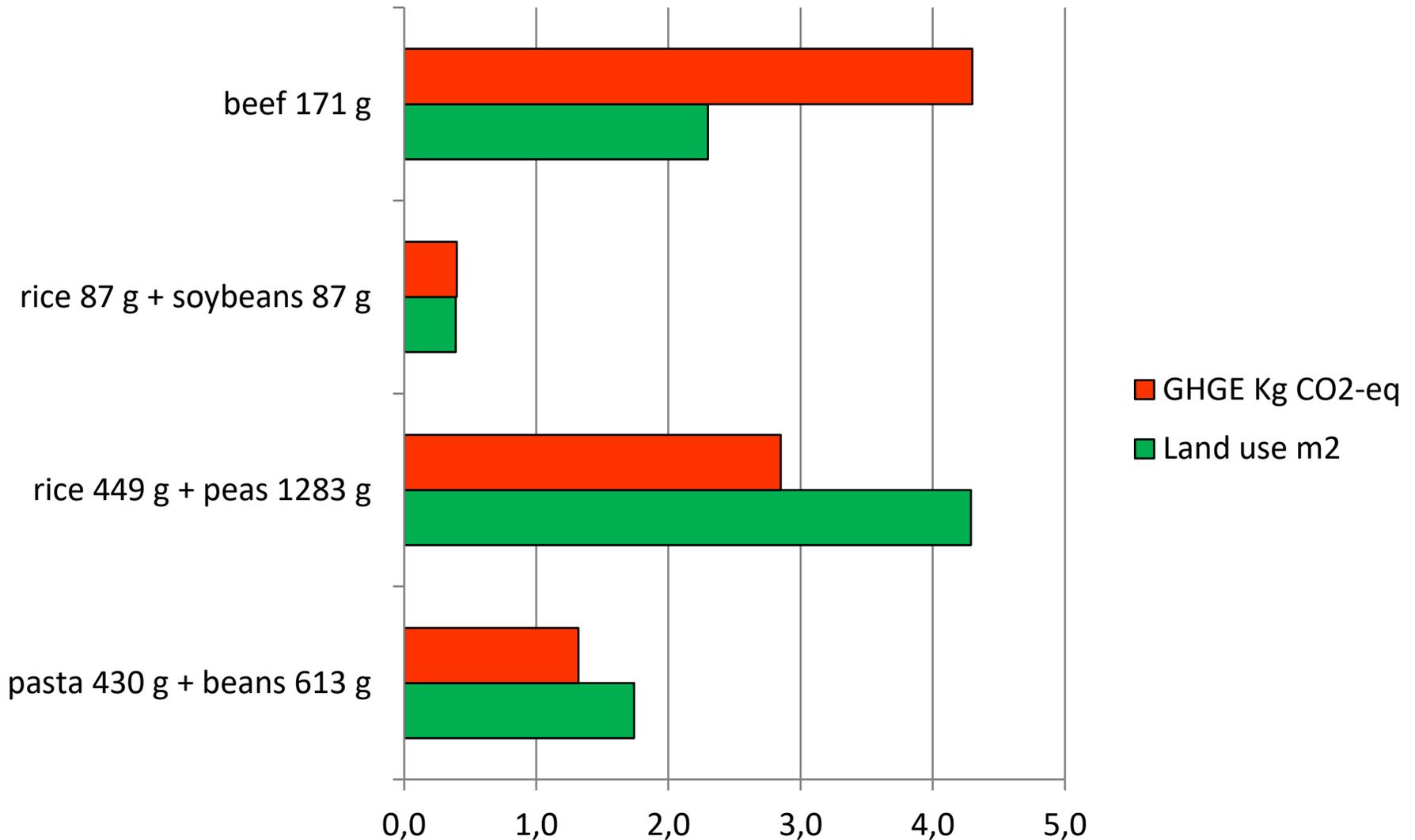
Q di singolo alimento per soddisfare le RDA di tutti gli EAA (Q3)



Calorie totali associate alla Q di singolo alimento tale da soddisfare le RDA di tutti gli EAA (Q3)



Footprint of food combinations to provide the RDA of all EAAs



Food weight is here reported as raw weight (not corrected for E.P.)

Conclusioni (1)

- Il solo dato di **consumo ambientale** (terra, emissioni ecc.) necessario per produrre una determinata quantità di **calorie** a scopo nutrizionale, **non tiene conto dell'adeguatezza nutrizionale** degli alimenti prodotti.
- Se invece viene considerato anche del fabbisogno dell'organismo per gli amino acidi essenziali, **il vantaggio in termini ecologici degli alimenti di origine vegetale su quelli di origine animale si riduce di molto o viene del tutto annullato.**

Conclusioni (2)

- In pratica, la possibilità (e l'abitudine) di utilizzare un **mix di vari tipi di alimenti**, sia di origine animale che vegetale, in proporzioni e quantità adeguate, **appare il miglior approccio** per garantire **sia efficacia nutrizionale che «risparmio» ambientale.**
- Quindi, la varietà degli alimenti è utile: la soddisfazione alla percezione gustativa che si ottiene **variando i cibi è collegata anche ad un significato nutrizionale.**
- Il consumo di carne e di altre proteine di origine animale potrebbe sicuramente essere ridotto rispetto ai consumi attuali, ma non abolito, anche per ragioni «ambientali».