

Model socjo-ekonomiczny HANDY

Human And Nature DYnamics model

Łukasz Pitrus

Wojciech Koszyła

Wprowadzenie

HANDY = Human And Nature DYnamics

- W założeniu oparty na klasycznym modelu Predator-Prey, lecz jest w stanie opisywać bardziej złożone relacje.
- Składa się z 4 zmiennych:
 - populacja “zwykłych ludzi”
 - populacja “elity”
 - zasobów naturalnych
 - uzbieranego bogactwa

Układ Równań

$$\begin{cases} \dot{x}_C = \beta_C x_C - \alpha_C x_C \\ \dot{x}_E = \beta_E x_E - \alpha_E x_E \\ \dot{y} = \gamma y (\lambda - y) - \delta x_C y \\ \dot{w} = \delta x_C y - C_C - C_E \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_C = \min\left(1, \frac{w}{w_{th}}\right) s x_C \\ C_E = \min\left(1, \frac{w}{w_{th}}\right) \kappa s x_E \end{cases}$$

$$w_{th} = \rho x_C + \kappa \rho x_E$$

$$\begin{cases} \alpha_C = \alpha_m + \max\left(0, 1 - \frac{C_C}{s x_C}\right) (\alpha_M - \alpha_m) \\ \alpha_E = \alpha_m + \max\left(0, 1 - \frac{C_E}{s x_E}\right) (\alpha_M - \alpha_m) \end{cases}$$

Zmienne dynamiczne

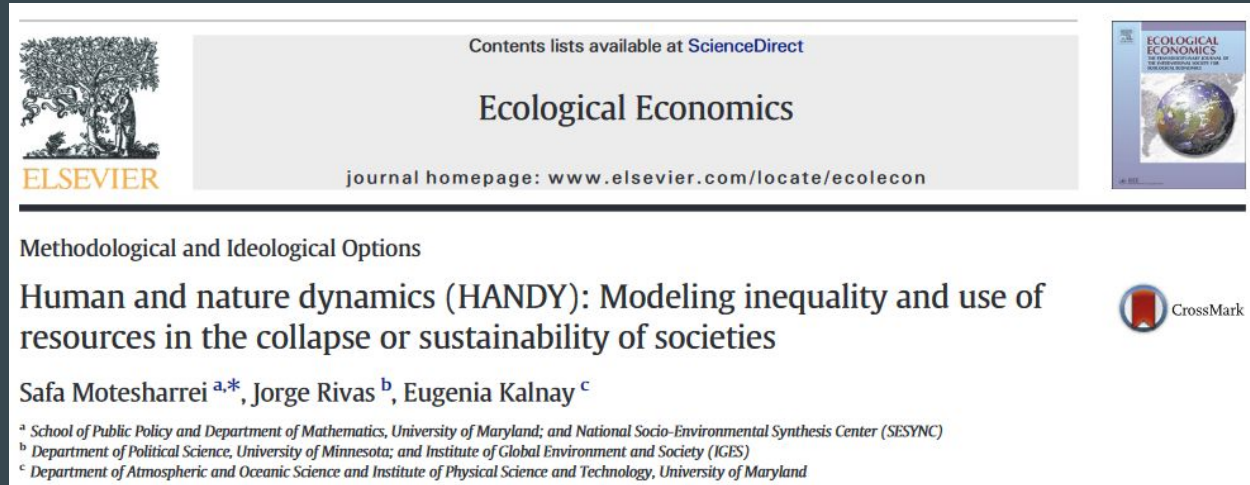
X_C	Aktualna populacja pracowników
X_E :	Aktualna populacja elity
y :	Aktualny poziom zasobów
w :	Skumulowane bogactwo populacji

Parametry modelu

β_C	Współczynnik narodzin pracowników
β_E :	Współczynnik narodzin elity
γ :	Współczynnik regeneracji zasobów
λ :	Maksymalna pojemność zasobów
δ :	Wskaźnik wyczerpania na pracownika
α_m :	Współczynnik śmiertelności naturalnej
α_M :	Współczynnik śmiertelności z głodu
s :	Pensja przypadająca na osobę
κ :	Mnożnik zarobków elity
ϱ :	Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

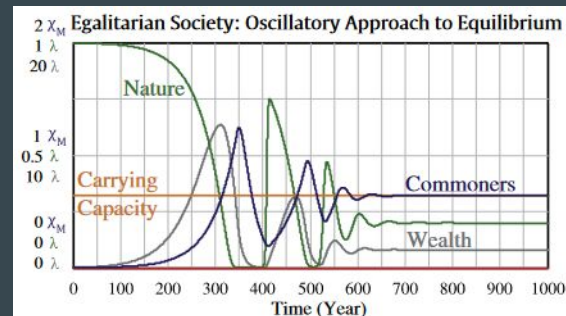
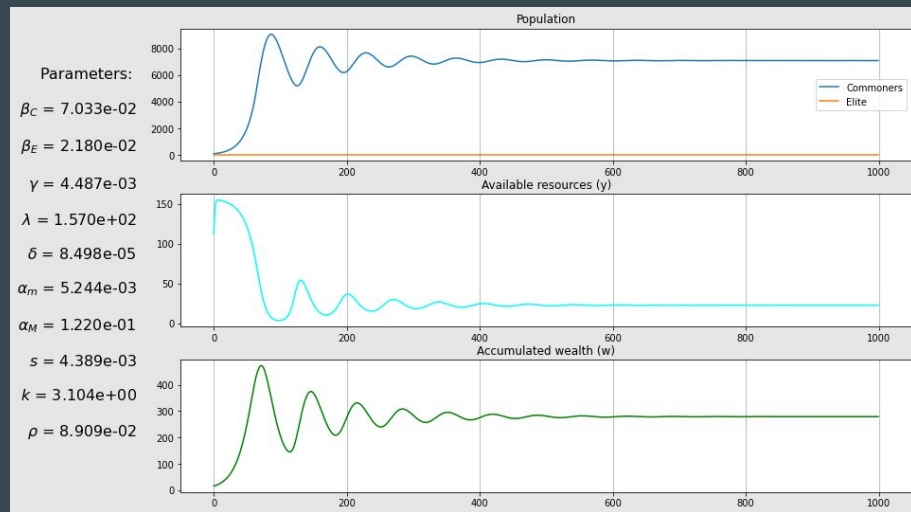
Pierwsze wyniki

- Przy użyciu naszego oprogramowania i SALIB-owej biblioteki do generowania danych wejściowych uzyskaliśmy większość z możliwych scenariuszów wymienionych w artykule



- Link: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800914000615>

Pierwsze wyniki



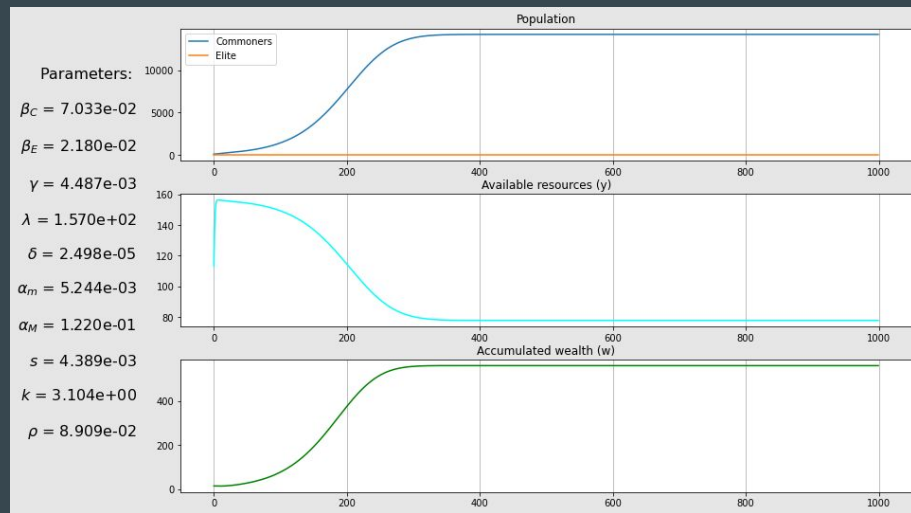
Zmienne dynamiczne

X_C : Aktualna populacja pracowników
 X_E : Aktualna populacja elity
 y : Aktualny poziom zasobów
 w : Skumulowane bogactwo populacji

Parametry modelu

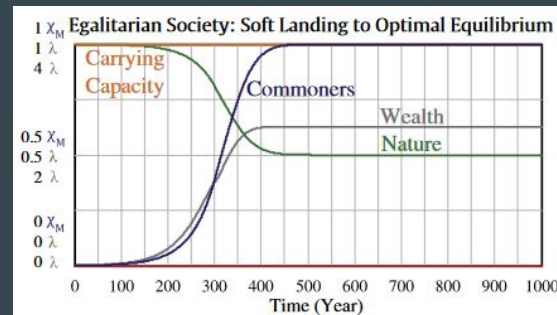
β_C : Współczynnik narodzin pracowników
 β_E : Współczynnik narodzin elity
 γ : Współczynnik regeneracji zasobów
 λ : Maksymalna pojemność zasobów
 δ : Wskaźnik wyczerpania na pracownika
 α_m : Współczynnik śmiertelności naturalnej
 α_M : Współczynnik śmiertelności z głodem
 s : Pensja przypadająca na osobę
 κ : Mnożnik zarobków elity
 ρ : Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

Pierwsze wyniki



Zmienne dynamiczne

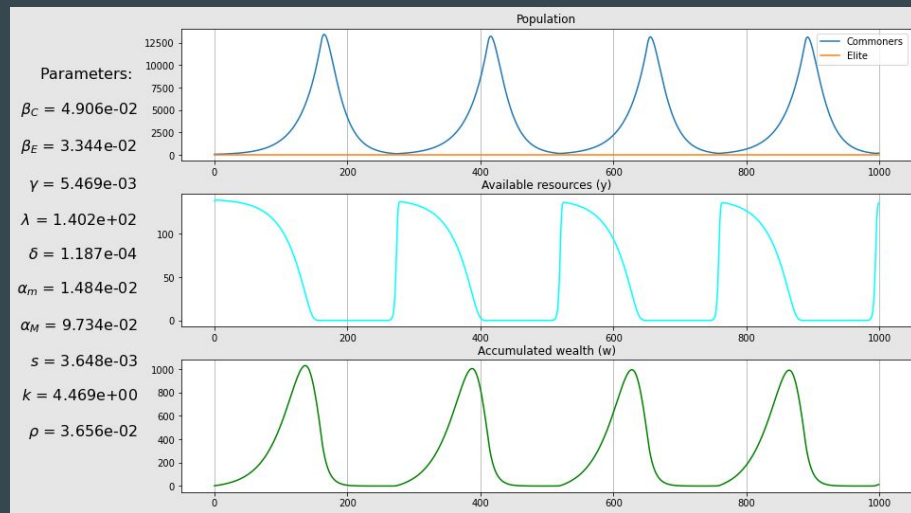
X_C	Aktualna populacja pracowników
X_E	Aktualna populacja elity
y	Aktualny poziom zasobów
w	Skumulowane bogactwo populacji



Parametry modelu

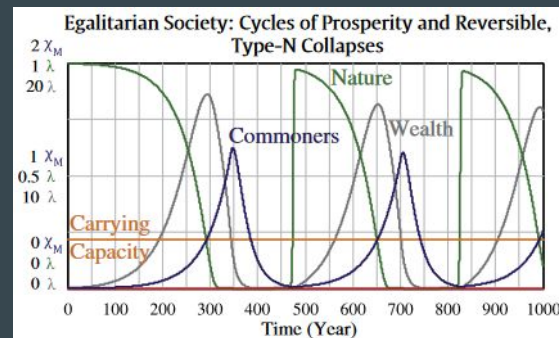
β_C	Współczynnik narodzin pracowników
β_E	Współczynnik narodzin elity
γ	Współczynnik regeneracji zasobów
λ	Maksymalna pojemność zasobów
δ	Wskaźnik wyczerpania na pracownika
α_m	Współczynnik śmiertelności naturalnej
α_M	Współczynnik śmiertelności z głodu
s	Pensja przypadająca na osobę
κ	Mnożnik zarobków elity
ρ	Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

Pierwsze wyniki



Zmienne dynamiczne

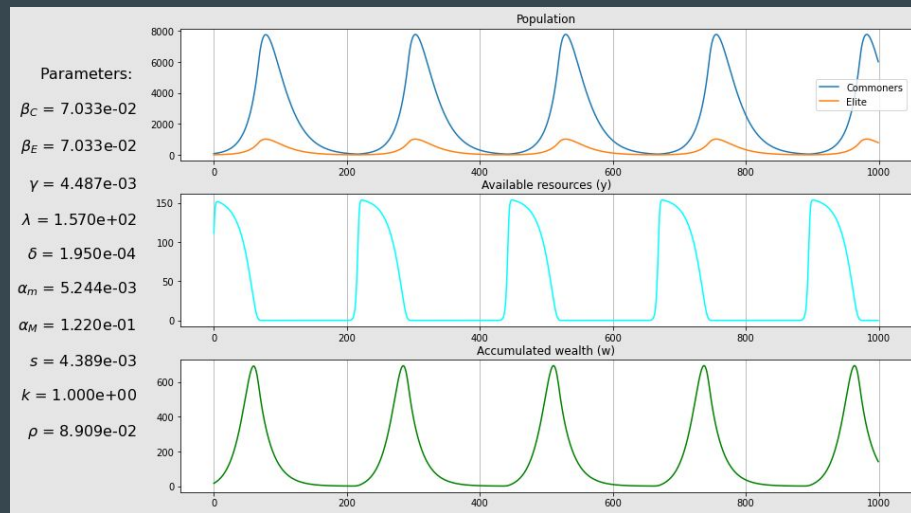
X_C	Aktualna populacja pracowników
X_E	Aktualna populacja elity
y	Aktualny poziom zasobów
w	Skumulowane bogactwo populacji



Parametry modelu

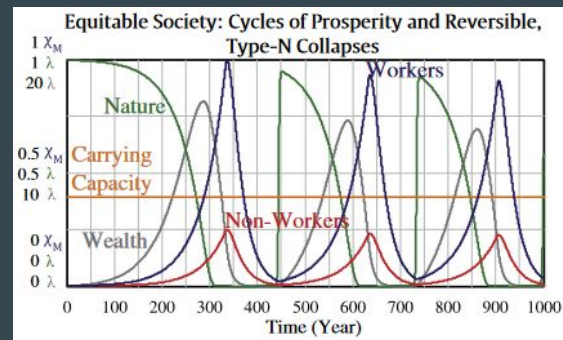
β_C	Współczynnik narodzin pracowników
β_E	Współczynnik narodzin elity
γ	Współczynnik regeneracji zasobów
λ	Maksymalna pojemność zasobów
δ	Wskaźnik wyczerpania na pracownika
α_m	Współczynnik śmiertelności naturalnej
α_M	Współczynnik śmiertelności z głodu
s	Pensja przypadająca na osobę
κ	Mnożnik zarobków elity
ρ	Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

Pierwsze wyniki



Zmienne dynamiczne

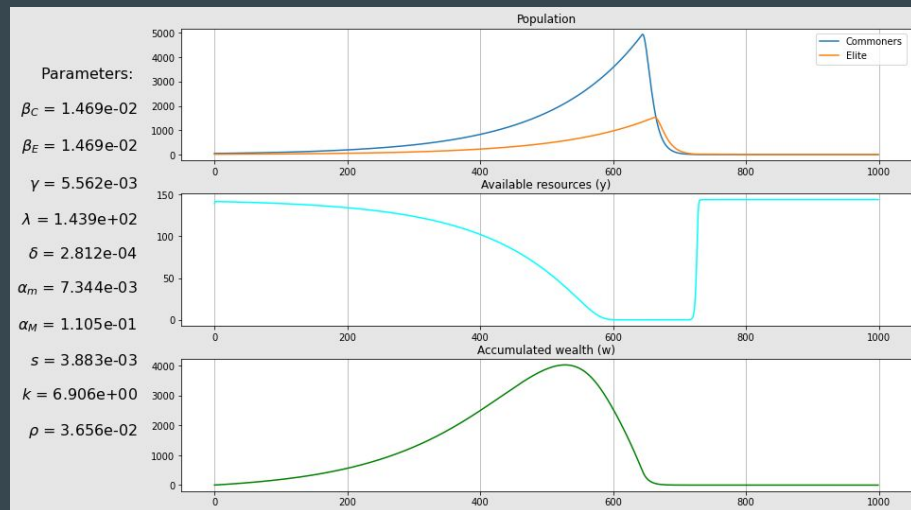
- X_C : Aktualna populacja pracowników
- X_E : Aktualna populacja elity
- y : Aktualny poziom zasobów
- w : Skumulowane bogactwo populacji



Parametry modelu

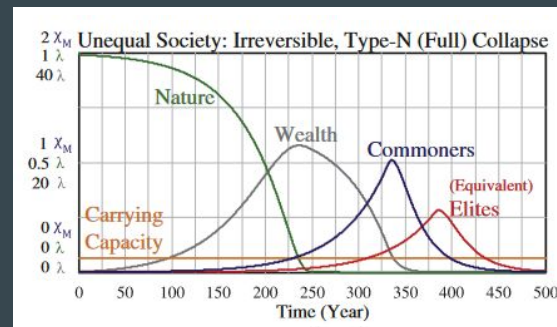
- β_C : Współczynnik narodzin pracowników
- β_E : Współczynnik narodzin elity
- γ : Współczynnik regeneracji zasobów
- λ : Maksymalna pojemność zasobów
- δ : Wskaźnik wyczerpania na pracownika
- α_m : Współczynnik śmiertelności naturalnej
- α_M : Współczynnik śmiertelności z głodu
- s : Pensja przypadająca na osobę
- κ : Mnożnik zarobków elity
- ρ : Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

Pierwsze wyniki



Zmienne dynamiczne

X_C : Aktualna populacja pracowników
 X_E : Aktualna populacja elity
 y : Aktualny poziom zasobów
 w : Skumulowane bogactwo populacji



Parametry modelu

β_C : Współczynnik narodzin pracowników
 β_E : Współczynnik narodzin elity
 γ : Współczynnik regeneracji zasobów
 λ : Maksymalna pojemność zasobów
 δ : Wskaźnik wyczerpania na pracownika
 α_m : Współczynnik śmiertelności naturalnej
 α_M : Współczynnik śmiertelności z głodu
 s : Pensja przypadająca na osobę
 κ : Mnożnik zarobków elity
 ρ : Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

Analiza Wrażliwości

Sobol

1 Si_X_C = sobol.analyze(SALib_			1 Si_X_E = sobol.analyze(SALib_prob			1 Si_Y = sobol.analyze(SALib_prob1e			1 Si_W = sobol.analyze(SALib_prob		
2 Si_X_C.plot()			2 Si_X_E.plot()			2 Si_Y.plot()			2 Si_W.plot()		
	ST	ST_conf		ST	ST_conf		ST	ST_conf		ST	ST_conf
x_C	0.009730	2.467199e+02	x_C	1.916426e-23	1.266568	x_C	4.590046e-01	3.870970e-01	x_C	0.009683	1.732371e+11
x_E	0.000191	6.989802e+00	x_E	3.259467e-23	0.587069	x_E	4.673302e-01	3.084264e-01	x_E	0.016369	5.546648e-01
y	0.000346	2.563018e+00	y	3.240058e-23	0.586908	y	3.076474e-01	2.793223e-01	y	0.001157	2.821603e-01
w	0.000050	3.979415e+00	w	3.612255e-23	2.332546	w	4.480057e-01	3.613092e-01	w	0.002421	3.770682e+10
beta_C	1.015979	2.306280e+04	beta_C	3.123037e-23	0.565623	beta_C	5.585795e+00	3.189632e+00	beta_C	0.180842	1.346076e+12
beta_E	0.000989	4.618783e-01	beta_E	6.695517e-18	91.050491	beta_E	6.177141e-01	2.971312e-01	beta_E	0.022735	8.860177e-01
gamma	0.155286	3.284621e+00	gamma	3.417278e-23	1.213772	gamma	1.000349e+00	1.268686e+00	gamma	0.289806	5.111347e+08
lambda	0.385825	4.361721e-01	lambda	5.334932e-22	305.308174	lambda	6.392874e-01	3.745692e-01	lambda	0.018422	8.654761e+04
delta	0.004453	1.027856e+01	delta	3.792684e-23	1.709162	delta	4.776443e+18	9.315634e+18	delta	0.023370	2.635037e+00
alpha_m	0.078098	2.920769e-01	alpha_m	8.961215e-23	1.608781	alpha_m	2.379225e-01	2.273759e-01	alpha_m	0.228472	7.145113e+00
alpha_M	6.604012	9.348805e+15	alpha_M	3.849762e+00	73901.175339	alpha_M	4.626669e-01	3.477268e-01	alpha_M	0.000749	1.823362e-01
s	0.235253	2.221715e+03	s	3.647531e-23	1.018638	s	3.017577e-01	2.533518e-01	s	0.021732	2.395511e+09
k	0.000300	1.532575e+03	k	3.596036e-23	0.870114	k	4.339797e-01	3.772914e-01	k	0.024028	7.108846e+01
rho	0.013301	1.977991e-01	rho	3.240077e-23	0.586908	rho	4.001988e-01	2.943215e-01	rho	0.001156	2.821600e-01
	S1	S1_conf		S1	S1_conf		S1	S1_conf		S1	S1_conf
x_C	-0.003401	6.754097e+08	x_C	-2.758291e-13	4.324057e+10	x_C	7.137214e+05	6.094007e+06	x_C	-0.005617	9.374066e+10
x_E	-0.000477	9.305685e+07	x_E	3.035569e-13	5.878134e+09	x_E	-4.065923e+06	4.861301e+06	x_E	-0.003747	4.320217e+01
y	-0.000641	4.702219e+07	y	2.822494e-13	5.112894e+09	y	-5.867853e+06	4.729373e+06	y	0.001479	5.452135e-01
w	0.000244	9.484919e+07	w	1.865878e-13	5.905056e+10	w	-1.976437e+06	5.632734e+06	w	-0.000060	4.446754e+10
beta_C	0.034748	7.890954e+09	beta_C	2.967946e-13	6.133371e+09	beta_C	4.206121e+07	2.059174e+07	beta_C	-0.023240	3.234951e+11
beta_E	-0.001084	2.400639e+06	beta_E	-1.280527e-10	1.383922e+10	beta_E	-4.744667e+06	6.058738e+06	beta_E	0.006048	2.429345e+03
gamma	-0.013585	5.666617e+07	gamma	2.157001e-13	4.113731e+10	gamma	1.930003e+06	9.187624e+06	gamma	-0.021280	5.179743e+09
lambda	0.021414	1.920409e+07	lambda	-7.432012e-13	6.783554e+11	lambda	8.947175e+05	6.628903e+06	lambda	0.006921	9.320896e+07
delta	-0.002301	1.176059e+08	delta	2.728483e-13	5.131098e+10	delta	-9.951984e+15	1.940964e+16	delta	0.010828	5.087943e+05
alpha_m	0.009634	1.097644e+07	alpha_m	-3.898242e-13	1.346293e+10	alpha_m	6.204968e+05	4.819454e+06	alpha_m	-0.019465	2.725513e+02
alpha_M	-0.046806	1.363985e+14	alpha_M	3.857891e+00	8.088789e+12	alpha_M	-4.439688e+06	5.997227e+06	alpha_M	0.001064	3.480249e+00
s	0.016721	2.025490e+09	s	3.050365e-13	3.455950e+10	s	-4.257252e+06	4.346955e+06	s	0.007045	1.109419e+10
k	0.000597	1.731338e+09	k	3.228197e-13	2.642797e+10	k	-1.329006e+06	6.176810e+06	k	0.005381	6.105298e+10
rho	-0.003976	1.922648e+07	rho	2.817483e-13	5.111076e+09	rho	-5.578864e+06	5.270649e+06	rho	0.001415	6.140931e+01

Analiza Wrażliwości

Pawn

X_C	Aktualna populacja pracowników
X_E	Aktualna populacja elity
y	Aktualny poziom zasobów
w	Skumulowane bogactwo populacji
β_C	Współczynnik narodzin pracowników
β_E	Współczynnik narodzin elity
γ	Współczynnik regeneracji zasobów
λ	Maksymalna pojemność zasobów
δ	Wskaźnik wyczerpania na pracownika
α_m	Współczynnik śmiertelności naturalnej
α_M	Współczynnik śmiertelności z głodu
s	Pensja przypadająca na osobę
κ	Mnożnik zarobków elity
q	Minimalna konsumpcja przypadająca na osobę

