



**Establishment and Operation of a Regional System of Fisheries *Refugia*
in the South China Sea and Gulf of Thailand**

REPORT

**Training-workshop on the Introduction of Ecopath with Ecosim Program
for the Assessment and Management of Fisheries Resources**

**Bangkok, Thailand
29th November – 3rd December 2021**

Prepared by

Ms. Ratana Munprasit

REPORT OF THE TRAINING-WORKSHOP

Training-workshop on the Introduction of Ecopath with Ecosim Program for the Assessment and Management of Fisheries Resources was financed by the Project entitled Establishment and Operation of a Regional System of Fisheries *Refugia* in the South China Sea and Gulf of Thailand. It was organized virtually via Zoom Platform by the Department of Fisheries on 29th November – 3rd December 2021. The training-workshop was instructed by 2 experts: Prof. Tuanthong Jutagate, Ph.D. from the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University and Dr. Elizabeth Ann Fulton from CSIRO - Division of Marine and Atmospheric Research. There were 15 participants from the Department of fisheries attended the training-workshop. Agenda and a list of participants are shown in Annex 1 and 2, respectively.

The course aimed to introduce to the fisheries technical officers in the Department of Fisheries a basic functional understanding of what the model of Ecopath and Ecosim (EwE) does and how to use it for assessment and management of fisheries resources. It was introduced that EwE was a free ecological/ecosystem modeling software suite with three main components: Ecopath – a static, mass-balanced snapshot of the system; Ecosim – a time dynamic simulation module for policy exploration; and Ecospace – a spatial and temporal dynamic module primarily designed for exploring impact and placement of protected areas. The Ecopath software package can be used to

- Address ecological questions;
- Evaluate ecosystem effects of fishing;
- Explore management policy options;
- Analyze impact and placement of marine protected areas;
- Predict movement and accumulation of contaminants and tracers (Ecotracer);
- Model effect of environmental changes; and
- Facilitate end-to-end model construction.

Each day of the training-workshop was a mix of an introductory lecture and then handed on practice with the model. The course included:

Day 1: Introduction to Ecopath (by Dr. Fulton; ANNEX 3);

Hands on: creating an Ecopath model;

Hands on: exploring Ecopath output;

Day 2: Introduction to Ecosim (by Dr. Fulton; ANNEX 4);

Hands on: fitting Ecosim;

Hands on: exploring Ecosim;

Day 3: Hands on: Ecosim extras (ANNEX 5);

Hands on: let's fix an Ecopath model;

Hands on: what is Ecosim telling us;

Day 4: Introduction to Ecospace (by Dr. Fulton; ANNEX 6);

Hands on: creating an Ecospace model;

Hands on: exploring Ecospace output;

Day 5: The use of Ecopath with Ecosim Program for the assessment and management of fisheries resources (by Prof. Jutagate; ANNEX 7);

Hands on: questions and answers.

According to the evaluation and recommendation for the training-workshop, most of the participants got much more new knowledge and were highly satisfied with the course. Participants agreed that the program was significantly benefit for providing the information for fisheries resources management in Thailand and for their research works on fisheries stock assessment. There were comments that the regular workshop would provide more clarifying details than those from the online one.

ANNEX 1**Agenda**

Date	Time (Bangkok)	Content
29 th Nov 2021	9:30 am	Introduction to Ecopath
	10:30 am	Break
	10:45 am	Hands on: creating an Ecopath model
	11:45 am	Break
	12:00 pm	Hands on: exploring Ecopath output
	12:30pm	Day 1 End
30 th Nov 2021	9:30 am	Introduction to Ecosim
	10:30 am	Break
	10:45 am	Hands on: fitting Ecosim
	11:45 am	Break
	12:00 pm	Hands on: exploring Ecosim
	12:30 pm	Day 2 End
1 st Dec 2021	9:30 am	Hands on: Ecosim extras
	10:30 am	Break
	10:45 am	Hands on: let's fix an Ecopath model
	11:45 am	Break
	12:00 pm	Hands on: what is Ecosim telling us
	12:30 pm	Day 3 End
2 nd Dec 2021	9:30 am	Introduction to Ecospace
	10:30 am	Break
	10:45 am	Hands on: creating an Ecospace model
	11:45 am	Break
	12:00 pm	Hands on: exploring Ecospace output
	12:30 pm	Day 4 End
3 rd Dec 2021	10:30 am	The use of Ecopath with Ecosim Program for the assessment and management of fisheries resources
	11:30 am	Break
	11:45 am	Hands on – questions and answers
	12:30 pm	Close

ANNEX 2

List of Participants

Lecturers

- | | | |
|----|--|--|
| 1. | Prof. Tuanthong Jutagate, Ph.D.
(Mr.) | Lecturer for the Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University |
| 2. | Ms. Elizabeth Ann Fulton, Ph.D. | Research Scientist for the CSIRO - Division of Marine and Atmospheric Research |

Training Participants

- | | | |
|-----|------------------------------|---|
| 1. | Ms. Praulai Nootmorn | Senior Expert in Marine Fisheries, Department of Fisheries |
| 2. | Ms. Ratanawalee Phoonsawat | Senior Expert in Ecology, Department of Fisheries |
| 3. | Ms. Suphalak Ruaylap | Fisheries Technical Officer, Rayong Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 4. | Ms. Narakorn Somwanthana | Fisheries Technical Officer, Rayong Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 5. | Ms. Nipa Kulanujaree | Fisheries Technical Officer, Samut Prakan Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 6. | Ms. Nuengruetai Yoknoi | Fisheries Technical Officer, Chumphon Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 7. | Ms. Pakjuta Khemakorn | Fisheries Technical Officer, Songkhla Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 8. | Mr. Chalaempol Keawmun | Fisheries Technical Officer, Narathiwat Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 9. | Mr. Sichon Hoimuk | Fisheries Technical Officer, Phuket Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 10. | Mr. Montri Sumontha | Fisheries Technical Officer, Ranong Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 11. | Ms. Issarapon Jithlang | Fisheries Technical Officer, Satun Marine Fisheries Research and Development Center, Department of Fisheries |
| 12. | Ms. Wannalai Pooyam | Fisheries Technical Officer, Fishing Ground Development and Rehabilitation Group, Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries |
| 13. | Mr. Weerapol thitipongtrakul | Fisheries Technical Officer, Fisheries Resources Assessment Group, Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries |
| 14. | Ms. Thanawan Somjit | Fisheries Technical Officer, Marine Diversity and Biology Group, Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries |
| 15. | Ms. Pawanrat Buaroi | Fisheries Technical Officer, Fisheries Resources Assessment Group, Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries |

ANNEX 3

Presentation of the Introduction to Ecopath

Introduction to Ecopath

Beth Fulton | 2021

Australia's National Science Agency

Ecopath with Ecosim

Three major components

- Ecopath: static mass-balanced model
- Ecosim: temporal dynamics
- Ecospace: spatial-temporal dynamics

Additional modules

- Ecotracer: contaminant tracing
- 'Searches' Fishing Policy, MPA, Monte Carlo, MSE
- Plug-ins

Ecobase

440 models, 173 for download

7000+ users in 150+ countries (google analytics)

800+ peer-reviewed publication (ISI Web of Knowledge)

Colléter et al. 2015, Ecol Model 302-02-03

EwE Used for Management

- Food web effects
- Strategic fisheries management
- Fisheries Reference Points
- Common Fisheries Policy, Marine Strategy Framework Directive
- Forage fish
- Spatial analysis
- Socio-Economic
- Invasive species
- Environmental Impacts

Food web Effects (including invading species)

- At the core of EwE.; management and policy impact often indirect
- Hot issues can create interest – seals, forage fisheries

Alida Bundy
E Scotian Shelf

David Chagaris
Arias-Gonzales et al. (2014)
GoMexico Lionfish

Chilean Sea Lions
Sergio Neira

Israeli EEZ
Corrales et al.

Northern Prawn
Rodrigo Bustamante

Environmental Impacts

Villy Christensen
Vancouver Port

Kim de Mustert
Louisiana Restoration

Chagaris & Ainsworth
Impact of red tides on groupers

Cavalho & Angelini
Impact of dams on Amazon

Rentewables
Karen Alexander

Sellafield
Kieran Tierney

Strategic fisheries & spatial management

Bering Sea/
Go Alaska
Ecosystem
report card,
Octopus
Kerim Aydin

GoMexico
David Chagaris

G of Mexico
Reef fish
David Chagaris

Marta Coll et al.
2008
Trawl selectivity

Small scale
pelagic fisheries
South Africa
Lynne Shannon

Northern Prawn
Rodrigo Bustamante

Not a replacement for single species (SS) assessment, but to address questions (e.g., tradeoffs) that SS do not ask

Social & Economic Considerations

Peru value chain
Villy Christensen

ESPA, Tim Daw
Kenyan fishery

Ecopath

- $$\left(\frac{Q}{B}\right)_j \cdot B_j = \left(\frac{P}{B}\right)_j \cdot B_j + R_j + UN$$
- $$\left(\frac{P}{B}\right)_i \cdot B_i - \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q}{B}\right)_i \cdot B_i \cdot DC_{ji} + E_i + Y_i + BA_i + \left(\frac{P}{B}\right)_i \cdot B_i \cdot (1 - EE_i)$$

Pulovina, J.J. 1984. Coral Reefs, 31:11; Pauly et al. 2000. ICES J. Mar. Sci., 57: 697-706; Christensen and Walters. 2004. Ecol. Model., 172(3-4): 109-139

Ecopath

- Based around trophodynamic links
- Used intelligently = VERY good tool
 - that's why its lasted for 20 years (2000+ users)
 - NOT criticism free
- No model can capture reality completely (simplifications necessary)
 - some times will work, some times won't
 - understand what you're assuming (ignoring)

Ecopath

- Mass balance model (solved as simultaneous equations):

Production = Catch + Predation + Accumulation + Migration + Other mortality

$$P_i = Y_i + B_i M_{z,i} + E_i + BA_i + P_i(1 - EE_i)$$
- Reorganise to:

$$B_i \cdot \left(\frac{P}{B}\right)_i EE_i - \sum_{j=1}^n B_j \cdot \left(\frac{Q}{B}\right)_j \cdot DC_{ji} - Y_i - E_i - BA_i = 0$$

Ecopath - Data

- Groups
 - alive or dead
 - producer or consumer
 - multi-stanza
- Input all but one of the columns on Basic Input (e.g. B, P/B, Q/B, Unassim)
 - purple-grey = don't enter
- Diet data
- Fisheries data
- Other = specific circumstances, not a first pass inclusion

Ecopath – How to

Ecopath – How to

- Model metadata (description)

Ecopath – How to

- Creating model: structure & parameters

Ecopath – How to

- Defining groups in model (ecological only)
 - give each entry individual name
 - click on whether consumer or producer
 - edit multistanza

Ecopath – How to

- Defining groups in model (ecological only)
 - give each entry individual name
 - click on whether consumer or producer
 - edit multistanza

Ecopath – How to

- Basic data
 - biomass, mortality, consumption, unassim
 - EE (if missing one of the others)
 - biomass accumulation (use carefully) + migration ("other production")

Group name	Harb area (proportion)	Biomass in habitat area (tk/yr)	Total mortality (year)	Production / biomass (year)	Consumption / biomass (year)	Ecotrophic Efficiency	Other mortality	Production / consumption	Unassim. consumption	Debitus input (tk/yr/year)
1 Adult large predator	1.000	0.200	0.400		7.500				0.200	
2 Juvenile large pre	1.000	0.0612	1.000		9.977				0.200	
3 YOY large predato	1.000	0.0205	2.800		18.40				0.200	
4 Reef fish	1.000	0.200		0.800	4.000				0.200	
5 Small fish	1.000	3.500		1.500	4.800				0.200	
6 Prawns	1.000	0.200		5.000	7.000	0.950			0.200	
7 Coral	1.000	5.000		2.500	3.000				0.200	
8 Zooplankton	1.000	17.30		40.00	125.0				0.170	
9 Phytoplankton	1.000	35.00		200.0						0.000
10 Debitus	1.000	100.00								

Ecopath – How to

- Multi-stanza details

Group name	Age start (months)	Leading biomass	Biomass (tk/yr)	Tot. mort. (year)	Leading QR	Consumption (tk/yr)	Spawning (proportion)
1 YOY large predator	12	<input type="checkbox"/>	0.0205	2.800	<input type="checkbox"/>	18.40	1.000
2 Juvenile large predator	12	<input type="checkbox"/>	0.0612	1.000	<input type="checkbox"/>	9.977	1.000
3 Adult large predator	24	<input type="checkbox"/>	0.200	0.400	<input type="checkbox"/>	7.500	1.000

Ecopath – How to

- Can leave notes on how the model was made and balanced little triangle in the corner shows comment or reference included (mouse over to read it, click on remarks tab to edit it)

Group name	Harb area (proportion)	Biomass in habitat area (tk/yr)	Total mortality (year)	Production / biomass (year)	Consumption / biomass (year)	Ecotrophic Efficiency	Other mortality	Production / consumption	Unassim. consumption	Debitus input (tk/yr/year)
1 Adult large predator	1.000	0.200	0.400		7.500				0.200	
2 Juvenile large pre	1.000	0.0612	1.000		9.977				0.200	
3 YOY large predato	1.000	0.0205	2.800		18.40				0.200	
4 Reef fish	1.000	0.200		0.800	4.000				0.200	
5 Small fish	1.000	3.500		1.500	4.800				0.200	
6 Prawns	1.000	0.200		5.000	7.000	0.950			0.200	
7 Coral	1.000	5.000		2.500	3.000				0.200	
8 Zooplankton	1.000	17.30		40.00	125.0				0.170	
9 Phytoplankton	1.000	35.00		200.0						0.000
10 Debitus	1.000	100.00								

Ecopath – How to

- Diet data
 - proportional diet make-up of each predator
 - external food can be included (supplemental)

Prey / predator	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Adult large predator								
2 Juvenile large predator	0.300							
3 YOY large predator				0.00275				0.100
4 Reef fish	0.0500							
5 Small fish	0.450	0.150		0.100				
6 Prawns	0.200	0.800		0.0500				
7 Coral				0.0500				
8 Zooplankton		0.0500	0.800	0.797	0.500	0.0500		
9 Phytoplankton		0.100		0.100	0.200	0.850		
10 Debitus						0.500		
Import	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Sum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
(1 - Sum)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Ecopath – How to

- Diet data
 - proportional diet make-up of each predator
 - external food can be included (supplemental)

Must add up so this value =1 in each column

Ecopath – How to

- Fisheries data
 - Add fleets (and their parameters)

Fleet name	Color	Status	Effort
1 Prawn Fleet		Active	
2 Small fish Fleet		Not created	
3 Reef fish Fleet		In process	

Ecopath – How to

- Fisheries data
 - put in economic parameters to differentiate fleets
 - landings and discards per fleet

Ecopath – How to

- Fisheries data
 - put in economic parameters to differentiate fleets
 - landings and discards per fleet

Group name	Fresh Fish (t/year)	Small fish Fleet (t/year)	Trawl fish Fleet (t/year)	Total
1 Adult large predat	0.01000		0.0300	0.040
2 Juvenile large pred	0.00500		0.0120	0.017
3 YOY large predat				0.000
4 Reef fish		0.0000	0.0100	0.010
5 Small fish	0.0200		0.0000	0.020
6 Prawns	0.200			0.200
7 Coral			0.000100	0.000
8 Zooplankton				0.000
9 Phytoplankton				0.000
10 Detritus				0.000
12 Sum	0.320	0.000	0.079	0.400

Ecopath – How to

- Fisheries data
 - put in economic parameters to differentiate fleets
 - landings and discards per fleet

Ecopath – How to

- Balancing (Parameterisation)
 - EE > 1 means unbalanced
 - red result = probably wrong (be wary)
 - make a pedigree of data quality (which is more uncertain)
 - usually diet, P/B or Q/B, fisheries, B, unassim proportion (change the most uncertain first)
 - check if params sensible (fix obvious mistakes)
 - P/Q = 0.1 – 0.3 (more for bacteria, less for top preds)
 - Resp/B = 1-10 for fish, 10-100 for copepods
 - mortality sheet VERY useful (identify large impacts)
 - keep cannibalism low (<10% of diet)

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - red result = where wrong

Group name	Trophic level	Hab area (proportion)	Biomass in habitat area (t/ha)	Biomass (t/ha)	Total mortality (year)	Production / biomass (year)	Consumption / biomass (year)	Ecotrophic Efficiency	Production / consumption (year)	Biomass accumulation (t/ha)	Bk rate (year)
1 Adult large predat	4.158	1.000	0.200	0.200	0.400	7.500	0.500	0.053			
2 Juvenile large pre	3.675	1.000	0.0612	0.0612	1.000	9.977	7.653	0.100			
3 YOY large predat	3.081	1.000	0.0095	0.0095	2.800	18.40	2166.052	0.152			
4 Reef fish	3.383	1.000	0.200	0.200	800.0	4.000	0.001	200.000			
5 Small fish	3.019	1.000	3.500	3.500	1.500	4.800	0.102	0.313			
6 Prawns	2.636	1.000	0.238	0.238	5.000	7.000	0.950	0.714			
7 Coral	2.636	1.000	5.000	5.000	2.500	9.000	0.003	0.278			
8 Zooplankton	2.272	1.000	17.20	17.20	40.00	135.0	0.284	0.295			
9 Phytoplankton	1.000	1.000	35.00	35.00	200.0		0.287				
10 Detritus	1.000	1.000	100.00	100.00			0.000				

Ecopath – Prebal

Link (2010)

Parameters or Model Feature	Guideline	Notes on logic
Predation mortality (M) vs Total mortality (Z)	$M < Z$ ($EE < 1$)	$M > Z$ or $EE > 1$ then a parameter is wrong (B, P, Q, diets etc)
Fishing mortality (F) vs Total mortality (Z)	$F < Z$ ($EE < 1$)	$F > Z$ or $EE > 1$ then a fishing parameter is wrong (landings, discards)
Predation mortality (M) vs Fishing mortality (F)	$F < M$	$F \approx M$ or $F > M$ may mean model imbalanced (high TL groups, like top predators, with low TL may be an exception as then just indicates overfishing)

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - red result = where wrong

Effectively total mortality Check makes sense (high for plankton & small animals; low for large species like sharks)

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - red result = where wrong

Consumption should be 3-10x Production (or more)

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - Check mortality for hints on some things to fix

Group name	ProdBiom or Z	Fishing mort. rate	Predation mort. rate (year)	Biomass accum. rate (year)	Net migration rate (year)	Other mort. rate (year)	Fishing mort. total	Proportion natural mort.
1 Large predator	0.400	0.200				0.200	0.500	0.500
2 Adult large predato	1.000	0.204	7.349		-6.553	0.204	0.796	0.796
3 YOY large predato	2.800		6065			6062	0.000	1.000
4 Reef fish	800.0	0.0750	0.375			799.5	0.00094	1.000
5 Small fish	1.500	0.0209	0.242			1.227	0.0209	0.979
6 Prawns	5.000	1.275	3.475			0.250	0.255	0.745
7 Coral	2.500	0.00020	0.00020			2.492	0.000008	1.000
8 Zooplankton	40.000		8.945			31.05	0.000	1.000
9 Phytoplankton	200.0		57.45			142.5	0.000	1.000

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - Check mortality for hints on some things to fix

Group name	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Adult large predator								
2 Juvenile large predator	0.200							
3 YOY large predator	6062							
4 Reef fish	0.075	0.075						
5 Small fish	0.021	0.021	0.021					
6 Prawns	1.275	1.275	1.275					
7 Coral	0.0002	0.0002	0.0002					
8 Zooplankton	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002				
9 Phytoplankton	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002			

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - Once have an idea of where excess predation is, go to diet matrix and adjust

Group name	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Prey predator								
2 Juvenile large predator	0.0290							
3 YOY large predator								
4 Reef fish	0.0000							
5 Small fish	0.0000	0.100						
6 Prawns	0.200	0.000						
7 Coral	0.0000	0.0000						
8 Zooplankton	0.0000	0.0000	0.797	0.500	0.500	0.9900		
9 Phytoplankton	0.0000	0.0000	0.0000	0.500	0.500	0.9900		
10 Detritus	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Sum	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(1)-Sum	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Ecopath – Balancing

- Balancing (Parameterisation)
 - Also check the basic parameters

Group name	Hub area (km²)	Increase in habitat area (km²/yr)	Total mortality (1/yr)	Production/Biomass (1/yr)	Consumption/Biomass (1/yr)	Ecotrophic Efficiency	Other mortality	Production/consumption	Unassim. consumption	Dietary input (kg/yr)
1 Large predator	1.000	0.200	0.400		7.500					0.200
2 Juvenile large pred	1.000	0.0012	1.000		9.977					0.200
3 YOY large predator	1.000	0.0085	2.800		18.49					0.200
4 Reef fish	1.000	0.200			0.800	4.000				0.200
5 Small fish	1.000	3.500			1.500	4.000				0.200
6 Prawns	1.000				5.000	20.00	0.950			0.200
7 Coral	1.000	5.000			2.500	3.000				0.200
8 Zooplankton	1.000	17.30			40.00	195.0				0.175
9 Phytoplankton	1.000				200.0					0.000
10 Detritus	1.000	100.00								0.000

Ecopath – Balancing

- Balanced then we can explore

Group name	Trophic level	Hub area (km²)	Increase in habitat area (km²/yr)	Biomass (ton)	Surface (ton/yr)	Total mortality (1/yr)	Production/Biomass (1/yr)	Consumption/Biomass (1/yr)	Ecotrophic Efficiency	Production (ton/yr)	Biomass production (ton/yr)	Size class (year)
1 Large predator	3.0	1.000	0.200	0.400		1.000	1.000	1.000	1.000			
2 Adult large predator	2.0	1.000	0.0012	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
3 YOY large predator	1.0	1.000	0.0085	0.000	2.800	1.000	1.000	1.000	1.000			
4 Reef fish	2.0	1.000	0.200	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
5 Small fish	1.0	1.000	3.500	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
6 Prawns	2.0	1.000		0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
7 Coral	2.0	1.000	5.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
8 Zooplankton	1.0	1.000	17.30	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
9 Phytoplankton	1.0	1.000		0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			
10 Detritus	0.0	1.000	100.00	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			

Ecopath – Prebal

Link (2010)

Parameters or Model Feature	Guideline	Notes on logic
Levels of biomass	5-7 orders of magnitude (lowest to highest values)	<5 means only part of the food web >7 model too complex (data will fail)
Slope of plot of log(biomass) vs TL	~5-10% drop as TL increases	Values far from slope line could need more work. If plot is bumpy may mean trophic resolution wrong (too much focus on some taxa) or B estimates wrong
Detritus biomass	Usually the same order as primary producers	
Biomass (predator/prey)	< 1	~1 means either predator biomass too high or prey too low. >1 predation pressure too high

Ecopath – Prebal

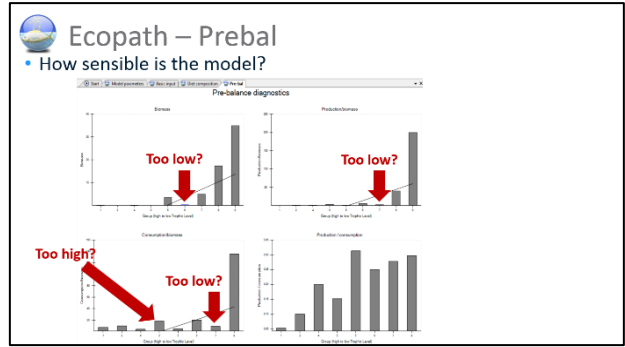
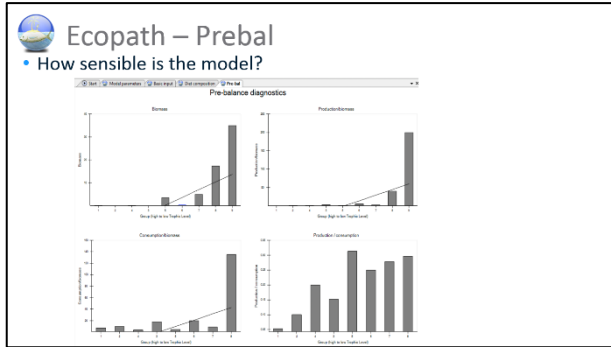
Link (2010)

Parameters or Model Feature	Guideline	Notes on logic
Biomass ratios Piscivores: small pelagics Small pelagics: plankton Zooplankton: phytoplankton Demersal fish: invertebrates Top predators: prey groups Whales: plankton	~ 0.1-0.5x for each TL between predator and prey	> 0.5x means too predation pressure, or predator overly efficient <0.001-0.01x means predation pressure to low or model over connected (spurious connections included)
Food web structure relatively evenly resolved	Similar taxonomic resolution across all taxa	If not even then can get artefacts in future projections
Vital rates (P/B, Q/B, Resp/B) of predators/prey	< 1 (fit trend line and look for deviations)	~1 (or > 1) means parameter wrong or food web structure imbalanced. Values far from line likely wrong. Tropical values will be higher than for temperate species

Ecopath – Prebal

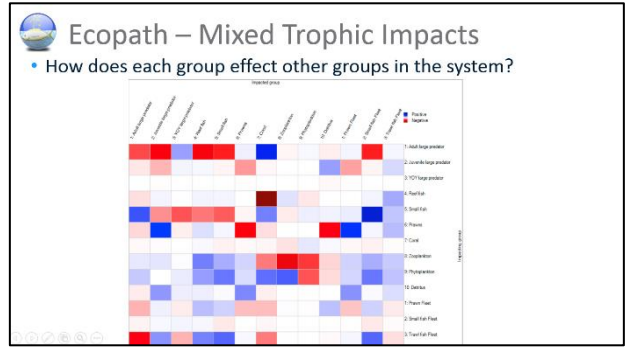
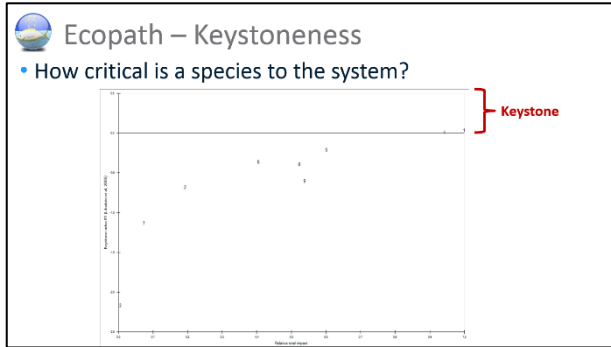
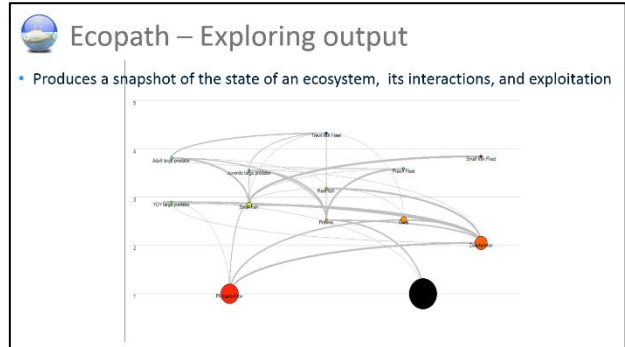
Link (2010)

Parameters or Model Feature	Guideline	Notes on logic
Q/B for fish	2-4 (or less)	>4 likely wrong
P of consumer vs Primary production	P consumer < P primary producer	~1 or >1 means imbalance (check if too reliant on detritus)
P vs Q	P < Q	P~Q or P>Q then either P, Q or Resp wrong
P vs Resp	P > Resp	P ~ Resp means imbalance (check if too reliant on detritus); P < Resp then either P, Q or Resp wrong
Production, consumption, respiration vs TL	Fit trend line and look for deviations	Values far from slope line could need more work. If plot is bumpy may mean trophic resolution wrong (too much focus on some taxa) or estimates wrong



Ecopath – Exploring output

- Network Analysis Outputs
 - system statistics
 - network indices
 - trophic pyramids
 - transfer efficiencies
 - particle size distributions
 - prey overlap plots
 - mixed trophic impacts



Thank you

CSIRO Oceans & Atmosphere
Beth Fulton

+61 3 6232 5018
beth.fulton@csiro.au
csiro.au

Australia's National Science Agency

ANNEX 4

Presentation of the Introduction to Ecosim

Introduction to Ecosim

Beth Fulton | 2021

Australia's National Science Agency

Ecosim
Time dynamic model, based on Ecopath

Respiration, Yield, Production, Predation, Net migration, Other mortality, Unassimilated, Food consumption

B_i Biomass
 P_i/B_i Production
 Q_i/B_i Specific consumption
 DC_{ij} Fraction of prey i in diet of predator j
 BA_i Biomass accumulation
 EE_i Production used in the system
 $1-EE_i$ Unexplained mortality

$$\frac{dB_i}{dt} = g_i \cdot \sum_{Pred_j=1}^n c_{ji}(B_i, B_j) - \sum_{Pred_j=1}^n c_{ij}(B_i, B_j) + I_i - (M O_i + F_i + e_i) \cdot B_i$$

Walters et al. 2006. *Ecosystems*, 9: 70-83

Ecosim

- Time dynamic
- Basic equation

$$\frac{dB_i}{dt} = g_i \cdot \sum_{Pred_j=1}^n c_{ji}(B_i, B_j) - \sum_{Pred_j=1}^n c_{ij}(B_i, B_j) + I_i - (M O_i + F_i + e_i) \cdot B_i$$

Change in Biomass Growth x consumption Predation Immigration Other mortality

Ecosim - Vulnerabilities

- Key concept
- Vulnerability = rate become vulnerable to predators
- Parameterise which wins out hunger or fear
- Depending on parameterisation can create many alternative functional responses (Lotka-Volterra, Holling types, ratio dependent etc)

Ecosim - How to...

New Ecosim scenario - Ecopath model Course model 2021 - to share

Name: Course model 2021
 Description: Created: 25/11/2021 12:23 AM
 Author: Beth Fulton

Ecosim - How to...

Ecosim parameters

Group: Large predator
 Name: Large predator
 Description: Large predator
 Author: Beth Fulton

Ecosim

- Ecopath = initial conditions

Group name	Trophic level	High area (percentage)	Biomass in habitat area (tonnes)	Biomass (tonnes)	Total mortality (year)	Production/Biomass (year)	Consumption/Biomass (year)	Bioflight (Biomass)	Production/consumption (year)	Biomass accumulation (year)	BA rate (year)
Large predator	3.00	1.00	0.20	0.20	0.40	1.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Adult large predat	3.00	1.00	0.00	0.00	1.00	9.97	0.01	0.10	0.00	0.00	0.00
Juvenile large pre	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	16.40	0.00	0.10	0.00	0.00	
Small fish	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Phytoplankton	1.00	1.00	30.00	30.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Ecosim

- Define simulation set-up (parameters: time step, forage area, forcing)

Group name	Max rel. PID	Max rel. feeding time	Feeding time adjust rate (0.1)	Fraction of other mortality due to changes in feeding time (0.1)	Predator effect on feeding time (0.1)	Density-dep. switchability (0.1)	Q2max/Q10 (for feeding time) (0.1)	Switching power parameter (0.2)
Large predator								
Adult large predat		2.000	0.500	1.000	0.000	1.000	1000.0	0.000
Juvenile large pre		2.000	0.500	1.000	0.000	1.000	1000.0	0.000
Small fish		2.000	0.500	1.000	0.000	1.000	1000.0	0.000
Phytoplankton		2.000	0.500	1.000	0.000	1.000	1000.0	0.000

Ecosim – Effort levels

- First baseline effort (no extra model modifications)

Ecosim – Check base model stability

- If flat then model stable

- If not flat then check
 - Biomass accumulation
 - Model balance
 - Primary production levels
 - Discard rates
 - Stanza group structure

Ecosim – Effort levels

- Now try changing the pattern of effort

- Draw the pattern
- Or “Set to Value”

Ecosim – Effort levels

- Or paste into the “Fishing effort grid”

Species	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Group 1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Group 2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Ecosim – Effort levels

- Do the biomass trajectories change?

Ecosim – Interpreting Output

- Highlight a group to see what it did

Ecosim – Interpreting Output

- Detailed output - plots

Ecosim – Interpreting Output

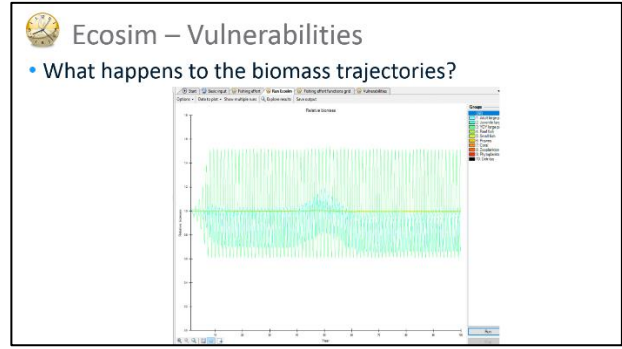
- Detailed output - tables

Species	Biomass	Effort	Production	Discard	Value
Group 1	1000	1.000	1000	0	1000
Group 2	1000	1.000	1000	0	1000

Ecosim – Vulnerabilities

- Set the vulnerabilities to 1

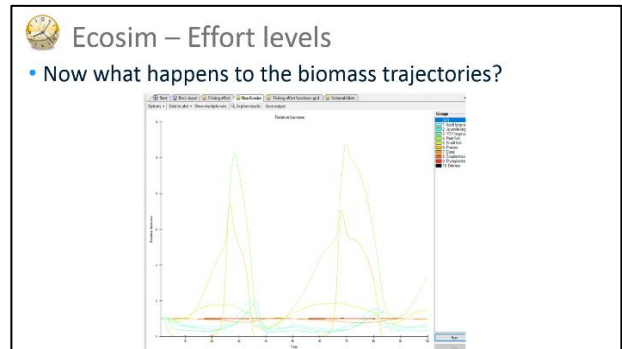
Prey / predator	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Adult large predator								
2. Juvenile large predator	1.000							
3. JUV large predator		1.000						
4. Reef fish	1.000							
5. Small fish	1.000	1.000						
6. Prawns	1.000	1.000	1.000					
7. Coral				1.000				
8. Zooplankton	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
9. Phytoplankton	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
10. Detritus					1.000			



Ecosim – Vulnerabilities

- Set the vulnerabilities to 10

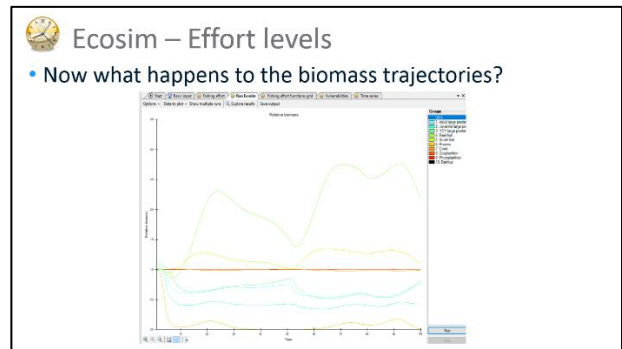
Prey / predator	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Adult large predator								
2. Juvenile large predator	10.00							
3. JUV large predator		10.00						
4. Reef fish	10.00	10.00						
5. Small fish	10.00	10.00	10.00					
6. Prawns	10.00	10.00	10.00					
7. Coral				10.00				
8. Zooplankton	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
9. Phytoplankton	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
10. Detritus					10.00			



Ecosim – Vulnerabilities

- Scale the vulnerabilities based on the TL of the group

Prey / predator	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Adult large predator								
2. Juvenile large predator	10.00							
3. JUV large predator		5.000						
4. Reef fish	10.00							
5. Small fish	10.00	5.729						
6. Prawns	10.00	5.729	5.934					
7. Coral				5.000				
8. Zooplankton	8.729	5.951	6.934	5.300	3.729	3.456		
9. Phytoplankton	10.000	5.951	5.300	3.729	1.456			
10. Detritus					3.729			



Ecosim – Forcing functions

- E.g. Primary production
- drawn or imported dataset

Ecosim – Forcing functions

- E.g. Primary production
- drawn or imported dataset

Ecosim – Forcing functions

- E.g. Primary production
- drawn or imported dataset

Ecosim – Forcing functions

- E.g. Primary production
- drawn or imported dataset

Ecosim – Forcing functions

- E.g. Primary production
- drawn or imported dataset

Ecosim – Forcing functions

- E.g. Primary production
- drawn or imported dataset

Ecosim – Forcing functions

- Run to see the result

Ecosim – Time series forcing

- Import datasets to force effort (or define forcing function)


Ecosim – Time series forcing

- Can load datasets to force effort (or define forcing function)

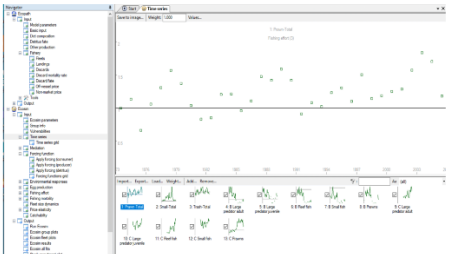
Ecosim – Time series forcing


- Can load datasets to force effort

Year	Value	Unit
1993	1.00000	1.00000
1994	1.00000	1.00000
1995	1.00000	1.00000
1996	1.00000	1.00000
1997	1.00000	1.00000
1998	1.00000	1.00000
1999	1.00000	1.00000
2000	1.00000	1.00000
2001	1.00000	1.00000
2002	1.00000	1.00000
2003	1.00000	1.00000
2004	1.00000	1.00000
2005	1.00000	1.00000
2006	1.00000	1.00000
2007	1.00000	1.00000
2008	1.00000	1.00000
2009	1.00000	1.00000
2010	1.00000	1.00000

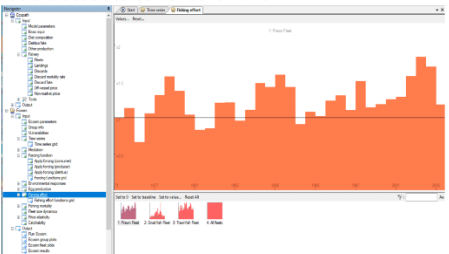
 Ecosim – Time series forcing

- Can load datasets to force effort



 Ecosim – Time series forcing


- Can load datasets to force effort



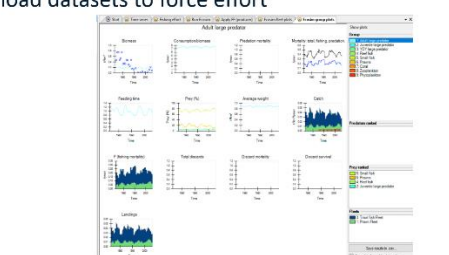

 Ecosim – Time series forcing

- Can load datasets to force effort



 Ecosim – Time series forcing


- Can load datasets to force effort

Thank you

CSIRO Oceans & Atmosphere
Beth Fulton

+61 3 6232 5018
beth.fulton@csiro.au
csiro.au



Australia's National Science Agency

ANNEX 5

Presentation of Ecosim Extras



Ecosim – Time Series Fitting

- Time series of data (e.g. surveys, catches) to use to fit the data
- If think the environment has changed (“anomaly”) then provide a potential time series for that too

Ecosim – Time Series Fitting

- Load time series

Ecosim – Time Series Fitting

- Check time series grid (make sure data looks as expected)

Ecosim – Time Series Fitting

- Tools → ‘Fit to time series’ (vulnerabilities)

• Mark how many “clumps” being fitted
– e.g. each column (or row) has same vulnerability value

↑ Fitting steps (will stop when these Sum Squares value not really improving)

Ecosim – Time Series Fitting

- Run to see fit

Ecosim – Time Series Fitting

- Try anomaly and vulnerability fit

Ecosim – Time Series Fitting

- Check vulnerabilities

Can replace extreme values if seem excessive (e.g. replace with 1000)

Ecosim – Time Series Fitting

- Check anomaly (remove implausible bits if desire)

Ecosim – Time Series Fitting

- Run to see final fits (of poor try again)

Check with experts that the early period result is plausible

Wrong - check data and model details

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Represent habitat and other non-trophic interactions

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Represent habitat and other non-trophic interactions

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Represent habitat and other non-trophic interactions

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Represent habitat and other non-trophic interactions

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Represent habitat and other non-trophic interactions

Search rate (s) Vulnerability (v) Area area (a) Vd (v) and area (a)

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Do something to disrupt habitat – e.g. acidification (add as an additional 'fleet')

Fleet name	Colour	Status
1. Reef Fleet	Blue	Active
2. Small fish Fleet	Green	Active
3. Trawl fish Fleet	Red	Active
4. Acidification	Blue	(to create)

Ecosim – Mediation & Facilitation

- Do something to disrupt habitat – e.g. acidification (add as an additional 'fleet')

Ecosim – Environmental Response

- Represent physiological tolerances (e.g. temperature effect)

Ecosim – Environmental Response

- Represent physiological tolerances (e.g. temperature effect)

Ecosim – Environmental Response

- Represent physiological tolerances (e.g. temperature effect)

Group	Forcing number
1 Adult large predator	
2 Juvenile large predator	
3 YOY large predator	
4 Reef fish	F2
5 Small fish	
6 Prawns	F2
7 Coral	
8 Zooplankton	
9 Phytoplankton	

Ecosim – Environmental Response

- Represent physiological tolerances (e.g. temperature effect)

Ecosim – Policy Search

- 'Optimum' outcome – F per fleet that meets objectives
- Define objectives – whether after economic, social or ecosystem outcomes
- Run it multiple times (to make sure really have the "best" result)

Ecosim – Policy Search

Define the effort blocks solving for (black = no change)

Starting conditions for the search

Make sure economically viable

Weight the objectives

Ecosim – Policy Search

- Saves the Fs (effort)

Ecosim – Policy Search

- Saves the Fs (effort)

Ecosim – Policy Search

- Run to see the outcomes

Closed Loop MSE

- Simulate entire fisheries management cycle
- Outside model agree on options to try
- Explore options with the model

Evaluation Table
Management strategy

	Green	Red	Green	Red
Objectives	Red	Yellow	Red	Red
	Yellow	Yellow	Red	Red
	Green	Yellow	Red	Red

Closed Loop MSE

Closed Loop MSE

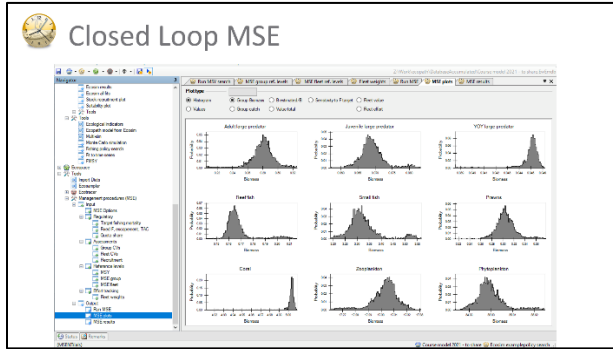
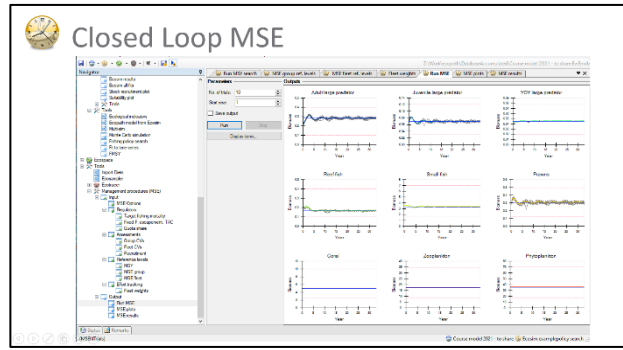
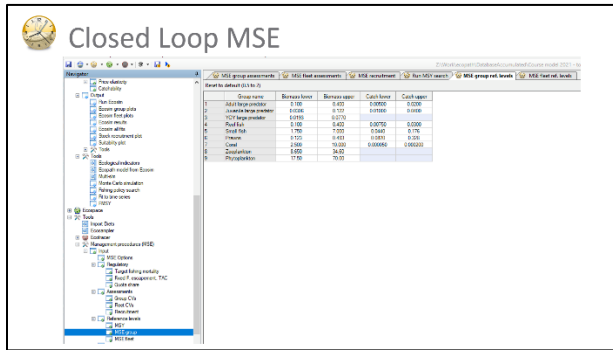
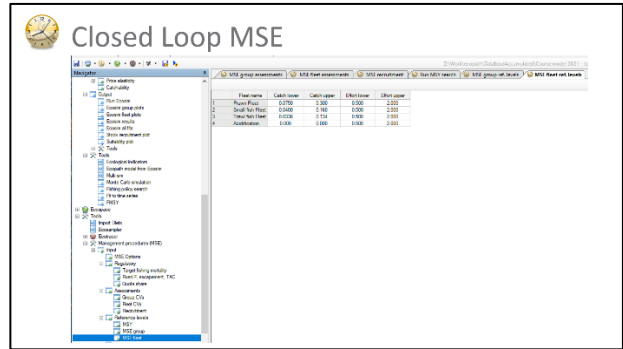
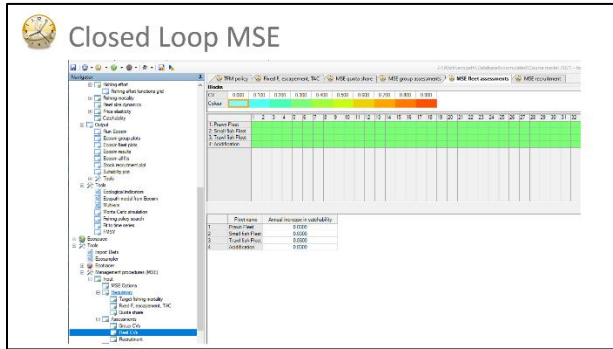
Closed Loop MSE

Option name	Fixed management (0-1)	Fixed fishing mortality	Total alternative cost
Initial fish production	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000
Initial fish production	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000
Initial fish production	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000
Initial fish production	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000

Closed Loop MSE

Option name	Fixed management (0-1)	Fixed fishing mortality	Assessment (0-1)	Cost
Initial fish production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial fish production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial fish production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial fish production	0.000	0.000	0.000	0.000
Initial effort production	0.000	0.000	0.000	0.000

Closed Loop MSE



Group	Biomass	Biomass min	Biomass max	Biomass c.v.	Biomass std	Biomass % above reference	Biomass % below reference	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost
1. Adult large predator	0.20	0.06	0.20	0.06	0.064	0.019	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	
2. Juvenile large predator	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3. YFP large predator	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
4. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
5. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
6. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
7. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
9. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
10. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
11. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
12. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
13. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
14. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
15. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
16. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
18. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
19. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20. Small fish	0.10	0.10	0.10	0.10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

Plan name	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost	Cash flow	Cash cost
Baseline	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Small fish fleet	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Large fish fleet	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Small fish fleet + 20% effort	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Large fish fleet + 20% effort	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Thank you

Business Unit Name
Presenter Name
Presenter Title
+61 2 9123 4567
firstname.surname@csiro.au
csiro.au/lorem

Business Unit Name
Presenter Name
Presenter Title
+61 2 9123 4567
firstname.surname@csiro.au
www.csiro.au/lorem

Australia's National Science Agency
Presented by: 2010

ANNEX 6

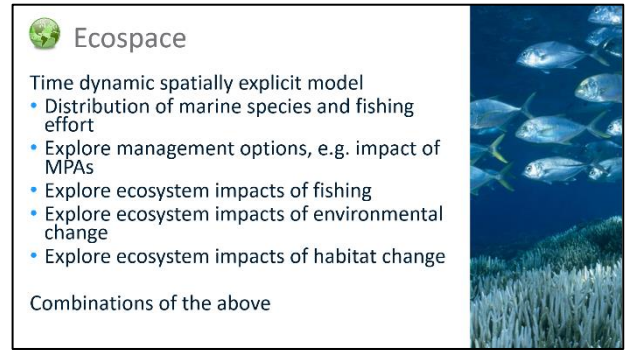
Presentation of the Introduction to Ecospace



Introduction to Ecospace

Beth Fulton | 2021

Australia's National Science Agency

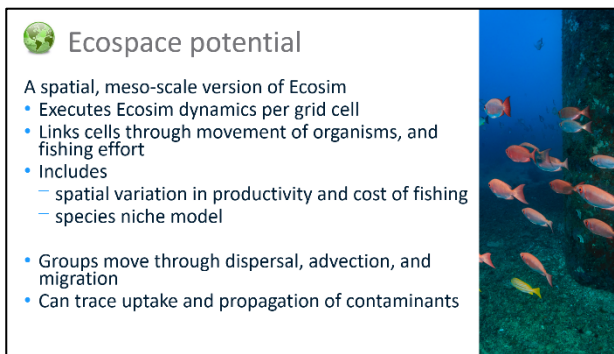


Ecospace

Time dynamic spatially explicit model

- Distribution of marine species and fishing effort
- Explore management options, e.g. impact of MPAs
- Explore ecosystem impacts of fishing
- Explore ecosystem impacts of environmental change
- Explore ecosystem impacts of habitat change

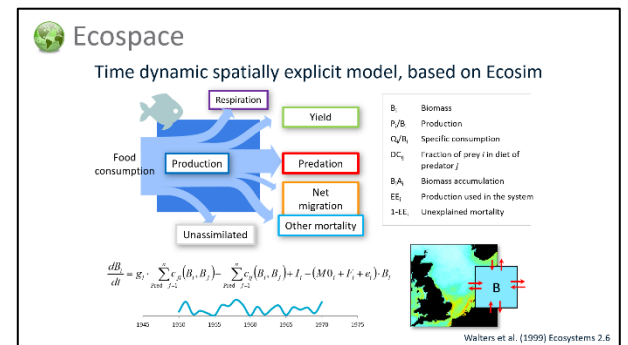
Combinations of the above



Ecospace potential

A spatial, meso-scale version of Ecosim

- Executes Ecosim dynamics per grid cell
- Links cells through movement of organisms, and fishing effort
- Includes
 - spatial variation in productivity and cost of fishing
 - species niche model
- Groups move through dispersal, advection, and migration
- Can trace uptake and propagation of contaminants



Ecospace

Time dynamic spatially explicit model, based on Ecosim

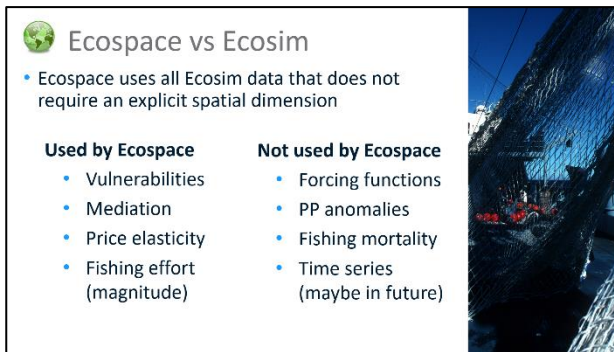
Flow diagram showing: Food consumption → Production → Respiration, Yield, Unassimilated, Predation, Net migration, Other mortality.

Legend:

- B: Biomass
- P/B: Production
- Q_i/B_i : Specific consumption
- Q_{ij} : fraction of prey i in diet of predator j
- BA: Biomass accumulation
- EE: Production used in the system
- 1-LE: Unexplained mortality

$$\frac{dB_i}{dt} = G_i \cdot \sum_{j=1}^n c_{ij} (B_j \cdot B_i) - \sum_{j=1}^n c_{ji} (B_i \cdot B_j) + I_i - (M_{0i} + I_i + e_i) \cdot B_i$$

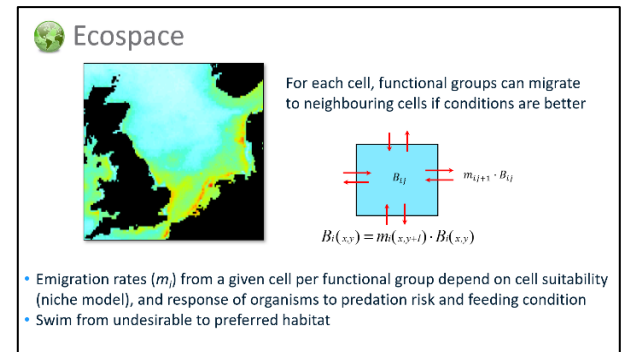
Walters et al. (1999) Ecosystems 2.6



Ecospace vs Ecosim

- Ecospace uses all Ecosim data that does not require an explicit spatial dimension

Used by Ecospace	Not used by Ecospace
• Vulnerabilities	• Forcing functions
• Mediation	• PP anomalies
• Price elasticity	• Fishing mortality
• Fishing effort (magnitude)	• Time series (maybe in future)



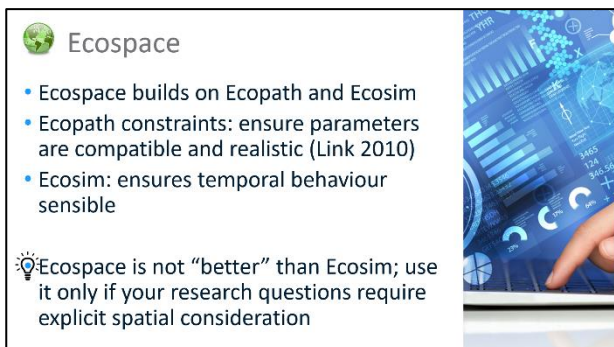
Ecospace

For each cell, functional groups can migrate to neighbouring cells if conditions are better

Diagram showing migration between cells B_{ij} and B_{i+1} with rate $m_{ij+1} \cdot B_{ij}$.

$$B_i(x,y) = m_{(x,y+1)} \cdot B(x,y)$$

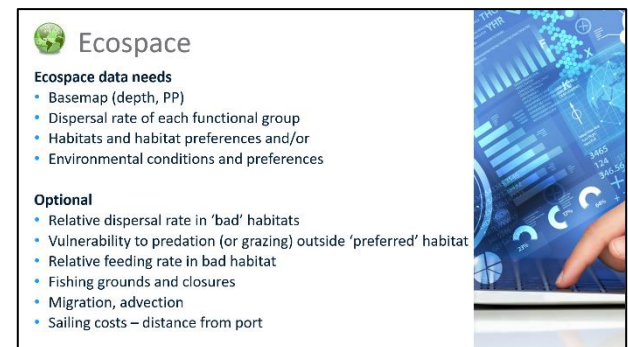
- Emigration rates (m) from a given cell per functional group depend on cell suitability (niche model), and response of organisms to predation risk and feeding condition
- Swim from undesirable to preferred habitat



Ecospace

- Ecospace builds on Ecopath and Ecosim
- Ecopath constraints: ensure parameters are compatible and realistic (Link 2010)
- Ecosim: ensures temporal behaviour sensible

💡 Ecospace is not “better” than Ecosim; use it only if your research questions require explicit spatial consideration



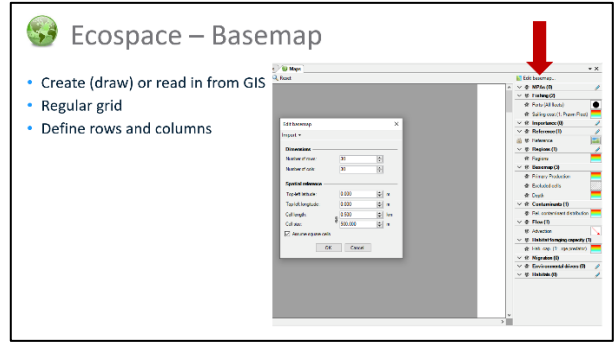
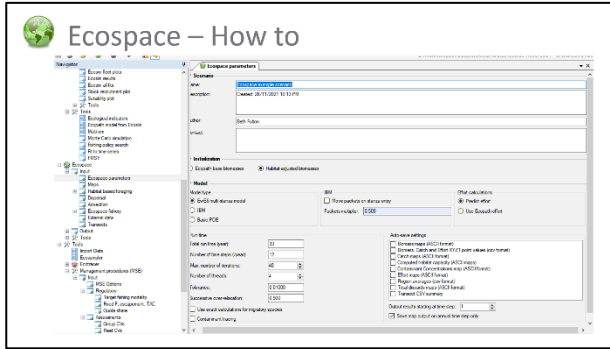
Ecospace

Ecospace data needs

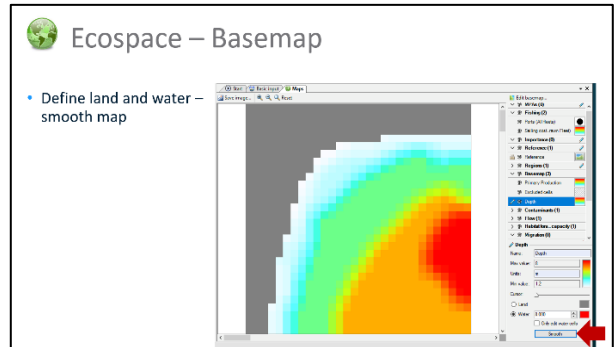
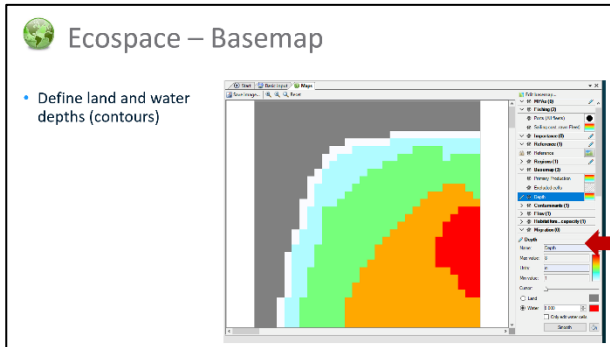
- Basemap (depth, PP)
- Dispersal rate of each functional group
- Habitats and habitat preferences and/or
- Environmental conditions and preferences

Optional

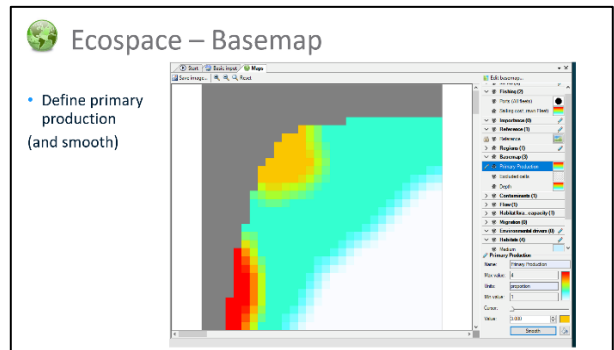
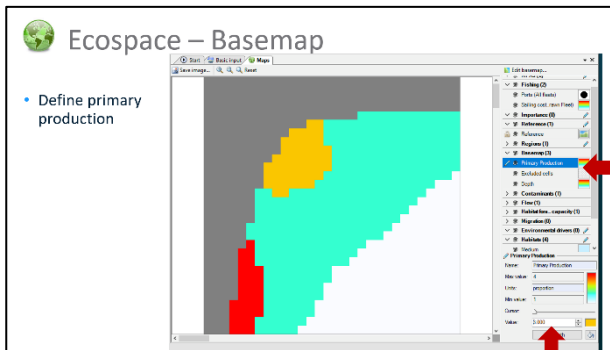
- Relative dispersal rate in ‘bad’ habitats
- Vulnerability to predation (or grazing) outside ‘preferred’ habitat
- Relative feeding rate in bad habitat
- Fishing grounds and closures
- Migration, advection
- Sailing costs – distance from port



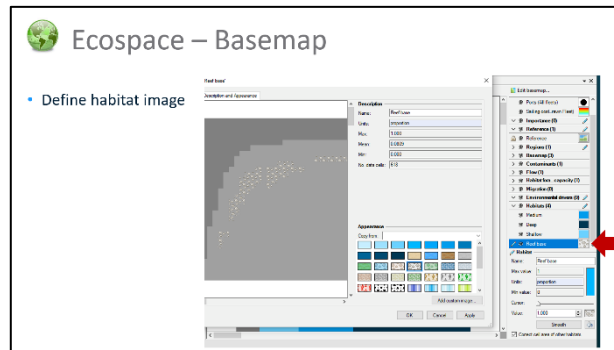
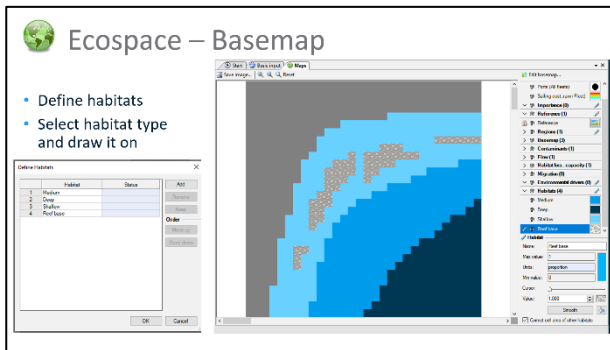
- Create (draw) or read in from GIS
- Regular grid
- Define rows and columns



- Define land and water - smooth map



- Define primary production (and smooth)



- Define habitat image

Ecospace – Basemap

- Define ports

Ecospace – Basemap

- Define sailing costs

Ecospace – Basemap

- Add advection (and smooth)
- Can be seasonal (monthly)

Ecospace – Basemap

- Add advection (and smooth)
- Can be seasonal (monthly)
- Can refine based on wind and currents

Ecospace – Basemap (MPAs)

- Draw on protected zones

Ecospace – Basemap (MPAs)

- Define MPA use

MPA	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1. Proven bay	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP
2. No take	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP	SP

Ecospace – Effort Dynamics

Define

- MPA enforcement
- Fishing power

Fleet name	All MPAs enforced	1	2
1. Proven Fleet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Small fish Fleet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Travel fish Fleet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Acidification	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fleet name	Effective power	Tot. eff. multipl.
Proven Fleet	1.000	1.000
Small fish Fleet	1.000	1.500
Travel fish Fleet	3.000	1.000
Acidification	1.000	1.000

Ecospace – Other parameters

- Movement rates

Group name	Base dispersal rate	Relative dispersal in bad habitat (0)	Rel. util. to pred. in bad hab.	Is advanced (True/False)	Is migratory (True/False)	Biomass abundance weight	Mig. in area movement
1. Adult large predator	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.000	0.100
2. Juvenile large predator	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3. YOY large predator	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4. Reef fish	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5. Small fish	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6. Pristine	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7. Coral	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8. Zooplankton	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9. Phytoplankton	300.0	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10. Detritus	10.000	5.000	2.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Ecospace – Niche model

Traditional Ecospace	New Ecospace (EwE 6.4+)
Yes/no habitats	Fractional habitats
Yes/no habitat preferences	Fractional habitat preferences
	Environmental responses
	Data exchange framework
Best known	
Used by the majority of Ecospace papers	Much more powerful
	Publications have started coming

Ecospace – Niche model

- Cell suitability is defined as ability to forage in a cell
- Suitability can be driven by habitat preferences, and sensitivity to environmental conditions
- Habitat preferences system can now include sub-cell features
 - small features
 - finer cells = computationally expensive
 - old ecospace had 1 habitat per cell
 - new ecospace allows habitats to overlap, and habitats can occupy a fraction [0,1] of a cell (species can use a fraction of a habitat type)

Ecospace – Niche model

Total habitat usage in a cell = sum of the usage of each fraction of habitat in that cell

$$C_h = C_{h1} + C_{h2} + C_{h3}$$

where $C_{hi} = Area_{hi} * pref_{j,hi}$

Ecospace – Basemap (MPAs)

- Define habitat use (click in a cell to give option to load from csv)

Group	Habitat #	All	Medium	Deep	Shallow	Reef base
1	Adult large predator	0.500	0.500			
2	Juvenile large predator	0.500		0.200	0.200	
3	NYF large predator	0.000		0.000	0.000	
4	Reef fish			0.100	0.900	
5	Group fish	1.000				
6	Pinnac			1.000		
7	Coral					1.000
8	Zooxanthka	1.000				
9	Physalipinnak	1.000				
10	Detritus	1.000				

- Species envelope model (bridging the gap between SDM and food web models)

Ecospace – Niche model

Total habitat usage in a cell = sum of the usage of each fraction of habitat in that cell

$$C_h = C_{h1} + C_{h2} + C_{h3}$$

where $C_{hi} = Area_{hi} * pref_{j,hi}$

Ecospace – Niche model

Habitat capacity

- Uses maps of environmental conditions
- Species have unique responses to these conditions
- Dynamic habitat model predicts how productive individual cells are for each species

$C = Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3 \cdot Y_4$, $C \in [0,1]$

Ecospace – Niche model

Environmental driver

- Ability to forage a cell can be derived from any combination of environmental factors (e.g. salinity, temperature, ...)
- Environmental factors affect the area of a cell that a species can use for foraging
- Factors are multiplicative
- Get values from literature (lab experiments), Aquamaps

Ecospace – Other parameters

- Seasonal migration is an option
 - need to mark route on map
 - if leave model area mark one cell as "outside model" and send them there in appropriate months

Step through months

Ecospace – Other parameters

- Forage capacity
- Note: groups will also feed poorly in undesirable habitat

Ecospace – Run

Biomass

- Run

Ecospace output

- Biomass
- Catch
- Effort
- Discards
- Contaminants
- Other indicators

Ecospace – Run

Effort

- Run

Ecospace output

- Biomass
- Catch
- Effort
- Discards
- Contaminants
- Other indicators

Ecospace – Run

Catch

- Run

Ecospace output

- Biomass
- Catch
- Effort
- Discards
- Contaminants
- Other indicators

Ecospace – Run

Aggregate biomass (may not match Ecosim 100%)

- Run

Ecospace output

- Biomass
- Catch
- Effort
- Discards
- Contaminants
- Other indicators

Ecospace – Spatial optimisation

- Search for ideal MPA locations (like Marxan)

Ecospace – Spatial optimisation

- Search for ideal MPA locations (like Marxan)

Ecospace - IBM

- Not “biomass pools” but individual fish

State of each packet (individual) over time is represented by:

- X, Y positions (spatial cell)
- Number of fish
- Mean body weight
- Age (stanzas)

Spatial cells encountered by a packet (individual) vary in:

- Habitat type
- Prey densities
- Predation risk
- Fishing effort

- Movement rules include
 - random direction change (diffusion)
 - oriented seasonal migration movement
 - fitness gradient (towards cells with higher foraging capacity with lower predation risk)

Ecospace - IBM

- Ecosim & Ecospace IBM give similar time predictions and fits to historical data (but not as smooth)

Ecospace - IBM

- Ecosim & Ecospace IBM give similar time predictions and fits to historical data (but not as smooth)

Ecospace – Ecological Indicators

- Calculates standardized ecological indicators from Ecopath, Ecosim, Ecospace, and Monte Carlo

Ecospace – Ecological Indicators

Ecospace - Transects

- Collect information in specific Ecospace cells

Ecospace - Transects

- Collect information in specific Ecospace cells

Ecospace - Ecotracer

- Define regions and release points

Thank you

CSIRO Oceans & Atmosphere
Beth Fulton

+61 3 6232 5018
beth.fulton@csiro.au
csiro.au

Australia's National Science Agency


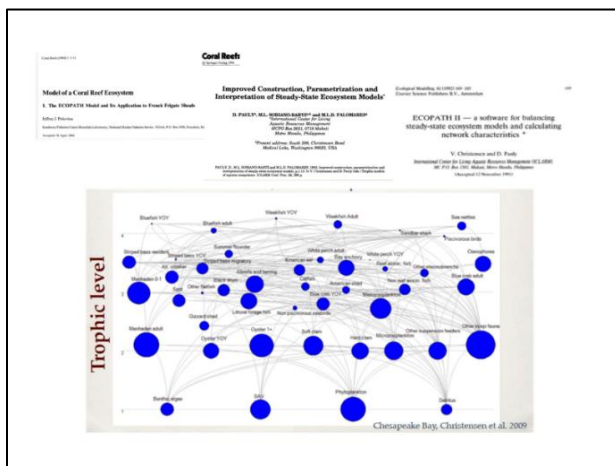
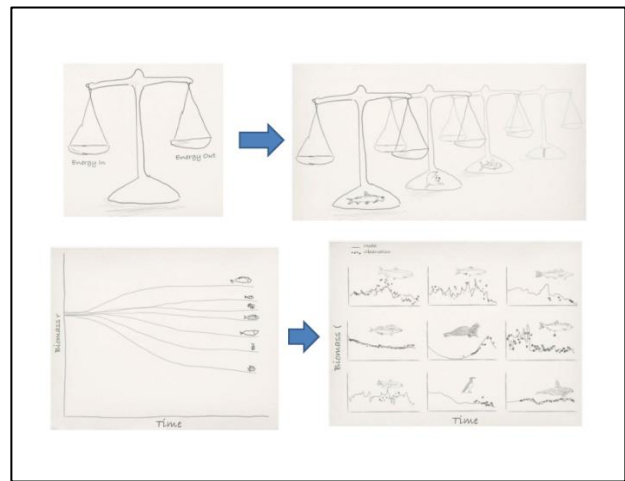
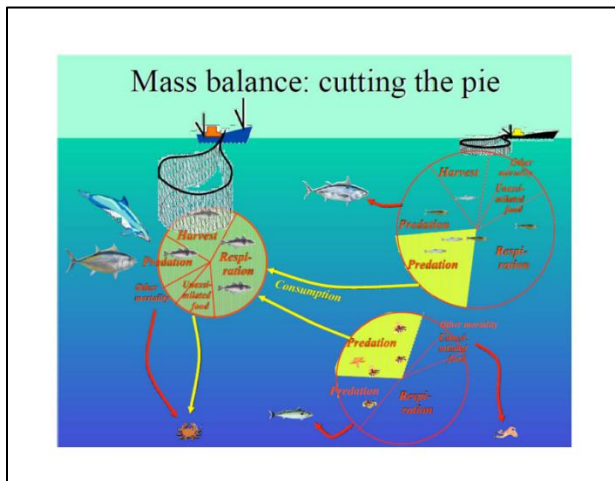
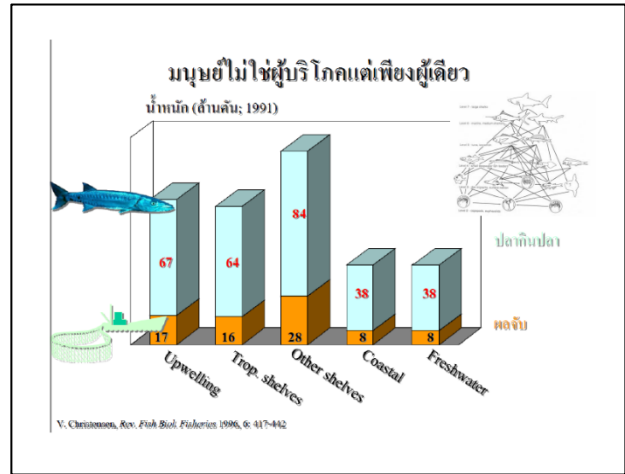
ANNEX 7

Presentation of the Use of Ecopath with Ecosim Program for the Assessment and Management of Fisheries Resources



การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการประเมินทรัพยากรประมง

The Ecopath with Ecosim (EwE) software

Ecopath with Ecosim

HOME DOWNLOADS GO PRO CONSORTIUM USER SUPPORT CO-DEVELOPMENT SEMINARS DEVELOPER

Ecopath with Ecosim (EwE) is a free ecological ecosystem modeling software suite. Ecopath is the main component. Ecosim - a static, mass-balanced snapshot of the system. Ecosim - a time dynamic simulation module for policy exploration, and Ecopace - a spatial and temporal dynamic module primarily designed for exploring impact and placement of protected areas. The Ecopath software package can be used to:

- Address ecological questions
- Evaluate ecosystem effects of fishing
- Evaluate management policy options
- Analyze impact and placement of marine protected areas
- Predict movement and accumulation of contaminants and tracers (Ectracor)
- Model effect of environmental changes
- Facilitate end-to-end model construction

Latest release: The latest release of Ecopath with Ecosim is version 6.6.3, released in July 2020.

Announcements: Villy Christensen, the father of the modern EwE, was awarded the Award of Excellence - the American Fisheries Society's highest award for scientific achievement in presented to a living AFIS member for original and/or outstanding research.

The screenshot shows the Ecopath Developer Site with the 'EWE6 Users Guide' page. A red arrow points to the 'Table of Contents' section, which lists various topics such as 'Ecopath with Ecosim version 6 updates', 'Introduction', '1 About Ecopath v6 EWE6', '2 Ecopath version: Ecopath', '3 Ecopath for a prey & consumer for a predator', '4 Ecopath for system', '5 Ecopath v6 user system problems', '6 Production', '7 Consumption', '8 Other mortality', '9 Representation of production life histories in Ecopath, Ecospace & Ecosim', '10 Overview of Ecopath', '11 Ecosim', '12 Ecospace', '13 Vulnerability in Ecosim', '14 Dealing with dynamic mortality in Ecosim/Ecospace', '15 Reporting capabilities', '16 Forging time and problem sets', '17 Time series plot of model resulting features and environmental', '18 How to fit a model to time series reference data', '19 Flow of POPs: a vulnerability for long series fitting', and '20 Model updates and testing time series'.



Ecopath with Ecosim (EwE) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สร้างและอธิบายพลวัตของกาถ่ายทอดพลังงานหรือกินอาหาร (trophic dynamics) ภายในระบบนิเวศน์

The 2 master Ecopath-equations

Production = Predation

- + Fishery
- + Biomass accumulation
- + Net migration
- + Other mortality

Consumption = Predation

- + Unassimilated food (= excretion + egestion)
- + Respiration

Mass balance: cutting the pie

Ecopath parameters

B	Biomass	1 km ³
P/B - Z	Production/Biomass ratio (= total mortality)	year ⁻¹
Q/B	Consumption/Biomass ratio	year ⁻¹
EE	Ectrophic Efficiency	proportion
	Catches	1 km ³ year ⁻¹
	Diets	proportion

Ecopath with Ecosim (EwE)

- พัฒนามาจากหุ่นจำลองที่ใช้อธิบายสมดุลของมวลในระบบนิเวศน์ (mass balanced model) ในสภาวะสถิต (static) โดยใช้สมการพื้นฐาน

$$Production = Catches + Predation\ mortality + (Migration) + Biomass\ accumulation + Net\ migration + Other\ mortality$$

$$P_i = Y_i + B_i M_i + E_i + B_A + [P_i(1 - EE)] = B_i M_i$$

และ

$$Consumption = Production + Unassimilated\ food + Respiration$$

$$Q_i = P_i + U + R$$

- ประยุกต์ใช้เพื่ออธิบาย (ทั้งในรูปแบบตารางและ graphic) การส่งผ่าน (flow) ของพลังงานหรือมวลระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบ (ในแต่ละ species/group ใด ๆ เรียกว่า component) รวมทั้งประเมินถึงระดับสภาวะสมดุลในระบบ (ecosystem-level properties)

Ecopath with Ecosim (EwE)

- Ecosim จะเป็นส่วนจำลองถึงผลกระทบทั้งในอดีตและอนาคตของการประมงและการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมที่มีต่อสมดุลในระบบนิเวศน์ (time dynamics simulation) รวมทั้งประยุกต์เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายในการจัดการประมง

Ecopath with Ecosim (EwE)

- Ecospace จะเป็นส่วนจำลองถึงผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ ทั้งในพลวัตของพื้นที่และเวลา (spatio-temporal dynamics) โดยเน้นผลจากการกำหนดนโยบายในการจัดการประมงในการกำหนดพื้นที่ห้าม (หรืออนุญาต) ให้ทำการประมง (spatial grid of habitat)

Must read articles

ICES Journal of Marine Science, 57: 697-706, 2000
doi:10.1006/jmsc.2000.0726, available online at <http://www.elsevier.com/locate/jmsc>

Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries

Daniel Pauly, Villy Christensen, and Carl Walters

Pauly, D., Christensen, V., and Walters, C. 2000. Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. - ICES Journal of Marine Science, 57: 697-706.

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT[®]

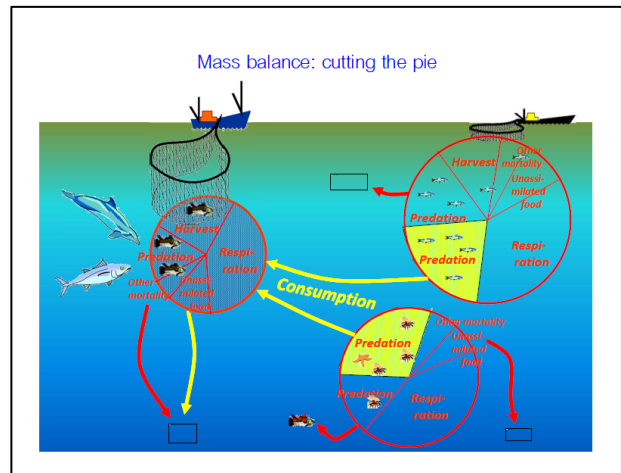
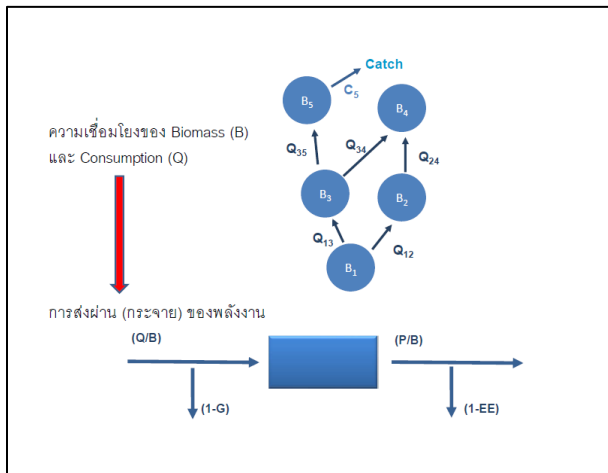
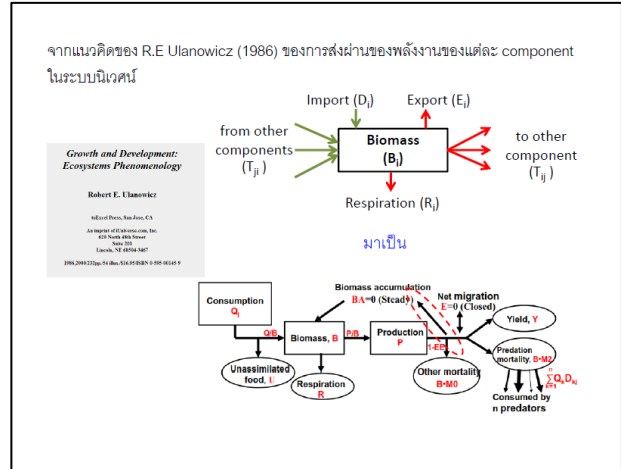
Ecological Modelling 172 (2004) 109-139

www.elsevier.com/locate/ecolmodel

Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations[☆]

Villy Christensen, Carl J. Walters

Fisheries Centre, University of British Columbia, 2204 Main Mall, Vancouver, BC, Canada V6T 1Z4



การกำหนด components ในระบบ

- Component สามารถเป็นได้ทั้งชนิดเดี่ยวๆ หรือกลุ่ม (ควร > 10 และ max = 50)
- การจัดกลุ่มให้เน้นจัดตาม niche overlap กว่าจัดตาม taxonomy
- ต้องกำหนดว่า Component นั้นๆ เป็น "producer" หรือ "consumer" และต้องมี "detritus" อย่างน้อย 1 กลุ่ม
- ไม่ควรละ "กลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง" ที่สำคัญในระบบ (try guesstimates !!)
- ในแต่ละ component สามารถจัดเป็น multistanza ได้

Rockfish

Log Numbers at age

Age (months)

Weight at age

Cascading bottleneck effects

Shift from density dependent mortality to density dependent growth

ในแต่ละ stanza (aka range of ages) แสดงให้เห็นได้ จากการที่มีความแตกต่างใน:

- อัตราการตาย (โดยเฉพาะ predation rates ที่แตกต่างกันในแต่ละ stanza)
- อาหาร (เหยื่อ) และแหล่งที่อยู่อาศัย
- พฤติกรรมและอัตราการเติบโต
- โอกาสที่จะถูกจับโดยการประมง

Fig. 3 Summer Flounder

23-29cm

30-40cm

41-51cm

ข้อมูลหลักเพื่อนำเข้าในโปรแกรม EwE (ส่วน Ecopath)

ข้อมูลหลักเพื่อการวิเคราะห์ Ecopath ได้แก่ Biomass (B), สัดส่วนของ Production/Biomass (P/B), สัดส่วนของ Consumption/Biomass (Q/B), Ecotrophic efficiency (EE) และ องค์ประกอบของอาหารในกระเพาะ (DCs) โดยสามารถหึงข้อมูลหนึ่งข้อมูลใดให้โปรแกรมคำนวณให้ได้

- 1) B, P/B, Q/B, EE, DCs, ...
- 2) B, P/B, Q/B, EE, DCs, ...
- 3) B, P/B, Q/B, EE, DCs, ...
- 4) B, P/B, Q/B, EE, DCs, ...

อย่างน้อย 3 ใน 4 ตัวแปรใน ต้องใส่ในข้อมูลนำเข้าของแต่ละ component รวมทั้ง DC ที่ต้องมีและ catch (option for Ecosim)

โดยความง่าย (สะดวก) ในการประมาณค่าแต่ละ parameter หรือข้อมูลดังนี้:

$P/B \text{ and } Q/B > B > DCs \gg EE$

ดังนั้นปกติ EE จึงเป็น parameter ที่ประมาณค่าโดยโปรแกรม

สัญลักษณ์และหน่วยพื้นฐานที่ใช้ใน EwE

Symbol	Description	Unit
B	Biomass	t·km ⁻²
B _A	Biomass accumulation rate	t·km ⁻² per year
c	Per biomass food intake, same as Q/B	Per year
DC _j	Fraction of predator j's diet contributed by prey i	
E	The net migration rate (emigration - immigration), or $e_i \times B_i - I_i$	t·km ⁻² per year
e	Emigration rate per unit biomass	t·km ⁻² per year
EE	Ecotrophic efficiency	
F	Instantaneous fishing mortality rate	Per year
G	Gross food conversion efficiency, estimated as the P/Q ratio	
I	Immigration rate	t·km ⁻² per year
j	Index used for prey groups (all consumer groups can be prey as well as predators)	
K	Index used for predator groups	
K	von Bertalanffy curvance parameter	Per year
M0	Instantaneous 'other mortality' rate	Per year
M2	Instantaneous predation rate	Per year
n	Number of living groups in the model	
P	Total production rate	t·km ⁻² per year
P/B	Production/biomass ratio	Per year
Q	Total consumption rate, calculated as the product of B and Q/B	t·km ⁻² per year
Q/B	Consumption/biomass ratio	Per year
SS	Squared squared residuals	
ty	Vulnerabilities (rescaled to range [1,∞])	
Y	Total fishery catch rate, equivalent to the production/biomass ratio	t·km ⁻² per year
Z	Total mortality rate, equivalent to the production/biomass ratio	Per year

Omits symbols that are used in only one section. Many symbols will have an index (or indices) referring to a group.

V. Christensen, C.J. Walters/Ecological Modelling 172 (2004) 109-139

Data requirements for Ecopath models

Any number of living and detritus groups, and fisheries:


- B Biomass (t·km⁻²)
- P/B Production / Biomass (year⁻¹)
- Q/B Consumption / Biomass (year⁻¹)
- EE Other mortality (proportion)
- Diets (proportions)
- Catches (t·km⁻²·year⁻¹)

Accepts ranges for basic input, diets and catches


มวลชีวภาพ (Biomass: B)

- ใช้วิธีการประมาณผลต่อหน่วยพื้นที่ (การสำรวจ VS การประมง) หน่วยหลักที่ใช้ คือ ตัน ต่อตารางกิโลเมตร (t·km⁻²) แสดงผลออกมาในรูปค่าเฉลี่ยในรอบปี
- สามารถเลือกได้ทั้งข้อมูลที่เป็นน้ำหนักเปียกหรือน้ำหนักแห้ง (but consistency)
- มวลชีวภาพของกลุ่ม detritus ควรจะต้องใส่ในข้อมูลนำเข้า ในขณะที่ถ้าไม่ทราบมวลชีวภาพของ component อื่นๆ อย่างน้อยต้องมีค่าประมาณของ top predator
- แสดงผลมวลชีวภาพต่อพื้นที่ที่ component นั้นๆ อาศัยอยู่ (2 options)

Biomass VS Production VS Catch (or Yield) VS Landing (and Discard)



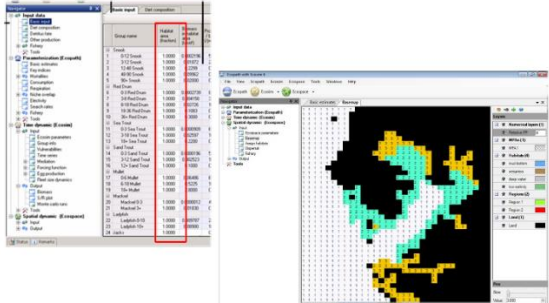
Option 1: ประมาณค่า Biomass ต่อพื้นที่ทั้งหมด (กรณี widely distribute)



- *Spratelloides delicatulus* biomass, sampling in lagoon: 3 t / km²
- *Spratelloides delicatulus* biomass, sampling elsewhere: 0 t / km²
- Lagoon area: 1 km²
- Total area: 24 km²

Spratelloides delicatulus biomass input: (3 / 24) = 0.125 t / km²

Option 2: ประมาณค่า Biomass ต่อพื้นที่เฉพาะ และกำหนดสัดส่วนพื้นที่ที่แพร่กระจาย (เหมาะสำหรับการทำ Ecospace ต่อไป)



ด้วยหุ่นจำลอง Ecopath เป็นหุ่นจำลองแบบ**สมมติ** โดยปกติจะเป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในรอบปีใด ๆ และอาจจะต้องใช้หลายหุ่นจำลองเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมี situation โดยเฉพาะ Biomass (และมีผลต่อเนื่องไปยัง parameters อื่นๆ)

The diagram illustrates the Ecopath model flow. It starts with a boat icon representing the Ecopath model, which feeds into a 'POPULATION' graph showing biomass over 'YEAR'. This then feeds into a larger 'POPULATION' graph showing biomass over 'TIME'. Below this, a graph shows 'Biomass' over 'Time' with three distinct periods: Period 1 (low biomass), Period 2 (high biomass), and Period 3 (low biomass).

ผลผลิตต่อมวลชีวภาพ (Production/Biomass: P/B)

- จากค่าจำกัดความ $\Delta B = \text{Production} - \text{Mortality}$ ดังนั้น $\text{Production} = \Delta B + \text{Mortality}$
- ดังนั้นถ้า B เข้าใกล้สมดุลและ ΔB เปลี่ยนแปลงช้าๆ (เข้าใกล้ศูนย์) จะได้ว่า

$$\text{Production} = \text{Mortality}$$
- ประเมินได้จาก length converted catch curve (โดยใช้ FISAT) หน่วยเป็นต่อปี หรือจาก $Z = M + F$ โดย M จาก Pauly's empirical model (1980) และ $F = \text{Catch}/\text{Biomass}$
- โมเดลที่ component ของเขาเป็น "กลุ่ม" จะต้องใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (weighted average) ของแต่ละตัวใน component (กล่าวคือ คูณ Z_{ij} ด้วย B_{ij}/B) มารวมกัน
- หน่วยเป็น $t \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{year}^{-1}$

The block includes two graphs. The left graph shows a catch curve with a slope of -Z. The right graph shows a relationship between ln(L/L_∞) and ln(L_∞ - L) with a slope of Z/K. A cartoon fish says: 'Lately I've been finding all the fish on the bottom rather than on the surface. I'm a little bit of about 20% of the catch.'

Pauly D. (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 178 fish stocks. *Journal de Conseil, Conseil International Pour L'Exploration de la Mer* 39, 175-192.

P/B - Production/biomass

- $P/B = Z = F + M$
- From catch composition data using standard stock assessment methodologies;
- Natural mortality of fish from Pauly's (1980) empirical equation:

$$M = K^{0.65} \cdot L_{\infty}^{-0.279} \cdot T^{0.463}$$
- $F = \text{catch} / \text{biomass}$
- $P/B = K(L_{\infty} - L_{\text{avg}})/(L_{\text{avg}} - L_{\text{fc}})$ [B&H57]

Z from FishBase' Tools / Life history

Life History Data on *Rastrelliger kanagurta* Indian mackerel

Family:	Scombridae	Mackerels, tunas, bonitos
Max. length (L _{max}):	38.0 cm TL	
L. Infinity (L _{inf}):	= 25.5 cm TL ±	<input type="button" value="Recalculate"/>
K:	1.50 /year $\sigma^2 = 2.99$ Median σ^2 value with related L _{inf} and K.	<input type="button" value="Recalculate Growth & mortality data"/>
to:	-0.11 years Estimated from L _{inf} and K.	
Natural mortality (M):	2.44 s.e. 1.61 - 3.70 /year Estimated from L _{inf} , K and annual mean temp. = 27.0 °C	<input type="button" value="Recalculate"/>
Life span (approx.):	1.9 years Estimated from L _{inf} , K and t _a . Max. age & size data	
Exploitation:	Z = 3.18 Estimate Z, F, E from L _c , L _{mean} , L _{inf} , K, M F = 0.84 L _c = 10.2 cm TL E = 0.26 L _{mean} = 15 cm TL	<input type="button" value="Recalculate"/>

การบริโภคต่อมวลชีวภาพ (Consumption/Biomass: Q/B)

ขั้นตอนการประเมินหาค่า Q/B ในแต่ละ component.....

The flowchart shows the calculation of Q/B. It starts with Growth (VBGF) $W_t = W_0 \cdot (1 - e^{-K(t-t_0)})^b$ and Mortality $N_t = R \cdot e^{-M(t-t_r)}$. These feed into Biomass (B) and Gross food conversion (K_1). Biomass and K_1 feed into Food consumption (Q). Finally, Q and Biomass feed into Q/B.

การประมาณค่า Q/B โดยใช้ Maxims

The graph shows Stomach content (g) on the y-axis (0 to 25) and Time (h) on the x-axis (0 to 24). The curve peaks at approximately 25g at 18h. Red dots on the curve represent data points. Labels indicate 'End of feeding' at 18h and 'Start of feeding' at 6h. The species is identified as Tilapia Lake Area, Ethiopia with L = 23 cm, M = 265 g.

1. Jarre, A., M.L. Palomares, M. Soriano, V. Sambilay Jr. and D. Pauly, 1990. MAXIMS computer program for estimating food consumption of fishes. ICLARM Software 4, 19 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Philippines.

Ref ID:	6290
Author:	Jarre, A., M.L. Palomares, M. Soriano, V. Sambilay Jr. and D. Pauly
Year:	1990
Title:	MAXIMS computer program for estimating food consumption of fishes.
Source:	ICLARM Software 4, 19 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Philippines.
Keywords:	Fishes, Food consumption

การประมาณค่า Q/B โดยใช้สมการ $Q/B = 3 \cdot W_{inf}^{-0.2} \cdot T^{0.6} \cdot A_R^{0.5} \cdot 3 e^{F_i}$
 ค่าชีวประวัติ (W_{inf}), อุณหภูมิน้ำ (T), Aspect ratio (A_R) และประเภทอาหาร (F_i)
 $F_i = 0$ for carnivores;
 $F_i = 1$ for herbivores;
 $F_i = 0.5$ for omnivores.

การประมาณค่า Q/B ใน FishBase

การประมาณค่า Q/B ใน FishBase (ต่อ)

Production / Consumption

- P/Q typically varies between .05 and .30;
- May be lower for baleens and higher for very small organisms;
- Smaller individuals of a species are generally more efficient, i.e. have higher P/Q
- ‘Travels well’
- If P/B changes so should Q/B, hence P/Q changes less;
- If P/Q is entered then either P/B or Q/B is calculated

Ecotrophic Efficiency: EE

- EE เป็นค่าสัดส่วนของผลผลิตของ component ใดๆ ที่ถูกใช้ประโยชน์จาก component อื่นๆ ในระบบ (predation) หรือ ถูก export ออกนอกระบบ (การประมงหรือ emigration)

$$EE_i = \frac{\sum_j M_{ij} + F_i}{PB_i}$$

- ค่า 1-EE จะเป็นการตายด้วยสาเหตุอื่น (other mortality)
- ค่า EE มักเข้าใกล้ 1 โดยปกติระหว่าง 0.6 (ผู้ล่าที่ไม่ใช่เป้าหมายหลักการประมง) ถึง 0.95 ใน component ขึ้นๆ ลงๆ กลุ่ม phytoplankton ระหว่าง 0.1 – 0.5 (ในกรณีเกิดการ bloom), ที่ขนาด ≈ 0.1 และ top predator ที่ไม่ถูกทำการประมง = 0
- โดยปกติ EE จะเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ให้ในโปรแกรม Ecopath ประมาณ
- EE ของ detritus จะประมาณจากโปรแกรม Ecopath เท่านั้น

Ricker, W.E. Food from the Sea. In Resources and Man. Division of Earth Sciences, National Research Council. San Francisco, W.H. Freeman & Co., 1969, pp. 87–108 5797. Ridenhour, R.L. Hake Fishery Development.

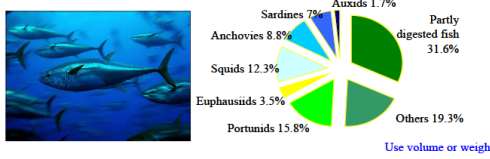
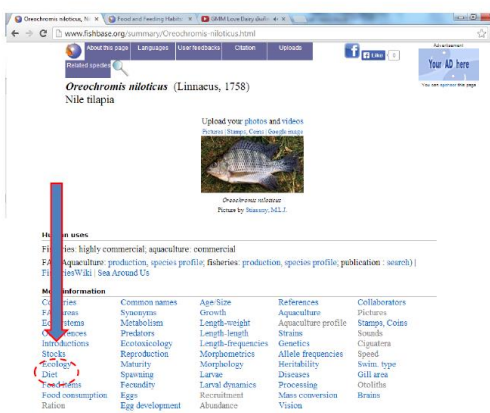
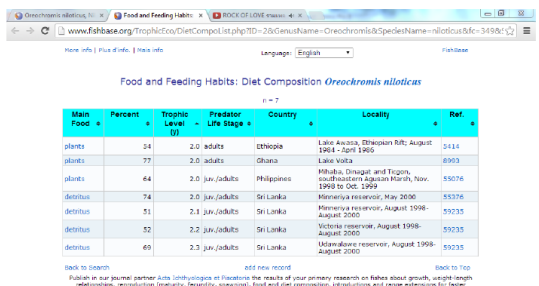
Ecotrophic Efficiency: EE (ต่อ)

- EE เป็นค่าที่แสดง “สมดุลของ component ใดๆ ในระบบ” ถ้าค่า EE>1.0 จะเป็นไปได้และแสดงให้เห็นถึงข้อผิดพลาดของพารามิเตอร์ที่เข้าข้างตัว
- วิธีการแก้ไขแนะนำดังนี้
 - เพิ่มค่าประมาณของ mortalities ของ component นั้น (B)
 - เพิ่มค่าประมาณของ P/B ของ component นั้น (P/B)
 - ลดค่าประมาณของ Q/B ของ predator ที่กิน component นั้น (Q/B)
 - ลดสัดส่วนของ component นั้นใน DC ของ predator (1 ชนิดหรือมากกว่า)
 - ลดค่าติดของ Biomass accumulation (BA)
- BUT, Remember which data are the more reliable and avoid changing these, i.e. change the guessimates

EE = &

องค์ประกอบของอาหาร Diet composition: DC

- แสดงสัดส่วนของชนิดอาหารที่ถูกกินในแต่ละ component ในระบบ (ผลรวมเป็น 1)
- "Import" จะเป็นสัดส่วนของอาหารจากนอกระบบ เช่น แมลงน้ำ ผลไม้และพืชริมฝั่ง ฯลฯ
- ในกรณีนี้ component เป็น "กลุ่ม" ประมาณค่าออกมาในรูปค่าเฉลี่ยน้ำหนัก (weight average) ของชนิดในกลุ่ม
- ในกรณี cannibalism สัตว์ที่กินกันเอง **ต้องไม่เกิน 0.1 (unbalanced system)** ถ้ามีสัดส่วนของลูกที่ถูกพอมเกินที่สูง ให้แยกกลุ่มเป็น adults และ juveniles
- **## มักจะเป็นตัวเลือกแรกที่ทำการปรับแก้เพื่อให้เกิดสมดุลในระบบ ##**

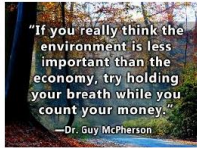




Main Food	Percent	Trophic Level (T)	Predator Life Stage (P)	Country	Locality	Ref.
plankton	34	2.0	adults	Ethiopia	Lake Anakis, Obdahan Rift, August 1964 - April 1965	2114
plankton	77	2.0	adults	Ghana	Lake Volta	4963
plankton	64	2.0	juv./adults	Philippines	Mulaha, Dagupan and Tugon, Southwestern Agusan Marsh, Nov. 1998 to Dec. 1999	55076
detritus	74	2.0	juv./adults	Sri Lanka	Minerinya reservoir, May 2000	55376
detritus	51	2.1	juv./adults	Sri Lanka	Minerinya reservoir, August 1998 - August 2000	55335
detritus	52	2.2	juv./adults	Sri Lanka	Victoria reservoir, August 1998 - August 2000	55335
detritus	69	2.3	juv./adults	Sri Lanka	Udamalane reservoir, August 1998 - August 2000	55335

ถ้าไม่มีข้อมูลมือหนึ่ง แนะนำให้ใช้จากเอกสารวิชาการของกรมฯ ก่อนใช้ FishBase (ข้อมูลบ้านเรายอมดีกว่า (๖๖))

Detritus fate

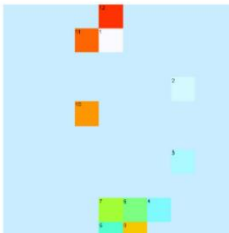
- ในระบบจะต้องมี detritus อย่างน้อย 1 กลุ่ม
- ทุกๆ component ในระบบจะผลิต detritus จากการขับถ่าย, egestion และผลจากการตายอื่นๆ (ที่ไม่ใช่ predation + fishery)
- ปกติจะแสดงผลเพื่อให้เห็นว่ามีส่วนของ detritus ในแต่ละ component ที่ออกไปนอกระบบเท่าใด (ปกติ = 0)
- ถ้ามี detritus มากกว่า 1 กลุ่ม ต้องแสดงให้เห็นว่า detritus ของแต่ละ component ไปแต่ละกลุ่มเป็นสัดส่วนเท่าใด และถ้าผลรวม < 1 จะไปเป็นส่วนของ detritus ที่ออกนอกระบบ



ผลผลิตอื่น (Other Productions)

- จะหมายถึงส่วนที่ทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงของผลผลิตในแต่ละ component นอกเหนือจาก catch และ mortality (ดูสมการพื้นฐานของ Ecopath)
- **จะใส่หรือไม่ใส่** ในโปรแกรมก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาวะของระบบ และเมื่อใส่จะมีผลการประเมินผลใน Ecosim (ระมัดระวังการใส่ข้อมูลและแปลผล) โดยสมดุลในระบบจะเปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับประมง
 - (ก) การอพยพ (migration) ทั้งเข้า (immigration) และออก (emigration) จากระบบ หน่วยเป็น $t \cdot km^{-2} \cdot year^{-1}$ หรือใส่เป็นอัตราของการอพยพออก ($year^{-1}$)
 - (ข) Biomass accumulation (BA) ถ้ามีหลักฐานหรือข้อพิสูจน์ที่แน่ชัดว่ามีการเปลี่ยนแปลงของมวลชีวภาพเกินไปกว่าสมดุล เช่น overfish ของ component นั้นๆ หรืออื่นๆ ในรอบปี (หรือช่วงระยะเวลาที่ทำการวิเคราะห์ในโมเดล) BA มีหน่วยเป็น $t \cdot km^{-2} \cdot year^{-1}$ หรือบอกเป็นอัตรา ($year^{-1}$) โดยค่า 0 แสดงว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง และค่าติดลบ (-) แสดงถึง biomass depletion

Migration



- Immigration and emigration are rates ($t \cdot km^{-2} \cdot year^{-1}$);
- Net migration enters into the production equation (Master Eq. 1);
- Migration is picked up by Ecosim and can be modeled in Ecospace

Biomass accumulation (BA)

- Ecopath is **not** a steady-state model, biomasses can change over time period modeled;
- B_{acc} is entered as rates ($t \cdot km^{-2} \cdot year^{-1}$) or relative to B ;
- Use B_{acc} if you have data showing change in biomass at start and end of the year the model is for (start year for Ecosim);
- If B_{acc} values are entered, Ecosim will show change over time even without any change in fishing.

Non-assimilated food (U)

- Remember the Ecopath Master Equation (II):
 $Q = P + R + U$
- Q and P are estimated first
- Respiration (R) is then calculated as
 $R = (Q - P) - U$
i.e.; changing U only impacts R
- The default value of 20% for U is generally acceptable, except for herbivores and detritivores where 40% leads to more reasonable R/B ratios.

ข้อมูลการประมง (Fishery data)

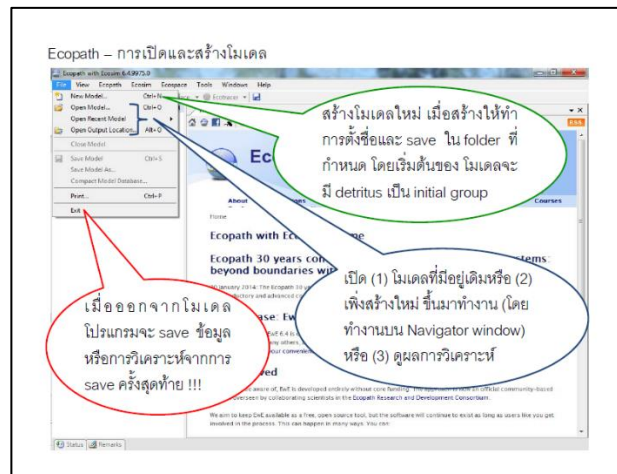
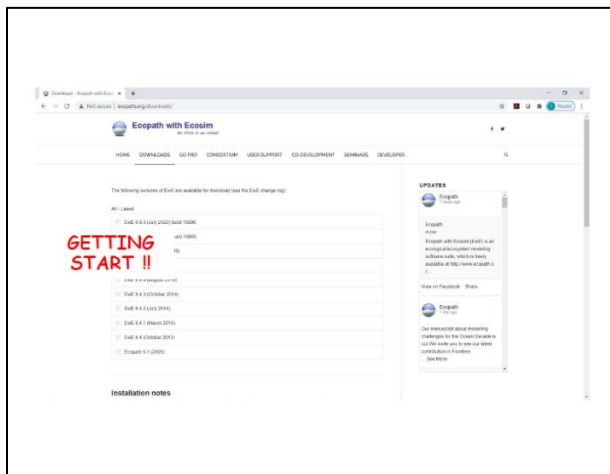
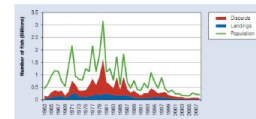
- สามารถแยกได้ถึง 10 กองเรือ (หรือกลุ่มเครื่องมือ)
- พยายามเดาในกลุ่มนั้นจะแบ่งเป็น
 - (ก) กลุ่มที่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายและรายได้ ซึ่งมักจะใช้ประเมินต้นทุนใน Ecosim หรือ Ecospace ดังนั้นโดยปกติ set เป็นค่า default (Fixed cost, Effort related cost และ Sailing related cost ให้เป็น 0 % ในขณะที่ Profit และ Total value ให้เป็น 100%) รวมทั้ง
 - (ข) กลุ่มที่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับราคา ได้แก่ Market price, Non-market-price และ Off-vessel price ซึ่งโดยปกติ set เป็นค่า default ที่ 0
 - (ค) กลุ่มที่เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลจับ: Landing, Discard และ Discard fate ซึ่งเพื่อวิเคราะห์ Ecopath ควรคิดเป็น single fleet หรือ single gear ดีที่สุด ✓✓✓

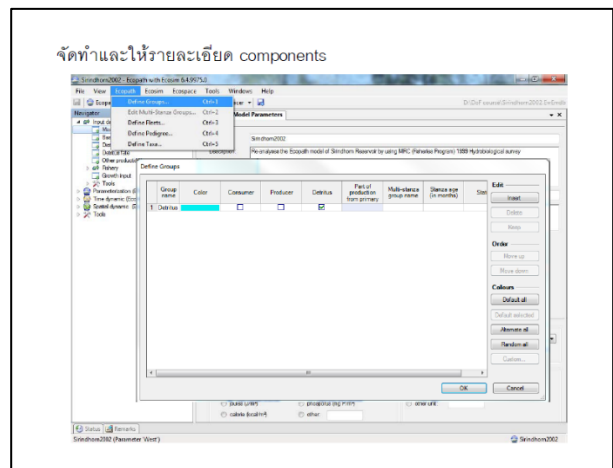
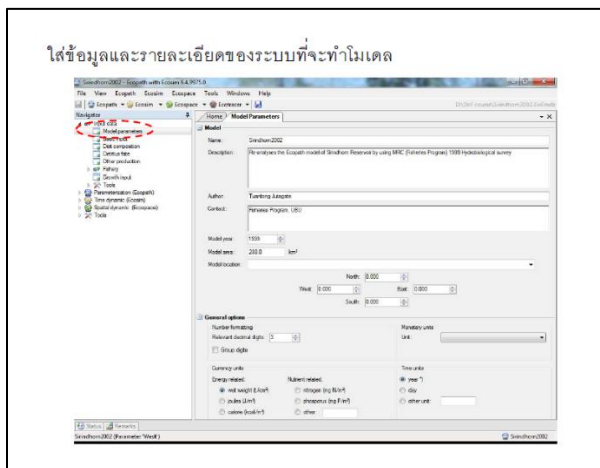
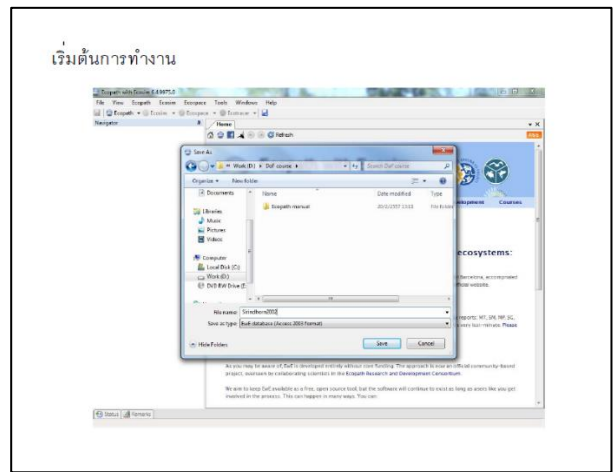
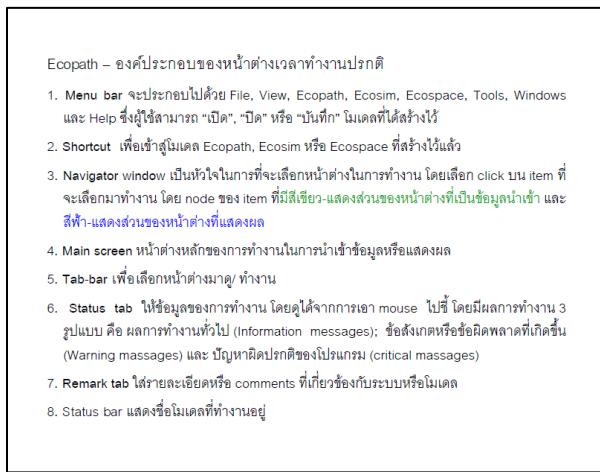
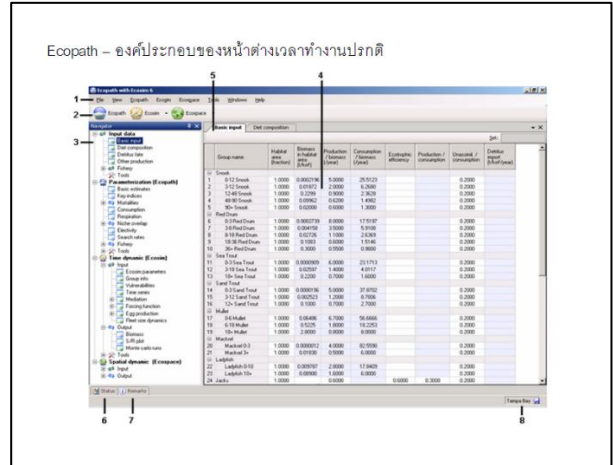
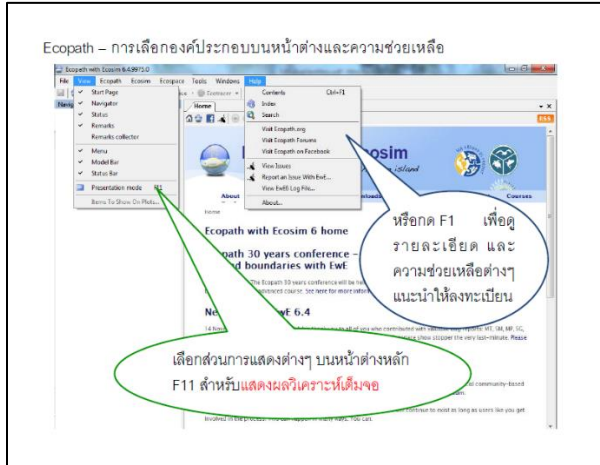
Fish landing 😊



Landings VS Discards

- Catch = landings + discards แต่กรณีประมงน้ำจืดไทย บางกรณี Catch = landings
- แต่ถ้ามี discards ที่ไม่มีข้อมูล การใส่ข้อมูลจะมีผลต่อการแปลผล (try guessing!)
- การนำเข้าข้อมูล landing และ discard จะแยกตาม "กองเรือ" หรือ "เครื่องมือ" แต่ถ้าวิเคราะห์เฉพาะ Ecopath แนะนำ single fleet หรือ single gear
- ในกรณีนี้ประกอบกับ Ecosim และ Ecospace และใส่ข้อมูลราคาสัตว์น้ำ ถึงแม้ว่าสัตว์น้ำบางชนิดจะมีราคา 0 ก็ไม่ใช่ถือว่าเป็น landing ไม่ใช่ discard (จะมีผลต่อการ simulation โดยเฉพาะในกรณีที่ discard ย้อนกลับมาเป็น detritus ไม่ได้ export)
- ทั้ง landing และ discard มีหน่วยเป็น $t \cdot km^{-2} \cdot year^{-1}$ โดยคิดต่อพื้นที่ทั้งหมด ไม่เฉพาะ habitat area (เปรียบเทียบกับกรณี Biomass)





จัดทำและให้รายละเอียด components (ต่อ)

Group name	Consumer	Producer	Detritus	Yr of production start (years)	Multistorage group name	Storage age (in weeks)	Status
1 Libral predators				0.00			
2 Chara spp				0.00			
3 Charophyta macroalgae				0.00			
4 Nostocales cyanobacteria				0.00			
5 Chara spp				0.00			
6 Lemnaceae macroalgae				0.00			
7 Lemnaceae macroalgae				0.00			
8 Small spongiae				0.00			
9 Small spongiae				0.00			
10 Bryozoa macroalgae				0.00			
11 Small spongiae				0.00			
12 Tricaria				0.00			
13 Chaetognath macroalgae				0.00			
14 Open water ZP				0.00			
15 Libral ZP				0.00			
16 Aquatic insects				0.00			
17 Crustaceans				0.00			
18 Open water FP				1.00			
19 Libral FP				1.00			
20 Macrophytes				1.00			
21 Detrital age				1.00			
22 Detritus				0.00			

จัดทำและให้รายละเอียด components (edit multistanza)

Group name	Consumer	Producer	Detritus	pp	Multistorage group name	Storage age (in weeks)
1 Open water Macroalgae				0	Macroalgae	24
2 Uncultivated Terrestrial Macroalgae				0	Macroalgae	12
3 Cultivated Macroalgae				0	Macroalgae	9
4 Fish				0		
5 Egg Protein				0		
6 Flange Fishes				0		
7 Forams (single shell)				0		
8 Lili Fishes				0		
9 Insects				0		
10 Vagile V/Insects				0		
11 Libral Flange Clarity Things				1		
12 Crustal Clarity				1		
13 Crustal Dead Surf				0		

from B. Futon's slide

ใส่ข้อมูลพื้นฐาน (3 ใน 4 ตัวหลัก)

Group name	Input	Biomass as input (t/ha)	Production (t/ha/yr)	Consumption (t/ha/yr)	Systemic (t/ha/yr)	Other (t/ha/yr)	Production/occupation (t/ha/yr)	Biomass output (t/ha/yr)
1 Libral predators	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 Chara spp	1.00	3.22	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 Charophyta macroalgae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Nostocales cyanobacteria	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 Chara spp	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 Lemnaceae macroalgae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 Lemnaceae macroalgae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 Small spongiae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9 Small spongiae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Bryozoa macroalgae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11 Small spongiae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12 Tricaria	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13 Chaetognath macroalgae	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14 Open water ZP	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15 Libral ZP	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16 Aquatic insects	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17 Crustaceans	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18 Open water FP	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19 Libral FP	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20 Macrophytes	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21 Detrital age	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22 Detritus	1.00	1.02	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ไม่สามารถใส่ข้อมูลได้ โปรแกรมจะจัดการประมาณค่าเอง

ใส่ข้อมูลองค์ประกอบในกระเพาะอาหาร

Group name	Input	Diet composition
1 Libral predators	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
2 Chara spp	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
3 Charophyta macroalgae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
4 Nostocales cyanobacteria	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
5 Chara spp	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
6 Lemnaceae macroalgae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
7 Lemnaceae macroalgae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
8 Small spongiae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
9 Small spongiae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
10 Bryozoa macroalgae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
11 Small spongiae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
12 Tricaria	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
13 Chaetognath macroalgae	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
14 Open water ZP	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
15 Libral ZP	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
16 Aquatic insects	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
17 Crustaceans	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
18 Open water FP	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
19 Libral FP	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
20 Macrophytes	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
21 Detrital age	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
22 Detritus	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

"A must be entered" data

แนะนำให้เตรียมข้อมูลบน MS-Excel

ใส่ข้อมูล Detritus fate

Group name	Input	Detritus fate
1 Libral predators	1.00	0.00 0.00
2 Chara spp	1.00	0.00 0.00
3 Charophyta macroalgae	1.00	0.00 0.00
4 Nostocales cyanobacteria	1.00	0.00 0.00
5 Chara spp	1.00	0.00 0.00
6 Lemnaceae macroalgae	1.00	0.00 0.00
7 Lemnaceae macroalgae	1.00	0.00 0.00
8 Small spongiae	1.00	0.00 0.00
9 Small spongiae	1.00	0.00 0.00
10 Bryozoa macroalgae	1.00	0.00 0.00
11 Small spongiae	1.00	0.00 0.00
12 Tricaria	1.00	0.00 0.00
13 Chaetognath macroalgae	1.00	0.00 0.00
14 Open water ZP	1.00	0.00 0.00
15 Libral ZP	1.00	0.00 0.00
16 Aquatic insects	1.00	0.00 0.00
17 Crustaceans	1.00	0.00 0.00
18 Open water FP	1.00	0.00 0.00
19 Libral FP	1.00	0.00 0.00
20 Macrophytes	1.00	0.00 0.00
21 Detrital age	1.00	0.00 0.00
22 Detritus	1.00	0.00 0.00

โปรดใส่ default ที่ให้มาในโปรแกรม (กล่าวคือ detritus อยู่ในระบบ ยกเว้นมี detritus มากกว่า 1 กลุ่ม หรือมี export

ใส่ข้อมูลผลผลิตอื่น

Group name	Input	Other production
1 Libral predators	1.00	0.00 0.00
2 Chara spp	1.00	0.00 0.00
3 Charophyta macroalgae	1.00	0.00 0.00
4 Nostocales cyanobacteria	1.00	0.00 0.00
5 Chara spp	1.00	0.00 0.00
6 Lemnaceae macroalgae	1.00	0.00 0.00
7 Lemnaceae macroalgae	1.00	0.00 0.00
8 Small spongiae	1.00	0.00 0.00
9 Small spongiae	1.00	0.00 0.00
10 Bryozoa macroalgae	1.00	0.00 0.00
11 Small spongiae	1.00	0.00 0.00
12 Tricaria	1.00	0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

ผลของการวิเคราะห์ "โมเดล"

Group name	Trophic level	Biomass (t/ha)	Production (t/ha)	Consumption (t/ha)	Respiration (t/ha)	Production/Consumption	Production/Respiration
1. Litter production	1.000	3.480	1.000	0.817	0.817	1.000	1.223
2. Open water FP	1.000	3.480	1.000	1.322	1.322	1.000	0.756
3. Open water FP	1.000	3.480	1.000	0.893	0.893	1.000	1.119
4. Open water FP	1.000	3.480	1.000	1.102	1.102	1.000	0.907
5. Open water FP	1.000	3.480	1.000	0.876	0.876	1.000	1.140
6. Open water FP	1.000	3.480	1.000	1.485	1.485	1.000	0.673
7. Litter phytoplankton	1.000	0.876	0.876	0.975	0.975	1.000	0.899
8. Small zooplankton	1.000	2.617	1.000	1.307	1.307	1.000	0.765
9. Benthic invertebrates	1.000	0.563	0.563	0.563	0.563	1.000	1.773
10. Plankton biomass	1.000	2.617	1.000	1.843	1.843	1.000	0.543
11. Small zooplankton	1.000	2.617	1.000	3.296	3.296	1.000	0.206
12. Plankton biomass	1.000	2.617	1.000	4.322	4.322	1.000	0.603
13. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
14. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
15. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
16. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
17. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
18. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
19. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
20. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
21. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390
22. Open water FP	1.000	2.617	2.617	2.617	2.617	1.000	0.390

ตัวอักษรค่า: ข้อมูลเข้า
ตัวอักษรนำเงิน: ค่าประมาณจากโมเดล
ตัวอักษรคน: ค่าประมาณที่ไม่ใช่โมเดล

ผลของการวิเคราะห์พื้นฐาน "โมเดล"

Now, your model is balance 😊

Gross efficiency (GE) = FCR โดยทั่วไป 0.1 - 0.3 นั่นคือสัดส่วนที่บริโภคมากกว่าผลิต 3-10 เท่า

TL=1 คือ producer และ detritus
ผู้บริโภค = 1 + [ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของ trophic level ของเหยื่อ]

EE เป็นค่าที่แสดงถึงผลผลิตของ component หนึ่งๆ ที่ถูกใช้ในระบบ (รวมทั้ง export) ส่วนใหญ่เข้าได้ 1
1-EE = การตายอื่นๆ (other mortalities)
EE ของ detritus จะมาจากค่าความไม่สมดุลกัน

ผลของการวิเคราะห์พื้นฐานอื่นของ "โมเดล"

• ลักษณะความแปรปรวนของ trophic level อยู่ใน 2-3 ชั้นๆ (0 = ผู้ล่ากินอาหารชั้นเดียว)
• SQRT = SE ใน trophic level ของกลุ่มนั้นๆ

Net efficiency = Production / (production + respiration)

ผลของการวิเคราะห์การตาย

$F_i = Y_i/B_i$
 $M_2 = (\sum B_i \cdot Q_{B_i} \cdot DC_i) / B_i$
 $M_0 = (1-EE) \cdot P/B$

$Z_i = P/B = \text{Fishing mortality} + \text{Predation mortality} + \text{Biomass accumulation} + \text{Net migration} + \text{Other mortality}$

ผลของการวิเคราะห์การตาย (ต่อ)

กระจาย Predation mortality ของแต่ละ component แยกตามผู้ล่า

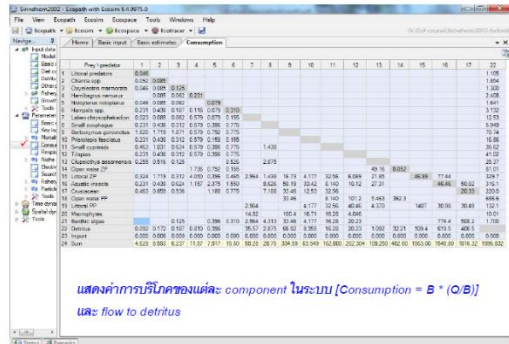
$M_2 = (B_i \cdot Q_{B_i} \cdot DC_i) / B_i$

ผลของการวิเคราะห์การตาย (ต่อ)

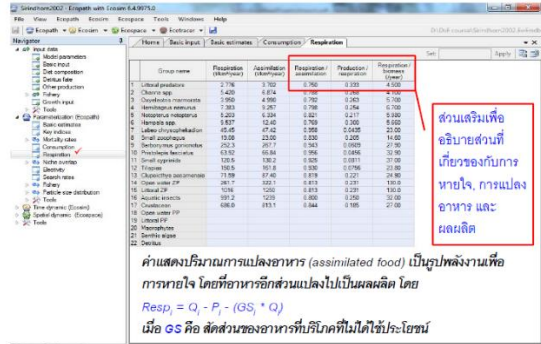
กระจาย Fishing mortality แยกตามเหยื่อมีประม. ใดๆ (หรือกองเรือ ใดๆ)

$F_i = Y_i/B_i$

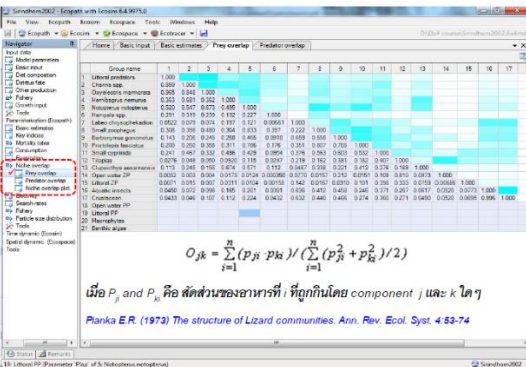
ผลของการวิเคราะห์การบริโภค



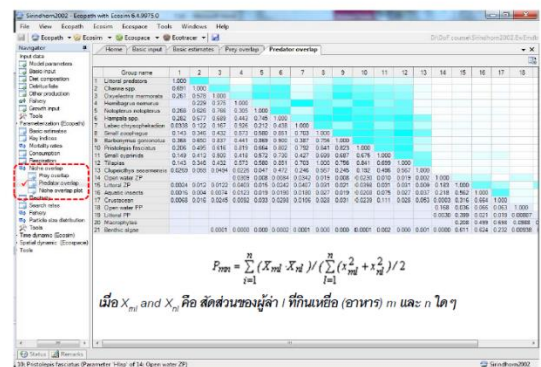
ผลของการวิเคราะห์การหายใจ (ส่วนของการใช้พลังงาน)



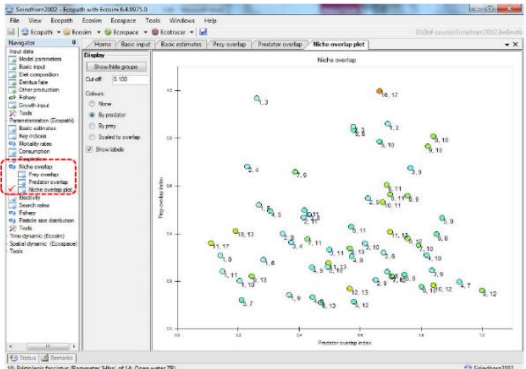
ผลของการวิเคราะห์การซ้อนเหลื่อมของอาหาร (เหยื่อ) ในแต่ละผู้ล่า



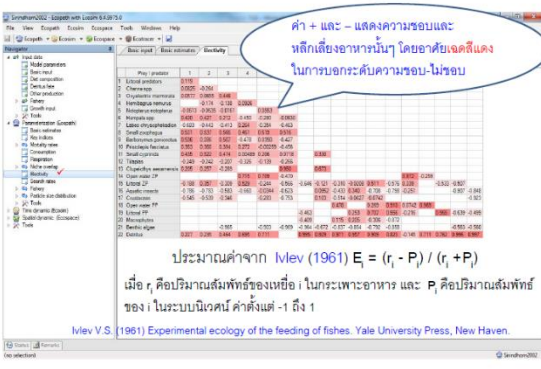
ผลของการวิเคราะห์การซ้อนเหลื่อมของผู้ล่าต่อเหยื่อ



พล็อตระหว่าง Oj และ Pnm เพื่ออธิบายความซับซ้อนของเหยื่อและผู้ล่า



ผลของการเลือกกินอาหาร (Electivity index)



ผลการวิเคราะห์ search rate

โดยอาศัยหลักการของสมการ Lotka-Volterra, search rate จะแสดงให้เห็นถึงระดับความสามารถในการหา (และกิน)เหยื่อหนึ่งๆ ของผู้ล่าใดๆ ต่อช่วงเวลา โดยจะนำไปใช้ใน Ecoshim เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของ preys หรือ predators

ผลการวิเคราะห์การประมง (ปริมาณผลจับ)

$Catch = Landings + Discards$

ผลการวิเคราะห์การประมง (มูลค่า)

$Value_{i,t} = Market\ price_{i,t} * Landings_{i,t}$

การวิเคราะห์ Particle size distribution (PSD)

LIMNOLOGY AND OCEANOGRAPHY
 THE SIZE DISTRIBUTION OF PARTICLES IN THE OCEAN¹
 R. W. Sheldon, A. Prakash, and W. H. Sutcliffe, Jr.
 Fisheries Research Board of Canada, Marine Ecology Laboratory, Bedford Institute, Dartmouth, Nova Scotia

จำเป็นต้องใช้พารามิเตอร์จาก von Bertalanffy's growth equation (ดู slide ที่ 53, พารามิเตอร์การเติบโต)

ไดอะแกรมของ Flow: I

ขนาดของวงกลม (หรือสีของ) แสดงสัดส่วนของมวลชีวภาพของแต่ละ component ในระบบ

ไดอะแกรมของ Flow: II

สรุปผลการประมาณค่าที่สำคัญ

ผลรวมของทุก Flow ในระบบ

เพื่อดูว่าเป้าหมายจากการประเมินผลเป็น ทานา carnivores หรือ herbivores และใช้ เปรียบเทียบกับ F/C ratio ในระบบเพื่อ ดูแนวโน้มของผลผลิตในอนาคต

เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ จาก Primary producers ศัตรูประมง (จากกิจกรรมการจับจากในรูป stocking program) ใน productive lake จะอยู่ที่ 0.005 - 0.01

สัดส่วนระหว่างจำนวนของ "link" ที่ เกิดขึ้นจริงในโมเดล ต่อ จำนวน "link" ที่ เป็นไปได้ เป็นค่าที่เฉพาะใน food-web นั้นๆ (รวมทั้งกรณี detritus ของแต่ละ component ด้วย) แต่ไม่ใช่มารวมที่ trophic ส่วนอื่นไปเป็น trophic ที่ติดต่อกัน

เป็นค่าดัชนีที่แสดงถึงความสัมพันธ์ ในภาคการถ่ายทอดจากแหล่ง ในระหว่างขั้น trophic

Trophic level decomposition

แสดงสัดส่วนของแหล่งที่มาของ flow ที่เข้าไปในแต่ละ component โดย (แต่ไม่รวม flow จาก detritus, slide ที่ 88) ผลรวมในแต่ละ component = 1

Trophic level decomposition

หรือแสดงเป็นค่าประมาณ หน่วยเป็น tkm²/year (หรือ grams of carbon/m²/year หรือ ชีนา)

Flow ในแต่ละ trophic level

Trophic level คำนวณจาก อาหารในทุกระบบ

Lindeman, R.L., 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology 23:399-418

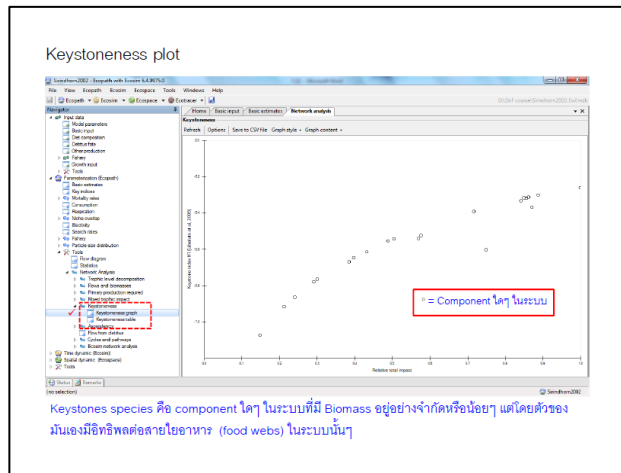
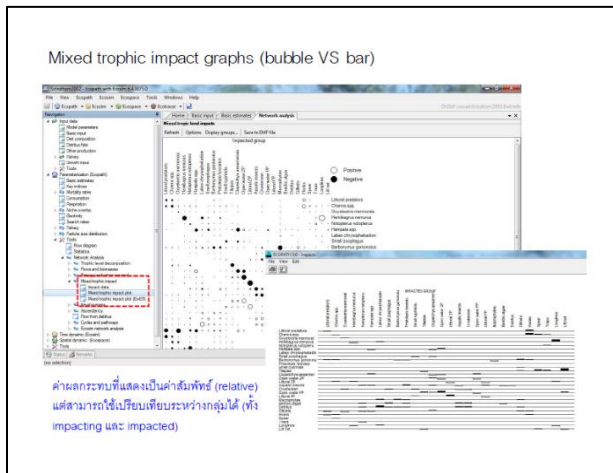
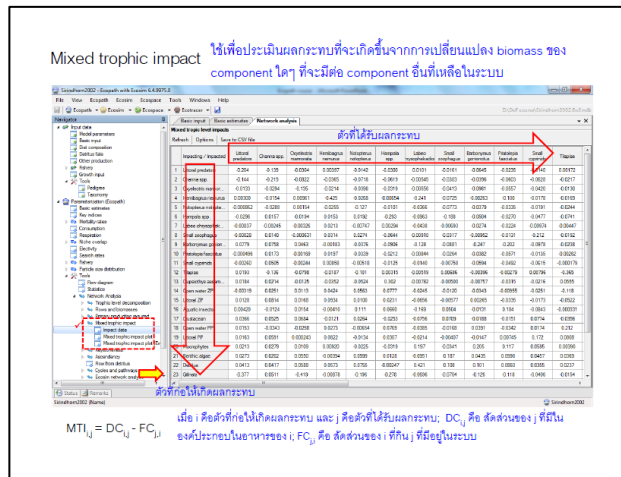
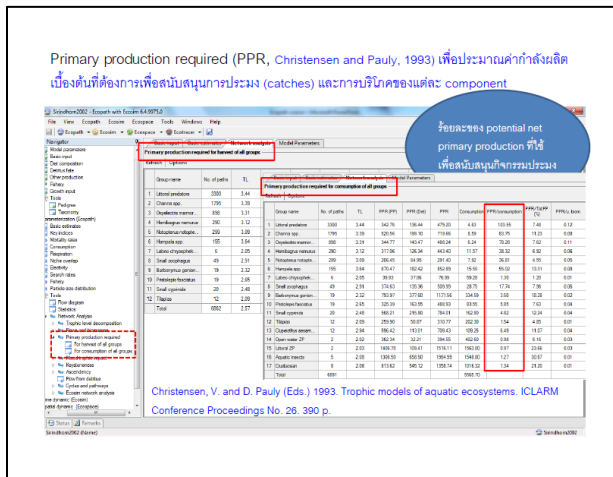
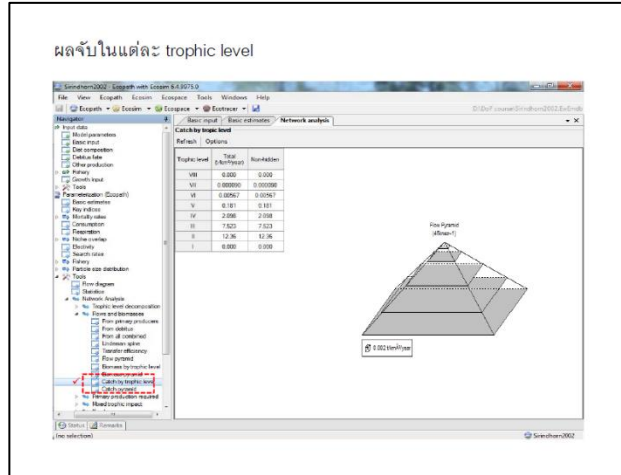
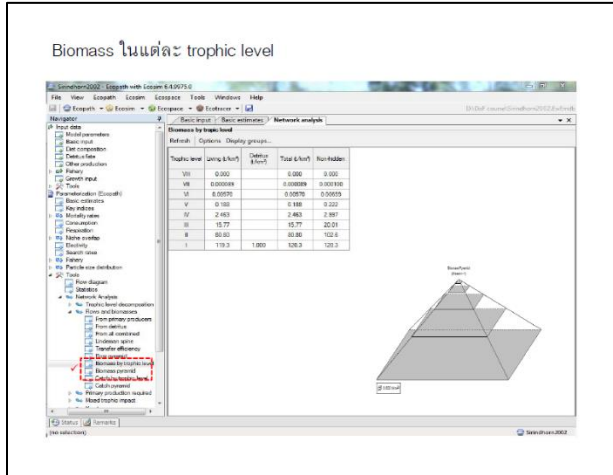
Flow ในแต่ละ trophic level

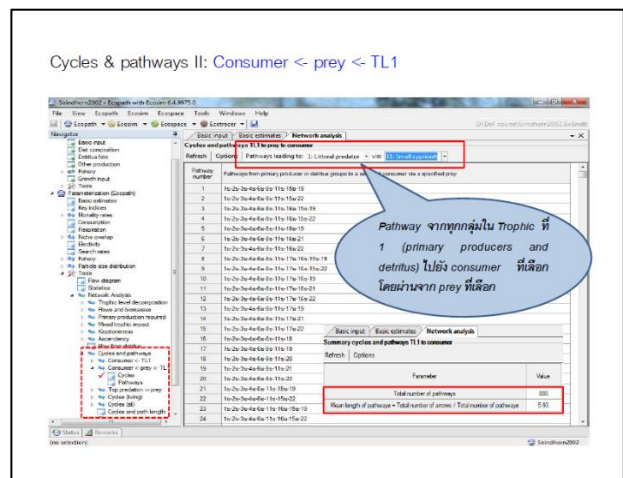
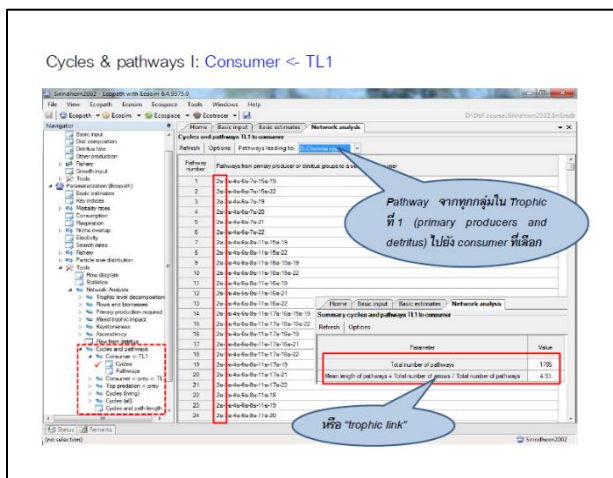
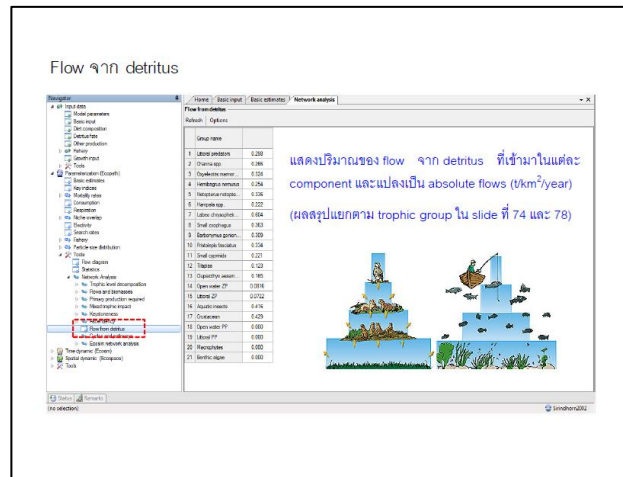
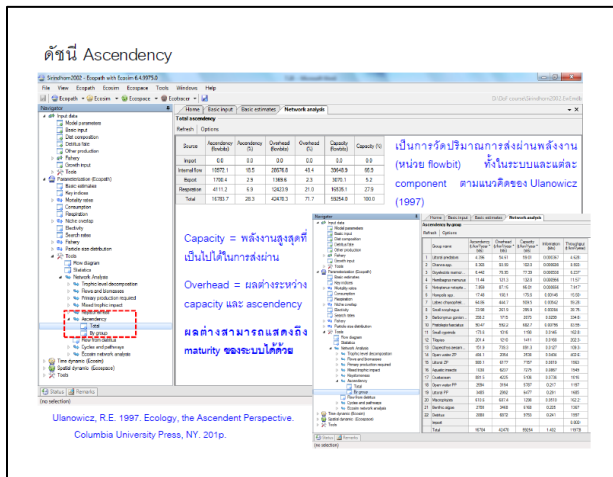
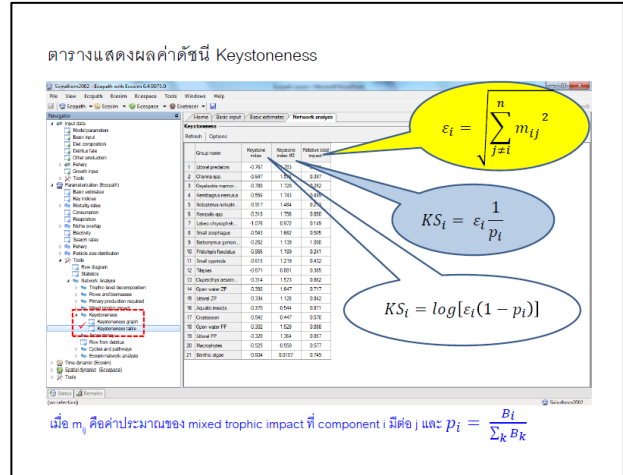
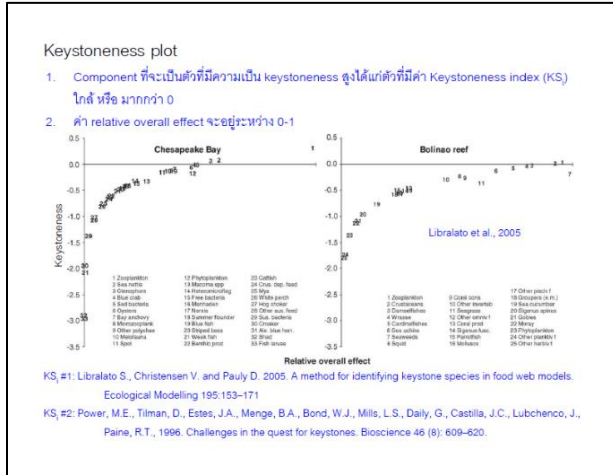
แสดง Flow ในแต่ละ trophic level ด้วย Lindeman spine

Trophic transfer efficiencies

ค่าที่เป็นร้อยละ (%) แสดงถึงประสิทธิภาพในการส่งผ่านของ flow จาก trophic level หนึ่งไปสู่อีก level หนึ่ง

คำนวณจาก $\frac{\text{ผลรวมของ export ของ trophic level นี้ๆ} + \text{Flow ที่เข้าไป trophic level คับนี้}}{\text{throughput ของ trophic level นี้ๆ}}$





Cycles & pathways III: Consumer < prey < TL1

Pathway number	Pathway from the ecological group to the top predator
1	TL1
2	TL1
3	TL1
4	TL1
5	TL1
6	TL1
7	TL1
8	TL1
9	TL1
10	TL1
11	TL1
12	TL1
13	TL1
14	TL1
15	TL1
16	TL1
17	TL1
18	TL1
19	TL1
20	TL1
21	TL1
22	TL1
23	TL1
24	TL1

Summary of cycles and pathways prey responsible

Parameter	Value
Total number of pathways	228
Mean length of pathway = Total number of terms / Total number of pathways	4.71

Cycles & pathways (Living and All)

Pathway ที่รวม แต่เฉพาะในส่วนของผู้กินสัตว์ (ไม่รวม detritus)

Pathway ที่รวม

Finn's cycles index & path length

Parameter	Value	Unit
Throughput cycle (excluding detrit.)	122.91	1/yr/year
Throughput cycle (including detritus)	648.53	1/yr/year
Path length	2.775	yr/throughput
Path length through path length	2.704	yr/throughput
Path length through path length	2.587	yr/throughput

Path length = Total System Throughput / (Σ Export + Σ Respiration)

Finn, J.T., 1976. Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows. J. Theor. Biol. 56: 363-380.

เข้าสู่ Ecosim

Group name	Trophic level	Initial size (individual)	Estimate in Ecosim (individual)	Biomass (DW)	Production (biomass/yr)	Consumption (biomass/yr)	Ecological efficiency	Production/consumption
1	1	3,438	1,000	0.437	0.817	1,500	7,500	0.108
2	2	3,200	1,000	1,320	1,320	1,100	4,900	0.269
3	3	3,116	1,000	0.033	0.033	1,500	1,500	0.022
4	4	3,116	1,000	1,162	1,162	1,100	15,200	0.076
5	5	3,027	1,000	0.070	0.070	1,500	3,100	0.023
6	6	3,028	1,000	1,028	1,028	1,100	2,200	0.468
7	7	2,952	1,000	1.976	1.976	1,500	30,000	0.065
8	8	2,911	1,000	1,927	1,927	3,000	22,000	0.087
9	9	2,522	1,000	0.543	0.543	1,100	37,000	0.015
10	10	2,447	1,000	1,447	1,447	1,500	49,000	0.029
11	11	2,278	1,000	3,278	3,278	3,000	50,000	0.063
12	12	2,200	1,000	6,200	6,200	1,500	20,000	0.311
13	13	2,200	1,000	2,076	2,076	3,000	30,000	0.070
14	14	2,200	1,000	2,013	2,013	30,000	200,000	0.010
15	15	2,200	1,000	2,200	2,200	30,000	200,000	0.011
16	16	2,204	1,000	32,308	32,308	8,000	53,000	0.074
17	17	2,205	1,000	25,41	25,41	8,000	40,000	0.063
18	18	1,900	1,000	2,900	2,900	300,000	300,000	0.009
19	19	1,900	1,000	4,006	4,006	300,000	300,000	0.013
20	20	1,900	1,000	20,28	20,28	8,000	8,000	0.250
21	21	1,900	1,000	19,10	19,10	10,000	10,000	0.190
22	22	1,900	1,000	1,900	1,900	1,900	1,900	0.981

จะทำการจำลองผ่าน Ecosim ได้ก็ Ecopath ได้ก็ในสมมูล

ANNEX 8

Training-workshop Atmosphere

