

Obsah

1. Úvod	2
1.1 Autoři	2
2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií.....	2
2.1 Informace použité pro vytvoření modelu	2
2.1.1 Hraboš obecný.....	2
2.1.2 Predátoři	2
2.1.3 Rodenticidy	3
2.2 Postupy pro vytvoření modelu	3
3. Koncepce – modelářská témata.....	3
3.1 Stavy celulárního automatu	3
3.2 Pravidla	3
3.2.1 Hraboši	3
3.2.2 Predátor	5
4. Koncepce – implementační témata	6
5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	7
5.1 Testovací experiment	7
5.2 Minimální počet predátorů pro udržení populace hrabošů pod 200 hrabošů na hektar.....	9
5.3 Vhodná periodičita redukce hraboše pomocí jedů	11
6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr	12
7. Citace.....	12

1. Úvod

V této práci jsou řešeny možnosti kontroly populace hraboše obecného (*Microtus arvalis*).

Na základě modelu a simulačních experimentů bude doporučena vhodná metoda pro snížení populace hraboše obecného.

1.1 Autoři

Práce byla zpracována pro předmět Modelování a simulace studenty Michalem Tichým a Matějem Práškem.

2. Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Model populační dynamiky je založen na charakteristikách života hraboše, chování predátorů a na tom, jak se tyto vlastnosti mění v důsledku změny prostředí (změna plodiny, způsobu obdělávání půdy, ...).

2.1 Informace použité pro vytvoření modelu

2.1.1 Hraboš obecný

Nejrozšířenější malý hlodavec rozšířený v Evropě^[1]. Vyznačující se velkou hustotou populace (až 2000/hektar^[2]). Primárně žije na loukách a pastvinách, ale při velké populaci (1000/hektar^[3]) se rozšiřuje do sekundárních prostředí (pole) kde působí velké škody

Data použitá v modelu

Délka těhotenství:	16-24 dnů (průměr 21) ^[4]
Počet potomků:	3-8 (průměr 5.1) ^[4]
Sexuální dospělost samice:	Průměr 13.7 dnů ^[4]
Sexuální dospělost samec:	Průměr 42 dnů ^[10]
Průměrná doba mezi vrhy:	25.15 dnů ^[4]
Denní příjem potravy:	1.33x váha jedince ^[5]
Váha:	25-30g ^[4]

2.1.2 Predátoři

Hlavní predátoři hrabošů jsou dravci (především sokol)^[6]. Dravec sní průměrně 4-8 hrabošů denně^[7].

Úspěšnost při lovu:

Typ prostředí	Výška plodin (cm)	Procentuální pokrytí země plodinou	Úspěšnost lovu (%)
Zorané pole, nízké strniště, nově vysázené plodiny	<13	10	74
Posekaná úroda, pastviny	5-25	90	83
Vysoké, husté strniště	30-60	30	65
Nesečené louky	60-91	95	53
Vysoké plodiny (kukuřice, obilí, ...)	60-183	90	42
Neudržované pole, přerostlé louky	90-254	95	33
Lesy	> 300	75	33

zdroj [8]

2.1.3 Rodenticidy

Pesticidy určené k hubení hlodavců. Pro hubení hrabošů je nejčastěji používán Fosfid zinečnatý^[3].

Redenticidy jsou velmi účinné, ale hrozí otrava necílových živočichů při přímém pozření návnady, popřípadě po pozření otráveného jedince. Z tohoto důvodu jsou návnady umísťovány přímo do nor. Redenticidy nelze nasazovat dlouhodobě, protože se u cílových škůdců vyvine odpor k návnadě (bait shyness)

2.2 Postupy pro vytvoření modelu

Simulační model využívá stochastický celulární automat [2, s 298], stochastický je kvůli tomu, že hraboši i predátoři se v určitých stavech pohybují náhodně. Automat je díky tomuto chování nereverzibilní [2, s 310]. Pole buněk je dvourozměrné a konečné [2, s 299]. Použili jsme Mooreho okolí [2, s 300].

3. Koncepce – modelářská témata

Při tvorbě modelu jsme vycházeli z informací uvedených v části 2.1 .

3.1 Stavy celulárního automatu

V implementovaném celulárním automatu reprezentujeme tyto stavy:

- Prázdná buňka - 0
- Hraboš
 - Samec
 - Nedospělý – 1a1
 - Dospělý – 1a2
 - Samice
 - Nedospělá – 1b1
 - Hledající partnera – 1b2
 - Těhotná – 1b3
- Predátor
 - Lovící – 2a
 - Nelovící (najezen) – 2b
- Nástraha – 3

Text za pomlčkou udává označení, pod kterým bude na tento stav dále odkazováno.

3.2 Pravidla

První pravidlo splňující podmínky je aplikováno.

3.2.1 Hraboši

Okolí při pravidlech pro hraboše znamená vzdálenost 2 v každém směru.

3.2.1.1 Porod

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1b3.
- Buňka se ve stavu 1b3 nachází 21 dní

Akce

Buňka změní stav na 1b2.

Tři až osm okolních buněk ve stavu 0 změní stav náhodně na 1a1 nebo 1b1.

3.2.1.2 Dospívání – samice

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1b1.
- Buňka se ve stavu 1b1 15 dnů

Akce

Buňka změní stav na 1b2.

3.2.1.3 Dospívání – samec

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1a1.
- Buňka se ve stavu 1a1 56 dnů

Akce

Buňka změní stav na 1a2.

3.2.1.4 Hledání partnera – samec

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1a2.
- V okolí se nachází buňka 1b2

Akce

Buňka se “přesune” v o 1 pole ve směru buňky 1b2 pokud by při tomto přesunu měla dostat na pole již obsazené buňkou 1b2 tak k přesunu nedojde.

3.2.1.5 Hledání partnera – samice

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1b2.
- V okolí se nachází buňka 1a

Akce

Buňka se “přesune” v o 1 pole ve směru buňky 1a pokud by při tomto přesunu měla dostat na pole již obsazené buňkou 1a tak k přesunu nedojde ale buňka 1b2 se změní na stav 1b3.

3.2.1.6 Hledání potravy – úspěšné

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1a1, 1a2 1b1, 1b2, 1b3.

- V okolí se nachází buňka 3

Akce

Buňka se “přesune” v o 1 pole ve směru buňky 3 pokud by při tomto přesunu měla dostat na pole již obsazené buňkou 3 tak po přesunu buňka změní stav na stav 0.

3.2.1.7 Hledání potravy – nespěšné

Podmínky

- Buňka je ve stavu 1a1, 1a2, 1b1,1b2,1b3.

Akce

Buňka se “přesune” v náhodném směru o 1 pole.

3.2.2 Predátor

Okolí při pravidlech pro hraboše znamená vzdálenost 5 v každém směru.

3.2.2.1 Lovící predátor

Podmínky

- Buňka je ve stavu 2a
- V okolí se nachází buňka 1a1, 1a2 1b1,1b2,1b3

Akce

Buňka se “přesune” 2 pole, pokud je buňka hraboše ve vzdálenosti >2 jinak o 1 pole, ve směru buňky hraboše, pokud by při tomto přesunu měla dostat na pole již obsazené buňkou hraboše tak po přesunu buňka změní stav na stav 2b s pravděpodobností určenou typem prostředí (viz 2.1.2). Pokud lov neuspěje tak se pohne o dvě pole náhodným směrem z původní pozice.

3.2.2.1 Najezený predátor 1.

Podmínky

- Buňka je ve stavu 2b
- Buňka je ve stavu 2b méně než 3 hodiny

Akce

Buňka se “přesune” v náhodném směru o 2 pole.

3.2.2.2 Najezený predátor 2.

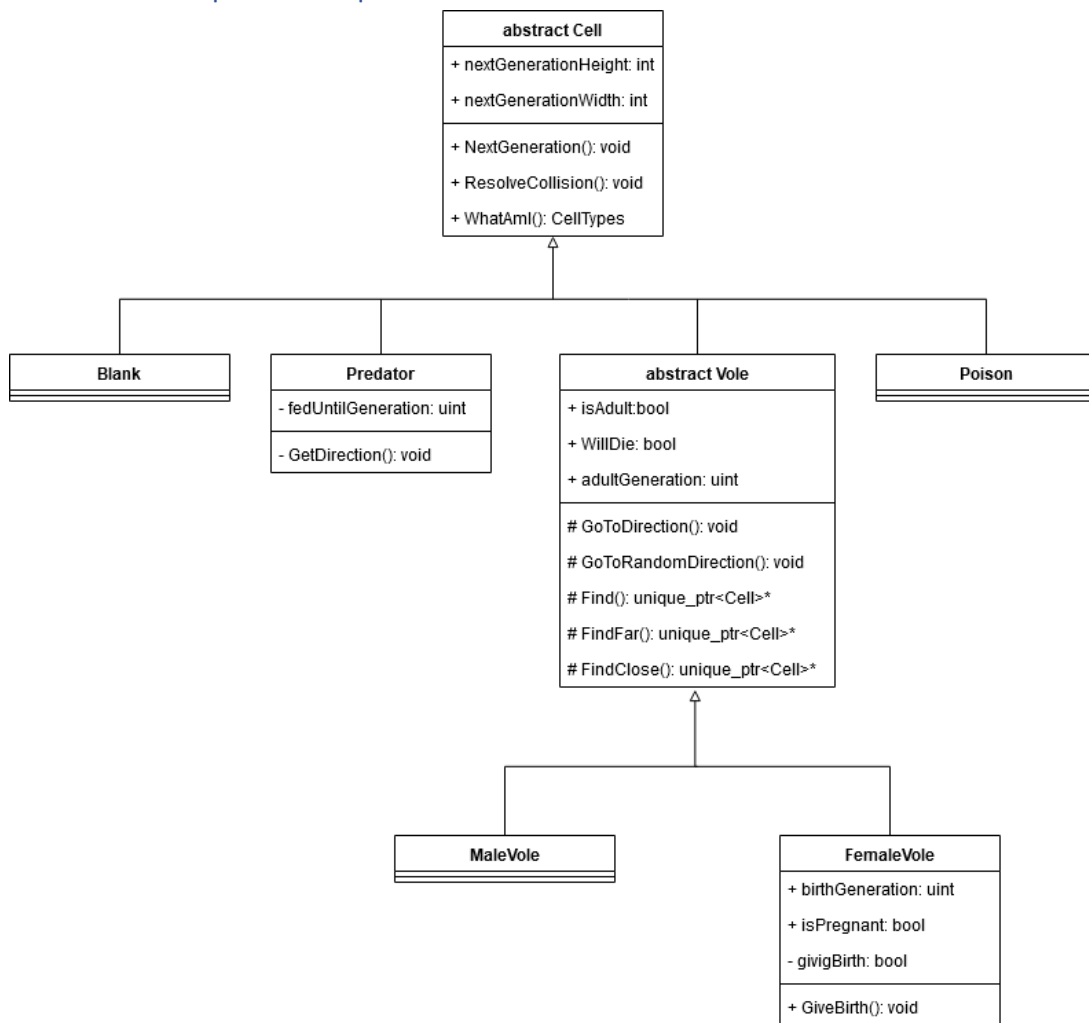
Podmínky

- Buňka je ve stavu 2b

Akce

Buňka změní stav na 2a

4. Koncepce – implementační témata



Základem našeho programu je abstraktní třída Cell. Třída obsahuje pure virtuál metody `NextGeneration()`, `ResolveCollision()` a `WhatAmI()` a property `NextGenerationHeight` a `NextGenerationWidth`.

Z třídy Cell dědí třídy Blank, Poison, Predator a Vole, což je opět abstraktní třída, ze které dědí MaleVole a FemaleVole. Tito potomci nám dávají kompletní seznam buněk.

Celá simulace poté stojí na 2D vektoru pointerů na Cell, který každou generaci iterujeme. Jedna generace se skládá ze dvou částí:

- Calculate – Iterují se všechny buňky ve vektoru a volá se na nich metoda `NextGeneration()`, která díky polymorfismu definuje chování každé buňky. Buňka vykoná svou činnost a vypočítá si souřadnice pro příští generaci.
- Move – Iterují se všechny buňky ve vektoru a postupně se kopírují do pomocného vektoru pomocí metody `ResolveCollision()`, která opět díky polymorfismu řeší veškeré možné kolize a postupně vytváří další generaci.

Jedna generace trvá jednu hodinu a každých 24 hodin se získá statistika populace. Je to proto, abychom mohli lépe simulovat pohyb hrabošů a lov dravců.

Některé buňky mají vlastní vnitřní stavy. Jedná se o následující:

- Predator
 - `fedUntilGeneration` - udává, kdy bude predátor opět hladový a začne lovit
- Vole
 - `isAdult` – udává, zda je hraboš dospělý
 - `adultGeneration` – udává, kdy se hraboš stal/stane dospělým
 - `willDie` – udává, zda byl hraboš ulovený, či snědl jed
- FemaleVole
 - `isPregnant` – udává, zda je hraboš březí
 - `birthGeneration` – udává, kdy bude hraboš rodit
 - `givingBirth` – udává, zda hraboš rodí v současné generaci

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Podstata simulačních experimentů je nalézt optimální způsob redukce populace hraboše. Metrikou pro porovnání úspěšnosti je počet hrabošů na hektar.

5.1 Testovací experiment

Popis experimentu

Cílem experimentu bylo namodelovat podobný populační růst jako v referenční statistice. Dle této statistiky by na poli s plodinami mělo dojít za jaro k nárůstu z 23 dospělých hrabošů na hektar na 61 dospělých hrabošů na hektar. ^[9]

Parametry experiment

Pevně nastavené parametry:

- Počet nástrah: 0
- Počet predátorů: 1
- Počáteční počet samců: 10
- Počáteční počet samic: 13
- Prostředí: Zasázené plodiny
- Počet simulovaných dnů: 92

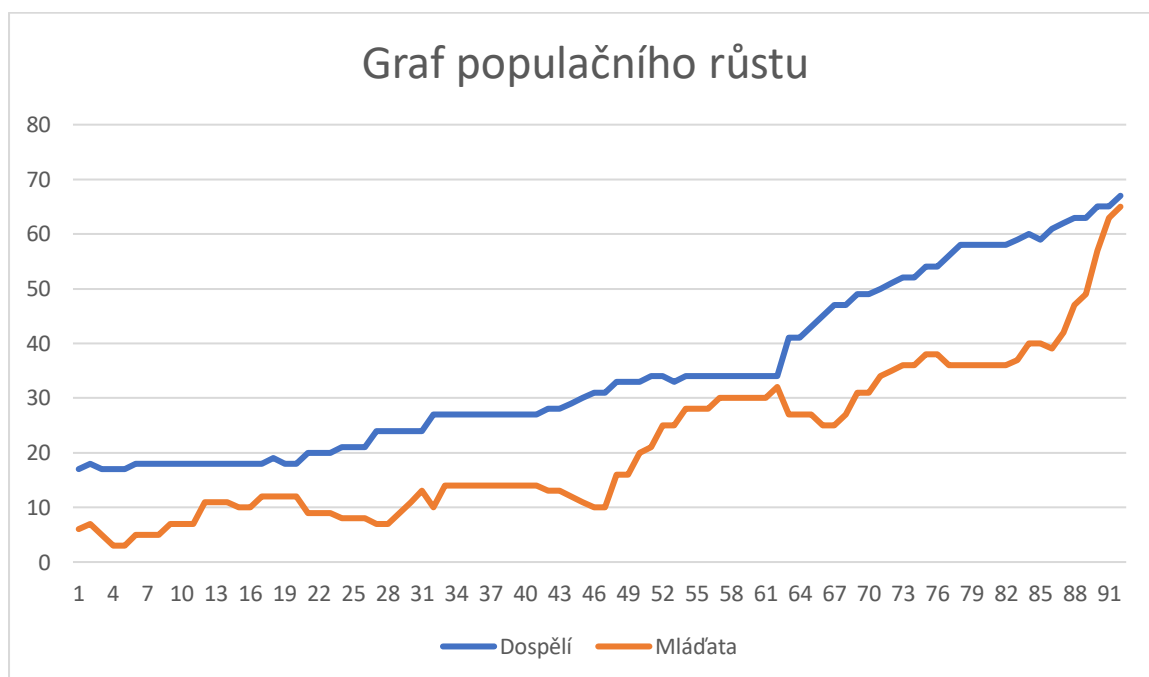
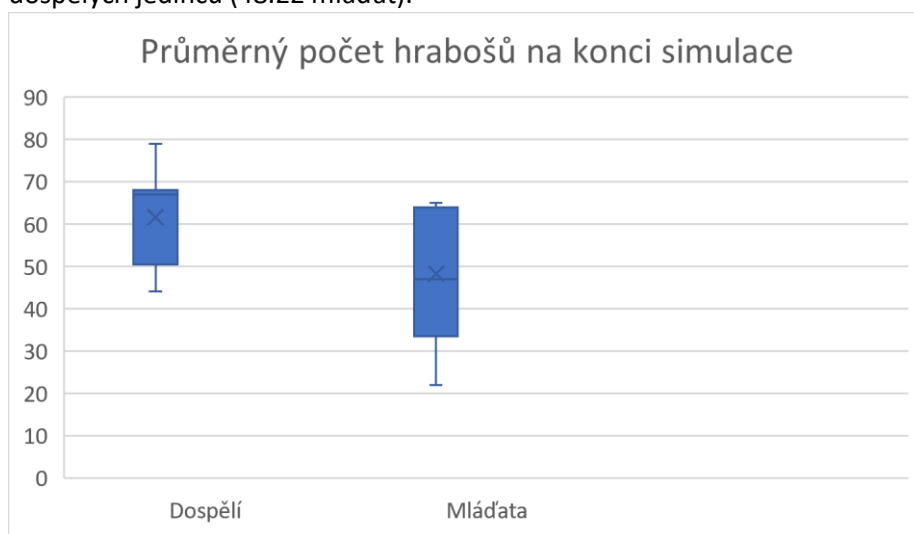
Upravované parametry

- Počet buněk CA

Závěr

Model podával výsledky nejpodobnější referenčním statistikám, pokud byla velikost celulárního automatu nastavena na 150x150 buněk.

S tímto nastavením bylo nasimulováno že na konci období bude průměrně (z 10 běhů) 61.55 dospělých jedinců (48.22 mláďat).



5.2 Minimální počet predátorů pro udržení populace hrabošů pod 200 hrabošů na hektar.

Popis experimentu

Cílem experimentu bylo zjistit minimální potřebný počet dravců k zabránění růstu populace hrabošů (z počátečních 200 hrabošů na hektar) pro různé typy prostředí.

Parametry experimentu

Pevně nastavené parametry:

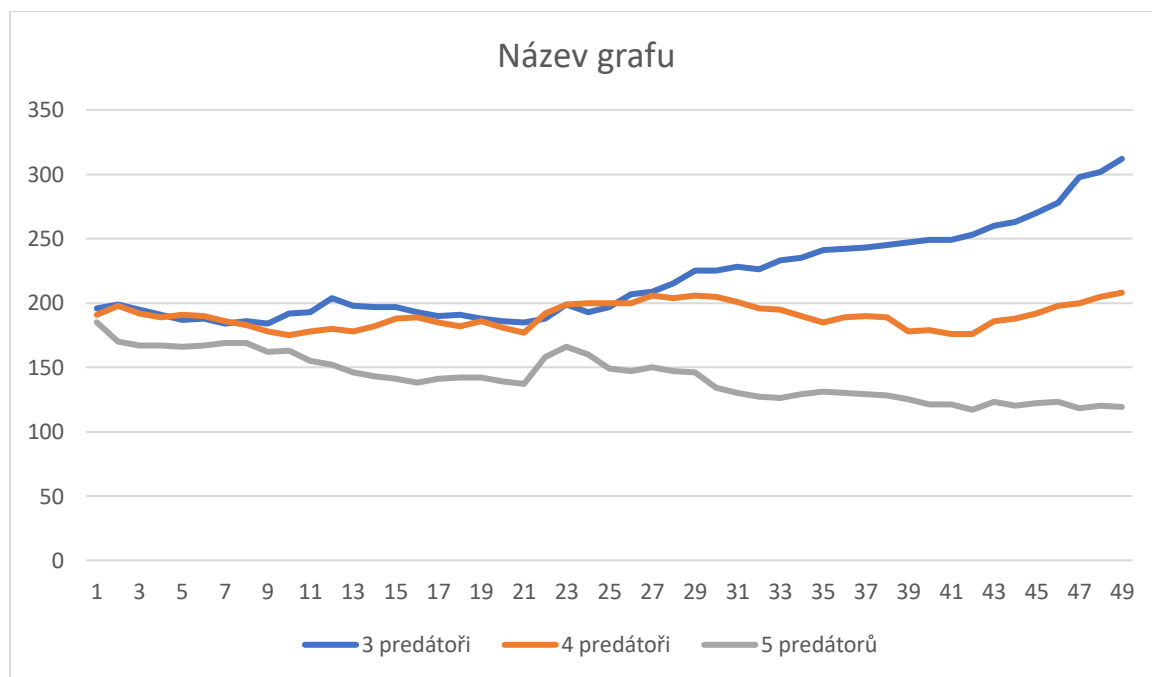
- Počet nástrah: 0
- Počáteční počet samců: 100
- Počáteční počet samic: 100
- Počet simulovaných dnů: 50

Upravované parametry

- Prostedí
- Počet dravců

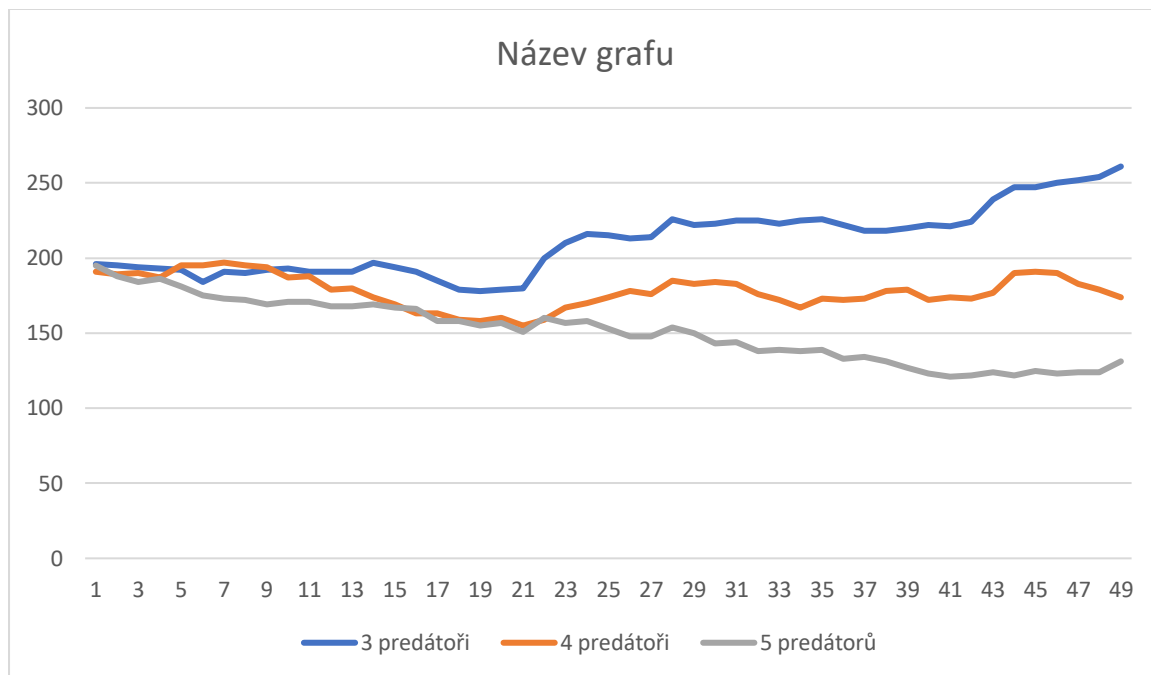
Závěr

Zorané pole, nízké strniště, nově vysázené plodiny



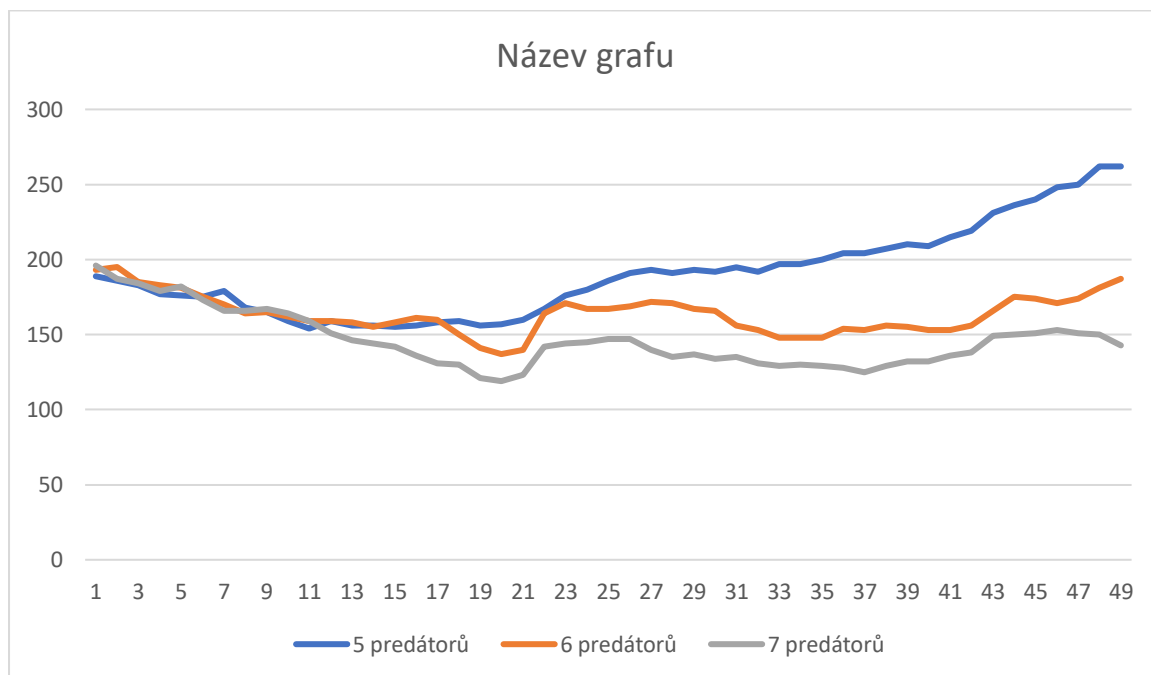
K udržení počtu hrabošů na úrovni kolem 200 hrabošů na hektar by měli těsně stačit 4 predátoři, spíše bychom doporučovali 5 predátorů.

Posekaná úroda, pastviny



K udržení počtu hrabošů na úrovni kolem 200 hrabošů na hektar by měli stačit 4 predátoři.

Neudržované pole, přerostlé louky



K udržení počtu hrabošů na úrovni kolem 200 hrabošů na hektar by mělo stačit 6 predátoři.

5.3 Vhodná periodičita redukce hraboše pomocí jedů

Popis experimentu

Pokud nemůžeme změnit druh plodiny ani počet predátorů, tak můžeme po určité době snížit velikost populace pomocí jedů. V tomto experimentu je cílem určit interval v jakém je nutno aplikovat jed.

Parametry experiment

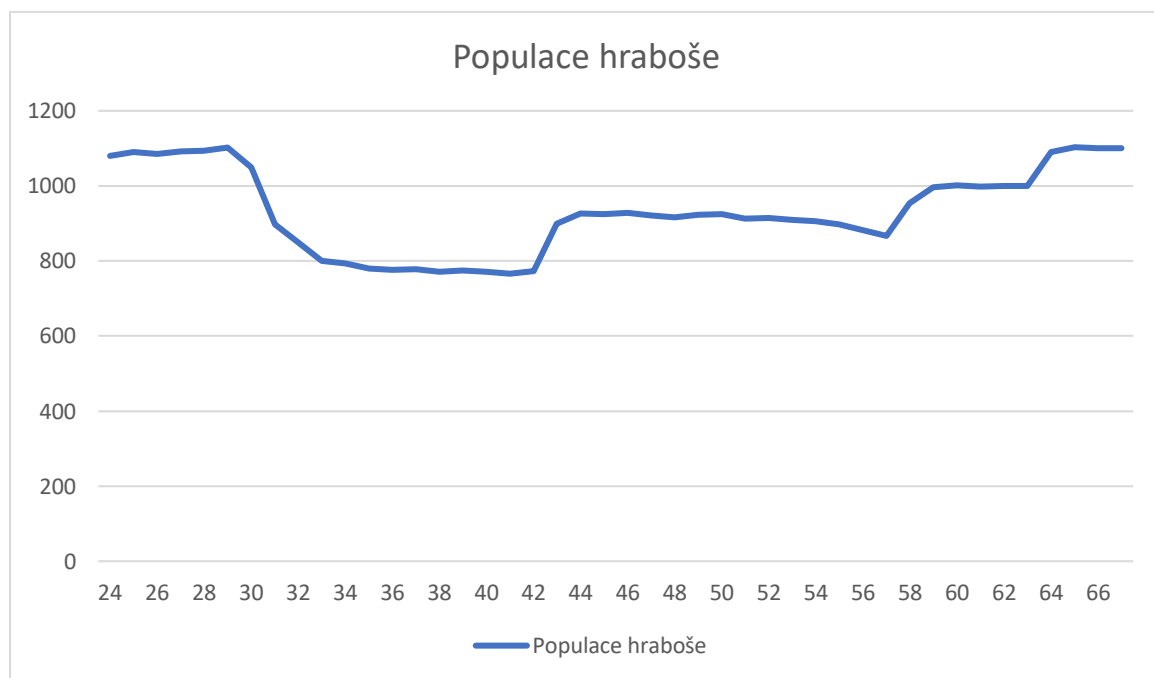
Pevně nastavené parametry:

- Počet nástrah: 500
- Počáteční počet samců: 500
- Počáteční počet samic: 500
- Počet simulovaných dnů: 66
- Prostředí: Zorané pole, nízké strniště, nově vysázené plodiny
- Počet dravců: 5

Upravované parametry

- Den aplikace nástrah

Závěr



Pro pole s výše uvedenými parametry je vhodné aplikovat jed každých 30 dnů.

6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Během simulačních experimentů jsme zjistili že při akutní potřebě redukovat populaci hraboše obecného je nejlepší řešení jed. Opakované používání jedů vede ale ke strachu z návnady ("bait shyness") a je škodlivé pro všechny živočichy.

Jako zajímavá alternativa se jeví predátoři, pokud přispějeme ke zvýšení počtu predátorů a zajistíme že pole bude obsahovat plodinu která rapidně nesnižuje úspěšnost predátorů, tak jsou predátoři účinnou metodou, jak zajistit stabilně nízký stav populace hraboše obecného.

7. Citace

1. Mitchell-Jones AJ, Amori G, Bogdanowicz W, Krystufek B, Reijnders PJH, Spitzenberger F et al, The Atlas of European Mammals. T & AD Poyser Ltd, London, UK, 484 pp. (1999).
2. Bryja J, Nesvadbova J, Heroldova M, Janova E, Losik J, Trebaticka L et al, Common vole (*Microtus arvalis*) population sex ratio: biases and process variation. *Can J Zool* 83:1391–1399 (2005).
3. Jacob, J., Manson, P., Barfknecht, R. and Fredricks, T. (2014), Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest. Manag. Sci.*, 70: 869-878. doi:[10.1002/ps.3695](https://doi.org/10.1002/ps.3695)
4. Noble, S. (n.d.). *Microtus arvalis* (common vole). Retrieved from https://animaldiversity.org/accounts/Microtus_arvalis/.
5. National Research Council (US) Subcommittee on Laboratory Animal Nutrition. Nutrient Requirements of Laboratory Animals: Fourth Revised Edition, 1995. Washington (DC): National Academies Press (US); 1995.
6. Halle, S. 1988. Avian predation upon a mixed community of common voles (*Microtus arvalis*) and wood mice (*Apodemus sylvaticus*). *Oecologia*, 75/3: 451-455.
7. Steen, R.; Løw, L.M.; Sonnerud, G.A.; Selås, V.; Slagsvold, T. (2011b). "Prey delivery rates as estimates of prey consumption by Eurasian Kestrel (*Falco tinnunculus*)". *Ardea*. **99**: 1–8. doi:[10.5253/078.099.0101](https://doi.org/10.5253/078.099.0101).
8. Toland, Brian R. THE EFFECT OF VEGETATIVE COVER ON FORAGING STRATEGIES, HUNTING SUCCESS AND NESTING DISTRIBUTION OF KESTRELS IN CENTRAL MISSOURI. J, Raptor Res. 21(1):14-20,1987, WR 209 [Game & Fresh Water Fish Comm., P.O. Box 1840, Verp Beach, FL 32961] *Falcosparverius*
9. Gromadzki, M., & Trojan, P. (1971). Estimation of population density in *Microtus arvalis* (Pall.) by three different methods. *Annales Zoologici Fennici*, 8(1), 54-59. Retrieved from www.jstor.org/stable/23731809
10. Miska-Schramm, Agata & Kruczek, Małgorzata & Kapusta, Joanna. (2014). Sexual Maturation in Common Vole (*Microtus arvalis*) Males Raised under Laboratory Conditions. *Folia Biologica*. 62. 10.3409/fb62_2.135.