

Model H: Predikce dynamiky hospitalizovaných pacientů

Luděk Berec

Přírodovědecká fakulta JU v Českých Budějovicích

Biologické centrum AV ČR, České Budějovice

Centrum pro modelování biologických a společenských procesů

13. listopadu 2020

Motivatice

- Modely nevytváříme pro modely samotné, ale za určitým cílem



Motivatice

- Modely nevytváříme pro modely samotné, ale **za určitým cílem**
- Tento cíl určuje jak formu modelu, tak míru abstrakce

Motivatice

- Modely nevytváříme pro modely samotné, ale **za určitým cílem**
- Tento cíl určuje jak formu modelu, tak míru abstrakce
- Hrozba dosažení a překročení kapacit nemocnic

Motivatice

- ▶ Modely nevytváříme pro modely samotné, ale **za určitým cílem**
- ▶ Tento cíl určuje jak formu modelu, tak míru abstrakce
- ▶ Hrozba dosažení a překročení kapacit nemocnic
- ▶ Zpoždění vývoje počtu hospitalizací, těžkých případů a zemřelých za vývojem počtů potvrzených případů

Motivatice

- Modely nevytváříme pro modely samotné, ale **za určitým cílem**
- Tento cíl určuje jak formu modelu, tak míru abstrakce
- Hrozba dosažení a překročení kapacit nemocnic
- Zpoždění vývoje počtu hospitalizací, těžkých případů a zemřelých za vývojem počtů potvrzených případů
- **Cíl:** vývoj modelu pro predikci dynamiky hospitalizovaných pacientů

Metodika

$$S[t+1] = S[t] - \lambda S[t]$$

$$E[t+1] = E[t] + \lambda S[t] - \sigma E[t]$$

$$I_A[t+1] = I_A[t] + (1 - p_S) \sigma E[t] - \gamma_A I_A[t]$$

$$I_P[t+1] = I_P[t] + p_S \sigma E[t] - \xi I_P[t]$$

$$I_S[t+1] = I_S[t] + \xi I_P[t] - \alpha_I I_S[t]$$

$$H[t+1] = H[t] + p_H \alpha_I I_S[t] - \alpha_H H[t]$$

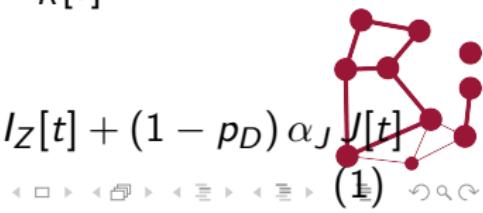
$$I_Z[t+1] = I_Z[t] + (1 - p_H) \alpha_I I_S[t] - \gamma_Z I_Z[t]$$

$$J[t+1] = J[t] + p_J \alpha_H H[t] - \alpha_J J[t]$$

$$H_R[t+1] = H_R[t] + (1 - p_J) \alpha_H H[t] - \gamma_H H_R[t]$$

$$D[t+1] = D[t] + p_D \alpha_J J[t]$$

$$R[t+1] = R[t] + \gamma_H H_R[t] + \gamma_A I_A[t] + \gamma_Z I_Z[t] + (1 - p_D) \alpha_J J[t]$$



Metodika

Síla infekce λ = pravděpodobnost nákazy: součet příspěvků všech infekčních tříd modelu (I_A , I_P , I_S , and I_Z)

$$\lambda = \beta C \frac{r_\beta I_A[t] + r_\beta I_P[t] + r_C I_S[t] + r_C I_Z[t]}{N[t]}$$

Kontaktní struktura

$$C = s_S[t] C_S + s_H[t] C_H + s_W[t] C_W + s_C[t] C_C$$

s_X , $X = S, H, W, C \dots$ redukce kontaktů čtyř různých typů (škola, domov, práce, komunita)



Metodika

- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)

Metodika

- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)
- ▶ Počátek simulace: 31. 8. 2020

Metodika

- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)
- ▶ Počátek simulace: 31. 8. 2020
- ▶ Nutnost odhadování počátečních podmínek “vnitřních” tříd

Metodika

- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)
- ▶ Počátek simulace: 31. 8. 2020
- ▶ Nutnost odhadování počátečních podmínek “vnitřních” tříd
- ▶ Sociologická data: dynamika sociálních kontaktů (PAQ Research)

Metodika

- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)
- ▶ Počátek simulace: 31. 8. 2020
- ▶ Nutnost odhadování počátečních podmínek “vnitřních” tříd
- ▶ Sociologická data: dynamika sociálních kontaktů (PAQ Research)
- ▶ Kalibrace modelu (Approximate Bayesian Computation)

Metodika

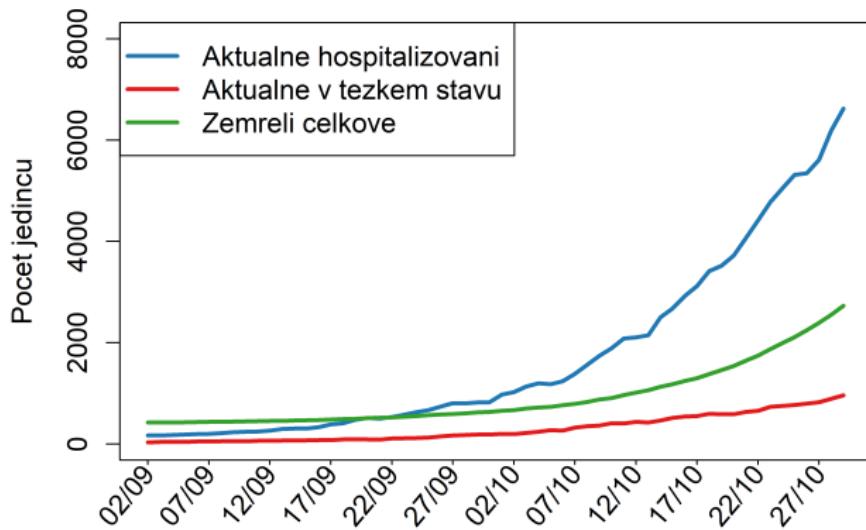
- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)
- ▶ Počátek simulace: 31. 8. 2020
- ▶ Nutnost odhadování počátečních podmínek “vnitřních” tříd
- ▶ Sociologická data: dynamika sociálních kontaktů (PAQ Research)
- ▶ Kalibrace modelu (Approximate Bayesian Computation)
- ▶ Apriorní distribuce nad odhadovanými parametry

Metodika

- ▶ Parametry: fixní a odhadované (kalibrace modelu)
- ▶ Počátek simulace: 31. 8. 2020
- ▶ Nutnost odhadování počátečních podmínek “vnitřních” tříd
- ▶ Sociologická data: dynamika sociálních kontaktů (PAQ Research)
- ▶ Kalibrace modelu (Approximate Bayesian Computation)
- ▶ Apriorní distribuce nad odhadovanými parametry
- ▶ Hospitalizační a jiná COVID-19 data: ÚZIS ČR

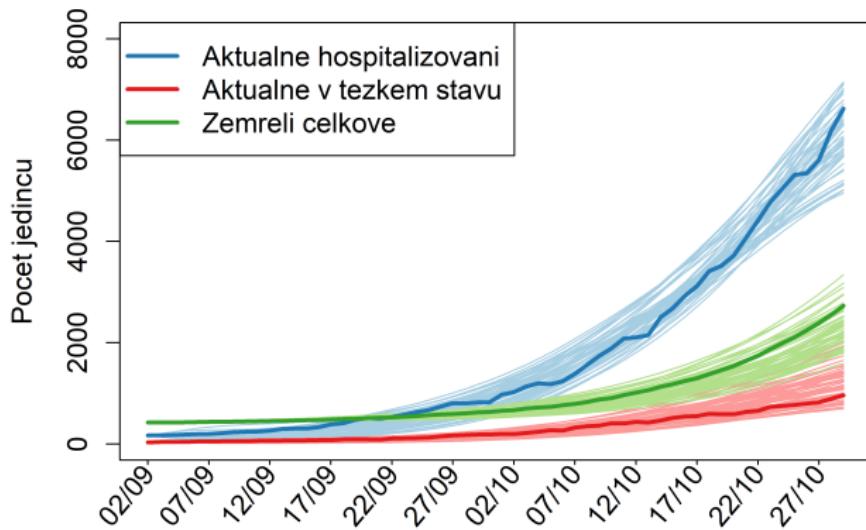
Metodika

Pozorovaná hospitalizační data



Metodika

Pozorovaná hospitalizační data + vybrané “nejlepší” světy



Predikce

- ▶ Je třeba stanovit hypotézy o budoucím dodržování opatření

Predikce

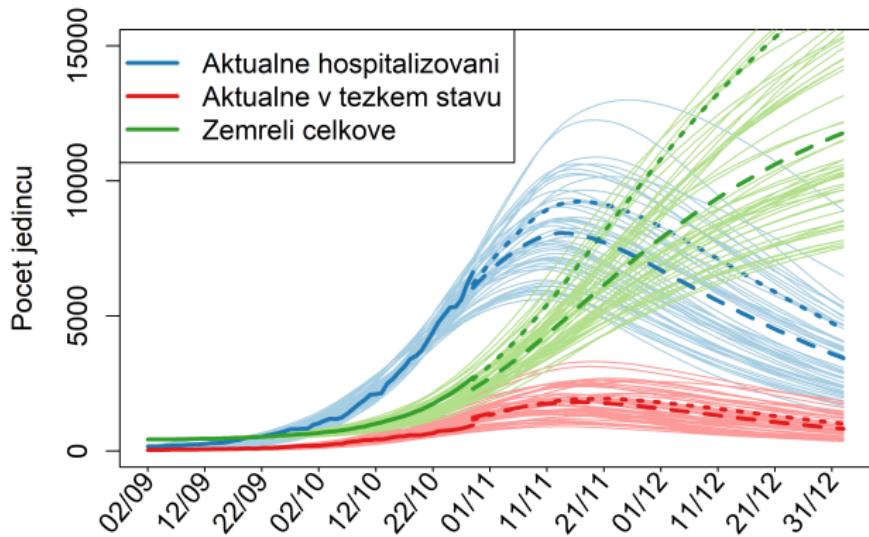
- ▶ Je třeba stanovit hypotézy o budoucím dodržování opatření
- ▶ Problém mapování opatření na redukci kontaktů je podobně těžce uchopitelný jako problém mapování genotypu na fenotyp

Predikce

- ▶ Je třeba stanovit hypotézy o budoucím dodržování opatření
- ▶ Problém mapování opatření na redukci kontaktů je podobně těžce uchopitelný jako problém mapování genotypu na fenotyp
- ▶ Proporcionální redukce kontaktů o 40%, 50%, 60% či o jakýkoliv jiný počet procentních bodů vůči létu (ve druhé polovině března redukce o cca 67%)

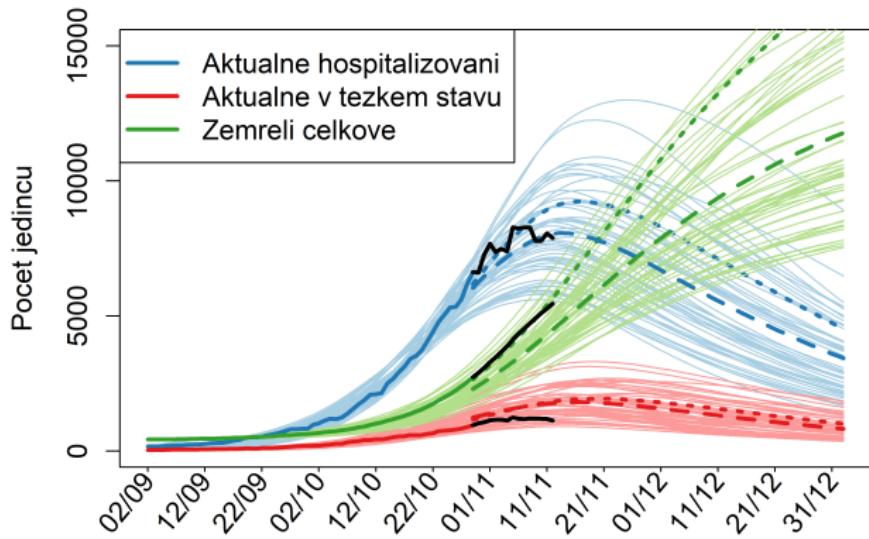
Predikce

Kalibrace do 27.10. + predikce při 50% redukci kontaktů



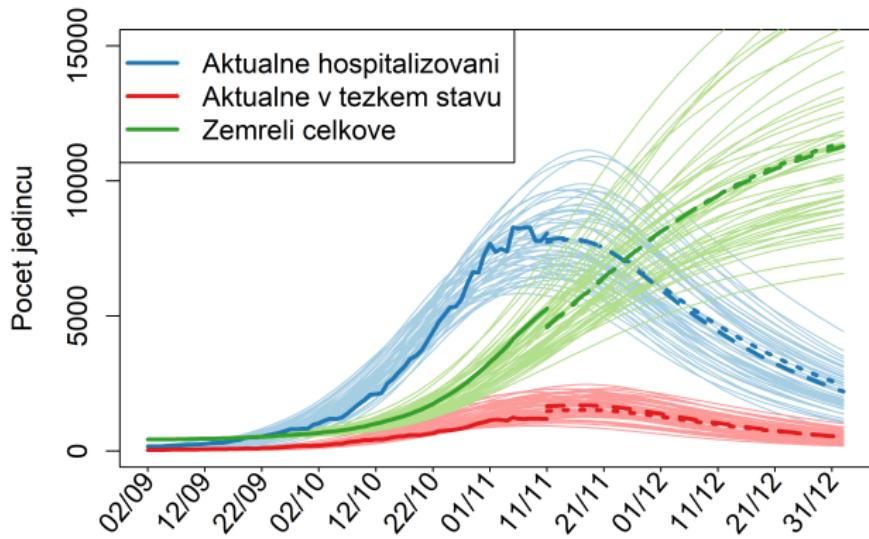
Predikce

Kalibrace do 27.10. + predikce při 50% redukci kontaktů



Predikce

Kalibrace do 9.11. + predikce při 50% redukci kontaktů

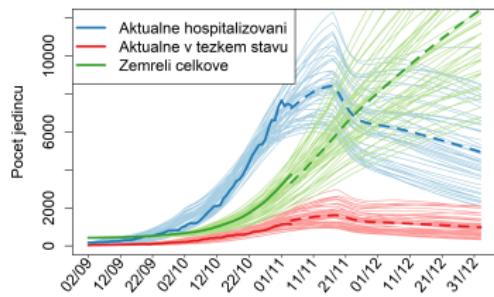


Predikce

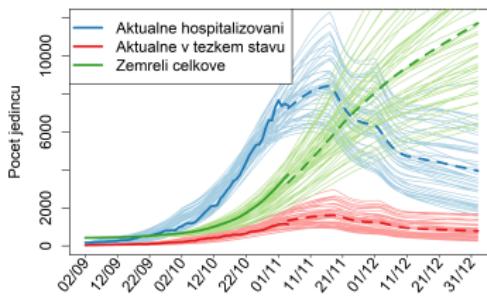
Možné dopady plošného testování

70% populace, 70% citlivost testů: cca 50% infekčních osob v různých infekčních třídách mizí ze systému (kalibrace do 4.11.)

Jedno testování 14.11.



Dvě testování 14.11. a 21.11.



Diskuse

Shrnutí

- ▶ Cíl: vývoj modelu pro predikci dynamiky hospitalizovaných pacientů

Diskuse

Shrnutí

- ▶ Cíl: vývoj modelu pro predikci dynamiky hospitalizovaných pacientů
- ▶ Rychlý, relativně spolehlivý model umožňující využití sociologických informací o dynamice počtu kontaktů

Diskuse

Shrnutí

- ▶ Cíl: vývoj modelu pro predikci dynamiky hospitalizovaných pacientů
- ▶ Rychlý, relativně spolehlivý model umožňující využití sociologických informací o dynamice počtu kontaktů
- ▶ Varianta SEIR modelu: SEAPIHR

Diskuse

Shrnutí

- ▶ Cíl: vývoj modelu pro predikci dynamiky hospitalizovaných pacientů
- ▶ Rychlý, relativně spolehlivý model umožňující využití sociologických informací o dynamice počtu kontaktů
- ▶ Varianta SEIR modelu: SEAPIHR
- ▶ ABC metoda pro kalibraci modelu

Diskuse

Shrnutí

- ▶ Cíl: vývoj modelu pro predikci dynamiky hospitalizovaných pacientů
- ▶ Rychlý, relativně spolehlivý model umožňující využití sociologických informací o dynamice počtu kontaktů
- ▶ Varianta SEIR modelu: SEAPIHR
- ▶ ABC metoda pro kalibraci modelu
- ▶ Široké spektrum možných simulačních scénářů

Diskuse

Omezení a další práce

- ▶ Věkově nestrukturovaný model → vývoj věkově strukturované verze zahrnující věkovou kohortu 65+

Diskuse

Omezení a další práce

- ▶ Věkově nestrukturovaný model → vývoj věkově strukturované verze zahrnující věkovou kohortu 65+
- ▶ Neuvažujeme trasování a karanténu → model zřejmě o něco nadhodnocuje celkové počty nemocných, díky kalibraci na nemocniční data však ne dynamiku hospitalizovaných pacientů

Diskuse

Omezení a další práce

- ▶ Věkově nestrukturovaný model → vývoj věkově strukturované verze zahrnující věkovou kohortu 65+
- ▶ Neuvažujeme trasování a karanténu → model zřejmě o něco nadhodnocuje celkové počty nemocných, díky kalibraci na nemocniční data však ne dynamiku hospitalizovaných pacientů
- ▶ Extenze modelu pro možnost zahrnutí systému PES



Děkuji za pozornost

