



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra inženýrské informatiky**

**Tvorba dynamického simulačního
modelu pro podporu plánování a řízení investic
ve výstavbě**

**Creating a dynamic simulation
model to support the planning and management
of investments in construction**

DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Bc. Hotový Martin, MBA

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství (P3604)

Studijní obor: Systémové inženýrství ve stavebnictví a investiční výstavbě

Školitel: Doc. Ing. Dalibor Vytlačil, CSc.

Praha, 2022

Anotace

Řízení investic ve výstavbě dopravních infrastrukturních staveb (silnic a dálnic) je tématem a problematikou všech období hospodářských cyklů. Možná aplikace a využití metod systémové dynamiky v této oblasti, tj. vytvořením a užitím komplexního dynamického modelu, vyžaduje rozsáhlou orientaci nejen v samotném oboru systémové dynamiky, ale i hluboké sledování konsekvencí nejen v sektoru stavebnictví, ale i mezioborových převážně ekonomických, technologických a sociálních oblastech. Potřeba analýzy, plánování rozsahu investic do infrastrukturních projektů, vhodné načasování může díky aplikaci systémové dynamiky v podobě dynamického modelu pomoci s lepším pochopením plánování výstavby, možného vývoje sektoru v čase a tím i jeho případné stabilizaci. Návrh dynamického popisného simulačního modelu a analýz pro něj potřebných je zpracován na základě systémového přístupu, metodiky systémové dynamiky a tím vystavěn na systémovém myšlení. Jsou stanoveny klíčové entity a parametry, které vzešly z analýzy dílčích submodelů a řady dat, se kterými model dokáže vhodně pracovat. Práce popisuje využití a možnou aplikaci nástrojů systémové dynamiky v kontextu propojení tvrdých a měkkých systémů pro užití ve výstavbě.

Klíčová slova:

Dynamické modelování, systémová dynamika, plánování projektů, řízení projektů, systémové řízení, investiční projekty, dynamické systémy

Annotation:

The management of investments in the construction of transport infrastructure (roads and highways) is a topical issue in all economic cycle stages. The possible application and use of system dynamics methods in this area, i.e. by creating and using a complex dynamic model, requires extensive orientation not only in the field of system dynamics itself, it also requires deep monitoring of consequences in the construction sector as well as in interdisciplinary, particularly economic, technological and social, areas. With the application of system dynamics in the form of a dynamic model, the need for analysis, planning the scale of investments in infrastructure projects and appropriate timing can help provide a better understanding of construction planning and the potential development of the sector over time, and thus its possible stabilisation. The design of a dynamic descriptive simulation model and the analyses required for it are processed on the basis of a system approach, the methodology of system dynamics, and is therefore built on system thinking. The key entities and parameters that emerged from the analysis of partial submodels and a range of data with which the model can work appropriately are determined. The thesis describes the use and potential application of system dynamics tools in the context of connecting hard and soft systems for use in construction.

Key words:

Dynamic modeling, system dynamic, project planning, project management, investment projects, management in civil engineering, system dynamic in civil engineering

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29, PRAHA 6



PROHLÁŠENÍ

Jméno doktoranda: Ing. Bc. Hotový Martin, MBA

Název disertační práce: Tvorba dynamického simulačního modelu pro podporu plánování a řízení investic ve výstavbě

Prohlašuji, že jsem uvedenou disertační práci vypracoval samostatně pod vedením školitele: Doc. Ing. Dalibora Vytlačila, CSc.

Použitou literaturu a materiály uvádím v seznamu použité literatury.

V Praze dne 28.7.2022

.....

podpis

Obsah

1.1	Analýzy a současný stav přímé vědecké aplikace přístupů Systémové dynamiky	15
1.1.1	Teoretická východiska systémového přístupu a systémové dynamiky..	15
1.2	Stanovení hypotézy a klíčových výzkumných otázek	16
1.3	Hypotézy	16
1.3.1	Doplňující výzkumné otázky	17
2	Hlavní charakteristiky potřeb výstavby dopravních infrastrukturních projektů	19
2.1	Vstupní analýza dat submodelu rozsahu silniční a dálniční sítě – hodnocení	22
2.1.1	Analýza rozsahu dopravní infrastruktury	23
2.1.2	Současné nároky na předpokládaný stav silniční dopravní infrastruktury	24
2.1.3	Dopravní soustava v kontextu dopravní politiky a dopadu na rozvoj dopravní infrastruktury	26
2.2	Populace, demografický vývoj ČR: vstupní analýza	28
2.3	Zaměstnanost a produktivita – analýza.....	32
2.3.1	Struktura zaměstnanců ve stavebnictví z pohledu úrovně nejvyššího dosaženého vzdělání	34
2.4	Kapacita stavebního odvětví, vstupní informace a data.....	36
2.5	Očekávaný vývoj ekonomiky ČR – vstupní data	39
2.6	Ekonomický rozvoj EU	40
2.7	Vysokorychlostní železniční sítě a jejich vliv na dopravní infrastrukturu...46	
2.7.1	Vysokorychlostní železnice – analýza	47
2.8	Význam kapitoly pro práci	50
3	Využití metody zpracování	51
3.1	Systémová Dynamika	51
3.1.1	Diagram toků a stavů.....	52
3.1.2	Potenciál systémové dynamiky.....	54
3.1.3	Systémové a dynamické myšlení.....	55
3.2	Systémové myšlení a dynamika aplikovaná na technické oblasti	55

3.2.1	Odhalování chyb v modelu	56
3.2.2	Systemový přístup a modely v technické praxi.....	59
3.3	Postup tvorby dynamického modelu a jeho zpracování.....	60
3.3.1	Definice a účel modelu	61
3.3.2	Užitá data vstupující do popisného dynamického modelu.....	61
3.3.3	Charakteristika a komplexnost systémů	61
4	Dynamický simulační model pro podporu plánování a řízení investic ve výstavbě.....	65
4.1	Modelovací software Stella Architect.....	65
4.1.1	Pole	66
4.1.2	Prostředky, stavy, toky a diagramy prostředí modelovacího SW	68
4.2	Oblasti a hranice modelu	69
4.3	Definice účelu modelu a jeho využití.....	69
4.3.1	Sektorové členění subjektů tvořících systém	70
4.3.2	Návrh a zpracování Rich Picture simulačního modelu	71
4.4	Struktura modelovaného systému.....	72
5	Model	76
5.1	Sektor 1 a 2.: Submodel populace a pracovní síla	78
5.2	Sektor 3 a 4.: Ekonomika.....	86
5.3	Sektor 5 a 6: Kapacitní možnosti sektoru	89
6	Shrnutí	94
6.1	Osobní teoretické i praktické obohacení tvorbou práce.....	95
7	Seznam použitých zdrojů	96
8	Seznam obrázků.....	99
9	Seznam grafů.....	100
10	Seznam tabulek.....	94

1. SMYSL A CÍL PRÁCE

Řízení projektů ve stavebnictví včetně investičních projektů dopravních infrastrukturních staveb (v tomto dokumentu pod tímto pojmem myslíme pouze silnice a dálnice) má svou nepopiratelnou dynamiku. Můžeme postulovat, že ekonomické ukazatele a jejich stabilita se v určitém cyklickém chování kopírujícím celou ekonomickou situaci státu mění, avšak je zřejmé, že stavební sektor veřejných infrastrukturních projektů je silným nástrojem ovlivňování růstu a stabilizování nejen celého stavebního odvětví, ale i velké části ekonomiky státu.

Infrastrukturální investice probíhají po celou dobu všech hospodářských cyklů. Je však vždy otázkou, zda přípravy a investice do rozsáhlých infrastrukturních projektů, jsou vždy vhodně rozloženy, a to jak z pohledu aktuálního stavu projektových, a i administrativních příprav projektů (tj. možnosti je v odpovídající potřebnou dobu spustit), jejich dlouhodobém načasování a vhodnosti alokování zdrojů a jejich výše.

Efektivnost, tj. poměr mezi náklady (vstupy) a míra užitků (výstupy či chceme-li výnosy) je tradiční mantrou ve všech odvětvích a oborech hospodářství. Způsob, jakým však kalkulovat míru efektivity infrastrukturních dopravních staveb můžeme podrobit silné diskusi, jelikož do hry nevstupuje jen poměr vstupy/výstupy, ale také stránka veřejného zájmu, a právě snaha ovlivňovat průběh národní hospodářství.

Zásadní otázkou je, zda veškeré infrastrukturální možnosti a zainteresované zdroje využíváme v maximální možné kvalitativní i kvantitativní míře takovým způsobem, aby přinášely maximalizaci užitku nejen hospodářského (ekonomického), ale aby tyto zdroje vhodně působily i v sociálním směru (zaměstnanost), sektoru stavebnictví jako celku v provázanosti na dodavatelské a subdodavatelské řetězce, růst produktivity aj.

Je zřejmé, že soukromý sektor primárně investuje do svých stavebních projektů ve fázi ekonomické konjunktury či v době levných, tj. dostupných finančních produktů. Domácnosti následují tento možný scénář rovněž a tím v dané konjunkturální období tlačí na sektor stavebnictví v nejméně vhodnou dobu z pohledu rozložení výstavby v čase.

Dlouhou dobu existuje i možnost pobídek investic ze strany státu prostřednictvím dotačních titulů, nízkouročených půjček a či jiných forem nárazových podpor s cílem ovlivnit investiční rozhodnutí domácího sektoru jak z pohledu času (načasování doby zahájení projektu), tak i do určité míry výši investice (tj. rozsahu prováděných stavebních úkonů). Je však vždy nezbytné vyhodnotit, co je vhodné vůči ekonomické stránce jako celku a co ve vztahu k dalším zásadním atributům jakými jsou: plnění příslibů vycházejících z nařízení a smluv EU, míry ekologické zátěže, míry přetěžování či nevytěžování sektoru, pokřivení stavebního trhu (nadměrné požadavky na pracovní sílu a stavební mechanizaci, výše spotřeby stavebního materiálu v krátkém čase atd. – tj. na kapacitu odvětví) včetně doby udržitelnosti projektů měnící se s mírou navyšování nákladovosti stavebních prací a dodávek vyplývajících z případného přetížení tohoto sektoru.

Všechny rozhodnutí směrem k podpoře domácností externími, jakkoliv pozitivními stimuly zajisté tedy mohou mít zpětnou negativní vazbu vůči stavebním firmám a subdodavatelům způsobených růstem cenové hladiny práce, nedostatkem zaměstnanců, skokové navyšování poptávky po materiálu a subdodávkách a tím zhoršení celkového stavu sektoru z důvodu jeho přetížení.

Stát může vynakládat investice do veřejných infrastrukturních projektů sofistikovaněji nejen v době hospodářské konjunktury, ale právě i v době hospodářské recese (resp. v době před jejím zahájením) a snažit se tím zmírnit propad stavebního sektoru a podpořit tak národní hospodářství jako celek.

Upozornit však je třeba hned v prvních částech práce na skutečnost, že si v žádném případě nebere obsah této práce za svůj cíl a ani takto není koncipována, jakkoliv řešit a vyhodnocovat problematiku dopravní situace a silničních sítí v ČR včetně jejich rozvoje. Toto práci nepřísluší. Výběr takto ohraničené oblasti (problematiky) primárně posloužil k přesnějšímu vymezení hranic oblasti, na kterou se autor snažil aplikovat a užít metody systémové dynamiky.

Vyjádření efektivity investic státu jako primární složka uvažování:

Z pohledu státu je složitějším tématem rozhodnou, jaká investice pro něj je vhodná z dlouhodobého hlediska, tj. zda investice do dopravních staveb překoná v dlouhodobém horizontu multiplikační efekty jiných investic např. do školství, zdravotnictví.... Stát nemůže brát investice veřejných prostředků zcela jako sektor soukromý, tj. volit ty, které přinášejí maximální zisk. Musí brát v potaz komplexnější prvky, kterými jsou dopady této investice na obyvatele státu (veřejnost) a musí reflektovat sledované zájmy: maximalizace jejich životní úrovně, čímž do hry vstupují politika, které daný popisný model bere ve své struktuře v úvahu. Politiky jsou silným nástrojem pro rozhodování a prioritizaci, směřování a rozsahu investic. K posouzení investic můžeme brát v potaz ekonomické analýzy (zjednodušeně brát náklady vs. důsledky jednotlivých investic a jejich rozsahů jako celku), ale vždy je vhodné zahrnout i externality, které může investor sledovat v podobě maximalizace životní úrovně, splnění určitého vytyčeného cíle či potlačit případné negativní externality vznikající v sektoru jiném.

V posuzování efektivity investic do silniční sítě může nastat rozpor mezi ekonomickou efektivností a efektivností společenskou. S růstem nákladní a osobní přepravy se může jevit investice do silniční a dálniční sítě jako ekonomicky nejefektivnější, avšak snaha státu o revitalizaci železniční sítě a změny druhů dopravy z pohledu ochrany životního prostředí a tím i zdraví

obyvatel může mít rozhodující vliv a z pohledu celkové efektivity může být tato stránka i převažující. Celkový výkon dopravy však může být z dlouhodobého pohledu limitujícím prvkem ekonomického růstu. Je třeba rovněž vzít v úvahu, že ČR je státem, kdy průmysl a HDP výrazně stojí na samotném automobilovém průmyslovém odvětví, které výrazně přináší pozitivní efekty do celého hospodářství a je jeho stimulem. Snaha o diverzifikaci směrem k upřednostňování např. železniční dopravy by tak mohla mít případně v dlouhodobém horizontu negativní dopad na toto odvětví a tím celkové HDP ČR.

Investice do silniční infrastruktury a jejich specifika:

Investice do dopravní infrastruktury patří mezi jedny z nejnákladnějších investičních aktivit z veřejného rozpočtu a jde do nich velké procento všech proinvestovaných prostředků v každém kalendářním roce. Pro rok 2022, je např. alokováno 160 mld. korun. Z analýzy silniční a dálniční sítě ČR, která je v práci uvedena vychází, že síť není v současné době v odpovídajícím a potřebném stavu jak z pohledu národního, tak i evropského. Kvantitativní i kvalitativní nároky na tuto infrastrukturu stále převyšují její současný stav, který může nabídnout. Vzhledem k tomu, že kvalitní dopravní infrastruktura je strategickým prvkem pro kontinuální ekonomický rozvoj národního hospodářství, je rozhodování i investicích rovněž strategickou otázkou a úkolem vlády.

Socioekonomický systém státu poznává primární význam silniční sítě v krizových momentech, kdy její průchodnost není dobrá či dostává se v některých okamžicích na kritickou úroveň. Dlouhodobější kolaps silniční dopravy, či její dlouhodobé přetížení, by měl silný vliv na ekonomiku státu, fungování společnosti, a i zajištění bezpečnosti a ochranný zdraví obyvatel.

Ekonomická účelnost budování infrastruktury a její specifika u silniční sítě

Projekty investic do dopravní sítě je nezbytné hodnotit nejen z pohledu nákladů a míry užitků i ve vztahu k množství investovaných veřejných prostředků a jejich účelnosti vynaložení, resp. z hlediska vlivu výstavby pozemních komunikací na národní hospodářství. Pohled je třeba upřít nejen na samotné investice, ale i na skutečnosti dalších příjmů plynoucí dopravního sektoru. Specifičností veřejných investic je skutečnost, že se hradí z daní, avšak využití té které investice není mezi obyvatele rozloženo rovnoměrně. Ne každý využívá např. silniční síť ve stejném rozsahu.

Souvislostmi mezi investicemi do dopravní infrastruktury a hospodářským růstem se odborně zabývá i kniha „*Transport infrastructure and global competitiveness*“ [23]. Na základě průzkumů v 50 zemích světa uvádí, že existuje pozitivní vztah mezi investicemi do dopravní infrastruktury a hrubým domácím produktem. Souvislost však jsou vysledovány i mezi ekonomickou výkonností měst a stupněm rozvoje železniční infrastruktury – kvality sítě. Agregátní složka v podobě investic je pro stát významným prvkem struktury výdajů státního rozpočtu, čímž významně ovlivňují poptávku v ekonomice, zaměstnanost a příjmy ekonomických subjektů. Investicemi dochází k nárůstu fixního kapitálu což má vliv na růst potenciálního produktu země [23]

Samotný vztah mezi dopravu a hospodářským rozvojem je však problematictější, a to o to i více, že se na ekonomiku dopravy neklade dle [25] dostatečný důraz. Hospodářský význam můžeme hodnotit na dvou úrovních:

- **makroekonomické úrovni:** vliv na HDP se odhaduje pozitivně v rozmezí 6-12%
- **mikroekonomické úrovni:** ve spojení s výrobními a spotřebitelskými náklady

„Dopravní infrastruktura, pokud je dobře rozvinutá a pravidelně udržovaná je jedním z nejdůležitějších faktorů hospodářského růstu země a regionů“ [24]

Problematika investic do dopravních infrastrukturních staveb, v tomto případě do dopravní sítě, je velmi obsáhlá a diskutovaná. Roli v tématu hrají i Strukturální fondy EU, které svojí podporou mohou zlepšit rozvoj infrastruktury a tím celé oblasti kvality společenského života.

Získat veškerá potřebná data, zjistit míru efektivnosti jednotlivých investic a přínos ve smyslu celospolečenského užitku je nesnadný úkol. Přesto je nezbytné, dlouhodobě rozvoj a udržitelnost dopravní sítě plánovat tak, aby byly investice v souladu s národní i evropskou potřebou, ekonomickou realitou a předpokládaným vývojem národního hospodářství ČR jako celku. Investice do dopravní infrastruktury mohou být zásadním klíčem v rozvoji a udržitelnosti (konkurenceschopnosti) podnikatelského prostředí, což má vliv na rozvoje regionů a celých územních celků. Rovněž kvalita dopravní infrastruktury hraje zásadní vliv ve vztahu k počtu a velikosti podniků. Z toho hlediska práce bere v potaz demografické hledisko, ekonomickou sílu, kapacitu sektoru a zaměstnanosti. Demografická analýza je v dynamickém modelu zahrnuta.

Za těmito všemi popsányými účely, více v kapitole následující, je vytvořena tato práce, která si dala za úkol zpracovat analýzy, aplikovat systémové myšlení a z něho vzešlou systémovou dynamiku na daný problém. Ukázat postup a možnosti tvorby popisného dynamického modelu investic a pomoci tak díky tomuto lépe pochopit investice a jejich vliv na systém. Uvědomit si a uchopit danou problematiku jako „dynamický“ celek se všemi svými vlivy a zpožděními. Na základě toho případně vhodněji analyzovat a plánovat řízení investic.

Cílem a účelem práce je:

Užití systémové dynamiky vzešlé ze systémového myšlení a přístupu, k ukázaní postupu tvorby a navržení popisného dynamického simulačního modelu využitelného pro analýzu řešeného problému ve střednědobém a dlouhodobém časovém horizontu včetně dopadů chování tohoto komplexního systému na jeho jednotlivé části. Vytvořit autorovým vnímáním a pochopením problematiky dostatečně silné vstupní analytické podmínky pro činnosti modelovaného systému, pochopení jeho chování, zpětnovazebných smyček aj. Tato práce má svou podstatou silnou fixaci a zaměření do analýzy a hodnocení jednotlivých atributů a oblastí užitých v submodelech, které jsou do dynamického modelu od mentálního až po skutečný model včleněny. Jejich vzájemnou provázanost a ovlivnitelnost. Odpovídající zpracování analýz, vazeb mezi sektory (submodely) a jejich pochopení je nezbytnou a velmi rozsáhlou částí tohoto dokumentu zvaného disertační práce. Právě tyto vazby a analýzy jsou dalším důležitým a hodnotným výsledkem. Stejně tak, je důležitým výsledkem i snaha o zapracování a aplikaci samotné Systémové dynamiky do řešení tohoto tématu, který v sobě propojuje měkké i tvrdé systémy. Rozvoj kapacity dopravní sítě je v každém období aktuálním tématem, které vyžaduje neustálé sledování situace v dané oblasti tak, aby projekty vzhledem ke své časové náročnosti byly vhodně jak z pohledu časového, tak i rozsahově-ekonomického připraveny, je třeba znát vlivy na sektor stavebnictví. Jak však již bylo uvedeno dříve, oblast řešení je pouze ohraničením řešeného problému, nemá za cíl však dopravní síť a situaci řešit.

Sekundární cíle:

- **Vhodná a optimální aplikace systémového přístupu za užití Systémové Dynamiky a Aplikované systémové dynamiky (Business Dynamics) do procesu analýzy výstavby dopravní infrastruktury.**
- **Při vhodném a včasém pochopení zpětných vazeb v systému a jeho zpoždění: Zrychlení a zkvalitnění rozhodovacích procesů na základě užití aplikované metodologie systémové dynamiky a jejího prvotního přínosu do oblasti veřejných investic vycházející z tvorby modelu.**

Práce se v celém svém kontextu a obsahu zaměřuje znalostmi a poznatky autora na chápání problematiky: techniko-ekonomického dynamického systému investic ve výstavbě (silniční sítě). Zároveň svým obsahem analyzuje a ukazuje možný silný potenciál rozvoje, využití a aplikace systémového myšlení a systémové dynamiky (možného směru užití dynamických modelů a postupů a jeho tvorby) v investiční výstavbě. Dopravní infrastrukturou jsou v práci myšleny stavby silnic a dálnic. V modelu není zahrnut vliv právě probíhajícího přechodu automobilů jezdících na fosilní paliva na vozidla s elektrickým či vodíkovým pohonem, neboť se autor domnívá, že je pro stanovené výsledky možné vliv pohonné jednotky (a pohonných hmot) zanedbat.

1.1 Analýzy a současný stav přímé vědecké aplikace přístupů Systémové dynamiky

1.1.1 Teoretická východiska systémového přístupu a systémové dynamiky

Pro dosažení cílů práce bylo nezbytné řádně vymežit veškeré výzkumné úkoly, a to jak metodického rázu (přípravy) tak i rázu aplikativního, který zahrnoval komplexní analýzy jednotlivých oblastí a částí submodelů (včetně jejich vyhodnocení) a samotný dynamický model.

Výzkumný problém byl analyzován a jeho řešení vyhodnoceno na základě teoretického zkoumání současného stavu daného problému i vlastních zkušeností autora, ve směru aplikace systémového přístupu, resp. využití principů, přístupů a modelů systémové dynamiky, z tohoto systémového přístupu vycházejících. Samotná metodická a analytická příprava, rozbor aplikace systémové dynamiky na řešený problém a analýza hranic a obsahu modelu vycházela z řady po sobě jdoucích a navazujících kroků, které byly voleny jak na základě metodiky systémové dynamiky, tak i její částečné modifikace autorem. Řada rozhodnutí, jakým směrem se samotné zpracování práce a výzkum a aplikace ubíral vycházela i z praktických zkušeností autora. Užití metody a směřování výzkumu bylo z pohledu správnosti a korektnosti konzultováno se školitelem a rovněž dáváno do kontextu s odbornou literaturou a studiem aplikace a přínosu užití dynamických modelů v jiných odvětvích, kde toto využití na rozdíl od stavebnictví, má již určitou dlouhodobější historii.

1.2 Stanovení hypotézy a klíčových výzkumných otázek

Hypotéza je v našem případě vědecký předpoklad-tvrzení, jehož platnost pouze předpokládáme. Lze ji však výzkumnou činností potvrdit či vyvrátit. Výsledek musí však vždy být v souladu s co největším množstvím faktů, kterých se dotýká. Pokud v průběhu procesu potvrzování či vyvracení hypotézy dojde k zjištění nových faktů, je třeba je do této hypotézy implikovat či hypotézu brát za vyvrácenou. Hypotézu tak bereme jako základ empirické vědy.

1.3 Hypotézy

1. Užitím metodiky systémové dynamiky, její aplikace a výsledků popisného modelu investic do výstavby infrastrukturních projektů výstavby silnic a dálnic lze získat a analyzovat vhodné informace pro investiční řízení těchto projektů.
2. Systémová dynamika a na základě její metodologie autorem vypracovaný Dynamický popisný model investic schopen volbou vhodně zadaných parametrů odpovídajícím způsobem simulací analyzovat změny stavů v sektoru stavebnictví – resp. oblasti týkající se řešeného problému.

1.3.1 Doplnující výzkumné otázky

Teoreticky výzkumnou otázku bereme jako výrok, který „identifikuje problém, který bude zkoumán“ [22]

Formy vymezení výzkumných otázek dle [21], můžeme členit takto:

- interakční otázka (zaměřená na vzájemné působení údajů)
- organizační otázka (zaměřená na organizační mechanismy a jejich uplatnění při zkoumání údajů)
- biografická otázka (posuzování údajů z hlediska zkušeností).

Základní doplňující výzkumné otázky byly tedy pro tuto práci stanoveny následovně a v textu jsou postupně zodpovídány:

1. *V jakém rozsahu a času je možné investice do infrastrukturních dopravních staveb realizovat a vliv této skutečnosti na systém jako celek?*

Aby bylo možné infrastrukturní projekty do dopravní sítě začít realizovat je nezbytné je mít včas komplexně připravené (tj. včetně všech potřebných administrativně-legislativních úkonů) a mít pro ně zajištěnou odpovídající kapacitu. Zde do tohoto tématu, mimo potřeb zkapacitnění silniční a dálniční sítě na základě požadavků růstu populace a ekonomiky, aktivně vstupují rovněž schvalovací procesy dané stavebním zákonem, získávání a výkup potřebných pozemků, délka správních řízení aj., které v systému nazýváme *politikami*. Rovněž je třeba brát v potaz rozvoj technologií, ovlivňující délku stavebních prací na jednotlivých investičních projektech a již zmíněnou aktuální míru kapacity stavitelství v daném sektoru a z toho vyplývající stupeň zatížení stavebního odvětví (míra vytížení kapacity).

- 2. *Ovlivňují investice do výstavby silnic a dálnic investice dalších dopravních infrastrukturních staveb v podobě např. vysokorychlostních železnic či opačně, popř. jak?***

Doplňující otázka číslo 2. cílí na úvahu, zda další stavební investice, které v aktuálním sledovaném období provádí veřejný sektor ovlivní investice do výstavby dopravních silniční sítě či jakou měrou ovlivní stavební kapacity - z pohledu zdrojů a to převážně míry zaměstnanosti v sektoru stavebnictví, možnosti dodávek stavebních materiálů v potřebném množství, ceně a času.

- 3. *Existují stavy, při jejichž dosažení je vhodné ve zvýšené míře investovat do infrastrukturních projektů rozvoje a rekonstrukce silniční sítě či naopak, dochází k přetížení?***

Výzkumná otázka zkoumá, zda na základě aplikace systémového myšlení a získaných výstupů dynamického modelu, je možné stanovit určité kritické meze (hodnoty) při jehož dosažení by bylo zřejmé a oprávněné nasazení zvýšené míry investic, a to z několika hlavních důvodů, které mohou nastat:

- podpora domácí ekonomiky z důvodu růstu nad kritický bod, kdy se dopravní infrastruktura v daném stavu se stane „brzdou“ pro další rozvoj jak ekonomiky, tak i životní úrovně
- cílená stabilizace sektoru stavebnictví z důvodu poklesu hospodářského cyklu
- podpora zaměstnaneckého sektoru

- 4. *Je přínosem investic do infrastrukturních staveb primárně pouze ekonomická stránka investice či je nezbytné brát v potaz i ekologické a sociální vlivy a jejich dopady v dekadách budoucích?***

Řada otázek, které téma investic do rekonstrukcí a budování nové dopravní silniční infrastruktury vyvolává, může být téměř „nekonečná“. Proto je nezbytné vhodně vymezit hranice výzkumného problému a samotného dynamického popisného modelu. Naopak „hranici“ modelu je důvodně možné učinit na hranicích ČR, tj. nevztahovat stav stavebních sektorů v okolních zemích jako celky, ale zahrnout tyto skutečnosti pouze do míry jednotlivých submodelů: zaměstnanosti a kapacity odvětví, kde může docházet k úbytku či naopak i přebytku zdrojů z důvodu stavu kapacity okolních zahraničních stavebních sektorů. Kapacita dopravní sítě je v modelu prezentována množstvím tranzitní přepravy v celkovém cenovém objemu tohoto zboží.

2 Hlavní charakteristiky potřeb výstavby dopravních infrastrukturních projektů

Dálniční síť a ostatní silniční sítě lze v některých místech a oblastech, kterých není zrovna málo, označit za nedostačující či nevhodné z hlediska jak dle současných, tak i budoucích potřeb, které na tyto silniční sítě jsou či budou kladeny. V současnosti je dokončována generální oprava a revitalizace dálnice spojující Prahu a Brno, což přinese určitý pozitivní efekt, avšak volbou rekonstrukce a nepřistoupení na přidělení třetího pruhu je možné, že nedostatečně navýšené zkapacitnění tohoto tahu bude mít v budoucnu za následek další negativní vliv do funkčnosti a dostatečnosti dopravní silniční sítě.

V rozvojovém programu investičních projektů Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD), které již nyní probíhají jsou stavby, které: částečně zlepší vzájemného propojení krajských měst, zlepší připojení na sousední státy, kdy propojení s Rakouskem má být zajištěno prodloužením a výstavbou dálnice D3. Na polskou stranu pak dálnicí D11.

Navzdory pozitivnímu samozřejmě je vnímána i velká řada nedostatků, mezi které patří:

v západních Čechách chybí odpovídající a kapacitně funkční propojení z pohledu D6 a D7

zpoždění výstavby a tím nezprovoznění tahu a samotné dálnice D3, a to nejen směrem od Českých Budějovic k Rakousku, ale i směrem od Tábora (resp. Miličína) směrem na Prahu.

chybějící doplňující propojení mezi Čechy a Moravou v takovém rozsahu, aby byly minimálně dvě silné dopravně propojující tepny

kapacitně nedostačující (u zásadních úseků dálnic a silnic I. třídy) či nedokončená propojení ČR s mezinárodními tranzitními trasami do okolních států

z pohledu potřebné kapacity neodpovídá v současnosti ani stav podpůrné dopravní infrastruktury, mezi které patří odpočívky, odstavná parkoviště a další podpůrné služby pro mezinárodní tranzitní přepravu a dopravu.

nevhodně probíhající etapizace výstavby dálnic z důvodu nepřipravenosti projektů či jejich zdlouhavé a velice komplikované povolování

Z úhlu pohledu práce se ze zjištěných skutečností jeví jako prioritní získání potřebných dat a informací k rozhodovacím procesům, aby bylo možné optimálně a efektivně z ekonomického i časového hlediska plánovat investice do výstavby nových úseků silnic a dálnic, či investic do jejich zkapacitnění, které by mělo vždy představovat rezervu pro budoucí předpokládaný vývoj a potřeb, které na tyto sítě budou v budoucnosti kladeny. Z těchto pohledů je třeba se zaměřit i na zefektivnění povolovacích procesů.

Hlavní problémy této oblasti byly analyzovány prací takto:

- nedostatečná kapacita silniční a dálniční sítě v některých úsecích a směrech, a to u již vybudovaných dopravních staveb, tak i u plánovaných
- nevhodná etapizace výstavby převážně způsobená nevhodnými *politikami*
- nedostačující tempo výstavby nových úseků silnic a dálnic z důvodu zdoluhavých a komplikovaných povolovacích politik či aktuálně dostupné kapacity sektoru

Z pohledu komplexnosti práce bere úvahu i další skutečnosti, než které zahrnují běžné dopravní analýzy potřeb silniční a dálniční sítě. Patří mezi ně ekonomická vyváženost jednotlivých regionů, na které může mít vliv právě kvalita a kapacita dopravní sítě zvýšený dopad. Rozvoj dopravní infrastruktury v regionech, které jsou z hlediska strategické polohy vůči zahraničním obchodním partnerům ČR solidní, ale nedostatečnost silniční infrastruktury jim neumožňuje odpovídající ekonomický a s tím související pozitivní rozvoj. Investice do infrastrukturních dopravních projektů by nemusely nutně brát tolik na zřetel, pokud to bude potvrzeno, zkapacitnění příjezdů do Prahy a propojení krajských měst kvůli odlehčení pražskému okruhu, ale měly by brát v úvahu, jak tuto dopravu vhodně odlehčit jejím přesměrováním do jiných oblastí ČR.

Model však vzhledem k nastaveným hraničním dynamického modelu, ve kterých se pohybuje, pracuje ve své simulaci výhradně s celkovým počtem kilometrů vystavěných úseků silnic a dálnic či objemu kilometrů a finanční náročnosti, které budou stavěny či budou potřebovat v dlouhodobém horizontu postavit. Soustředí se na množství alokovaných zdrojů v čase. Přesto autor práce považoval za důležité, problematiku více analyzovat, aby byla zřejmě viditelná potřeba těchto investic s určitou predikcí jejich budoucího objemu.

Ekonomika těchto infrastrukturních investic je podrobena analýze a zkoumání nejen čistě v rovině technicko - ekonomické, ale i v rovině přidané hodnoty: posílení atraktivnosti, enviromentální strážce – snaha upřednostnit hromadné formy osobní přepravy a tranzitů, potřeby ochrany přírodního bohatství (půdy aj.). Infrastrukturní dopravní stavby musí tedy i vykazovat tzv. společenskou efektivnost jako celek. V řadě případů je nezbytné z důvodu zvýšení ekonomické atraktivnosti regionu propojit silniční a dálniční síť na mezinárodní trasy, což vyžaduje dle analýzy „politiky“ daného problému jasný směr, kudy se primárně investice budou ubírat. Práce si však nebere za své hodnotit, zda řešením dopravních problémů je třeba se vydat masivněji například přesunem k hromadné dopravě, jak uvádějí někteří autoři či nikoliv. Soustředí se pouze na aplikaci systémové dynamiky do dané problematiky a ukazuje její možný budoucí potenciál.

2.1 Vstupní analýza dat submodelu rozsahu silniční a dálniční sítě – hodnocení

Sumarizace dopravních infrastrukturních staveb je nezbytným vstupním podkladem do optimální analýzy vstupující v datech do dynamického modelu řízení investic ve výstavbě. Nejen nové projekty výstavby silniční sítě jsou nákladné na investice a kvalitu strategického plánování. Nemalou míru investic je třeba směřovat nejen do běžné údržby současné infrastruktury, ale i do komplexních renovací a vhodného zkapacitnění rychlostních komunikací a silnic první třídy, byť projekty vystavěné „na zelené louce“ můžeme z pohledu plnění svých účelů brát jako optimálnější variantu.

2.1.1 Analýza rozsahu dopravní infrastruktury

Dálniční a silniční síť má v České republice relativně pozvolnou rozvojovou tendenci, která byla v posledních obdobích mírně po očekávání. K větším změnám v celkové délce dálnic docházelo primárně v důsledku pře-kvalifikací jednotlivých silničních tříd na stupně jiné – např. rychlostní komunikace byly převedeny do dálniční.

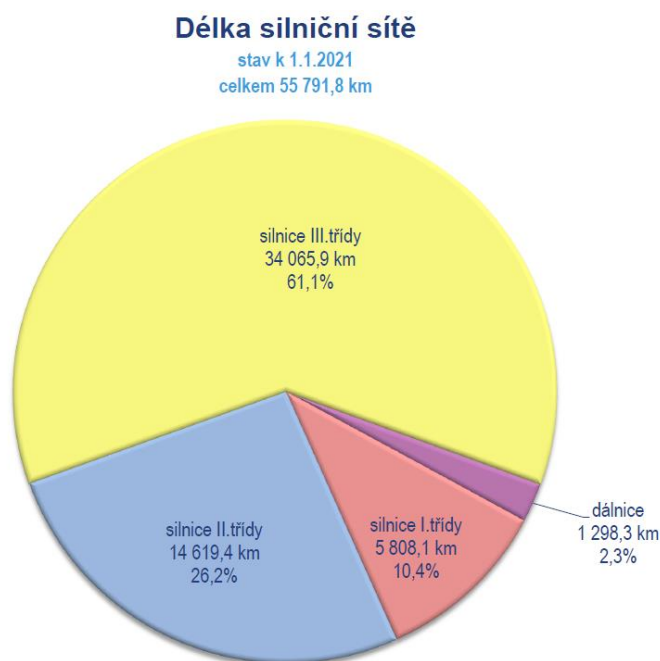
Délka silniční sítě		[m]				k 1.1.2021
		dálnice	silnice I.třídy	silnice II.třídy	silnice III.třídy	celkem
CZ010	hlavní město Praha	44 419	10 078	29 802	42	84 341
CZ020	kraj Středočeský	361 283	669 084	2 387 279	6 229 054	9 646 700
CZ031	kraj Jihočeský	74 491	647 830	1 626 151	3 802 329	6 150 801
CZ032	kraj Plzeňský	109 238	418 083	1 495 298	3 106 351	5 128 970
CZ041	kraj Karlovarský	37 463	188 809	475 359	1 363 812	2 065 443
CZ042	kraj Ústecký	95 046	487 700	898 266	2 747 123	4 228 135
CZ051	kraj Liberecký	4 587	348 411	483 998	1 579 701	2 416 697
CZ052	kraj Královéhradecký	20 919	436 743	896 221	2 386 089	3 739 972
CZ053	kraj Pardubický	13 400	441 672	929 371	2 205 517	3 589 960
CZ063	kraj Vysočina	92 478	426 712	1 633 816	2 922 965	5 075 971
CZ064	kraj Jihomoravský	160 285	425 512	1 467 451	2 392 751	4 445 999
CZ071	kraj Olomoucký	139 737	347 537	936 448	2 174 430	3 598 152
CZ072	kraj Zlínský	33 077	331 650	513 276	1 258 480	2 136 483
CZ080	kraj Moravskoslezský	111 862	628 300	846 690	1 897 283	3 484 135
celkem		1 298 285	5 808 121	14 619 426	34 065 927	55 791 759

Obrázek 1 – Délka silniční sítě, Zdroj: ŘSD [15]

Počet a délka mostů						k 1.1.2021					
		dálnice		silnice I.třídy		silnice II.třídy		silnice III.třídy		celkem	
		počet	délka [m]	počet	délka [m]	počet	délka [m]	počet	délka [m]	počet	délka [m]
CZ010	hlavní město Praha	89	11 306	4	60	1	61	–	–	94	11 427
CZ020	kraj Středočeský	413	22 696	257	9 476	693	14 204	1 153	12 575	2 516	58 951
CZ031	kraj Jihočeský	115	10 884	280	8 475	399	5 824	667	7 518	1 461	32 701
CZ032	kraj Plzeňský	126	8 544	171	5 786	375	5 532	591	5 959	1 263	25 820
CZ041	kraj Karlovarský	50	7 173	129	8 190	153	2 826	321	4 090	653	22 279
CZ042	kraj Ústecký	121	20 036	388	17 904	283	5 291	623	7 252	1 415	50 483
CZ051	kraj Liberecký	1	4	256	8 969	172	2 101	476	4 262	905	15 335
CZ052	kraj Královéhradecký	39	1 787	227	6 578	303	3 425	567	5 086	1 136	16 876
CZ053	kraj Pardubický	31	1 056	219	5 079	267	3 029	558	5 581	1 075	14 745
CZ063	kraj Vysočina	102	3 595	176	4 514	380	4 849	500	4 160	1 158	17 119
CZ064	kraj Jihomoravský	205	8 849	243	8 821	478	7 880	667	7 275	1 593	32 825
CZ071	kraj Olomoucký	219	16 088	227	5 869	376	4 773	718	7 938	1 540	34 669
CZ072	kraj Zlínský	58	2 823	196	5 257	218	2 636	514	6 243	986	16 960
CZ080	kraj Moravskoslezský	207	19 944	492	24 077	442	10 341	718	10 994	1 859	65 357
celkem		1 776	134 787	3 265	119 055	4 540	72 772	8 073	88 933	17 654	415 547

Obrázek 2 – Počet a délka mostů ČR, Zdroj: ŘSD

Celkový poměr mezi jednotlivými druhy komunikací:



Obrázek 3 - Procentuální poměr silniční sítě ČR, Zdroj: ŘSD

2.1.2 Současné nároky na předpokládaný stav silniční dopravní infrastruktury

Dalším potřebným atributem modelované situace je demografická křivka ČR (vč. Demografického složení obyvatelstva) a trh práce. Větší populace vyžaduje více rozsáhlé transiční koridory, více realizovaných projektů následně vyžaduje více kvalifikovaných osob pracujících ve stavebnictví. Zlepšování a vývoj stavebních technologií, a s tím související snaha o kontinuální růst produktivity, tlačí na zvyšování kvalifikace pracovníků ve stavebnictví. Tím se celý proces prolíná do migračního submodelu kvalifikovaných pracovníků a rovněž do školského systému.

Se současnými zdroji je třeba zvýšit úroveň produktivity, která se ve stavebním sektoru zvyšuje oproti jiným sektorům (jako je např. strojírenství) velmi pozvolně. Samozřejmě je to dáno specifičností stavebnictví jako celku,

podmínek, ve kterých působí, jež ovlivňuje daleko více externalit (počasí, fáze dne a roku... atd.).

K pochopení chování systému, aplikaci Systémového přístupu a naladění správného dynamického modelu investic je nezbytné mít „klíč“ v tomto případě v podobě právě *dynamického modelu investic*, který nám dovolí otestovat potřebné situace a možnosti ve virtuálním prostředí na základě aktuálních dat, která jsou následně využita pro modelování střednědobého i dlouhodobého plánování s ohledem na predikované stavy vývoje populace, ekonomiky, technologií a kapacity sektoru.

Na rozsáhlé infrastrukturní projekty mohou však mít vliv i soukromí stavební investoři, kteří se primárně rozhodují ve střednědobém výhledu s důvěrou v ekonomickou stabilitu v horizontu dlouhodobém. V případě ekonomické konjunktury může součet rozsahu stavebních prací narazit na nedostatky zdrojů (lidské, materiální, technologické) čímž by došlo ke zdražení stavebních prací, což by mohlo mít vliv i na větší infrastrukturní plánované projekty v podobě zvýšení cenové hladiny stavebních prací, tak i dodacích lhůt jednotlivých infrastrukturních staveb. Kapacity ve výstavbě jsou omezené a alokace zdrojů včetně jejich získávání hraje silnou roli ve vlivu na celý sektor včetně jeho ekonomické stránky. Přesto model zahrnuje kapacitu stavebního sektoru jako jeden celek s tím, že negativní ekonomické vlivy bere v potaz jako aktuální či očekávanou inflaci primárně působící na sektor.

Politiky státu (rozumějme rozhodování ke směřování země) mohou být každé 4 roky měněny na základě volebních výsledků, avšak dlouhodobé plánování vyžaduje překročit tato časová období. Aby bylo možné toto uskutečnit, je třeba rozhodovat infrastrukturní investice na základě co nejvíce prediktivně získaných dat a informací. I predikce se mohou v čase měnit či na ně mohou zapůsobit silné a téměř neočekávané vlivy (válka, ekonomické sankce...), ale v případě, že se aktuální data a vývoj situace včas zakomponují do

modelujících nástrojů (Modelů systémové dynamiky) budeme mít možnost mít model, modelované situace, aktuální.

2.1.3 Dopravní soustava v kontextu dopravní politiky a dopadu na rozvoj dopravní infrastruktury

Dopravní soustava se postupně buduje jako jednotný dopravní systém postavený na mezioborové kooperaci a na principech hospodářské soutěže mezi poskytovateli služeb. Důraz je kladen na udržitelnost rozvoje s ohledem na cíle EU a ČR v oblasti opatření vůči klimatickým změnám, vůči plnění limitů znečištění ovzduší a vůči potřebným energetickým úsporám. Lze to charakterizovat následujícími body:

- zvyšování energetické účinnosti,
- posilování nezávislosti na fosilních palivech,
- posun k uhlíkově neutrálnímu hospodářství,
- snižování emisí jednotlivých znečišťujících látek,
- zvyšování ekonomické efektivity,
- úspory v oblasti nedostatkových pracovních sil,
- snižování tempa extenzivního záboru ploch,
- omezování fragmentace krajiny,
- snižování zátěže obyvatelstva kontinuálním hlukem,
- zamezování dopadů rozvojových projektů na chráněná území (národní a evropské sítě).

Na druhou stranu dopravní systém musí zajistit fungování ekonomiky a nesmí být omezujícím faktorem jejího rozvoje. Proto je nutný následující postup řešení dalšího rozvoje dopravní soustavy v jednotlivých krocích:

1. předcházení potřebám po mobilitě – je nutné zajistit dostupnost a propojitelnost, avšak v rámci optimalizace logistických a pracovních postupů lze šetřit potřebami po mobilitě, aniž by to bylo na úkor ekonomického rozvoje, a naopak se tak zvyšovala efektivita podnikání a procesů. Souvisí to s rozvojem technologií.

2. Multimodální přístup k dopravě – jde o mezioborovou spolupráci s cílem využívat energeticky efektivnější druhy dopravy tam, kde je to ekonomicky odůvodnitelné, tzn. zpravidla v případě pravidelných a silných přepravních proudů.

3. Optimalizace fungování jednotlivých dopravních módů – zkvalitňování dopravní infrastruktury včetně jejího vybavení inteligentními dopravními systémy (ITS), zavádění alternativních energií v dopravě, zejména na bázi elektrické energie.

Tento princip je nutné aplikovat v souladu se Strategií regionálního rozvoje na jednotlivé typy regionů, a to následovně:

- Dálková a meziregionální doprava – realizace principů zakotvených v evropském nařízení č. 1315/2013/EU o transevropských dopravních sítích.
- Doprava uvnitř metropolí a aglomerací – principy definuje koncept Plánů udržitelné městské mobility pro velká města. Základem je dopravní soustava hustě osídlených oblastí, a to na principu vytváření podmínek pro aktivní mobilitu a veřejnou hromadnou dopravu. Individuální motorová doprava musí být řešena s ohledem na její hlavní problém, kterým je prostorová náročnost. Uliční prostor nemůže být pouze dopravní infrastrukturou nebo parkovištěm, ale prostorem multifunkčním s vyváženým zastoupením dopravy a ostatních aktivit. Proto je nutné řešit otázky sdílených aut a konceptu Mobilita jako služba (Mobility as a Service /MaaS/).

- **Doprava ve venkovském prostoru (menší centra a venkovské zázemí) bude řešena na základě Plánů udržitelné městské mobility pro menší města, plánů dopravní obslužnosti krajů. V tomto kontextu je důležitá rovněž kvalita dopravní infrastruktury regionálního významu (silnice II. a III. třídy, které sice přenášejí obvykle nižší dopravní zátěže, avšak v konečném úhrnu s ohledem na rozsah této sítě jde o atribut významný.**

2.2 Populace, demografický vývoj ČR: vstupní analýza

Hlavní vstupní atributy sektoru „Populace“

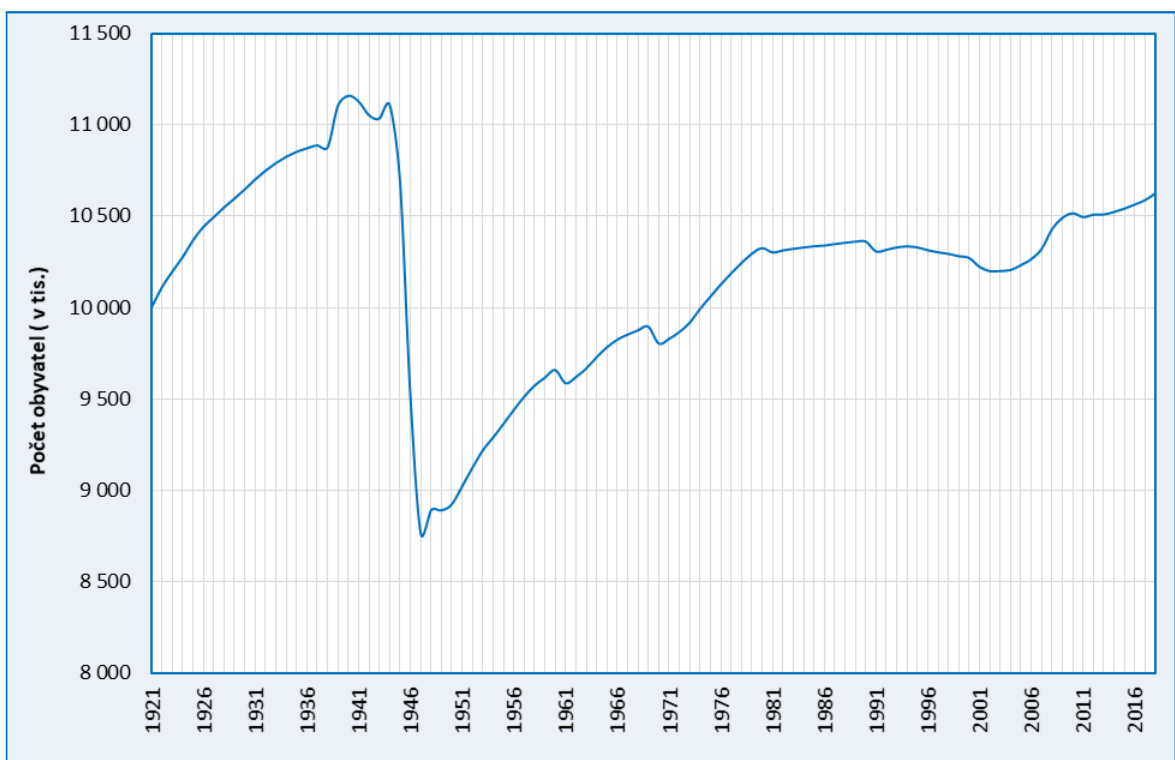
- **dostupnost lidských zdrojů (pracovní síly)**
- **vliv na potřeby dopravy a přepravy (tranzitů vnitrostátních i mezinárodních)**
- **míra životní úrovně obyvatelstva a s tím spojený ekonomický růst / pokles**
- **mobilita a dostupnost-vliv na malé a střední podniky (MSP) a tím zpětnovazebně na životní úroveň, stav ekonomiky a potřebu dopravy a tranzitů**

Demografický vývoj měl několik důležitých bodů, které způsobily výraznější změny v rozsahu populace či změny v chování obyvatelstva. Zásadní změny nastaly před a při druhé světové válce, kdy populace před začátkem světové války dosahovala téměř 11,2 milionu, avšak po druhé světové válce postupně klesla až na 8,8 milionu obyvatel ČR. Následně opět docházelo k postupnému navýšování obyvatelstva. 10 mil. obyvatel ČR dosáhla až po 1975. Další silné změny a růst ekonomiky a tím i populace nastaly po roce 1989. Vstup do Evropské unie (r. 2004) rovněž měl silný vliv na růst ekonomiky a tím i navýšení tranzitní a vnitrostátní přepravy.

V nadcházejícím období, kdy předpokládáme stárnutí obyvatelstva je pro model důležitá křivka:

- porodnosti
- úmrtnosti
- imigrace

Všechny tyto tři atributy jsou v modelu zahrnuty v prvním sektoru, kdy vstup do populace v podobě růstu poklesu je dán rozdílem míry porodnosti a úmrtnosti. Důvodem tohoto rozhodnutí je skutečnost, že na submodel Populace navazuje submodel zaměstnanosti, tj. lidé přicházející trh práce v produktivním věku. Rozhodnutí o této skladbě vstupů a výstupů bylo čistě autorovým vnímáním řešené problematiky.



Graf 1 - Vývoj celkového počtu obyvatel na dnešním území České republiky, 1921–2018 (k 1. 7.), Zdroj: ČSÚ

Jak je vidět z analýzy k poklesu či útlumu došlo při celosvětového hospodářské krizi, která svět zasáhla po roce 2008. Od roku 2015 však došlo k silnému hospodářskému oživení, což pomohlo pozitivně i demografickému vývoji. Samostatnou a nepostradatelnou stránkou je migrace a emigrace. V nadcházejícím období několika desítek let predikujeme, že migrace nebude hlavním tahounem změn ve složení obyvatelstva a jeho přírůstku či úbytku – viz. kapitola dynamický model, který v daném submodelu složku imigrace a emigrace zahrnuje.

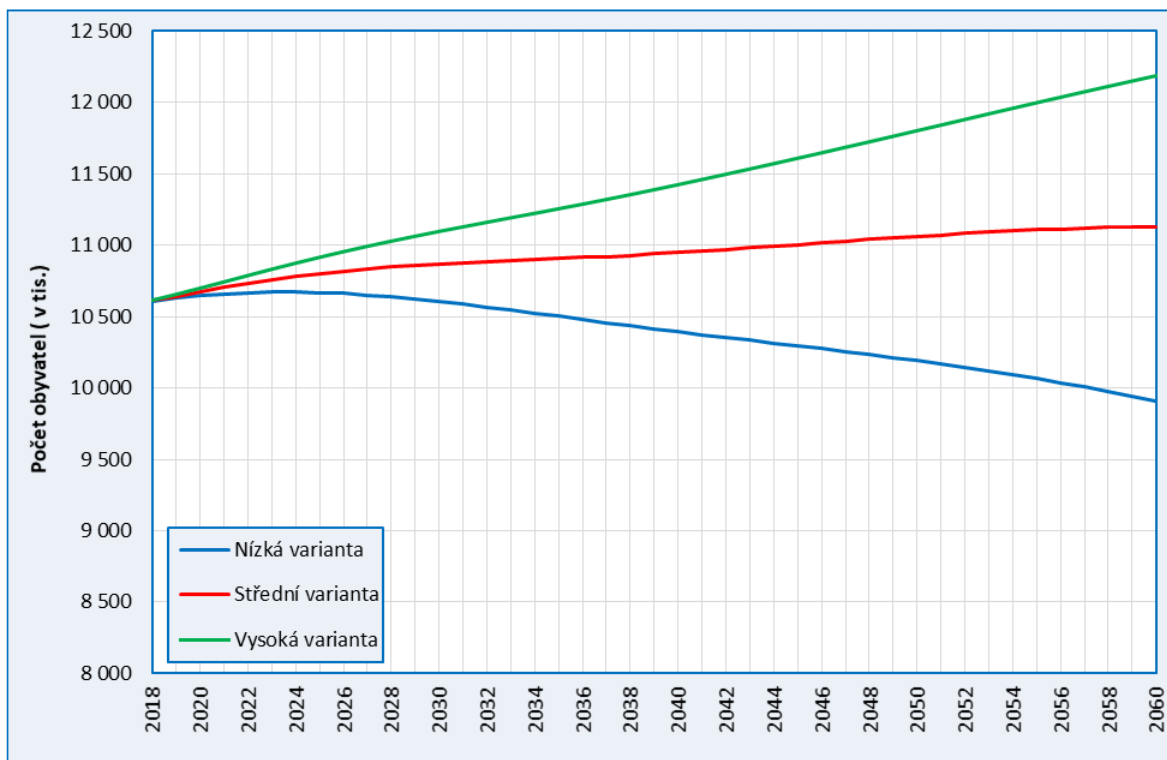
Na stav obyvatelstva má primární vliv křivka plodnosti a úmrtnosti, kdy se dle věkového složení obyvatelstva předpokládá přirozené zpomalení. Na vývoj bude mít nezanedbatelný vliv i ekonomická situace a její predikovaný stav. Všechny tyto atributy dynamický model zohledňuje ve svém submodelu demografického vývoje včetně jeho předpokladů, vztahů a možností.

Citlivost tohoto submodelu výrazně bude ovlivňovat nastavení hodnot: **po-rodnosti, úmrtnosti, imigrace a emigrace.**

Z pohledu zpracovávané situace (dynamického modelu) jsou pro model důležité dva hlavní atributy:

Pozitivní představuje **vysoký reprodukční potenciál**, který je daný vysokou aktuální i očekávanou plodností.

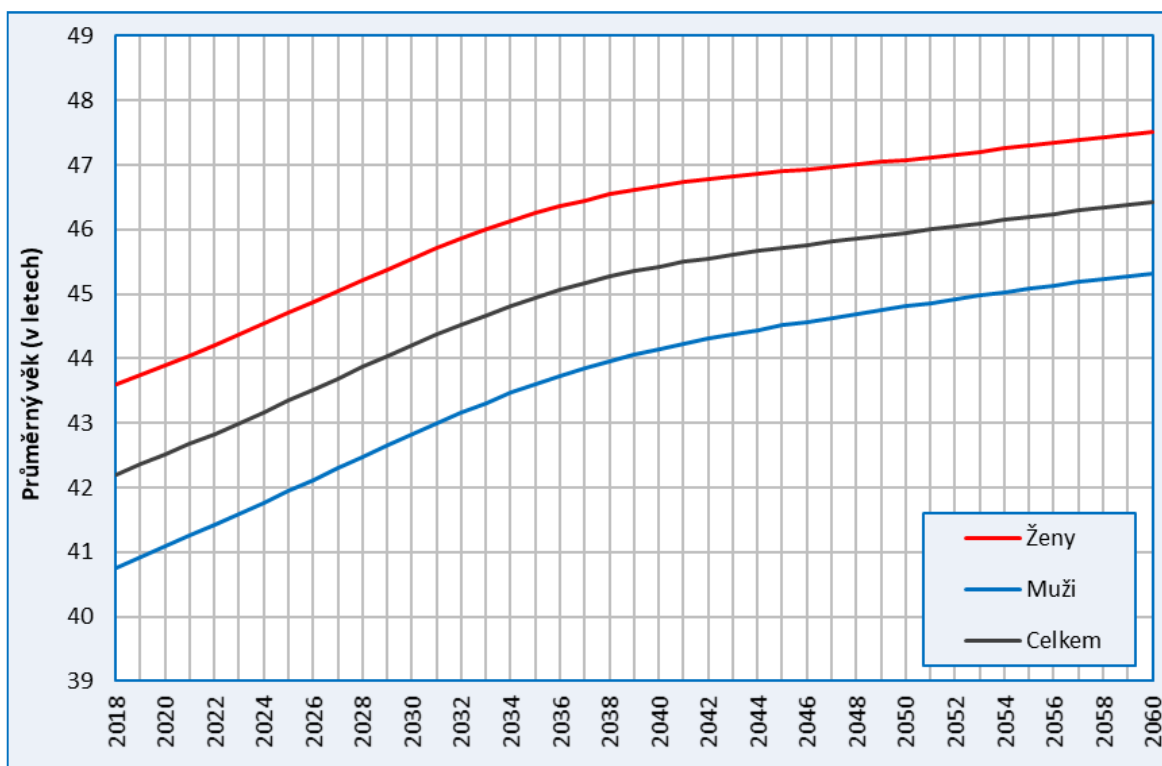
Negativním jevem je **nepříznivá věková struktura**, kde dlouhodobým trendem bude stárnutí populace.



Graf 2 - Předpokládaný vývoj celkového počtu obyvatel České republiky do roku 2060, Zdroj: Burcin a Kučera (2018)

42,5 roku je současný průměrný věk obyvatelstva, který by měl postupně narůstat, což nemůžeme brát jako ryze pozitivní zprávu ve smyslu ekonomickém. Do roku 2035 by měl průměrný věk být 45 let a stále v dalším období růst, avšak již pozvolněji.

Dynamický model ve svých prvotních fázích tvorby pracoval se střednědobou variantou. Konečné fázi i variantu nízkou, a to z důvodu mezinárodní situace vzniklá v únoru 2022, tj. těsně před dokončením této práce, která výrazně mění nejen politiky, ale v dlouhodobějším časovém horizontu může mít vliv i na populační vývoj. Autor v práci očekává podobný vliv jako při ekonomické krizi v roce 2008.



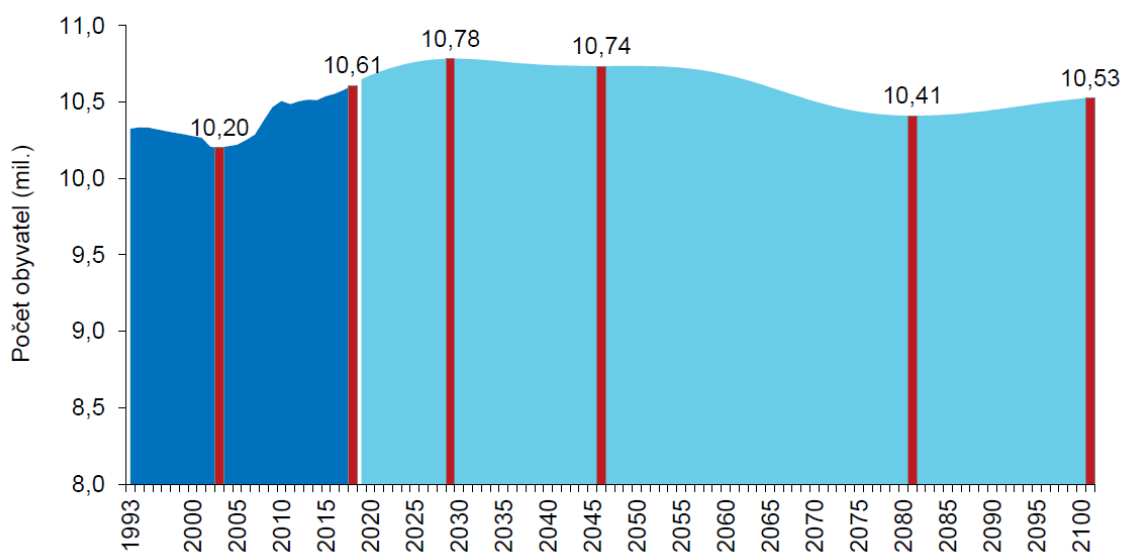
Graf 3 - Očekávaný vývoj průměrného věku obyvatel ČR do roku 2060, střední varianta prognózy, Zdroj: Burcin a Kučera (2018)

2.3 Zaměstnanost a produktivita – analýza

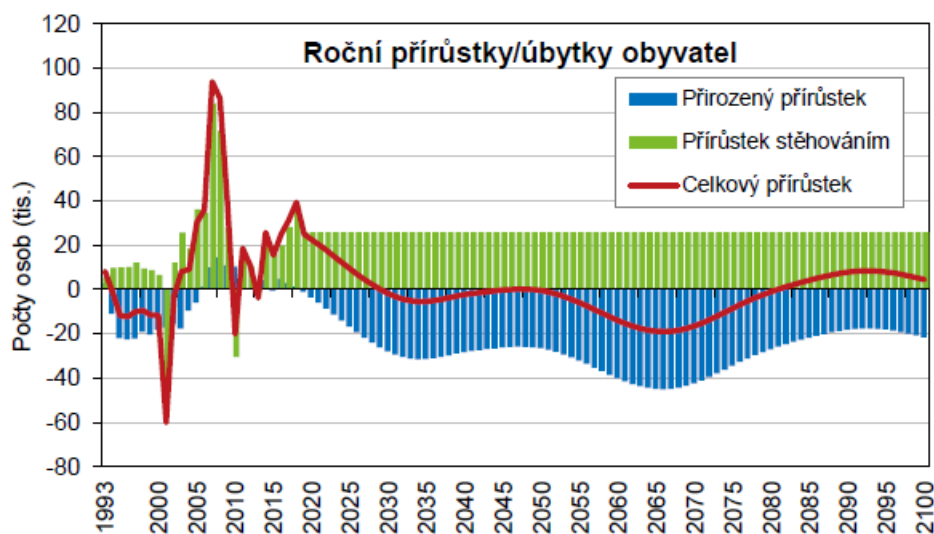
Zaměstnanost a produktivita jsou jedněmi z důležitých předpokladů výkonnosti odvětví, které má vliv nejen na kapacitu, ale samozřejmě i na ekonomickou stránku ve vztahu k výkonnosti ekonomiky ČR. Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.2., predikce vývoje populace, a to jak z pohledu vyšší plodnosti, nově narozených, tak i migračních a imigračních faktorů, dochází a dojde k nárůstu počtu obyvatel primárně mezi lety 2020 - 2030. Vzhledem k mezinárodní situaci však jako rizikový musíme brát faktor imigrační, jelikož počet pracovních imigrací (mužů) nemusí být naplněn a díky válečným konfliktům může dojít i k zápornému saldu mezi imigrací a emigrací.

Modelované predikce ve svých středních hodnotách předpokládají velmi mírný pokles v dalších dekádách až do roku 2045, což z pohledu dané situace může nastat dříve, a to již v dekádě této.

Z pohledu střednědobého a dlouhodobého období je situace negativní, jelikož do školního systému bude přicházet méně studentů a na trhu práce bude docházet ke snižování dostupných pracovníků ČR v produktivním věku. I z těchto důvodů je v modelu výrazně akcentována skutečnost imigrace, která by měla pomoci nahradit případné chybějící pracovní síly na domácím trhu práce, avšak s rizikem v dané mezinárodní situaci s tím spojeným.



Graf 4 - Projekce očekávaného vývoje počtu obyvatel ČR do roku 2100. Zdroj: ČSÚ



Graf 5 - Struktura přírůstku a úbytku obyvatel, Zdroj dat: ČSÚ [14]

2.3.1 Struktura zaměstnanců ve stavebnictví z pohledu úrovně nejvyššího dosaženého vzdělání

Struktura zaměstnanců je důležitým parametrem pro vstup do dynamického modelu nejen z pohledu celkově sumačního a věkového složení ekonomicky produktivní skupiny obyvatelstva, ale i z pohledu struktury nejvyššího dosaženého vzdělání této skupiny obyvatelstva a predikce, jak se bude tento stav v čase vyvíjet. Práce postuluje, že struktura a vývoj tohoto ukazatele může mít vliv na produktivitu ve výstavbě a tím i celkovou kapacitu daného odvětví.

Z populační predikce vyplývá, že kapacita lidí v ekonomicky produktivním věku bude mít dlouhodobý a pozvolný trend klesat. Z tohoto důvodu bude třeba hledat cesty, jak udržte i za tohoto stavu potřebné lidské zdroje na potřebné úrovni. Jedním z možných dílčích řešení je imigrace obyvatel ze zahraničí (viz. tabulka č.1). Druhým (podpurným) a neméně důležitým řešením je navyšování produktivity práce a modernizace stavebního sektoru.

Cizinci trvale a dlouhodobě žijící v České republice:

Rok	CELKEM	Trvalý pobyt	Pobyt nad 90 dnů
2005	278 312	110 598	167 714
2006	321 456	139 185	182 271
2007	392 315	157 512	234 803
2008	437 565	172 191	265 374
2009	432 503	180 359	252 144
2010	424 291	188 952	235 339
2011	434 153	196 408	237 745
2012	435 946	212 455	223 491
2013	439 189	236 557	202 632
2014	449 367	249 856	199 511
2015	464 670	260 040	204 630
2016	493 441	271 957	221 484
2017	524 142	281 489	242 653
2018	564 345	289 459	274 886
2019	593 366	299 453	293 913
2020 ²⁾	634 790	309 608	325 182

Tabulka 1 - Cizinci na území ČR, Zdroj zpracovaných dat: ČSÚ

Veškeré možnosti je v modelu brát v úvahu a nezbytné otestovat. Vyhledat hranice, které vymezují možnosti s nejvyšším přínosem poměru v návaznosti na dobu zpoždění implementace těchto opatření a tím časové rovině dopadu na daný problém.

Vzdělání obyvatelstva České republiky ve věku 15 a více let:

Období: 2011-2015

	2011	2012	2013	2014	2015
Celkem (v tis.)	8 964,7	8 964,6	8 951,5	8 932,6	8 935,7
základní vzdělání a bez vzdělání	1 445,5	1 407,7	1 336,7	1 279,1	1 269,6
střední bez maturity	3 158,3	3 122,9	3 089,3	3 061,7	3 046,7
střední s maturitou	3 032,9	3 021,2	3 029,0	3 049,8	3 030,3
vysokoškolské	1 327,2	1 411,9	1 495,7	1 541,3	1 587,8
Celkem (%)	2011	2012	2013	2014	2015
základní vzdělání a bez vzdělání	16,1	15,7	14,9	14,3	14,2
střední bez maturity	35,2	34,8	34,5	34,3	34,1
střední s maturitou	33,8	33,7	33,8	34,1	33,9
vysokoškolské	14,8	15,7	16,7	17,3	17,8

Tabulka 2 -Vzdělání obyvatelstva České republiky ve věku 15 a více let (r. 2011-2015), Vlastní zpracování

Období: 2016–2019

	2016	2017	2018	2019
Celkem (v tis.)	8 928,7	8 929,2	8 941,8	8 963,5
základní vzdělání a bez vzdělání	1 243,6	1 217,4	1 220,6	1 224,7
střední bez maturity	3 025,7	2 963,5	2 913,2	2 963,0
střední s maturitou	3 004,9	3 038,5	3 075,1	3 050,9
vysokoškolské	1 653,7	1 708,2	1 730,9	1 723,1
Celkem (%)	2016	2017	2018	2019
základní vzdělání a bez vzdělání	13,9	13,6	13,7	13,7
střední bez maturity	33,9	33,2	32,6	33,1
střední s maturitou	33,7	34,0	34,4	34,0
vysokoškolské	18,5	19,1	19,4	19,2

Tabulka 3 -Vzdělání obyvatelstva České republiky ve věku 15 a více let (r. 2016- 2019), Vlastní zpracování

Citlivost části tohoto modelu z pohledu vzdělávání ovlivňuje: procentuální množství studentů hlásících se na střední školy bez maturity, střední školy s maturitou a vysoké školy. Následně pak procento vzdělaných osob, kteří v oboru stavebnictví zůstanou a můžeme je považovat za **znalostní pracovníky s vyšší přidanou hodnotou v podobě míry produktivity**.

2.4 Kapacita stavebního odvětví, vstupní informace a data

Kapacita sektoru je z pohledu analýzy investic a související kapacity velmi důležitá. Propojuje jak dostupnost lidských zdrojů, které jsou velmi spjaté s demografickou křivkou a tím růstem populace ČR, tak zaměstnanecký sektor, míru investic aj.. Rovněž zde obzvláště z pohledu stavebnictví vstupuje do kapacity faktor imigrace dlouhodobé i krátkodobé. Zastoupení cizinců ve stavebnictví je bráno za více než nezanedbatelné. Poměr cizinců vůči domácím pracovníkům je v něm jeden z nejvyšších a analýzy a model tuto skutečnost reflektují.

Stejně jako dostupnost lidských zdrojů je třeba analyzovat a sledovat dostupnost materiálu, a to jak z pohledu množství, tak i kapacit přepravovaných množství a v neposlední řadě cenové hladiny. Investiční projekty do výstavby silniční a dálniční sítě jsou dlouhodobého charakteru, a to od procesu plánování až po dokončení výstavby. Z tohoto pohledu míra inflace v celém cyklu výstavby je nezanedbatelným atributem v již plánovaných i uskutečňovaných projektech aktuálně ve výstavbě.

Samozřejmě i z pohledu investičních příprav do dalších projektů je nezbytné brát v potaz predikci dostupnosti všech zásadních potřebných zdrojů a ekonomické náročnosti celých projektů, neboť prudké zvyšování cenové hladiny (vyšší míra inflace či přímo stagflace) silně ovlivní efektivnost alokovaných

zdrojů a jejich návratnost či přidanou přepočtenou společenskou hodnotu na vydané finanční zdroje.

Kapacitně vykazuje v současném stavu sektor vytížení ke konci roku 2019/2020 oscilující mezi 90-100 % (nejbližší odhad je 96 %) s tím, že velký vliv na toto mají právě zdroje: lidské a materiální, kterých je nedostatek.

Vytížení sektoru stavebnictví v %			
Rok 2016	Rok 2017	Rok 2018	Rok 2019
79-92 %	80-94 %	88-98 %	91-95 %

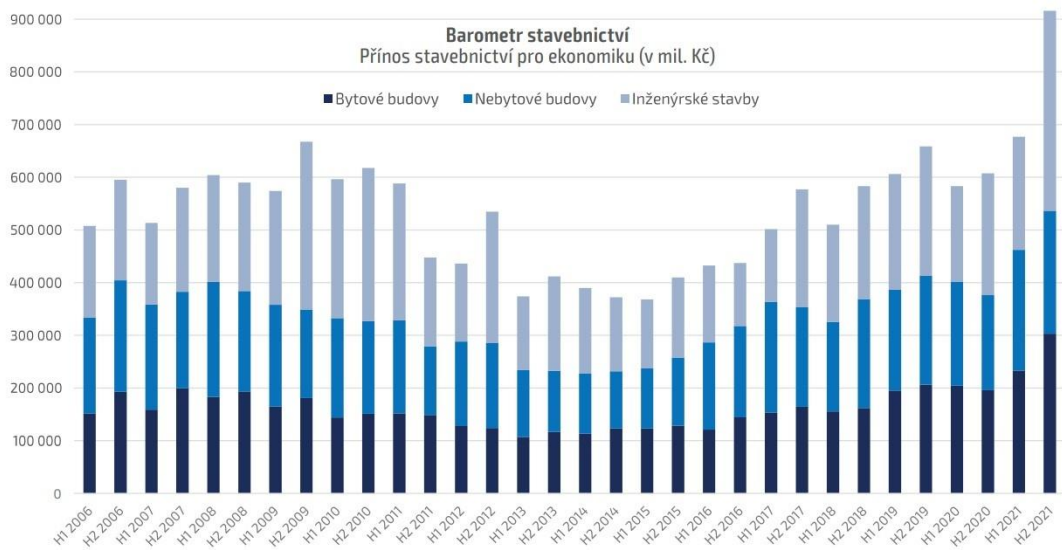
Tabulka 4 - Vytížení sektoru stavebnictví v %

Roky 2020 a 2021 nejsou systémově v modelu v tomto směru uvažovány, jelikož byly ovlivněny vynucenými restrikcemi z důvodu pandemie Covid.

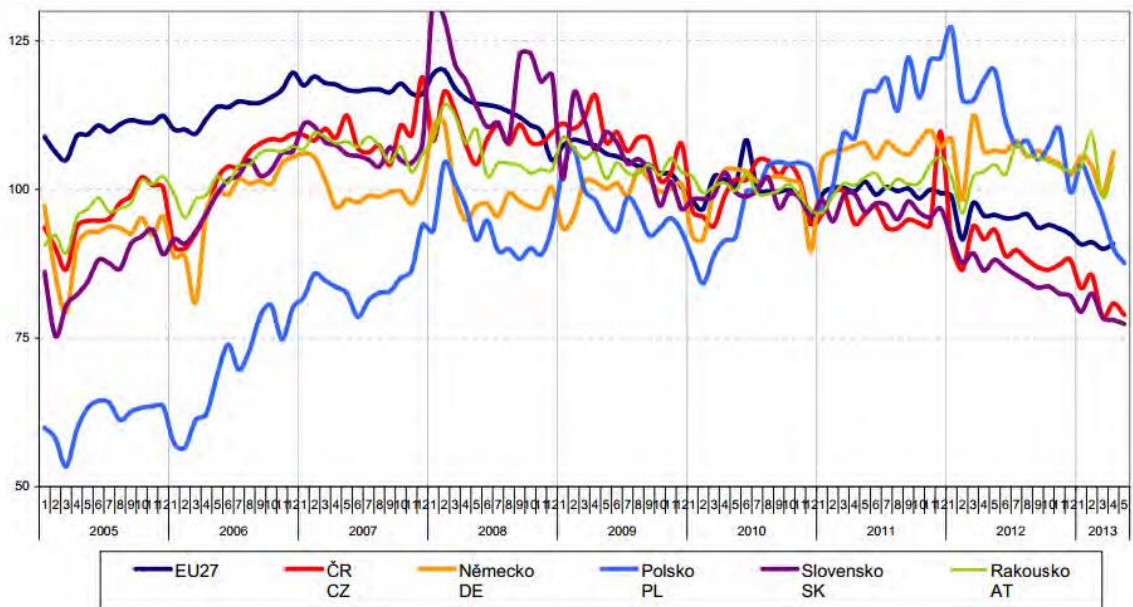
Přes všechny ukazatele se na základě zakázek inženýrských staveb dá vyvodit, že i v roce 2020 došlo k růstu stavebnictví přes 2,5 % v objemu tržeb.

Vliv na investiční výstavbu mají nejen výše zmíněné atributy, ale i ceny energií. Tato složka však do analýz a submodelů není zapracována přímo a její stav je interně zapracován v ekonomické situaci formou proměnné: **míra inflace**.

Kapacitně z pohledu lidských zdrojů meziročně 2019/2020 se snížil počet zaměstnanců ve stavebnictví o 0,6 %, avšak mzdy rostly průměrně o 7,8 %. Vzhledem k vysoké inflaci až stagflaci dochází ke zpomalování dokončování staveb, což zpětně může vést k zadržování kapacit pro další investiční stavební projekty, které tak mohou nabírat zpoždění již na svém začátku. Celkově musí investor (stát) zvážit investiční strategii směrem k budoucím dlouhodobým potřebám ekonomiky v kontextu aktuální cenové a kapacitní hladiny sektoru stavebnictví jako celku. Inflace samozřejmě ovlivňuje i ohodnocení projektů což je vidět na grafu č. 6., kdy rok 2021 je z pohledu ekonomického přínosu do ekonomiky výrazný, ale z pohledu očištění o inflaci to tak již není, byť výběr DPH šel vzhůru. Dalšími důvody v posledních letech akumulace vydaných stavební povolení byla způsobena COVID situací, kdy stavební úřady vydávaly povolení omezeně (v menším rozsahu).



Graf 6 - Analýza přínosu stavebnictví pro ekonomiku, Zdroj: SAR konference



Graf 7 - Index stavební produkce – mezinárodní porovnání. Zdroj: Eurostat.

Specifické rozhodnutí a citlivost submodelu kapacity:

Zásadní rozhodnutí, které musela práce reflektovat bylo stanovení výchozí hranice kapacity sektoru jak lidských zdrojů, tak i sektoru jako celku. Autor práce vzal v potaz všechna pro a proti a rozhodl se stanovit výchozí míru kapacit na úrovni 100 % z daných hodnot v roce, kdy subjektivně se této skutečnost stavebnictví nejvíce přibližovalo (tabulka č. 4. – rok 2019), kdy byla míra 91-95 %. V daný rok byl převzata i hodnota zaměstnanců v daném sektoru, která odpovídala udávané kapacitě. V daném roce v kontextu práce sledovala i objem investičního stavitelství v Kč.

2.5 Očekávaný vývoj ekonomiky ČR – vstupní data

Česká republika se řadí mezi 27 států Evropské unie. Jako členský stát tohoto společného trhu má i výrazné obchodní bilance s okolními členskými státy unie. Hlavním ekonomickým odvětvím, které táhne ekonomiku ČR je průmysl (30,2 %). Druhým důležitým „balíkem“ je: doprava, ubytování, velkoobchodní a maloobchodní aktivity, služby v podobě ubytování a pohostinství tvoří 19,2 %. Třetím nejdůležitějším je následně veřejná správa, obrana, vzdělávání a sociální a zdravotní péče, které tvoří téměř 15,5 % hospodářství. Zbytek tvoří ostatní segmenty hospodářství.

ČR je průmyslová země s velkou závislostí na exportu. 84 % tvoří export a obchod do členských států EU, kdy největší podíl na exportu tvoří Německo (32 %), 8 % Slovensko a 6 % vývozu ČR směřuje do Polska. Mimo EU jde největší díl vývozu do Spojených států a Ruska. Shodně po 2 %.

Je zřejmé, že ekonomický výkon ČR je silně závislý na exportu a obchodním propojení do Evropské unie. Export i import v sobě přinášejí však nejen ekonomické atributy, ale i požadavky na tranzitní přepravu, tj. požadavky na budování dopravní infrastruktury, která adekvátně odpovídá úrovni požadované

kapacity tranzitů, a to jak pro obchodní, tak i společenské/individuální potřeby (osobní a autobusová přeprava).

Evropská unie přispívá na rozvoj ČR 4,123 miliardy Kč (údaj za rok 2018), což tvoří 2,01 % celého českého hospodářství. Naopak příspěvky ČR na účet EU jsou pouhé 0,88 % což představuje 1,720 miliardy korun.

Česká ekonomika je otevřenou ekonomikou, která je vysoce závislá na exportu, importu nejen fyzického obchodu, ale i zahraničního kapitálu. Z důvodu exportní „závislosti“ je ekonomika ČR velmi intenzivně citlivá na evropskou a globální ekonomiku a její cykly. V pozitivní fázi růstu ekonomického cyklu jsou kladné dopady na hospodářství pozitivně rostoucí, avšak při negativním vývoji dochází k většímu propadu našeho hospodářství, než by tomu bylo v případě, že by náš vnitřní trh ČR byl lépe strukturovaný a vyvinut. Z pohledu zpracovávaného tématu a modelu jsou v mezinárodním obchodě důležité primárně dva atributy a množství tranzitu a přepravy v cenovém i objemovém kritériu, kterému se práce věnuje v dalších dvou kapitolách.

2.6 Ekonomický rozvoj EU

Ekonomický vývoj EU práce zahrnuje primárně z důvodu analýzy externalit v datech a souborech ukazatelů po dobu specifických celosvětových protiepidemiologických opatření COVID 19 a odstínění jejich vlivu na ekonomické faktory v souvztažnosti na objem transport zboží.

Evropská unie funguje na bázi jednotného trhu 27 států unie, kdy tento „společný“ trh osciluje kolem hodnoty 15 % celkového světového obchodu se zbožím. Z hlediska dopadu pandemie COVID 19, která velmi silně zasáhla celý svět nevyjímaje EU jsou uvažována data pro vstupy do modelu pro úroveň jeho validace na 100 % v období 2015-2019, byť některé tabulky a ukazatele jsou uváděny včetně roku 2020. Výchozím rokem pro sledování v dlouhodobějším

kontextu je rok 2012, který nabízí vstupní data 10 let od data prezentace této práce.

Makroekonomický vývoj zemí eurozóny byl v pandemických letech 2020 a 2021 ovlivněn stejně tak, jako tomu bude i v roce 2022 a s určitou mírou pravděpodobnosti i v roce 2023 situací COVID. Rok 2022 a další roky budou nejisté z důvodu válečného stavu na Ukrajině a vč. pandemického období však budou na jednotlivé státy včetně ČR působit i v dlouhodobém horizontu nepříznivé a specifické vlivy, jelikož došlo k prudkému nárůstu schodků rozpočtů jednotlivých zemí, extrémní navýšení investic do proticovidových opatření (myslíme tím i ekonomické stimuly), nedostatek surovin, stavebního materiálu, plynu, růstu cen pohonných hmot apod..

Tyto vnější šoky způsobily aktivizaci fiskálních programů pro udržení ekonomických subjektů nejen navýšení státního dluhu a zvýšené náklady na jeho správu v dalších letech, ale výrazně roztočil spirálu inflace, která velmi negativně na ekonomiku působí a přibližuje se hranici stagflační. Dalším negativním jevem způsobeným řešením naléhavých výzev bylo z důvodu COVID snížení míry aktivity ve větší integraci a k názorovým střetům. Z pohledu mezinárodní až „válečné“ situace naopak k většímu souznění.

Citlivost tohoto submodelu je vzhledem k situaci primárně zatížena vlivy *politik*, délkou válečného konfliktu a stavu nahrazení dodávek pohonných hmot a plynu z míst, odkud byly dodávky omezeny.

Politiky dynamické modely zahrnují, avšak jsou právě těmi faktory, které zvyšují míru nepřesnosti výsledků prognóz a analýz. V teoretické rovině, která však může být někdy zřetelně jasná, může dojít k prudkému nárůstu transportu zboží v důsledku případného přijetí a integraci Ukrajiny blíže k EU.

Podíl Evropské unie na světovém obchodu (vývoz)

Kategorie	Výchozí rok	Vývoz v mil. EUR (trend vývozu za 5 let)				
	2012	2015	2016	2017	2018	2019
Rusko	408 442,10	309 966,30	272 635,70	335 670,20	382 298,80	neznámo
Čína kromě Hong-kongu	1 594 631,30	2 049 092,60	1 895 055,70	2 003 514,70	2 111 964,60	2 231 862,30
Evropská unie – 27 zemí	1 770 879,80	1 876 328,30	1 866 812,70	1 994 260,50	2 059 779,50	2 131 890,30
Spojené státy	1 202 468,90	1 353 624,00	1 310 783,50	1 368 336,40	1 410 078,70	1 468 759,50
Japonsko	621 590,90	563 202,80	582 647,40	617 979,30	625 059,30	582 647,40
Jižní Korea	426 412,20	474 766,10	447 572,20	507 769,60	512 114,60	484 298,10
Mexiko	288 532,60	342 992,60	337 833,80	362 393,80	381 612,20	411 526,40
Kanada	353 439,40	368 361,70	351 299,30	371 846,00	381 356,80	398 463,50
Singapur	323 486,20	322 614,90	305 431,40	330 401,50	348 639,50	348 666,20
Indie	225 377,30	238 288,40	235 185,60	260 568,70	273 067,00	288 745,60
Brazílie	188 806,10	172 264,00	167 346,10	192 740,70	203 122,60	201 325,10

Tabulka 5 – Analýza vývozu zboží r. 2015-2019, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat,

Hrubý národní příjem EU 2012-2020

EU: Gross National Income (GNI), EUR mil.							
Rok	2012*	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Mil. EUR	13 417 862,2	14 621 241,5	14 790 681,1	15 285 089,9	15 886 712,5	16 454 037,7	15 676 720,0

Tabulka 6 - HDP r. 2012-2020, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

Hodnota a objem dovozu a vývozu zboží Období mezi roky 2012-2017

	Hodnota dovozu (EURO)	Hodnota dovozu (EURO)	Hodnota dovozu (EURO)	Hodnota dovozu (EURO)
Rok	2012	2015	2016	2017
Česká republika	95 527 107 791	111 744 657 298	117 578 878 417	127 268 868 355
Německo	610 389 291 399	673 938 418 227	690 228 106 012	739 907 409 116
Maďarsko	57 255 110 500	67 444 646 802	70 111 254 344	76 374 042 887
Polsko	105 055 459 344	136 025 570 013	143 376 884 597	158 009 870 975
Slovensko	47 988 248 577	53 000 822 494	55 883 152 824	59 320 148 998
Rakousko	91 147 382 726	98 016 300 999	98 866 498 332	108 256 412 187
Anglie	188 552 524 036	184 652 034 905	180 391 387 611	191 528 523 845
Ostatní		667 942 789	601 680 995	675 578 076
	8 286 029 089	2 713 826 123	2 768 663 986	4 099 894 801
	6 582 513			
EU celkem	2 771 074 569 851	2 995 554 348 661	3 045 710 178 842	3 284 005 226 215

Tabulka 7 – Analýza hodnoty dovozu zboží r. 2012-2017, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

EU	Hodnota dovozu (Kg)	Hodnota dovozu (Kg)	Hodnota dovozu (Kg)	Hodnota dovozu (Kg)
Rok	2012	2015	2016	2017
Česká republika	55 474 660 711	62 502 062 732	65 463 176 537	66 921 345 703
Německo	316 842 791 546	288 317 592 919	305 683 168 067	317 552 646 910
Maďarsko	29 863 056 505	31 489 610 582	32 475 582 945	36 094 015 194
Polsko	66 920 026 335	83 216 028 567	87 295 850 833	89 026 188 135
Slovensko	28 690 494 369	31 394 546 806	32 721 323 187	32 544 660 825
Rakousko	52 069 640 216	56 300 843 677	57 580 886 054	59 465 164 361
Anglie	110 237 758 696	118 286 740 121	113 578 954 089	118 588 208 741
Ostatní		1 155	469 202	44 228 003
	2 758 846 819	2 085 316 284	3 705 265 309	7 062 751 942
	1 118 309			
EU celkem	1 709 602 437 248	1 802 821 828 365	1 854 416 897 488	1 908 141 131 986

Tabulka 8 - Analýza objemu (kg) dovozu zboží r. 2012-2017, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

EU	Hodnota vývozu (EURO)	Hodnota vývozu (EURO)	Hodnota vývozu (EURO)	Hodnota vývozu (EURO)
Rok	2012	2015	2016	2017
Česká republika	82 738 474 421	96 511 245 825	99 966 414 614	109 651 965 540
Německo	592 426 443 402	632 735 450 059	638 454 218 789	686 967 731 933
Maďarsko	51 073 491 091	63 700 727 238	65 210 821 449	71 534 453 628
Polsko	113 135 587 606	137 990 804 832	142 826 595 050	157 494 549 561
Slovensko	45 703 220 673	53 322 133 566	53 672 649 124	56 975 989 686
Rakousko	106 578 301 716	110 274 505 323	113 215 502 949	121 781 262 729
Anglie	268 776 800 664	316 375 559 217	315 862 000 993	320 568 783 953
Ostatní		428 010 119	455 073 130	545 186 304
	6 542 444 458	3 198 154 296	1 149 634 429	2 500 942 581
	7 712 297 072	4 020 844 787	5 530 493 777	6 935 156 683
EU celkem	2 838 718 349 175	3 069 081 158 318	3 115 574 624 808	3 351 870 923 175

Tabulka 9 - Analýza hodnoty (EUR) vývozu zboží r. 2012-2017, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

EU	Hodnota vývozu (Kg)	Hodnota vývozu (Kg)	Hodnota vývozu (Kg)	Hodnota vývozu (Kg)
Rok	2012	2015	2016	2017
Česká republika	42 361 022 027	48 525 126 190	48 604 488 452	49 031 977 065
Německo	387 885 432 649	380 199 436 524	383 750 526 086	398 628 117 433
Maďarsko	22 850 010 962	26 493 514 566	27 645 065 814	30 040 981 498
Polsko	67 248 593 744	71 181 853 485	73 775 261 975	77 045 370 079
Slovensko	23 706 316 301	27 580 727 039	27 601 825 395	28 149 364 460
Rakousko	62 561 865 921	65 787 951 771	67 050 822 709	70 420 704 372
Anglie	107 086 348 637	116 091 582 298	121 598 260 968	124 603 131 023
Ostatní		94 205	2 704 504	82 227 730
	1 017 753 548	5 504 075 171	181 594 977	755 553 773
	10 094 265 664	6 699 221 257	12 042 726 092	14 480 754 198
EU celkem	1 705 252 028 876	1 789 026 002 311	1 831 176 060 011	1 899 103 903 127

Tabulka 10 – Výše vývozu objemu zboží (kg), období mezi roky 2012 - 2017, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

Hodnota a objem dovozu a vývozu zboží: období mezi roky 2018–2020

EU	Hodnota dovozu (EURO)	Hodnota dovozu (EURO)	Hodnota dovozu (EURO)	Hodnota dovozu (EURO)
Rok	2012	2018	2019	2020
Česká republika	95 527 107 791	134 389 704 712	137 579 948 092	122 005 085 663
Německo	610 389 291 399	773 388 236 463	771 265 328 834	645 714 161 730
Maďarsko	57 255 110 500	80 090 509 155	84 726 202 288	77 497 472 633
Polsko	105 055 459 344	170 459 857 114	181 611 014 097	169 941 797 306
Slovensko	47 988 248 577	62 998 081 396	63 591 776 575	55 169 167 417
Rakousko	91 147 382 726	114 118 098 419	117 399 152 733	104 357 207 803
Anglie	188 552 524 036	196 596 746 181	194 289 718 740	168 670 230 959
Ostatní		852 924 837	802 021 437	261 005 240
	8 286 029 089	4 143 780 230	3 752 647 989	2 102 858 732
	6 582 513			
EU celkem	2 771 074 569 851	3 456 714 608 578	3 513 404 589 154	2 984 873 635 803

Tabulka 11 - Analýza hodnoty (EUR) dovozu zboží r. 2012, - 2018-2020, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

EU	Hodnota dovozu (Kg)	Hodnota dovozu (Kg)	Hodnota dovozu (Kg)	Hodnota dovozu (Kg)
Rok	2012	2018	2019	2020
Česká republika	55 474 660 711	67 749 681 050	67 548 256 289	68 721 831 278
Německo	316 842 791 546	312 477 694 545	305 998 694 085	276 832 167 942
Maďarsko	29 863 056 505	34 966 996 524	37 067 959 874	38 859 166 144
Polsko	66 920 026 335	92 093 456 841	89 640 372 378	84 164 831 146
Slovensko	28 690 494 369	34 164 898 291	31 238 287 614	31 356 434 331
Rakousko	52 069 640 216	61 298 488 444	70 939 004 373	60 647 781 258
Anglie	110 237 758 696	115 530 325 862	114 209 657 574	109 488 941 380
Ostatní		230 988 150	208 139 769	240 823 443
	2 758 846 819	5 714 835 043	5 883 946 274	2 606 044 298
	1 118 309			
EU celkem	1 709 602 437 248	1 930 583 648 435	1 927 381 781 868	1 735 431 641 149

Tabulka 12 - Analýza objemu (kg) dovozu zboží r. 2012, 2018-2020, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

EU	Hodnota vývozu (EURO)	Hodnota vývozu (EURO)	Hodnota vývozu (EURO)	Hodnota vývozu (EURO)
Rok	2012	2018	2019	2020
Česká republika	82 738 474 421	117 228 348 889	118 153 718 263	106 638 252 986
Německo	592 426 443 402	726 466 840 642	740 380 056 153	667 288 308 953
Maďarsko	51 073 491 091	75 935 478 102	79 734 014 001	73 089 247 482
Polsko	113 135 587 606	168 684 946 397	174 800 495 580	166 829 669 504
Slovensko	45 703 220 673	61 192 117 067	63 173 866 855	58 293 277 193
Rakousko	106 578 301 716	128 080 795 597	129 976 751 094	116 818 358 256
Anglie	268 776 800 664	319 939 533 362	320 246 687 581	278 272 541 217
Ostatní		681 804 712	771 717 693	319 625 460
	6 542 444 458	965 593 254	1 575 058 770	1 342 953 631
	7 712 297 072	9 418 013 172	8 959 122 254	4 426 907 134
EU celkem	2 838 718 349 175	3 528 053 188 354	3 586 170 256 675	3 150 599 938 141

Tabulka 13 - Analýza hodnoty (EUR) vývozu zboží r. 2012, 2018-2020, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

EU	Hodnota vývozu (Kg)	Hodnota vývozu (Kg)	Hodnota vývozu (Kg)	Hodnota vývozu (Kg)
Rok	2012	2018	2019	2020
Česká republika	42 361 022 027	50 987 539 433	49 863 458 533	47 659 900 988
Německo	387 885 432 649	385 537 773 648	374 894 407 289	335 109 808 416
Maďarsko	22 850 010 962	33 071 561 215	34 156 943 970	32 936 257 204
Polsko	67 248 593 744	80 690 427 634	80 951 151 997	76 391 734 370
Slovensko	23 706 316 301	28 829 533 169	27 839 801 486	26 561 489 308
Rakousko	62 561 865 921	72 774 588 848	78 002 704 303	69 335 571 283
Anglie	107 086 348 637	122 067 735 016	115 402 877 159	105 632 404 244
Ostatní		22 290 702	130 995 682	406 869 556
	1 017 753 548	551 668 518	1 205 379 926	1 098 882 405
	10 094 265 664	13 232 379 185	12 705 789 215	7 832 034 750
EU celkem	1 705 252 028 876	1 906 207 419 733	1 909 214 795 271	1 710 676 717 549

Tabulka 14 - Výše vývozu objemu zboží (kg), období mezi roky 2012, 2018-2020, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat, vlastní zpracování

2.7 Vysokorychlostní železniční sítě a jejich vliv na dopravní infrastrukturu

Vysokorychlostní železniční tratě (VRT) pro samotnou tuto disertační práci hrají roli ve dvou rovinách:

- 1) výše alokovaných prostředků na jejich vybudování s tím, že je třeba uvažovat skutečnost, že rozpočet je jen jeden a poměr ve prospěch silniční sítě může klesat
- 2) Rozložení kapacit a investičních prostředků v čase

Byť v samotném modelu jsou reprezentovány jen jednou proměnnou celkově její vliv na **citlivost** submodelu, který ji obsahuje je silná. I z tohoto důvodu je analyzován rozsah plánů VRT i investic. V současnosti je snahou EU sjednotit evropský železniční systém a produkty s ním související tak, aby vznikl jednotný evropský trh. Kompatibilita železniční sítě a aby infrastruktury napříč EU dosáhly maxima možného.

Evropský železniční systém můžeme dle [20] rozdělit na čtyři subsystémy:

1. infrastrukturu (koleje, výhybky, stavební konstrukce),
2. energie (elektrizační zařízení, nadzemní trolejová vedení),
3. řízení a zabezpečení
4. rozhraní subsystémů

Z pohledu zpracovávaného modelu je nejdůležitějším subsystémem *infrastruktura*, jelikož ta v celkovém pojetí zprovozněných kilometrů a nákladů na jejich vybudování ovlivňuje či ovlivní možnosti a velikost (kapacity) železniční dopravy, jak vnitrostátní, tak i na tranzitních trasách. V celkovém pohledu je brána v potaz výše investičních prostředků jako celek.

2.7.1 Vysokorychlostní železnice – analýza

Jsou uzavřena strategická jednání o budoucí síti Vysokorychlostních tratí (VRT), které probíhali v období 2014–2018, avšak v běhu je další krok. tj. **Předinvestiční fáze**, která by měla být dokončena do konce roku 2023 a zahrnuje: Studii proveditelnosti, Schválení investičních prostředků → **Územní plánování** → **Územní řízení**. Po ukončení všech těchto kroků bude zahájeno stavební řízení se všemi svými úkony. Předpokládanou dobu dokončení odhaduje státní Správa železnic na rok 2025. Dodržování daných termínů je však v současnosti spíše „orientační“.

Uvažované tratě a terminály v projektu včetně celkových předpokládaných investic:

RS1/2 VRT Praha – Jihlava – Brno – Břeclav	
Předpokládaná rychlost	320 km/hod
Časový úsek trati:	Praha → Brno cca 58 min
Počet cestujících denně	60 000 +
Celkové náklady s rizikovou přírůžkou 30 %	320 mld. Kč
CBA (ERR) s rizikovou přírůžkou	7,70 %
ERR bez rizikové přírůžky	10,50 %
Etapizace výstavby	ANO
Doplnění	cena uvedena včetně nové trati Benešov → Praha (ve výstavbě)

RS1 VRT (Brno) Přerov – Ostrava	
Předpokládaná rychlost	320 km/hod
Časový úsek trati:	Brno → Ostrava do 60 min
Počet cestujících denně	do 35 000/ den
Celkové náklady s rizikovou přírůžkou 30 %	80 mld. Kč.
CBA (ERR) s rizikovou přírůžkou	11 %
Doplnění	Dvoukolejná trať pouze pro osobní vlaky. Řeší se propojení do konvenční sítě
RS 4 Praha – Roudnice n/L - Ústí n/L – Drážďany	
Předpokládaná rychlost	230-320 km /hod
Časový úsek trati:	Praha → Ústí nad L. (25 min) → Drážďany (51 min)
Počet cestujících denně	40 000 +
Celkové náklady s rizikovou přírůžkou 30 %	140 mld. Kč
CBA (ERR) s rizikovou přírůžkou	6,70 %
Doplnění	Nutná mezinárodní spolupráce (smlouva) pro provoz trati ve směru Drážďany

RS 5 VRT Praha – Hradec Králové/ Pardubice – Wrocław	
Předpokládaná rychlost	do 320 km /hod
Časový úsek trati:	Praha → Pardubice/Hradec Králové (30 min), Praha → Wrocław (90 min), Varšava (180 min)
Počet cestujících denně	v řešení (neznámý údaj)
Celkové náklady s rizikovou přírůžkou 30 %	v řešení (neznámý údaj)
CBA (ERR) s rizikovou přírůžkou	v řešení (neznámý údaj)
Doplnění	Studie proveditelnosti do konce r. 2023, řeší se efektivnost po délce trasy Praha → Wrocław

RS1 a RS5 Terminál VRT Praha východ	
Počet cestujících včetně přestupů	24 000
Počet nástupišť	4
Délka nástupišť	440 m
Počet vlaků denně včetně průjezdových	226
Celkové náklady s rizikovou přírážkou 30 %	v řešení (neznámý údaj)
CBA (ERR) s rizikovou přírážkou	v řešení (neznámý údaj)

Celkové známé údaje VRT	
Náklady na VRT trasy *	540 mld.
Počet přepravených osob den **	135 tisíc /den

* nezahrnuje náklady na trasu RS 5 VRT Praha – Hradec Králové/Pardubice–Wrocław a terminál Praha východ

** nezahrnuje přepravu cestujících na trase RS 5 VRT Praha – Hradec Králové/Pardubice–Wrocław

Z pohledu POLITIK a citlivosti tohoto faktoru zaváděných do řešení problému je třeba vhodně volit sumační hodnoty investičních prostředků do VRT a jejich rozložení v čase. Zároveň sledovat rozpočtové kapitoly s tímto související vztahy, neboť nejnovější rozhodnutí je alokovat na budování VRT 120 mld. Kč ze státního rozpočtu, což jsou prostředky pro pokrytí plánovaných úseků nedostačující.

2.8 Význam kapitoly pro práci

Táto práce inklinuje v sobě řadu atributů náležitých jak měkkým, tak i tvrdým částem systémů. Přes-oborovým tématům a jejich provázanosti na výstavbu. Zvolení vhodné skladby základních dat a jejich analýz do submodelů samotného modelu bylo jedním z dílčích cílů práce – najít vnitřní strukturu systému a určit jeho hranice. Kapitola 2., byla z tohoto důvodu strukturována právě takto.

V nadcházejícím textu se již práce a její samotný text věnuje samotné metodice a přímo aplikovaným metodám zpracování – Systémové dynamiky. Veškerý text a uvedená data, citlivost a politiky jsou přes metodiku dávány do souvislostí a následně zabudovány do sektorů a jejich submodelů, kteří společně tvoří jeden celek.

Čtenatel by měl sledovat mentální model autora – jeho úvahy nad danou problematikou, který se může však odlišovat od představ čtenáře. Každý modelovaný problém může být chápán a modelován různými autory odlišně a způsoby pojetí, byť využití a aplikované metody jsou v úvodním pojetí stejným startovacím můstkem.

3 Využité metody zpracování

3.1 Systémová Dynamika

Systémová dynamika: byla založena profesorem Jay W. Forresterem (1961) Přináší pohled a nástroje, které umožňují se s komplexností lépe vypořádat, poskytuje základní rámec při zkoumání těchto systémů. Kombinuje teorie, metody a filozofii pro analýzu chování systémů, a to především komplexních sociálních systémů jako jedněch z nejsložitějších měkkých systémů. Staví na modelování, kdy modely vykazují velmi komplexní a reálné chování, ačkoliv vycházejí v řadě případů z mnoha jednodušších konceptů a submodelů.

„Podstatnou charakteristikou je typ systému – nástroje systémová dynamika jsou vhodné pro systémy“, které vykazují všechny následující znaky [12]:

- Komplexnost
- Složitost
- Zpětnovazebnost
- Částečnou kvalitativitu
- Dynamiku
- Sociálně-ekonomické znaky

Sterman například definoval systémovou dynamiku takto: *„System dynamics is a method to enhance learning in complex systems. Just as an airline uses flight simulators to help pilots learn, system dynamics is, partly, a method for developing management flight simulators, often computer simulation models, to help us learn about dynamic complexity, understand the sources of policy resistance, and design more effective policies.“ [1].*

Model je jádrem systémové dynamiky. Reálné systémy jsou příliš komplexní na to, abychom u nich byli schopní identifikovat problémová místa, ale při zjednodušení a abstrakci systému do počítačového modelu systémové dynamiky získáme cenný zdroj pro zjištění problémů, které daný systém zažívá.

Metodika Systémové dynamiky využívá především dva nástroje:

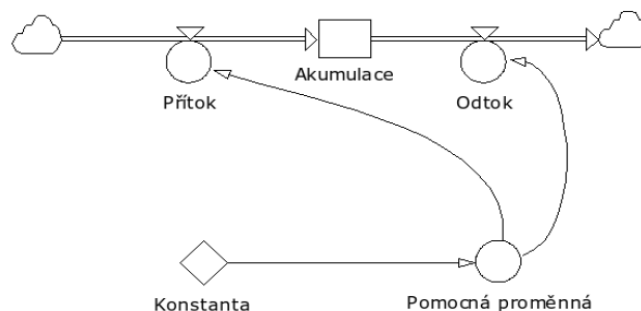
- ✓ diagram stavů a toků (stock and flow diagram).
- ✓ příčinný smyčkový diagram (causal loop diagram)

Zobrazení dynamických systémů pomocí těchto dvou nástrojů je obecná forma, která je adekvátní pro obrovské spektrum potenciálních aplikací (Forrester, 2007).

3.1.1 Diagram toků a stavů

Akumulace, toky (přítok/odtok), pomocné proměnné, dynamické rovnice

- Základní veličiny systému — stavové proměnné — si lze představit jako jakési rezervoáry, v nichž množství kapaliny odpovídá aktuální velikosti příslušné stavové proměnné. Z a do těchto rezervoárů (akumulace) vedou trubky, kterými kapalina přitéká nebo odtéká, a tak způsobuje změnu stavové proměnné.
- Přítok a odtok se musí dít předepsaným způsobem, je proto regulován jakýmisi kohouty na potrubí. „*Tento přístup k modelování je tedy jinak formulovanou klasickou metodou vytváření (multi) kompartmentových modelů*“ [1]



Obrázek 4 – Diagram stavů a toků

Akumulace: odpovídá stavové proměnné.

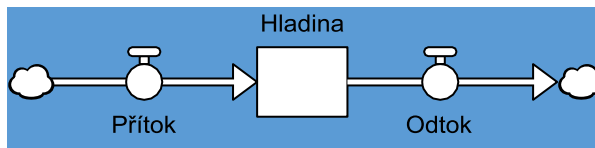
Přítok odpovídá kladné části pravé strany příslušné dynamické rovnice.

Odtok odpovídá záporné části pravé strany příslušné dynamické rovnice.

Pomocná proměnná: odpovídá exogenním proměnným a vynuceným funkcím (společně)

Okolí: okolí systému (znázorňují obláčky)

Konstanta: konstantní parametr



Obrázek 5 - Diagram stavu a toků – SW Stella Architect , sledování stavů toků/hladina

Integrační rovnice popisující změnu stavu v čase dle [17]:

$$Stav(t) = \int_{t_0}^t [I(s) - O(s)] ds + Stav(t_0)$$

$I(s)$ - hodnota přítoku v čase mezi $t_0 \rightarrow t$

$O(s)$ - hodnota odtoku v čase mezi $t_0 \rightarrow t$

Diferenciální vyjádření:

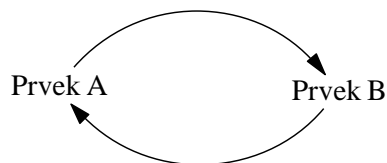
$$d(Stav) / dt = I(t) - O(t)$$

„Hladiny a toky jsou stavební prvky modelů systémové dynamiky.“ [16]

Jak integrální, tak i diferenciální rovnice je používána při výpočtu parametrů, které prezentují zásoby a toky v modelu, ve velmi rozvinutých a obsahově rozsáhlých modelech postavených na řešení simulačními programy.

3.1.2 Potenciál systémové dynamiky

Neznalost celkových systémů vede často k selhání IT aplikací. Modely systémové dynamiky mohou najít uplatnění při simulování reálných ekonomických procesů, spojených s potřebou zajištění adekvátních informací. Lze je považovat za nástroj moderního znalostního managementu. Posunují tacitní znalosti do explicitní reprezentace, která může být standardizována a sdílena.



Obrázek 6 – Schéma zahrnujícího zesilující i vyrovnávací příčinnou smyčku [11]

Systémové teorie mají jeden společný jmenovatel, který můžeme shrnout takto:

„Systém je organizovaný celek a systém je vždy víc, než jen pouhý součet jeho jednotlivých částí“ [12]

3.1.3 Systémové a dynamické myšlení

Hlavní atributy systémového myšlení

Současné systémové myšlení zohledňuje tyto čtyři vlastnosti:

- 1) Holismus a emergenci
- 2) Systémovou hierarchii
- 3) Komunikaci
- 4) Zpětné vazby

Je třeba najít slabá místa, jejichž malá změna má velké důsledky na výsledek chování celého systému, a analyzovat je.

3.2 Systémové myšlení a dynamika aplikovaná na technické oblasti

Systémové myšlení svým přístupem má rozsáhlý dopad na lidskou činnost. Velmi specifický přístup vyžaduje proces sestavování modelu, hledání jeho hranic a analýzy, zavádění a nastavování jednotlivých parametrů tak, aby nebyla opomenuta žádná důležitá součást modelu a naopak, model nebyl natolik široký a složitý, že by nebyl pochopitelným.

Z tohoto důvodu při postupné tvorbě modelu je žádoucí, aby výsledky dílčích kroků tvorby simulačního modelu byly konfrontovány s reálným stavem systému. V případě výrazných odchylek je třeba uskutečnit vyladění/doplnění modelu, opravu či i zásadnější zásah do struktury již vytvořeného modelu tak, aby došlo k nápravě. Při procesu tvorby modelu, který propojuje systémové myšlení na technickou oblast je třeba brát v úvahu a dávat do vzájemného kontextu, interakce, rozsáhlou řadu vnějších vlivů, které mají silný vliv na chování systému. Do modelu je však nezbytné zahrnout pouze vlivy, a to jak vnitřní, tak i vnější, které jsou pro danou modelovanou situaci nezbytné,

a naopak neopomenout žádný důležitý jiný faktor. Z uvedeného však vyplývá, že dojde v každém případě ke zjednodušení situace od situace v reálném životě. Abstrahovat prvky v odpovídajícím rozsahu a kvalitě je tedy prvotním předpokladem finálního validního modelu, a tudíž součástí této disertační práce (viz. kapitola 2.).

3.2.1 Odhalování chyb v modelu

Pokud model vykazuje nízký počet vazeb, popřípadě se jedná o model s malými zpožďujícími vlivy lze chyby v modelu velmi rychle identifikovat díky simulacím. Větší modely, a těch je v reálném světě a technické oblasti jakou je například stavebnictví, vykazují vazby a vzájemné interakce jednotlivých částí, časových konstant s výrazným zpožděním. Model díky tomuto nemáme možnost porovnat se současnou realitou. Výsledky, které model dává můžeme s realitou porovnávat až kolikrát v delším časovém horizontu.

„Aplikací závěrů simulací s využitím těchto modelů v reálném systému se ale můžeme dočkat nemilých až katastrofických situací, které vyplynou z toho, že se například v kladné zpětné vazbě uplatní faktor, který jsme považovali za nepodstatný a ten nepříznivě ovlivní celý systém“ [18].

Modelovací proces, aby takto negativní výsledek nenastal musí probíhat kontinuálně a komparovat mezi sebou výsledky simulace a realitou tak, aby bylo možné u každé odchylky možno dohledat důvody/příčiny jejich vzniku. Korekce modelu pak může vycházet z úpravy metodologie, metody či prostředku modelování.

Jak ve své práci [18] uvádí kolektiv autorů můžeme jeden z prvotních signálů nevhodného chování systému vzít intenzitu výkonu systému $i(t)$. V uvedeném vztahu se jedná o přírůstek výkonu systému $Q(t)$ v čase t .

$$i(t) = \frac{\partial Q(t)}{\partial t}.$$

$i(t) = 0$; systém stagnuje

$i(t) > 0$; systém se vyvíjí

$i(t) < 0$; systém snižuje svůj výkon, může dojít až ke kolapsu

V případě že $i(t) \neq 0$ mohou nastat situace, kdy derivace intenzity výkonu je:

$i(t)' = 0$; lineární rozvoj systému bez výkyvů

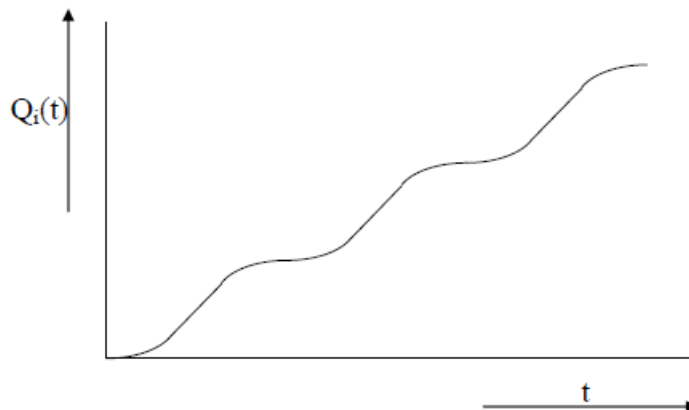
$i(t)' > 0$; systém vykazuje dynamiku s kvadratickým nárůstem výkonu

$i(t)' < 0$ systém zpomaluje a v případě dosažení $i \leq 0$ může dojít ke stagnaci popřípadě snižování výkonu systému.

Výkon systému je funkcí výkonu systému v počátečním čase Q_0 , intenzity výkonu $i(t)$, derivace intenzity výkonu $i'(t)$ a času t .

$$Q(t) = f\{Q_0, i(t), i'(t), t\}$$

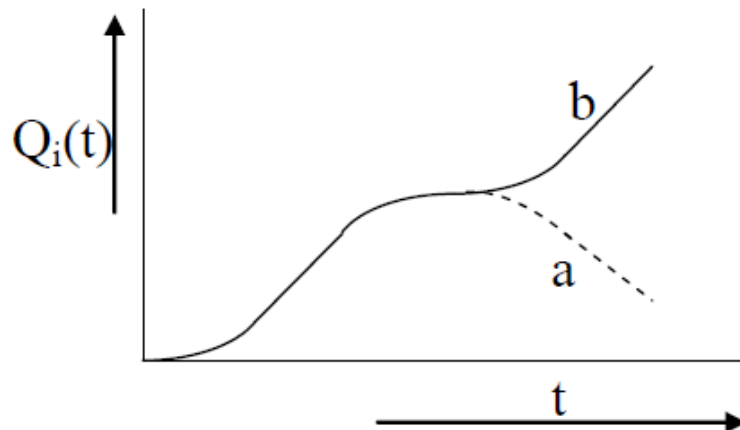
Každý systém vykazuje změny, což znamená že se výše uvedené stavy v systému, ve většině případů nepravidelně střídají jak z pohledu času t tak i intenzity $i(t)$ a $i'(t)$. Linearita systémů je v dynamických modelech s velkým zpožděním prakticky nulová. Systém pracuje se vstupními parametry a zdroji po časový úsek, po kterém dojde k vyčerpání zdrojů, které způsobí v ideálním případě pouze stagnaci systému, v horším útlum systému do doby, než jsou aplikovány impulzy a změny k opětovnému nárůstu výkonu systému viz . obr. 7. – Dynamika rozvoje systému – převzato [18].



Obrázek 7 – dynamika rozvoje systému, Zdroj: https://systemsapproaches.vse.cz/old/wp-content/uploads/2017/07/SP09_sbornik.pdf

Identifikace a predikce zásadních změn nastávajících v systému je jedním ze základních úkolů dynamických modelů. Samozřejmě není možné opomenout, že u některých situací se stagnace systému rovná vhodnému chování systému, to však samotné výsledky modelu neinterpretují, to je již na samotném autorovi, popř. uživateli modelu, jak jeho výsledky interpretuje přejímá vzhledem k modelované situaci.

Kolaps systému může nastávat v situacích, kdy dojde k náhlé změně zdrojů či nečekané změně vstupujících parametrů, které způsobí okamžitý výrazný „pád“ systému, díky kterému se systém blíží k hranici kolapsu viz. obr SDA – Alternativa rozvoje systému. I takovéto mezní situace je však při samotném testování modelu iniciovat a zkoumat, jak se systém chová v mezních „kritických“ situacích.



Obrázek 8 - Alternativy rozvoje systému, Zdroj: https://systemsapproaches.vse.cz/old/wp-content/uploads/2017/07/SP09_sbornik.pdf

3.2.2 Systémový přístup a modely v technické praxi

Modely systémové dynamiky dávají solidní výsledky v technických oblastech, avšak jsou nuceny v sobě absorbovat stále více rozšířenější množství vnějších působících faktorů, které systém ovlivňují, až může docházet postupně k jejich nefunkčnosti. Vzhledem ke komplexitě systémů (stále složitější struktura systémů) je nezbytné, aby tvůrce systému byl odborníkem mezi oborovým, tj. interdisciplinárním, aby dokázal podchytit všechny atributy působící na systém. Řada vlivů vykazuje bohužel neurčitost.

3.3 Postup tvorby dynamického modelu a jeho zpracování

1) Definice a účel problému

2) Formulování hypotéz

- Identifikace hlavních proměnných
- Tvorba referenčních módů
- Vytvoření příčinných smyčkových diagramů
- Analýza chování systému a smyček v čase
- Identifikace systémových archetypů
- Strategie dalšího přístupu

3) Formulace simulačního modelu

- Vytvoření jednoduchého grafického schématu, které v sobě zahrne hlavní struktury (proměnné) systému a vzájemné vztahy mezi nimi
- Vytvoření diagramu toků a hladin
- Aplikace dostupných data a informací
- Samotné sestavení simulačního modelu
- Simulace – nastavení časových toků
- Odladění modelu a validace
- Příprava uživatelského prostředí pro využívání modelu

4) Nastavení scénářů – plánování a rozhodování, nastavení politik

- Průběh zvolené strategie z pohledu časového
- Nalezení klíčových faktorů
- Ověření

5) Shrnutí výsledků a interpretace, možnosti dalšího využití či rozšíření modelu

3.3.1 Definice a účel modelu

Tvorba a navržený popisný dynamický model ve své podstatě umožní testovat různé chování systému a sektoru stavebnictví při investicích do infrastrukturní výstavby. Zároveň umožní operativně tyto strategie sledovat v konsekvencích okolnostmi vynucených změn (oborové - kapacitní, globální, politické, technologické, sociální...). *V modelu a jeho submodelech jsou využita data přes hranice jednotlivých oborů.*

3.3.2 Užitá data vstupující do popisného dynamického modelu

Data a parametry jsou a byly analyzována a vztažena k uplynulým vývojovým cyklům hospodářství, a to jak samotného sektoru stavebnictví, tak i hospodářským cyklům za uplynulých let. Dále pak k aktuálnímu stavu a predikci vývoje odvětví. Této tématice se věnovala druhá kapitola této práce.

U takto komplexního systému je brán v potaz setrvačnost systému, jenž by mola vést k nesprávným rozhodnutím (řídícím i politickým) a to jak s vlivem střednědobým, tak i dlouhodobým.

3.3.3 Charakteristika a komplexnost systémů

Charakteristikou „měkkých“ systémů je dynamický vývoj, tj. přecházení z jednoho stavu do druhého. Nelinearita je tedy primárním rysem těchto systémů. V komplexních sociálních systémech se rovněž objevují faktory, se kterými se lze vypořádat pouze velmi obtížně – nejistota a neurčitost [1].

V samotném řešení a výzkumu je využita a směrem práce rozvinuta metodologie systémové dynamiky, která se jeví jako jeden z vhodných nástrojů pro řešení komplexních problémů v technickoekonomických systémech. Přesto tento stav bude kriticky posuzován a zdůvodněn.

„Každý model komplexního systému je postaven na nějakých předpokladech, které často nejsou úplně realistické. Jakou cenu tedy má jeho analýza, na jaké otázky může odpovědět?“ V této situaci se ukazuje jako užitečné rozlišit projekci a predikci (neboli předpověď). Predikce říká, co se stane; projekce popisuje, co by se za jistých předpokladů mohlo stát“ [1]

Důležitým krokem je vymezení komplexnosti systému, kdy právě komplexnost nebyla nikdy zcela definována, ale můžeme ji brát za skupinu vazeb a částí, které jsou vůči sobě ve vzájemné interakci. Komplexita vzniká v tomto vyjádření na základě vnitřního a vnějšího propojení prostředí, ve kterém se nachází. Technicko-ekonomické systémy jsou rovněž ovlivněny závislostí a souvztažností současného stavu na stavech předchozích. Tyto systémy vykazují omezenou schopnost je absolutně řídit a ovládat, což vyplývá z nepředvídatelnosti systému. Můžeme však komplexní systém namodelovat natolik validně, že je možné pracovat s pravděpodobností, jak se systém bude chovat, jevit se, dle jednotlivých modelací.

Funkční struktury (prvky systému) musíme členit na dvě množiny prvků systému: technickou, ke které můžeme udělat systém natolik robustní, aby nemohl měnit v podstatné části svoji strukturu, a ekonomickou množinu, kde systém může v této množině dynamicky měnit svoji strukturu a nelze zde pomocí analýz jednotlivých částí odhalit stoprocentně chování systému. Výsledek je jen otázkou míry přiblížení skutečnosti.

Vzájemná propojenost obou množin včetně distribuce informací nastiňuje komplexní závislost technické i ekonomické části systému. Avšak i v měkkých systémech nemůžou všechny prvky reagovat se všemi prvky ostatními, ale ve většině případů fungují v interakci určité vymezené podmnožiny prvků systému – např. submodelu. *Distribuce informací a propojenost prvků přispívá k změnám struktury systému a k změnám v uspořádání systému – emergence.*

Systemová Emergence: komplexní systém dokáže měnit strukturu svého vnitřního uspořádání = dokáže ovlivňovat vnější okolí a jeho skladbu. Fenomén emergence na makro úrovni (změna struktury a vnitřního řádu) vzniká z událostí na mikro úrovni (Mainzer, 1996).

Technickoekonomické systémy reálných komplexních systémů vykazují Emergenci druhého řádu, která je charakteristická pro lidskou společnost a spočívá v tom, že jednotlivé prvky systému si uvědomují situaci a své jednání promýšlejí, tj. jednají na základě promyšlených akcí (*Journal of Artificial Societies and Social Simulation*)

Vzhledem ke všem předpokladům chování systémů, jejich komplexity a emergentnosti druhého řádu je zřejmé, že modelovaný problém nemůže vykázat stav rovnováhy a neustále se v čase bude měnit.

Z pohledu komplexní ekonomie nemůže být ekonomický systém (množina jeho prvků v celkovém systému) považován za takový, který přirozeně směřuje do rovnovážného stádia.

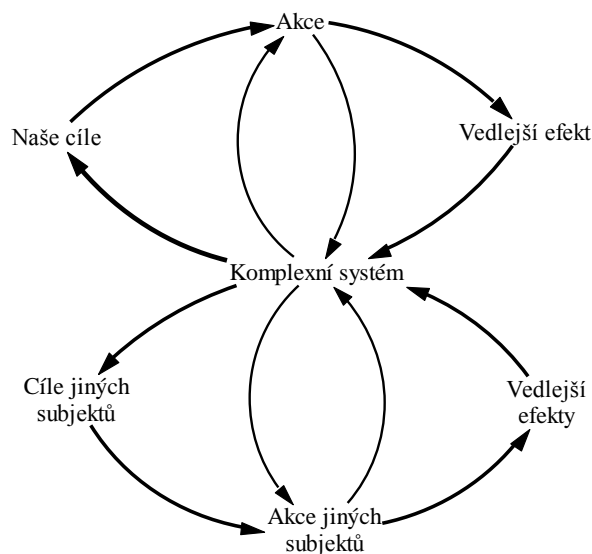
Šest základních vlastností ekonomického systému:

1. *Rozptýlená interakce*
2. *Žádný globální usměrňovatel*
3. *Organizační hierarchie*
4. *Kontinuální adaptace*
5. *Inovativnost systému*
6. *Nepředvídatelná dynamika (odhady s využitím pravděpodobnosti)*

Z pohledu technologie a tím i tvrdého systému, komplexita zcela oprávněně předpokládá, že se technologie vyvíjí kontinuálně v čase, ale rovněž postuluje, že může docházet k nečekaným velkým skokovým technologickým změnám

a posunům, které nelze adekvátně předvídat. Toto je třeba zohlednit převážně při tvorbě modelu, který vykazuje velký vliv zpoždění systému na jeho chování. Modelování za pomoci Systémové dynamiky je multidisciplinární „disciplínou“, ve které autor jakéhokoliv modelu musí mít široký přes oborový znalostní přesah do hlavních komponent prvků modelu.

„Schopnost lidské mysli formulovat a řešit složité problémy je velmi malá ve srovnání s velikostí problému, jehož řešení je vyžadováno pro objektivně racionální chování v reálném světě nebo dokonce pro rozumné přiblížení se takové objektivní racionalitě“ [19]. Komplexní model systému ukazuje možnosti, mezi kterými může uživatel vybírat. Ale na rozdíl od běžné teorie her nehledá optimální strategii, nýbrž zkoumá tyto možnosti v čase a ukazuje jejich vývoj.

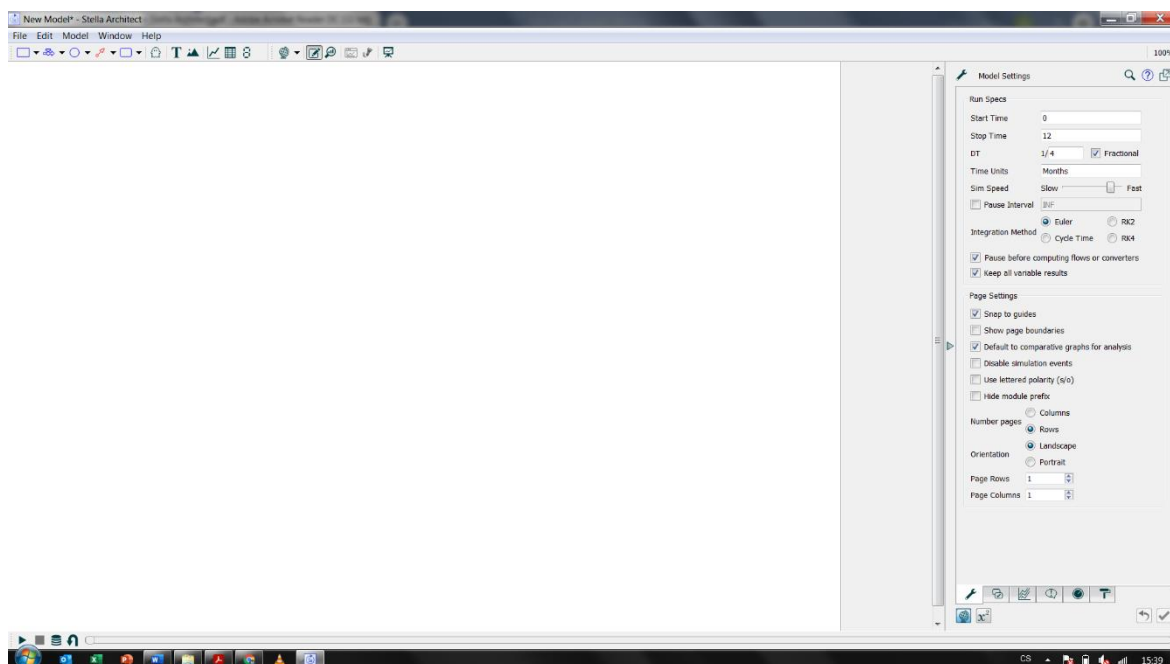


Obrázek 9 – Příčinný smyčkový diagram – komplexní systém, Zdroj: [12] po úpravě

4 Dynamický simulační model pro podporu plánování a řízení investic ve výstavbě

4.1 Modelovací software Stella Architect

Pro vytvoření dynamického modelu je využit software Stella Architect od americké firmy Isee System, který sice nepodporuje práci v českém jazyce, a to z důvodu chyb při využívání diakritických znamének, přesto lze v řadě případů po zkušenostech i toto uskutečnit. Stejně tak využívané jednotky jsou předdefinovány, ale lze vlastní úpravou a iniciativou toto pozměnit, avšak vždy s ohledem na zamýšlenou funkcionalitu. SW systém byl autorem využit tak, aby byl autorsky co „nejpřívětivější“ tj. využíval minimum omezujících a ohraničujících parametrů, což na druhou stranu vyžaduje odpovídající zadávání parametrů a hodnot.



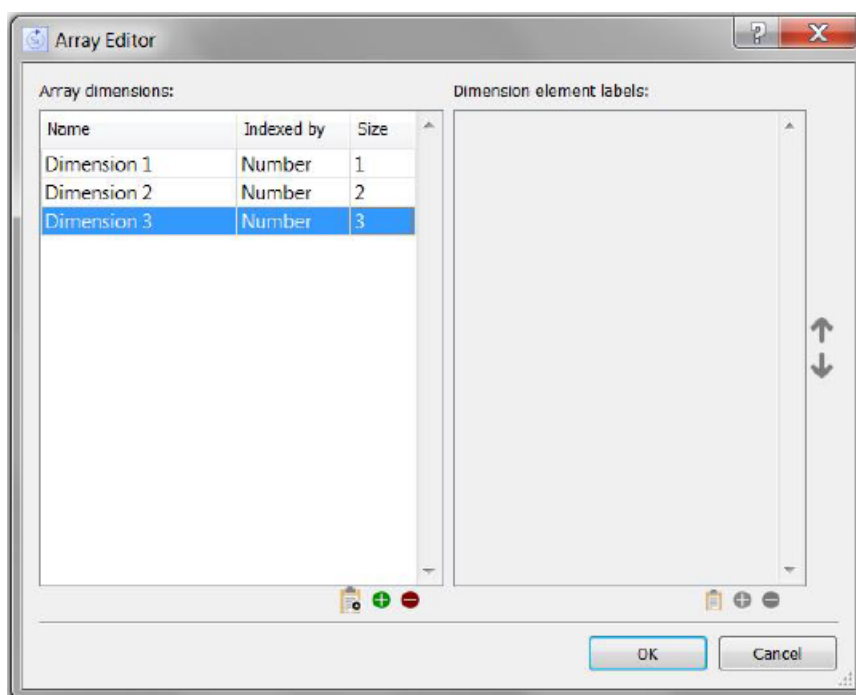
Obrázek 10 - Vizualizace na rozhraní SW Stela Architect, vlastní zpracování

Vizualizace na rozhraní (tzv. MAPA) je určeno pro návrh modelů, kde se využívají hladiny (STOCK), toky (FLOW) a konvertory (CONVERTER) a propojovače akcí (CONNECTORS).

Dají se v něm upravovat veškeré hodnoty a parametry modelu. Dále slouží pro změny v modelu či jeho submodelech po vyhodnocení zpětných vazeb, resp. po iteračním procesu. Modelovací program dovoluje využít veškerá data z modelu pro tvorbu manažerského simulátoru, a to bez využití externího SW. Celá model je prezentován nejen graficky, ale i matematickými rovnicemi, které se generují softwarem. Toto se nalézá v záložce EQUATION (rovnice).

4.1.1 Pole

Každou proměnnou v modelu můžeme chápat jako Pole $x [n]$, kde x značí pole a n vyznačuje velikost. Další možností jak utvořit pole je pomocí matice $A [n,m]$ kdy A – je název pole, m - počet řádků, n - počet sloupců. Třídímenzionální pole se dá zapsat $\text{Pole } x [n], A [n,m]$ (KORN, 2013). Systém umožňuje rozšiřovat pole o dimenze, a to prakticky do nekonečna. K tomuto využívá nástroj ARRAY EDITOR, kde se nastavuje indexování a přidávají již zmíněné dimenze. *Pomocí využití dvou dimenzí se vytvoří matice. Přidáním další dimenze je možné vytvořit 3D prostor a takto se dá pokračovat až do nekonečna.*



Obrázek 11 – Editor ARRAY, SW Stela Architect, vlastní zpracování

V ARRAY EDITORU jsou pro práci s POLI vloženy funkce MEAN, RANK, SELF, SIZE, STDDEV a SUM.

MEAN – vrací aritmetický průměr pole nebo výrazu. Syntaxe: „MEAN (<pole nebo výraz>)”.

RANK – vrací číselný index z proměnné s polem, s daným pořadovým číslem. Syntaxe je následující: „RANK (<proměnná s polem>, <pořadové číslo>)”.

SELF – odkazuje se na sebe samou. Využití v kombinaci s vestavěnými proměnnými SIZE a PREVIOUS.

SIZE – vrací velikost pole nebo výrazu. Syntaxe: „SIZE (<pole nebo výraz >)”.


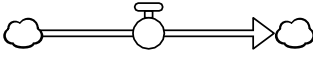


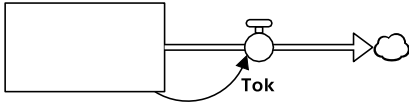
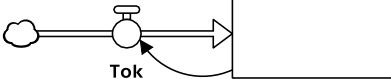

STDDEV – vrací hodnotu standardní derivace elementů pro pole či výraz. Syntaxe: „STDDEV (<pole nebo výraz >)”.

SUM – vrací součet elementů pro pole či výraz. Syntaxe je následující: „SUM (<pole nebo výraz >)”.

Vládání dat je běžným atributem práce v dynamickém modelu. Za tímto účelem je včleněna funkce IMPORT DATA. Provázáním modelu s dokumentem s daty je možné stejně tak, jako opačná situace, kdy jsou vložena data bez trvalého provázání s modelem. Možné je i využít funkce kdy se data propojí s modelem na tzv. požádání. Využit lze i dynamické vkládání, které proběhne

ve chvíli, kdy dojde v datech ke změně. Veškerá užívaná data musí být vložena do normalizovaných tabulek. Pro simulaci, která má být pro běžného a problematického neznalého uživatele pochopitelnější je užitá druhá možnost.

4.1.2 Prostředky, stavy, toky a diagramy prostředí modelovacího SW

Zásoby, úrovně	<p>Název zásoby / úrovně</p> 
Toky	 <p>Název toku</p>
Konvertory	<p>Název konvertoru</p> 
Propojovače akcí	
Vazba / konektor: Zásoba / úroveň → tok	<p>Název zásoby / úrovně</p>  <p>Tok</p>
Vazba / konektor: tok → úroveň/zásoba	<p>Název zásoby / úrovně</p>  <p>Tok</p>
Struktura sledování vztahu toky a úrovně/zásoby	<p>Název zásoby / úrovně</p>  <p>Přítok</p> <p>Odtok</p>

Tabulka 15 – Prostředky, stavy a toky (přehled), Zdroj: vlastní zpracování

4.2 Oblasti a hranice modelu

Hranice systému (modelu) určuje hranice České republiky, ve kterém hraje svoji roli submodel Ekonomika. Do modelu jsou tyto okolnosti včleněny ve formě submodelů a jsou velmi korektně a srozumitelně popsány tak, aby každému uživateli modelu byl zřejmý důvod jejich včlenění a vzájemná provázanost. Nutností je upozornit, že oblasti hranic modelů jsou stanoveny směrem k účelu daného modelu a byly často diskutovány tak, aby nebyla opomenuta žádná podstatná část, což by se na výsledku projevilo a naopak, nebyly hranice nastaveny zeširoka tak, že by se model stal nepřehledným a pro uživatele "neprohlédnutelným". Základem jsou dobře sestavené submodely s potřebným počtem vhodných dat jak z pohledu validity, tak i jejich kvality pro účel zpracování.

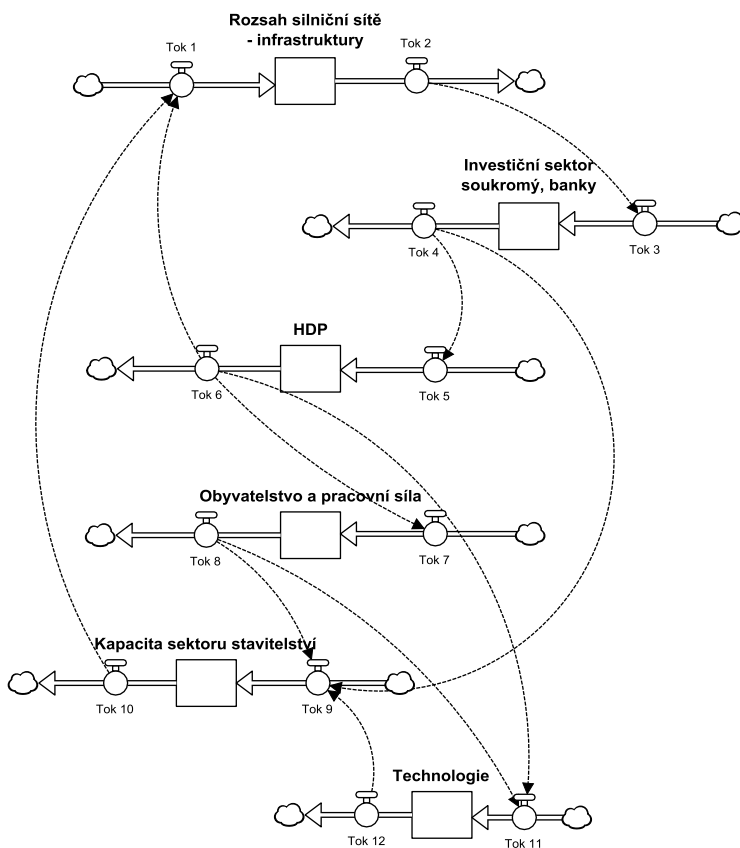
4.3 Definice účelu modelu a jeho využití

Vytvářený model je určen k dynamické simulaci investic ve výstavbě dopravních infrastrukturních staveb a vliv těchto investic na kapacity sektoru. Model by měl umožnit simulovat investiční strategie v závislosti na předpokládaném vývoji okolních činitelů s důrazem na ekonomické a demografické ukazatele a dát odpovědi na vyslovené hypotézy a otázky, které jsou uvedeny v úvodu práce (kapitola 1.1.). Základní a užívaný časový krok simulace na 1 rok. Model bere v potaz dlouhodobost výstavby infrastrukturních staveb od první fáze (plánování až po samotnou realizaci) až po fázi finální, tj. realizační, tudíž zahrnuje prvky zpoždění.

Hranice modelu byly nastavena tak, že zavádí životnost infrastrukturních projektů, resp. míru staveb určených k rekonstrukci (zkapacitnění). Tento faktor lze v modelu ovlivňovat jako proměnnou. Výsledný model je možné převést do tzv. manažerského simulátoru, který by umožnil uživatelům modelu testovat a odhadovat bez rizika výsledky a následky různorodých vnějších událostí nebo interních rozhodnutí a zvolených strategií.

4.3.1 Sektorové členění subjektů tvořících systém

V celém systému jsou sektory, které v sobě zahrnují submodely, které ve své provázanosti modelují celou problematiku a určují celou strukturu včetně jejich zpětnovazební provázanosti. Tato provázanost těchto entit je samotným myšlenkovým základem pro celkový dynamický popisný model. Zároveň sektorové členění vymezuje obsah a hranice modelu, které jsou vztažené k jeho funkčnosti a zaměření. Je zřejmé, že sektorové členění by mohlo být obsahově širší (a skutečně tomu tak v řečneme v prvních 20 variantách modelu bylo), či naopak štíhlejší, ale model se vymezuje pouze vůči investicím do dopravních infrastrukturních projektů (silnice a dálnice) a zajímá se sektorem výstavby s ním souvisejícím. To umožňuje se tímto směrem cíleně autorem vymezit a ponechat model co nejvíce srozumitelný. Obr. 12. Návrh základního sektorového členění subjektů tvořící celý systém, kde jsou ponechány i „Toky“ v základním nastavení.

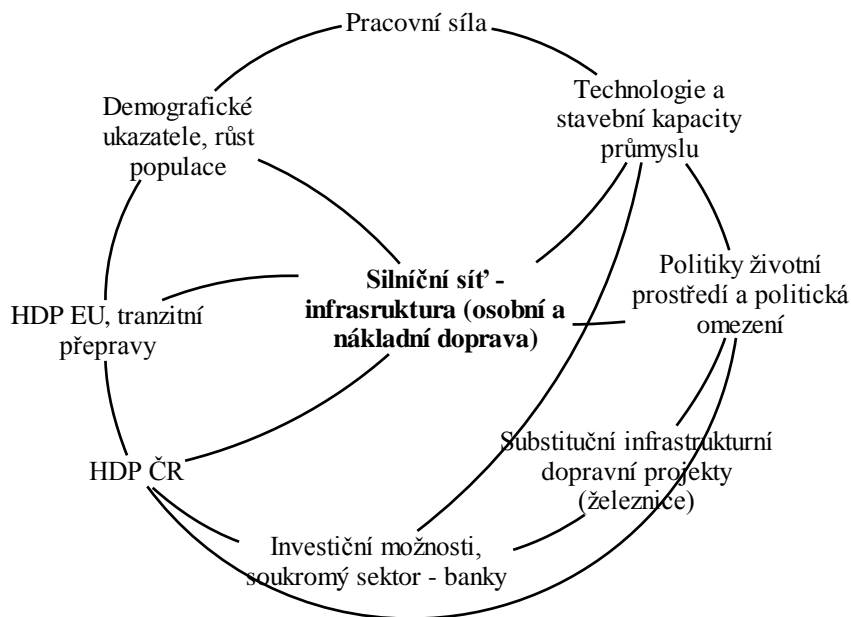


Obrázek 12 – Návrh sektorového členění subjektů tvořící celý systém, Zdroj: Vlastní analýza a zpracování

4.3.2 Návrh a zpracování Rich Picture simulačního modelu

Takzvaný Rich Picture simulačního modelu názorně ukazuje v pochopitelném členění provázanost jednotlivých částí ekonomického prostředí, které ovlivňuje a vstupuje do rozhodování o výstavbě infrastrukturních projektů a subjektů v tomto systému zastoupených. Byť některé prvky mohou na první pohled vypadat jako velmi podobné či stejné např. růst populace a pracovní síla není tomu tak, jelikož do růstu populace započítáváme primárně růst populace ČR, avšak do pracovní síly je zahrnuta i velká část osob, která za prací imigrovala ze zemí EU a jiných států mimo EU a jsou tu pouze přes časově omezená pracovní povolení. Toto je obzvláště důležité vzhledem k poměrovým ukazatelům zaměstnanců cizinců pracujících ve stavebnictví, které je sektorem s největším poměrovým zastoupením těchto zahraničních pracovníků. Zároveň společně s průmyslem se v situacích nedostatku pracovních sil dostávají do ekonomických situací, které mají vzhledem ke struktuře ekonomiky ČR nezanedbatelný vliv na celkový výkon hospodářství.

Rich picture má 8 prvků (Pracovní síla, Demografické ukazatele, HDP EU/Tranzit, HDP ČR, Investiční možnosti, Substituční infrastrukturní projekty, Politiky, Technologie), které ovlivňují v celkovém modelu prvek devátý Silniční síť (infrastrukturu). V popisném dynamickém modelu jsou některé prvky ve větším počtu sloučeny do submodelů, které v celkovém kontextu provázanosti následně tvoří celý systém. Struktura využití modelu je z modelu však zřejmá.



Obrázek 13 – Návrh a zpracování Rich Picture modelu, Vlastní tvorba

4.4 Struktura modelovaného systému

Strukturu modelu v propojení jednotlivých prvků je uvažováno se 6 základními sektory:

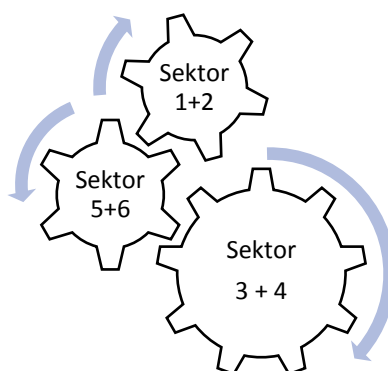
- 1) Sektor: Demografické ukazatele, populace ČR
- 2) Sektor: Pracovní síla, zaměstnanost
- 3) Sektor: Ekonomika ČR/EU – investice, tranzit, obchod
- 4) Sektor: Substituční investiční projekty – železnice
- 5) Sektor: Kapacita sektoru
- 6) Sektor: Technologie a produktivita

Těchto šest sektorů tvořící strukturu a jednotlivé submodely můžeme věcně spojit v hlavní tří vzájemně se intenzivně ovlivňující sektory – autor práce je bere za tzv. základní a opět vzájemně se ovlivňující:

Sektor 1 a 2: Populace a pracovní síla

Sektor 3 a 4: Ekonomika

Sektor 5 a 6: Kapacitní možnosti sektoru



Obrázek 14 - Sektorové členění a ovlivnění sektorů 1-6

Růst ekonomiky bude mít zásadní vliv na růst populace obyvatelstva a tím zpětnovazebně dojde opět k ovlivnění ekonomiky, která svým posílením vytvoří poptávku po pracovní síle, která s delším zpožděním může být naplněna kapacitně z obyvatelstva ČR v produktivním věku a v kratším horizontu (předpoklad menšího zpoždění) z pracovní síly importované ze zahraničí.

Růst ekonomiky v dlouhodobém očekávání ztraktivní a lepší život obyvatel ČR, což vytvoří poptávku po službách, zboží a jiných ekonomických attributech, jejichž naplnění vyžaduje koncepční a dlouhodobé investiční intervence státu, a to i do zkapacitnění silnic a dálnic či výstavby nových úseků. Vzájemná provázanost ekonomiky ČR a EU a struktura hospodářství a průmyslu ČR způsobuje, že růst či pokles vytváří zpětnovazební tlaky na rozvoj sítí zajišťující tranzitní a dopravní obslužnost.

Případný souběžný populační a ekonomický růst/pokles (chceme-li vývoj) ovlivňuje požadované kapacity dopravních sítí v dlouhodobém horizontu. Politiky státu v tomto směru, což je uvažováno i v submodelu, by měly vycházet ze strategie, kdy silniční kapacity by měly být dostatečné pro základní provoz tranzitní a veřejné přepravy.

Politiky:

Osobní veřejná přeprava by měla svoji kapacitu navyšovat spíše přes hromadnou veřejnou dopravu a substituty – železnice /VRT/.

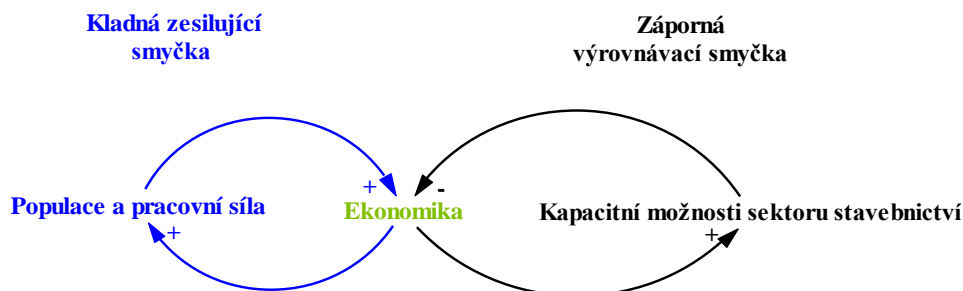
Zřejmá podpora VRT (Vysoko Rychlostních železničních Tratí /VRT/), což v modelovaném systému a struktuře je bráno v potaz jak v ekonomických submodelech, odliv investic do těchto substitutů, a i v sektoru kapacitním, kdy část kapacity je a bude alokována tímto směrem.

Otevřenými otázkami, jsou rychlosti zpětnovazebních reakcí na všechny uvedené situace, a to i v opačných či odlišných případech:

- může dojít k poklesu demografických ukazatelů (pokles populace) při současném růstu ekonomiky
- dlouhodobý trend poklesu výkonu ekonomiky z důvodu neočekávaných i očekávaných externalit a s tím spojený pokles populačního růstu
- propadat jak ekonomiky, tak i populačního růstu se silným dopadem na kapacitní možnosti sektoru

Možností, způsobů chování a vývoje situací je celá řada a zpětnovazební provázanost jednotlivých submodelů toto reflektuje.

Zpětnovazebním smyčkovým diagramem vyjadřujeme strukturu následovně:



Obrázek 15 – Zpětnovazební smyčka vyjadřující strukturu propojení sektorů

Modelované situace investic do výstavby a zkapacitnění infrastrukturních projektů silniční sítě vychází v první řadě z ekonomických pohnutek a potřeb znalosti jednotlivých ekonomických situací v jednotlivých simulovaných případech. Z toho důvodu je ekonomika jedním ze základních prvků/strukturou celého modelu.

Kladná zesilující smyčka (obr. 15.): vychází z předpokladu že růst ekonomiky ČR a EU bude mít vliv na růst populace a tím i na zaměstnanecký pracovní trh, který bude zvýšenou atraktivností zajímavější i pro zahraniční pracovníky. Růst populace a obyvatelů ČR kladně působí jejich spotřebou na další růst ekonomiky.

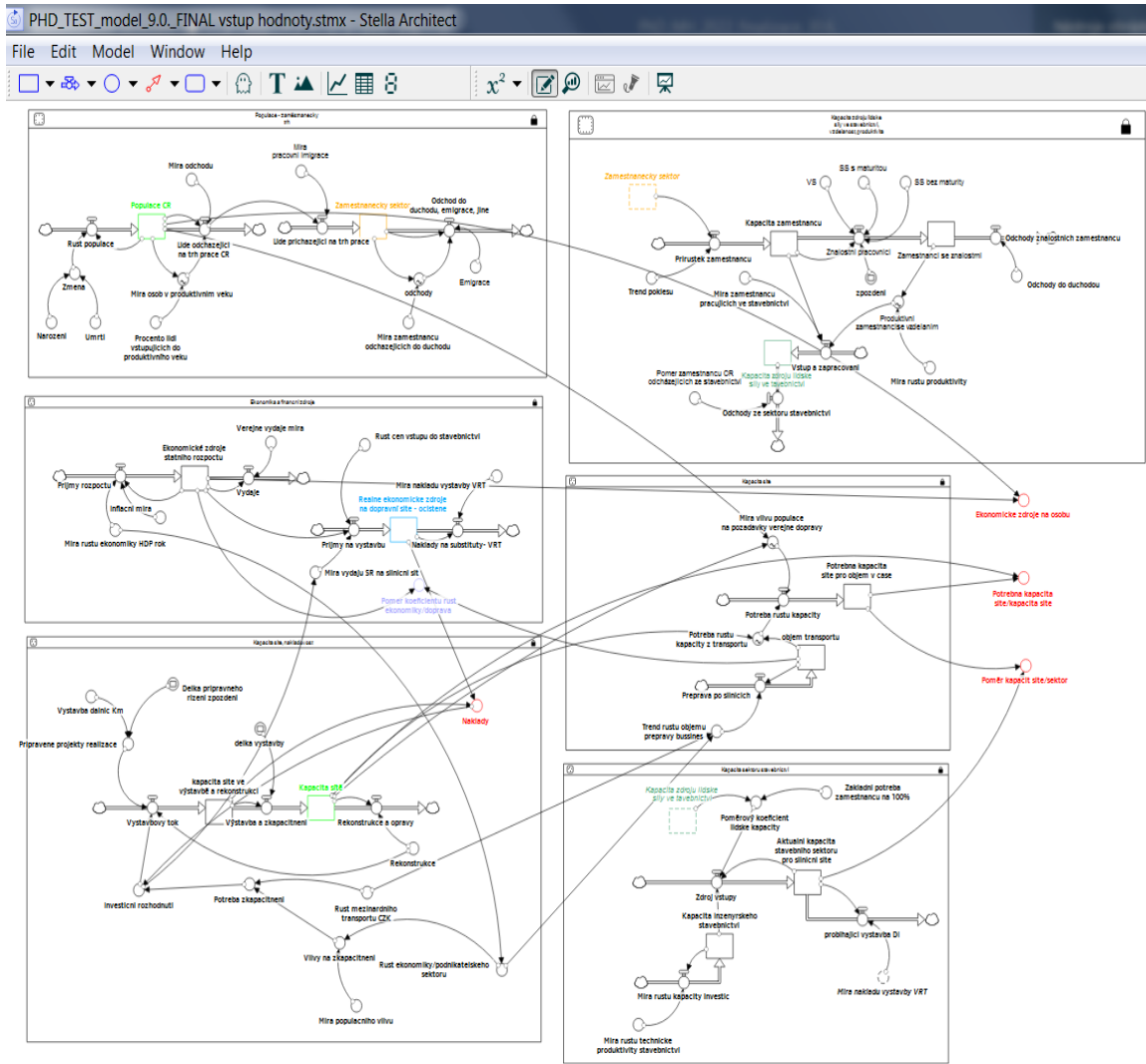
Záporná vyrovnávací smyčka (obr. 15.): růst ekonomiky přináší vždy i potřebu realizovat více investičních stavebních projektů. Při nekontrolovatelném nárůstu požadavků však může dosáhnout stavební sektor své maximální kapacitní hranice (technologické, personální, zdrojové...), kdy nebude možné tyto požadavky včas naplňovat a růst ekonomiky tímto bude zpomalován

(nedostatečná infrastruktura požadovaná v čase na základě aktuálního vývoje ekonomiky). Může dojít k nedostatečné atraktivnosti ČR pro další rozvoj podnikajících subjektů, a i snížení atraktivnosti pro veřejnou sféru-populaci.

5 Model

Kapitola práce nazvaná modle vychází a propojuje všechny předešlé části práce, která se věnovala nastavení užití Systémové dynamiky, analýze dat a podrobnostem jednotlivých oblastí – sektorů, které byly nezbytné pro správné nastavení jednotlivých částí modelu submodelů. Navržený model vyšel z myšlenky autora, jenž navazovala na doposud poznanou metodologii, avšak cílil rovněž i na svou vnitřní uspořádanou strukturu. Je zřejmé již z textu a analýz v dřívější části práce, že se systém skládá z podsystémů (sektorů a jejich submodelů), které umí pracovat ve svých podstatách i samostatně a v analýzách toho bylo využito. Z této úvahy model vyšel a pokusil se o inovativní přístup právě svým členěním. Při bližším zkoumání je zřejmé, že jde o modulové vystavění hranic modelu vnějších, ale i určitých hranic modelu vnitřních, byť v tomto případě překročitelných. Vliv toho členění je primárně v gesci autora, citlivosti modelu a užitých politik.

Model byl rozčleněn do 6 dvoj sektorů, které jsou ve svém spojení pojmenovány obsahově (viz. kapitola 4.): 1. Populace a pracovní síla, 2. Ekonomika, 3. Kapacitní možnosti sektoru, které v sobě každý absorbuje dva submodely. Pro zjednodušení bylo v několika případech využita funkce GHOST, a to pro lepší vizualizace a čistoty návrhu modelu.



Obrázek 16 - Celkový návrh modelu: propojení submodelů

5.1 Sektor 1 a 2.: Submodel populace a pracovní síla

Sektor populace a pracovní síla je, jak bylo uvedeno velmi úzce propojen s ekonomickou situací a jejím výhledem a rovněž se zaměstnaneckým trhem. Vývoj a stav ekonomiky má rovněž dlouhodobé dopady do populačního vývoje. Stejně tak i stav ekonomiky reflektuje pracovní trh, a to jak domácí, tak i trh zahraničních pracovníků přicházejících do ČR. Atraktivnost ČR a jeho konkurenceschopnost na pracovním trhu je jedním ze sledovaných atributů. Růst populace a ekonomiky vytváří potřebu na rozsáhlejší investice do dopravních infrastruktur.

Pracovní síla (její dostatek/nedostatek tj. „kapacita“) ve velké míře ovlivňuje kapacitu stavebního sektoru a tím i možnosti plnit požadavky na potřebu výstavby.

Submodel 2., nazvaný *Pracovní síla* zapracovává do celkového modelu pracovní sílu z pohledu a přístupu její kvalifikace do samotného sektoru výstavby. To znamená, inklinuje v sobě nejen sumační přehled o pracovních jako celku, ale reflektuje i jejich vzdělanostní složení a atraktivitu vstupu do pracovního prostředí výstavby.

Varianta 1.:

Kapacita však může být nedostatečná jen „nárazově“, ačkoliv je dlouhodobě na svém optimálním stavu, který bereme jako 100 %. Tento jev modelově nastává v situacích, kdy infrastrukturní projekty nejsou časově dobře naplánovány, resp. zdržení některých projektů oproti plánu způsobí, že v krátkém časovém intervalu (u stavebnictví několik let) dojde k abnormálním požadavkům na kapacitu sektoru či naopak, dojde k neočekávanému poklesu pracovní síly, která neodpovídá svým profilem růstu a požadavkům sektoru výstavby.

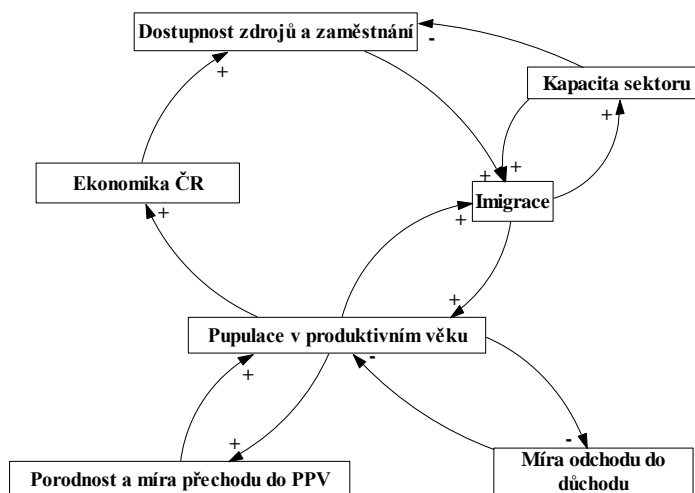
Varianta 2.:

Ekonomický růst ČR je dlouhodobě kontinuální, stabilita ekonomiky vykazuje minimální volatilitu, dostupnost ekonomických zdrojů je čitelná a stále navzdory okolnostem dostačující. Zvyšuje se poptávka po rezidenčním bydlení, což odvádí větší část kapacity stavebnictví směrem do soukromé sféry, než je běžný procentuální poměr. Zároveň však nárůstem atraktivnosti některých lokalit, zvyšování produkce a růstu průmyslu a služeb dochází k větší poptávce i po lepší tranzitní i vnitrostátní dostupnosti a tím snižování kapacit sektoru.

Varianta 3.:

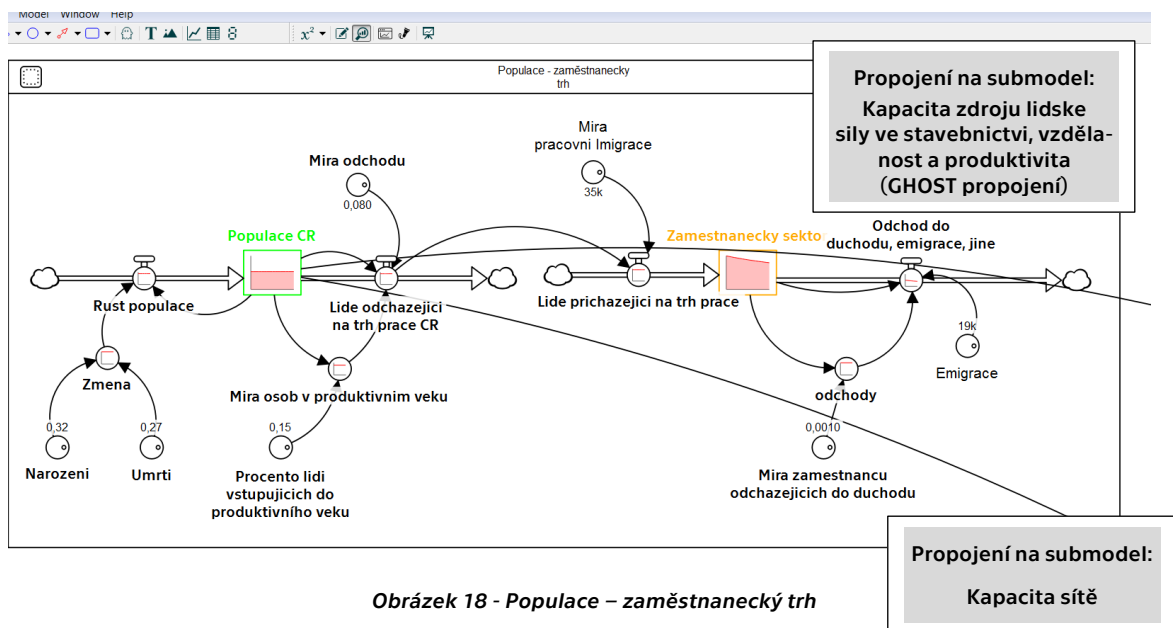
Stavebnictví má z ekonomické konjunktury rozpracované investiční i soukromé projekty. Dochází ke změnám politik. Stagnace ekonomiky, růst inflace a inflačního očekávání. Dochází ke skokovým nárůstům cen stavebních materiálů, způsobeným jednak inflací a jednak jejich nedostatek z důvodu vysoké poptávky. Kapacita odvětví je dostačující, ale vzhledem k cenám materiálů či jejím nedostatkům dochází k zastavování či zpoždování projektů což má vliv na pracovní sílu, která z odvětví, které začíná stagnovat, odchází. Ekonomická síla obyvatel klesá.

Smyčkový diagram: dostupnost lidských zdrojů na trhu práce ČR



Obrázek 17 - Smyčkový diagram analýzy dostupnosti lidských zdrojů na trhu práce ČR

Submodel Pracovní síla, který je složen ze dvou vzájemně propojených částí (I. Populace – zaměstnanecký trh (obr. 17.), II. Kapacita lidských zdrojů ve stavebnictví, produktivita) rozšiřuje a zpřesňuje v modelu trh pracovních sil, které se uplatňují ve stavebním sektoru (počet, stupeň dosaženého vzdělání, tj. složení včetně dělení na ČR a zahraniční pracovníky). Celkově je snahou postihnout kapacitu z pohledu kapacity lidských zdrojů včetně jejich produktivity, což submodel následně přenáší i do kapacity sektoru výstavby jako celku.

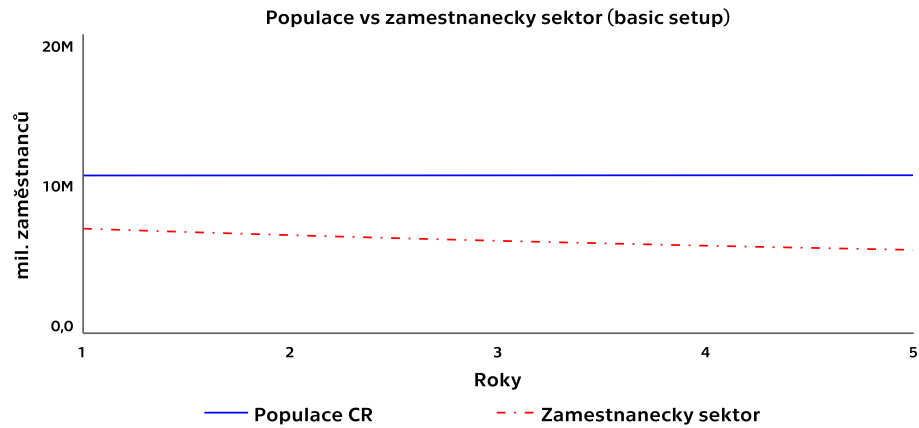


Obrázek 18 - Populace – zaměstnanecký trh

Růst populace (obr. 18.) je vstupní hodnota, která je rozdílem křivky narození a smrti. Na základě tohoto rozdílu se zásoba v podobě populace zvyšuje či snižuje. V navrženém modelu je Populace ČR brána jako celek, ze kterého odcházejí lidé na pracovní trh dle Míry osob dosahujících produktivní věk. Z tohoto důvodu se Populace snižuje, protože je provázána se sektorem zaměstnaneckým. Cílem tohoto vzájemného propojení nebylo již analyzovat vývoj samotné populace, ale její vliv na zaměstnanecký sektor.

Zaměstnanecký sektor (obr. 18, pravá část) přijímá osoby na trh práce, a to jak z Populace ČR, tak i připočítává imigrační přírůstek. Zaměstnanecký sektor je tedy definován přírůstkem pracujících z ČR tak i zahraničí. Zaměstnanecký sektor vykazuje v čase svoji kapacitu, která je dána přírůstkem a odlivem

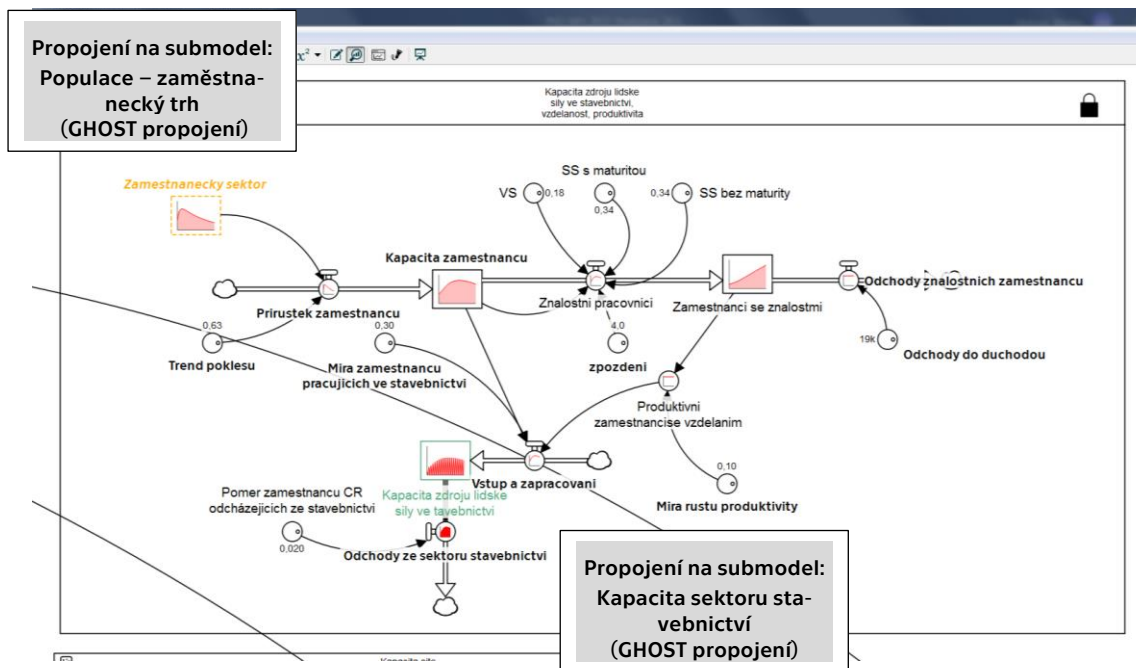
zaměstnanců. Otok zaměstnanců reprezentuje míra odchodu do důchodu a emigrační faktor.



Graf 8 Vývoj populace a zaměstnaneckého sektoru - basic setup

V nastavených parametrech dle analýz (basic setup) se situace na trhu práce a v populaci ČR blíží střední variantě hodnoty vývoje populace dle analýzy v kapitole 2..

Do submodelu **Kapacity zdrojů lidské práce** vstupuje zásoba v podobě Zaměstnaneckého sektoru v módu (GHOST) tj. bere se za kapacitu celkovou o trend poklesu. Trend poklesu je z analýzy dat brána hodnota nezaměstnanosti, byť i nezaměstnané můžeme teoreticky brát za zdroj pracovní síly. Teoreticky se však práce tady upírá směrem k nezaměstnanosti tzv. dobrovolné.



Obrázek 19 - Kapacita lidských zdrojů ve stavebnictví, produktivita

Navržená struktura pro model uvažuje, že je třeba zohlednit kvalifikaci zaměstnanců, jejich strukturu z pohledu vzdělání. Toto je navrženo přechodem části zaměstnanců do části **Zaměstnanci se znalostmi**. Ve své struktuře je předpokládáno, že znalostní pracovníci vykazují vyšší produktivitu práce.

Produktivita práce v modelu vychází z hodnoty průměrné produktivity práce počítané na jednu hodinu napříč všemi sektory, z průměru složení kvalifikovaných pracovníků a produktivity stavebnictví jako celku (viz. analýza sektoru v předchozích částech práce). Měřitelnost produktivity ve stavitelství, jejich změn a posunů, je hůře exaktně pozorovatelná, ale na základě určitých statistických rozborů a technologických změn a postupů ve výstavbě je převzata jako určující produktová míra v procentuálním rozpětí odborných článků a hodnocení stavebního sektoru.

Za zaměstnance se znalostmi se berou v práci všichni ti, kteří prošli školami s definovaným výstupem: vyučení, maturita vyšší vzdělání. Je zřejmé, že v sektoru stavebnictví bude působit i řada vzdělaných osob mimo toto

odborné zacílení, ale tuto skutečnost nelze modelem dostatečně přesně zachytit, proto za znalostní pracovníky uvažujeme v modelu pouze takto. Také, byť je model rozlišuje díky statickým údajům, bereme všechny znalostní pracovníky jako jednu entitu a produktivitou nerozlišujeme úroveň dosaženého vzdělání, byť by i toto bylo možné. Problémy by nastal však v situaci, jak tuto produktivitu poměřovat. V modelu tedy došlo k tomuto zjednodušení.

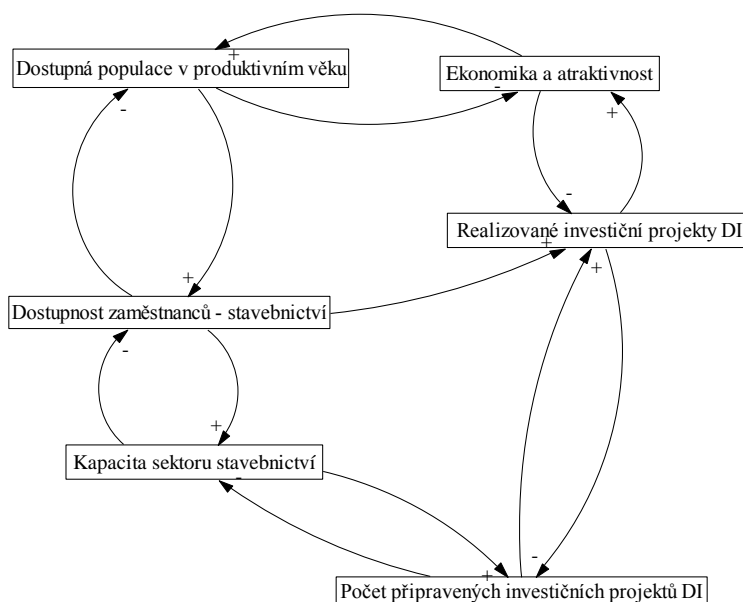
Dělení znalostních pracovníků:

- 1) střední škola bez maturity
- 2) střední škola s maturitou
- 3) vysoká škola bez rozdílů bakalářského a magisterského programu

Z pohledu analýz vychází, že nedostatek kvalifikovaných pracovníků ve stavebnictví je výrazně limitujícím faktorem pro realizaci stavebních prací (a kapacity sektoru) a v krátkodobém časovém horizontu nebude v této transformaci možno uspět. Z pohledu střednědobého časového horizontu je možné zásadně ovlivnit kapacitu znalostních pracovníků ve stavebnictví zavedením duálního vzdělávání, tj. zrychlením přechodu pracovníků z nekvalifikovaných do kvalifikovaných (znalostních) rekvalifikacemi (běžně trvajícím méně než učební obor) a několikaletou praxí. Zkrácení tohoto přechodu pod 2 roky vykazuje silný vliv na celý sektor, avšak i zde je nezbytná provázanost na ekonomický sektor a jeho vývoj.

Kapacita zdrojů lidské síly ve stavebnictví (jako zásoba) je ve své podstatě popsatelná a uvažovaná jako počet zaměstnanců pracujících ve stavebním sektoru, přepočteno z celkového počtu zaměstnanců koeficientem dle analýzy, a navýšeno o poměr navýšení produktivity práce znalostních zaměstnanců. Kapacita zdrojů lidské síly ve stavebnictví je následně vztažena užitím metody GHOST v submodelu Kapacita sektoru stavebnictví.

Smyčkový diagram vlivu dostupnosti zaměstnanců v sektoru stavebnictví a jejich vliv na celkovou kapacitu sektoru



Obrázek 20 - smyčkový diagram vlivu dostupnosti zaměstnanců v sektoru stavebnictví a jejich vliv na celkovou kapacitu sektoru

Model vykazuje z pohledu trendu kontinuální růst populace, což se dá považovat za pozitivní trend. Z pohledu zaměstnaneckého sektoru však ani pozvolný nárůst populace nedokáže zabránit celkovému poklesu zaměstnaneckého trhu. Důvodem je vyšší procento lidí odcházející z produktivního věku, tj. do důchodu, a i snížená pracovní imigrace (externalita vyvolaná nečekaně primárně v roce 2022, tj. v samotném dokončování této práce), která tento trend zatím nedokáže vyrovnat.

V submodelu Kapacita zaměstnanců dochází k mírnému poklesu jako celku. Ve stavebnictví však kapacita zaměstnanců mírně roste, a to z důvodu zlepšené produktivity práce a vzdělanosti zaměstnanců přicházejících na pracovní trh a míry počtu zaměstnanců pracujících ve stavebnictví.

Citlivost těchto submodelů na data vychází primárně z analýz autora, analýz a dat získaných od ČSÚ, ŘSD a agentury Eurostat.

U předpokladu vývoje populace ČR a zvolením dané politiky modelu:

- Růst / pokles populace
- Míra odchodu do důchodového věku (hranice důchodového věku)
- Míra imigrace (snadnost získat v ČR pracovní povolení)
- Nezaměstnaností (kterou bere model za nezaměstnanost dobrovolnou ne vynucenou)
- Vzdělanostní systém (struktura kvalifikace/vzdělávání zaměstnanců přicházejících do sektoru stavebnictví)

Jak již bylo uvedeno, submodely se věnují sledování a analýze kapacity zaměstnanců, resp. lidských zdrojů ve stavebnictví a dokáží fungovat i samostatně. Struktura zaměstnanců se znalostmi stále mírně narůstá, což je dáno trendem a směřováním (strategií a dostupností) současného školského systému. Celkově však bude nutné lidské zdroje posilovat jako celek.

5.2 Sektor 3 a 4.: Ekonomika

Ekonomické „sektory“ jsou další sektorovou částí, zahrnující dva submodely. Jejich hlavním výstupem je predikce a vliv ekonomických ukazatelů (jejich poklesu/růstu) společně s politikami investic na míru prostředků možných investovat do budování sítě (v potaz je brána i inflační mra) a potřeby těchto investic vzhledem k potřebě kapacity sítě, kterou citlivostně ovlivňuje objem transportu. V prvním submodelu ekonomické ukazatele jsou uváděny v běžných cenách a následně do druhého submodelu převedeny do cen očištěných.

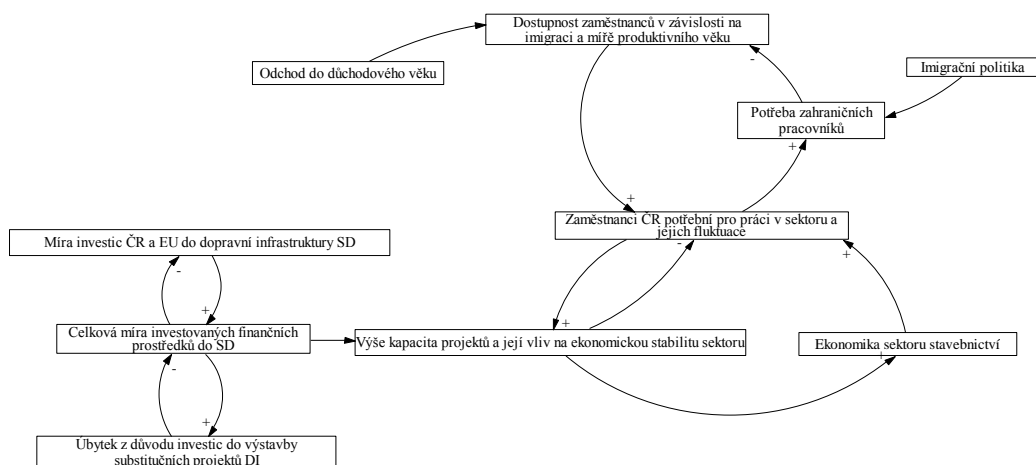
Model bere ve svém provedení v potaz varianty ekonomických vlivů a to:

- Příjmy rozpočtu resp. jejich míry alokace do infrastrukturní výstavby dle
- politik
- Výši a trend HDP
- Objemy transportů / přepravy v cenových objemech

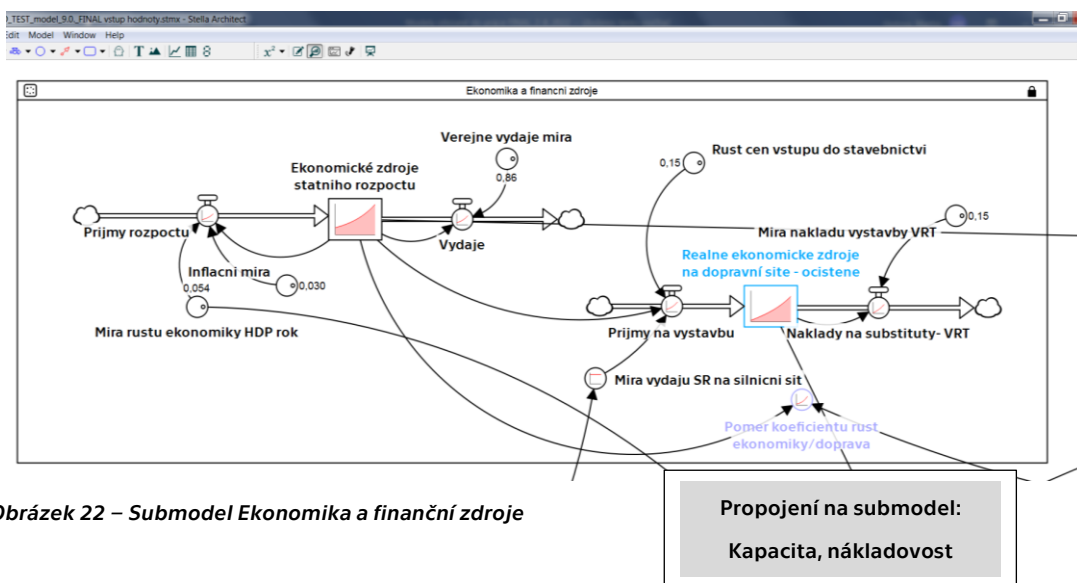
Všechny zmíněné ekonomické vlivy mají vliv na chování systému jako celku. Alokace množství těchto zdrojů, chápáno jako přerozdělení dle rozhodnutí politik, zásadně ovlivňuje množství finančních prostředků směřujících do výstavby. Celkový vývoj HDP a míra jeho růstu vykazuje sílu a tendenci ekonomiky a tím možnosti investic.

Citlivost je dána vhodným, správným a odpovídajícím způsobem nastaveným vstupním parametry politik: alokace finančních zdrojů.

Smyčkový diagram vlivu investovaných prostředků do výstavby zkapacitnění a výstavby SD



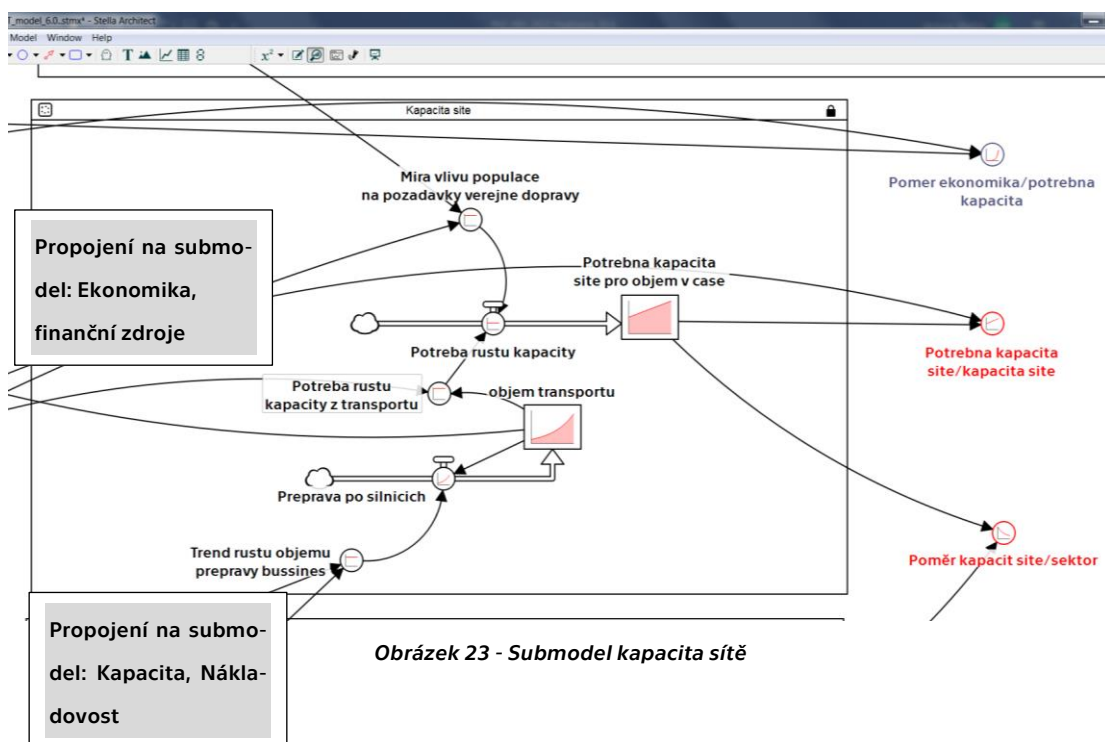
Obrázek 21 - Smyčkový diagram vlivu investovaných prostředků do výstavby zkapacitnění a výstavby SD



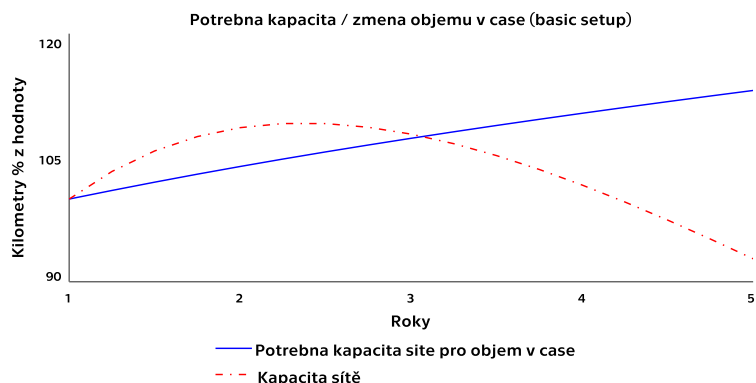
Obrázek 22 – Submodel Ekonomika a finanční zdroje

Reálné ekonomické zdroje na dopravní síť – očištěné jsou v práci brány zdroje, které jsou již plně alokované pro výstavbu infrastruktury včetně jejich substitutů v podobě např. VRT. Tento nákladový substitut je do návrhu modelu zanesen jako **Míra nákladu výstavby VRT**. Hlavním důvodem jsou predikce politik vynaložení nemalých prostředků do této výstavby s tím, že

kromě zdrojů finančních se dá usuzovat vliv i na míru kapacity sektoru jako celku.



Objem transportu a Potřebná kapacita sítě v čase jsou brány jako akumulace hodnot, tj. v případě Objem transportu a jeho tendence růst/klesat v čase, což je analyzováno v příložené tabulce excel: Data_PhD-MH_2022. Potřebnou kapacitu sítě pro objem v čase autor práce v návrhu bere za odchylku mezi kapacitou sítě v roce 2015 branou jako 100 % za předem definovaných hodnot tohoto roku (viz. excel tabulka) a poměrový růst transportu a populace. Vyznačené proměnné mimo ohraničení submodelu nastiňují možnost poměrových měření. Jsou však vyčleněny mimo submodely.

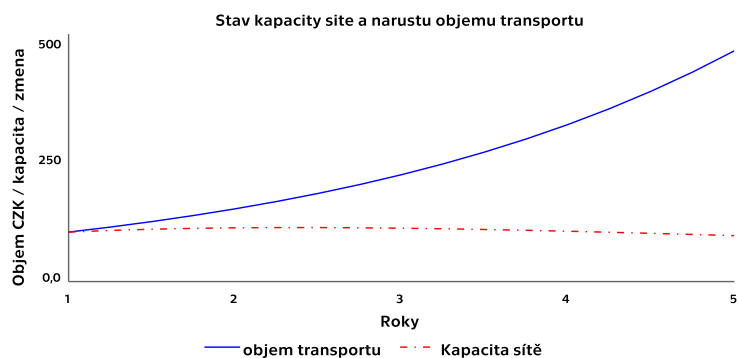


Graf 9 - Poměr potřebné kapacity objemu vůči změně kapacity sítě

Z nastavených parametrů pro následující roky vychází model z parametrů postupného nárůstu trendy objemu přepravy ekonomického růstu, který byl predikován před rokem 2022. Růst kapacity sítě je vykazován změnou – dostavěním či zkapacitněním silniční sítě. Je zřejmé, že model počítá s postupným zkapacitněním dálnice D1, avšak po 3 roce vývoje dochází k pozvolnému klesání růstu kapacity sítě k výchozí procentuální hodnotě. Neznamená to úbytek kapacity, ale snížení růstu.

5.3 Sektor 5 a 6: Kapacitní možnosti sektoru

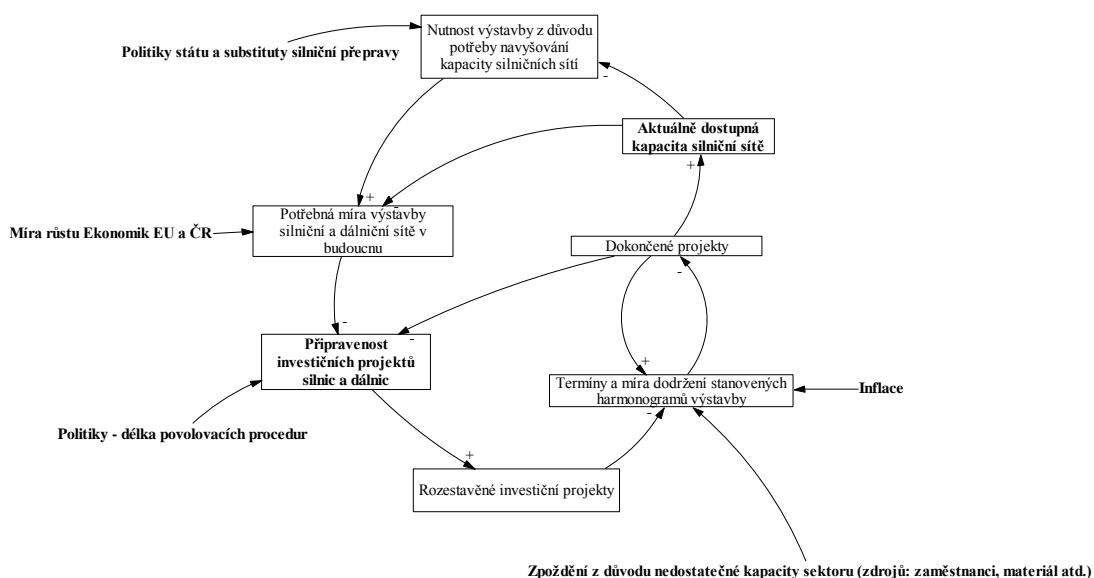
Kapacitní možnosti sektoru jsou velmi úzce propojeny a provázány se sektory 1-2 a submodely 1-4, kdy v modelu působí při simulacích vliv růstu/poklesu populace, dostatku pracovní síly, tj. politik zaměstnanosti v provázanosti na ekonomickou situaci ČR. Ekonomická konjunktura či pokles výkonu ekonomiky stejně tak jako míra inflace v analýzách vykazaly vyšší citlivost. Obzvláště ukazatel inflace a cena růstu materiálu hraje v mezních hodnotách zásadní roli. V hodnotách nad 10 % dochází k velkému tlaku na rozpočty a míry „čistých“ investičních prostředků. Zároveň v modelové situaci, kdy zaměstnanecký trh se dostává pod tlak velmi nízkou mírou nezaměstnanosti vykazuje systém stagflačních jevů. Silnou citlivost zde vykazují celková procentuální vytíženost zdrojů sektoru stavebnictví.



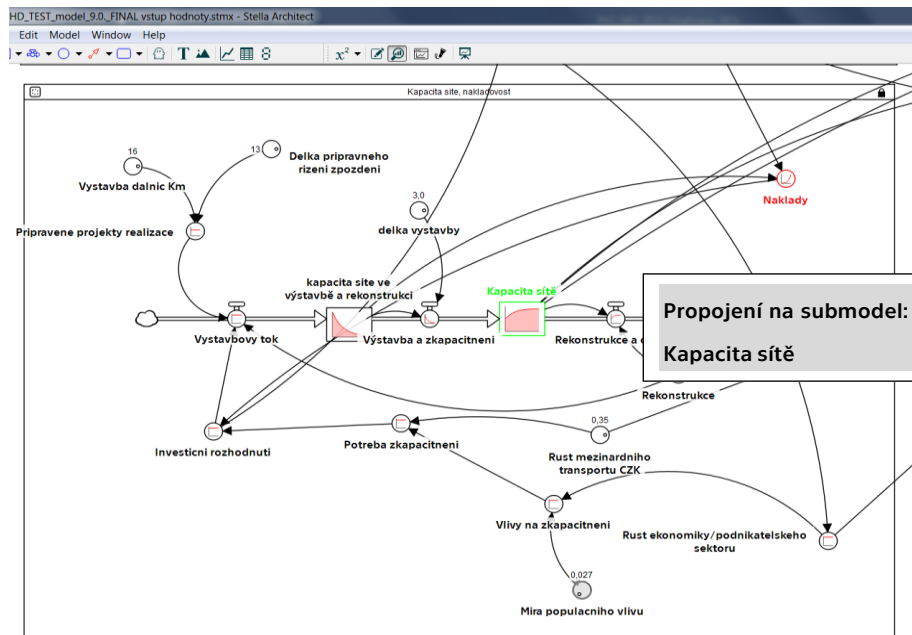
Graf 10 - Růst objemu transportu a změna kapacity sítě

V období roku 2011-2019 bylo zprovozněno pouhých 125,6km dálnic, což v poměru trendu růstu kapacity transportu, který vychází z objemové a hodnotové přepravy transportu je zřejmé z Grafu 18., že přizpůsobování výstavby a zkapacitnění sítě vzhledem k dlouhodobému trendu výstavby je pomalejší, byť z grafu 17., je zřejmý vliv dostavby zkapacitnění dálnice – D1.

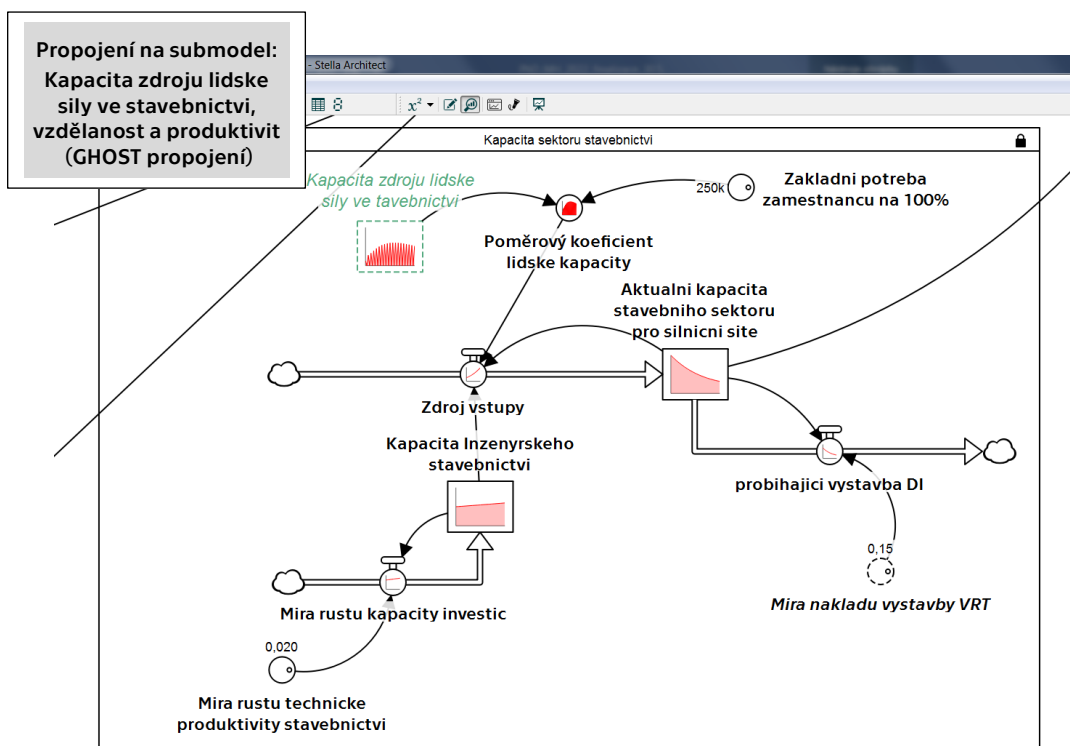
Smyčkový diagram míry investic do kapacity silniční sítě



Obrázek 24 - Smyčkový diagram míry investic do kapacity silniční sítě



Obrázek 25 - Submodel Kapacita a nákladovost



Obrázek 26 - Submodel Kapacita sektoru stavebnictví

Kapacitní stav odvětví ovlivňují v modelu i zpoždění, která jsou vztažena na větší infrastrukturní projekty a v sektoru díky tomu vyvstávají nevyužité kapacity alokované na tyto projekty – vytíženost sektoru. Zároveň tyto výkyvy

je možné částečně zmírnit flexibilitou trhu práce, která však v dané situaci musí být dostatečná. Nutno dodat, že tato skutečnost nebyla dosažena. Náhražka těchto sil je možná, avšak najímané síly jsou méně produktivní – nekvalifikované (brigádníci, jiná pomocná síla) či je produktivita kmenových zaměstnanců snížena a kapacita lidských zdrojů neodpovídá požadavkům kapacity sektoru. Snížení či zvýšení produktivity bere systémový dynamický model jako další citlivou proměnnou, byť ve výstavbě těžko měřitelnou a analyzovatelnou. Na hranici kolapsu v případě významného růstu produkce investiční výstavby může dojít i v případě, kdy substituční stavby VRT odčerpávají ze systému zdroje ve zvýšené míře.

Lze vysledovat skutečnost, že větší infrastrukturní stavby vykazují velmi dobrou ekonomickou stabilitu. Dynamický model záměrně ve své vnitřní oblasti nezahrnuje náklady na provoz vybudovaných infrastrukturních dopravních staveb silnic a dálnic, ačkoliv tyto náklady po celou dobu životnosti stavby činí až 70 % všech nákladů na celou dobu její životnosti. Důvodem je účel modelu. Celkově trendem stavebnictví je, že vykazuje mírný růst ve všech svých oblastech, který se však postupně dostává na své limity a blíží se ke 100 %. V případě propadů kapacity, je schopno toto absorbovat ve střednědobém horizontu vnitřně kompenzovat. Kapacita sektoru by byla vyčerpána v případě, že by se dostala na vyčerpání 100 %, tj. k hranici 0.

Zhodnocení 1.:

Z analýz dat a vystavění nejdříve mentálního a posléze dynamického systémového modelu, lze dle předešlých závěrů a shrnutí jednotlivých submodelů, vhodnost aplikace metodologie Systémové dynamiky na analýzu daného řešeného problému a získat potřebné výstupy, které je možné dále analyzovat pro investiční řízení projektů.

Zhodnocení 2.:

Systemová dynamika a na základě její metodologie autorem navržený postup tvorby Dynamického popisného modelu investic schopen volbou vhodně zadaných parametrů a odpovídajícím způsobem zohledněným politik analyzovat změny stavů v sektoru stavebnictví – resp. oblasti týkající se řešeného problému, které jsou v navrženém modelu zahrnuty (sektory / submodely).

6 Shrnutí

Celé práce měla v sobě zakomponovánu extrémně širokou škálu potřeb analýz jednotlivých částí modelovaného systému, tj. jednotlivých submodelů, kterých v počáteční fázi bylo až devět, načež následně byly hranice modelu pevněji stanoveny a submodelů ubylo. Ty byly následně dle výstupů z analýz propojeny po dvou do třech sektorů. Práce na celé aplikaci systémové dynamiky a dynamickém modelu tak při vývoji a tvorbě byla několikrát, a to i celkem významně měněna. Propojování měkkých (politik) a tvrdých systémů (pevných dat) se často ukazovala jako velmi obtížná. A to i v samotném závěru práce. V kapitolách věnujících se potřebným analýzám oblastí, zpracování a vyhodnocování dat, interpretace a výstupů z nich (resp. vstupů do modelu), které byly nezbytné pro správné nastavení jednotlivých částí modelu a submodelů, docházelo k velmi výrazné práci a korekcím po celou dobu vývoje modelu. Navzdory všem překážkám, které stavěly někdy velmi nepříjemné bariéry v tvorbě práce (vhodné a pevné nastavení hranic modelu), správné nastavení dat, hodnot a politik, na které je celá práce i model velmi citlivá došlo k úspěšnému řešení – tvorbě modelu.

Nutno podotknout, že pro pochopení celého propojeného a modelovaného systému a jeho funkčnosti bylo nezbytné se zabývat řadou oblastí, bez jejichž nepochopení by výsledky mohly být zavádějící.

Na druhou stranu nutno upozornit i na skutečnost, že model je vždy pouhým zjednodušením dané situace a nemůže v sobě pojmout veškeré vazby. Rovněž uvažované jednotky a poměry byly vzhledem k SW částečným problémem. Z tohoto pohledu stanovení hranic modelu a i jeho obsahu bylo náročné.

Nelze plnohodnotně říct, že výstupy práce mohou být využity přímo v praxi a ani to nebylo plně zamýšleno. Práce si v žádném případě nekladla za cíl řešit silniční síť a její problematiku. Tato oblast byla pouze vymezena tak, aby při

analýze dat a tvorbě modelu bylo zřejmé a ohraničené, jak takové úvahy, analýzy a postupy aplikací metod systémové dynamiky fungují. Avšak pochopením vzájemných působících vztahů v daném systému může práce přinést dobrý vhled do chování a struktury systému, pomoci například při výuce lépe chápat vzájemné vazby (včetně zpětnovazebních reakcí). Pomoci vytvářet si lepší mentální obrazy chování systému a poukázat na „kritické“ stavy, které mohou v systému ve střednědobém až dlouhodobém horizontu případně nastat.

6.1 Osobní teoretické i praktické obohacení tvorbou práce

Tvorba samotné práce, a to jak ve své metodické, analytické i praktické návrhové části, byla pro moji osobu výzvou. Aplikace přístupů systémového myšlení a z něho vycházející systémové dynamiky je v technických oborech a sektorech na počátku odpovídajícího a dle mého přínosného využití.

Přínosem pro moji osobu bylo tvorbou této práce získání velmi širokého a hlubokého vhledu do dané problematiky užití systémové dynamiky, rozšíření možností propojení měkkých i tvrdých systémů za využití moderního softwaru, který mi pomohl pochopit lépe provázanost systému jako celku. Po celou dobu tvorby a vývoje práce jsem byl neustále překvapován, jak dlouhodobá a komplexní daná problematika je a dosažení cíle je úkolem nelehkým. I v posledních týdnech práce docházelo stále ke změnám v mém vnitřním vnímání řešené problematiky, modelu a propojení a vlivu jednotlivých částí modelu navzájem, že jsem byl až chvílemi výrazně skeptický ke zdárnému výsledku.

I tak jsem však v pro mě těžkém závěru postgraduálního studia rád, že jsem se po dobu svého studia dané problematice věnoval a mohl si v něm utřídit své myšlenky, získané nejen studiem, ale i ze života v praxi, s pohledem na danou problematiku a tím ji svým přičiněním odborně obohatit, resp. se tak alespoň domnívám. Výsledky byly dosaženy.

7 Seznam použitých zdrojů

[1] STERMAN, J. D. *Business Dynamics. Systems Thinking and Modeling for a Complex World. 1st ed.* USA: McGraw-Hill Higher Education. 2000. ISBN: 978-0072389159.

[2] *Optimization and Control Methods in Industrial Engineering and Construction*
Editors: Honglei Xu, Xiangyu Wang ISBN: 978-94-017-8043-8 (Print) 978-94-017-8044-5 (Online)

[3] FORRESTER, J. W. *Industrial Dynamics. 1st ed.* Productivity Press, Portland, 1961.
ISBN-13: 9780915299881, ISBN: 0915299887

[4] FORRESTER, J. W. System Dynamics – A Personal View of the First Fifty Years. *System Dynamics Review*, 23(2-3), Autumn, 2007, pp. 345-358. ISSN 0883-7066.

[5] RICHARDSON, G. P. *Feedback though in social science and systems theory. 1st ed.*, Pegasus Communications, Waltham, Massachusetts, 1991. ISBN 1-883823-46-3.

[6] Overcoming the 90 % Syndrome: Iteration Management in Concurrent Development Projects David N. Ford, University of Bergen, and John D. Sterman, MIT Sloan School of Management

[7] BOHNER, M. – PETERSON, A. *Dynamic Equations on Time Scales. An Introduction with Applications.* Boston–Basel–Berlin: Birkhauser, 2001. 358 p. ISBN 0-8176-4225-0.

[8] MILDEOVÁ, S. a VOJTKO, V.: *Manažerské simulace dynamických procesů.* Praha: Oeconomica, 2006. ISBN 80-245-1055-3. (str. 12.)

[9] CHECKLAND, P.: *Systems Thinking, Systems Practice.* West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2000. ISBN 0-471-98606-2

[10] YEATES, D., SHIELDS, M., HELMY, D. *Systems Analysis and Design:* Pitman Publishing, London, 1994. ISBN 0-273-60066-4

- [11] ŠUSTA, M. a NEUMAIEROVÁ, I.: *Cvičení ze systémové dynamiky*, Vysoká škola ekonomická v Praze. Nakladatelství Oeconomica, 2004
- [12] MILDEOVÁ, S. a VOJTKO, V.: *Systémová dynamika*, Vysoká škola ekonomická v Praze. Nakladatelství Oeconomica, 2003
- [13] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, *Stavebnictví časové řady*, URL:
https://www.czso.cz/csu/czso/sta_cr
- [14] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, Terezie Štyglerová a Michaela Němečková TK, 28. listopadu 2018, Praha
- [15] ŘSD: URL <https://www.rsd.cz/wps/portal/web/Silnice-a-dalnice/delky-a-dalsi-data-komunikaci> , dne 1.5.2022
- [16] FORD, Frederick Andrew. *Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems*. Island Press, 1999. ISBN 1-55963-601-7.
- [17] VYTLAČIL, Dalibor. *Systémová analýza a syntéza*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03637-2.
- [18] Konference, sborník: https://systemsapproaches.vse.cz/old/wp-content/uploads/2017/07/SP09_sbornik.pdf
- [19] Simon HA. *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations*. 2nd ed. New York, NY: Macmillan; 1957]. s. 166.
- [20] <https://www.sizi.cz/interoperabilita-pokracovani>
- [21] STRAUSS, Anselm L. a Juliet CORBIN. *Základy kvalitativního výzkumu: postupy a techniky metody zakotvené teorie*. Brno: Sdružení Podané ruce, 1999. SCAN. ISBN 80-85834-60-X.
- [22] MOLNÁR, Zdeněk. *Pokročilé metody vědecké práce*. [Zeleneč]: Profess Consulting, 2012. Věda pro praxi (Profess Consulting). ISBN 978-80-7259-064-3.

[23] Cervero, Robert. "Transport Infrastructure and Global Competitiveness: Balancing Mobility and Livability." *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 626, 2009, pp. 210–25. *JSTOR*, <http://www.jstor.org/stable/40375931>. Accessed 2 Aug. 2022.

[24] Grzyb, Urszula & Trzepacz, Piotr. (2012). INVESTMENT IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS A CRUCIAL FACTOR OF ENTREPRENEURSHIP DEVELOPMENT IN THE NEW EU MEMBER STATES – THE POLISH CASE. *European Integration Studies*. 10.5755/j01.eis.0.6.1511.

[25] Andrew R. Goetz, 2010. ". By Jean-Paul Rodriguez, Claude Comtois and Brian Slack," *Economic Geography*, Taylor & Francis Journals, vol. 86(3), pages 321-322, July.

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Délka silniční sítě	23
Obrázek 2 – Počet a délka mostů ČR	23
Obrázek 3 - Procentuální poměr silniční sítě ČR	24
Obrázek 4 – Diagram stavů a toků	53
Obrázek 5 - Diagram stavu a toků – SW Stella Architect, sledování stavů toky/hladina	53
Obrázek 6 – Schéma zahrnujícího zesilující i vyrovnávací příčinnou smyčku	54
Obrázek 7 – dynamika rozvoje systému	58
Obrázek 8 - Alternativy rozvoje systému	59
Obrázek 9 – Příčinný smyčkový diagram – komplexní systém	64
Obrázek 10 - Vizualizace na rozhraní SW Stela Architect	65
Obrázek 11 – Editor ARRAY, SW Stela Architect	67
Obrázek 12 – Návrh sektorového členění subjektů tvořící celý systém	70
Obrázek 13 – Návrh a zpracování Rich Picture modelu	72
Obrázek 14 - Sektorové členění a ovlivnění sektorů 1-6	73
Obrázek 15 – Zpětnovazební smyčka vyjadřující strukturu propojení sektorů	75
Obrázek 16 - Celkový model, propojení submodelů SW Stela Architect	77
Obrázek 17 - Smyčkový diagram analýzy dostupnosti lidských zdrojů na trhu práce ČR	79
Obrázek 18 - Populace – zaměstnanecký trh	80
Obrázek 19 - Kapacita lidských zdrojů ve stavebnictví, produktivita	82
Obrázek 20 - smyčkový diagram vlivu dostupnosti zaměstnanců v sektoru stavebnictví a jejich vliv na celkovou kapacitu sektoru	84
Obrázek 21 - Smyčkový diagram vlivu investovaných prostředků do výstavby zkapacitnění a výstavby SD	87
Obrázek 22 – Submodel Ekonomika a finanční zdroje	87
Obrázek 23 - Submodel kapacita sítě	88
Obrázek 24 - Smyčkový diagram míry investic do kapacity silniční sítě	90
Obrázek 25 - Submodel Kapacita a nákladovost	91
Obrázek 26 - Submodel Kapacita sektoru stavebnictví	91

9 Seznam grafů

Graf 1 - Vývoj celkového počtu obyvatel na dnešním území České republiky, 1921–2018 (k 1. 7.).....	29
Graf 2 - Předpokládaný vývoj celkového počtu obyvatel České republiky do roku 2060,	31
Graf 3 - <i>Očekávaný vývoj průměrného věku obyvatel ČR do roku 2060, střední varianta prognózy</i>	32
Graf 4 - Projekce očekávaného vývoje počtu obyvatel ČR do roku 2100.....	33
Graf 5 - Struktura přírůstku a úbytku obyvatel.....	33
Graf 6 - Analýza přínosu stavebnictví pro ekonomiku	38
Graf 7 - Index stavební produkce – mezinárodní porovnání.....	38
Graf 8 Vývoj populace a zaměstnaneckého sektoru - basic setup.....	81
Graf 9 - Poměr potřebné kapacity objemu vůči změně kapacity sítě.....	89
Graf 10 - Růst objemu transportu a změna kapacity sítě	90

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Cizinci na území ČR.....	34
Tabulka 2 -Vzdělání obyvatelstva České republiky ve věku 15 a více let (r. 2011-2015).....	35
Tabulka 3 - Tabulka 2 -Vzdělání obyvatelstva České republiky ve věku 15 a více let (r. 2016 - 2019).....	35
Tabulka 4 - Vytížení sektoru stavebnictví v %	37
Tabulka 5 – Analýza vývozu zboží r. 2015-2019.....	42
Tabulka 6 - HDP r. 2012-2020, vlastní tvorba, Zdroj dat: Eurostat	42
Tabulka 7 – Analýza hodnoty (EUR) dovozu zboží r. 2012-2017	42
Tabulka 8 - Analýza objemu (kg) dovozu zboží r. 2012-2017	43
Tabulka 9 - Analýza hodnoty (EUR) vývozu zboží r. 2012-2017.....	43
Tabulka 10 – Výše vývozu objemu zboží (kg), období mezi roky 2012 - 2017	44
Tabulka 11 - Analýza hodnoty (EUR) dovozu zboží r. 2012, - 2018-2020.....	44
Tabulka 12 - Analýza objemu (kg) dovozu zboží r. 2012, 2018-2020	45
Tabulka 13 - Analýza hodnoty (EUR) vývozu zboží r. 2012, 2018-2020.....	45
Tabulka 14 - Výše vývozu objemu zboží (kg), období mezi roky 2012, 2018-2020.....	46
Tabulka 15 – Prostředky, stavy a toky (přehled)	68

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval především svému školiteli Doc. Ing. Daliborovi Vytlačilovi CSc. za odborné vedení mé disertační práce, konzultace a nezměrnou motivaci včetně neskonalé trpělivosti, kterou mi při zpracovávání této disertační práce poskytl. Stejně tak se mi věnoval i v dalších oblastech souvisejících s mým postgraduálním studiem a pomáhal se získávání vědeckých a odborných návyků, což neměl občas vůbec lehké.

Poděkování patří rovněž mé rodině, pracovnímu kolektivu i blízkým přátelům, které mé dlouholeté studium doktorského programu, trpělivě snášeli. Byli mi velmi často nepostradatelnou psychickou podporou, bez které bych toto studium nebyl schopen s velkou pravděpodobností hraničící téměř s jistotou nikdy dokončit.