

Radek Horák¹

ŘEŠENÍ TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY A EKONOMICKO-MATEMATICKÉ METODY

SOLUTION TO THE UNDERGROUND UTILITIES, AND ECONOMIC-MATHS METHODS

Abstrakt

Při řešení technické infrastruktury lze uvažovat o aplikaci ekonomicko-matematických metod, neboť při řešení technické infrastruktury se rovněž jako u ekonomicko-matematických metod objevuje požadavek na racionální provedení operací často i z hledisek ekonomických. Tyto problémy mohou mít mnoho řešení, ale realizovat je možno jen nejlepší z nich. Proto při navrhování technické infrastruktury se hledá optimální řešení.

Klíčová slova

Technická infrastruktura, ekonomicko-matematické metody

Abstract

To propose a solution to the underground utilities is possible to use the application of economic-math's methods because both solving underground utilities and economic-math's methods require economical conducting operations. The proposals can include a lot of solutions but only the most efficient one can be put into practice. That is why the optimal solution to the underground utilities is being looking for.

Keywords

Underground utilities, economic-math's methods

1 ÚVOD

Při navrhování a budování technické infrastruktury je nutno brát v úvahu nejen aktuální stav potřeb v území, ale i předvídat potřeby, které se vyskytnou v budoucnu. Jakékoliv doplňování technické infrastruktury, zejména podzemní vedení, s sebou přináší velké problémy, jak finanční, tak i z hlediska dodržení minimálních vzdáleností mezi inženýrskými sítěmi. Proto je snahou již ve fázi návrhu technické infrastruktury naleznout optimální řešení pro vybudování technické infrastruktury.

2 TECHNICKÁ INFRASTRUKTURA A ÚZEMNĚ PLÁNOVACÍ DOKUMENTACE

Technickou infrastrukturu lze charakterizovat jako vedení a stavby a s nimi provozně související zařízení technického vybavení, například vodovody, vodojemy, kanalizace, čistírny odpadních vod, stavby a zařízení pro nakládání s odpady, trafostanice, energetické vedení, komunikační vedení veřejné komunikační sítě a elektronické komunikační zařízení veřejné komunikační sítě, produktovody [1]. Technická infrastruktura je velmi důležitou složkou územního plánování a z tohoto důvodu je zahrnuta do veřejné infrastruktury, a kterou lze vymezit jako veřejně prospěšnou stavbu, pokud je určená k rozvoji nebo ochraně území obce, kraje nebo státu, vymezená

¹ Ing. Radek Horák, Katedra městského inženýrství a stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: radek.horak@mubruntal.cz.

ve vydané územně plánovací dokumentaci [1]. V územním plánu nebo v regulačním plánu lze k pozemku vymezeným pro veřejně prospěšnou stavbu stanovit předkupní právo. Proto je velmi důležité vymezení rozsahu veřejně prospěšné stavby.

Vytipování vhodného území již při tvorbě územně plánovací dokumentace je prvním krokem k návrhu plochy, pro budoucí vývoj území, včetně navazujícího okolí. Je nutno zmapovat území, znát potřeby v řešeném území, odhadnout vývoj těchto potřeb, a to na základě kvalitních prognóz. Pro získání základních údajů o území, zejména limitů využití území, poslouží územně analytické podklady, které pořizují úřady územního plánování a jsou určeny pro územně plánovací činnost jak pořizovatele tak pro projektanta územně plánovacích dokumentací a územně plánovacích podkladů. Územně analytické podklady jsou z hlediska aktuálnosti garantovány, neboť jsou pořizovatelem průběžně aktualizovány na základě nových zjištěných údajů o území. Kvalitní prognózy lze získat např. z územně plánovacích podkladů, kterým v době platnosti zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů byl energetický generel. Od 1.1.2007, kdy je v účinnosti zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů může plnit obdobnou funkci energetického generelu územní studie. Pro úplnost údajů a znalost území jsou vhodné také doplňující průzkumy přímo v terénu. V území, kde je již částečně technická infrastruktura vybudována, je nutno zmapovat její stav, rozhodnout, zda technická infrastruktura bude zcela nebo částečně využita, popřípadě zda je nutné na ni provést úpravy. Pokud budou známy tyto základní údaje lze řešit návrh technické infrastruktury matematicky. Řešení musí splňovat jak ekonomické hledisko, tak i objektivizaci řešení. Pro tento účel lze vycházet z ekonomicko-matematických metod.

3 TECHNICKÁ INFRASTRUKTURA A EKONOMICKO-MATEMATICKÉ METODY

Ekonomicko-matematické metody se zabývají analýzou a následným řešením věcně různorodých problémů. Problémy mívají větší počet možných řešení, ale realizovat je nutno jen nejlepší z nich [2].

Z ekonomicko-matematických metod je pro navrhování technické infrastruktury vhodná metoda dopravního problému. Dopravní problém se řeší tam, kde je třeba zabezpečit přepravu určitého „materiálu“ z místa, kde je k dispozici na místa, kde je o něj zájem. Omezením, které je třeba respektovat lze rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina se vztahuje ke kapacitním možnostem skladů a druhá skupina se vztahuje k uspokojení požadavků odběratelů.

Dopravní problém lze aplikovat na řešení technické infrastruktury, neboť se jedná o podobný problém, tedy přepravu „materiálu“ s omezením jako je kapacita skladů technické infrastruktury se jedná o kapacitu v místě připojení) a požadavky odběratelů (v technické infrastruktury se jedná o potřeby v jednotlivých zónách odběru).

Pro řešení dopravního problému musí být známo [2]:

- Počet odběratelů
- Počet dodavatelů
- Požadavky odběratelů
- Kapacity dodavatelů
- Náklady na dopravu
- Množství přepravovaného zboží

Pro dopravní problém lze stanovit účelovou funkci, která je definována [4]:

$$z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j} x_{i,j} \quad (1)$$

Pro tuto funkci jsou definovány omezující podmínky pro možnosti jednotlivých dodavatelů takto [4]:

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} \leq a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

Pro tuto funkci jsou definovány omezující podmínky pro požadavky jednotlivých dodavatelů takto [4]:

$$\sum_{i=1}^m x_{i,j} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Příčemž je stanoveno, že [4] $x_{i,j} \geq 0$, pak

$$z_{\min} = c_{1,1}x_{1,1} + c_{1,2}x_{1,2} + \dots + c_{1,n}x_{1,n} + c_{2,1}x_{2,1} + c_{2,2}x_{2,2} + \dots + c_{2,n}x_{2,n} + c_{m,1}x_{m,1} + c_{m,2}x_{m,2} + \dots + c_{m,n}x_{m,n} \quad (4)$$

Účelová funkce z_{\min} zajišťuje minimalizaci dopravní náročnosti při řešení daného problému. Soustava m vlastních omezujících podmínek zabezpečuje, že od žádného z dodavatelů nebude odvezeno více, než je jejich kapacita. Soustava n vlastních omezujících podmínek zabezpečuje, že požadavky všech odběratelů budou zcela naplněny [2].

Dopravní problém je definován rovnicemi $m + n$. V této soustavě rovnic je známo $m * n$ proměnných a $m + n$ podmínek nezápornosti [2].

V případě, že počet odběratelů je odlišný od počtu dodavatelů je nutno upravit úlohu o fiktivního odběratele, který je pak definován [2]

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \quad (5)$$

Postup řešení dopravního problému lze rozdělit do těchto bodů [4]:

1. Ověření řešitelnosti úlohy
2. Ověření vyváženosti úlohy
3. Nalezení výchozího bazického řešení
4. Ověření nedegenerovanosti bazického řešení. Nedegenerovaným bazickým řešením je takové řešení, které má všechny bazické proměnné kladné. V soustavě $m + n$ lineárních rovnic je pouze $m + n - 1$ lineárně nezávislých rovnic, obsahuje bazické řešení úlohy $m + n - 1$ bazických proměnných $x_{i,j}$. V případě degenerace bazického řešení se degenerace odstraní.
5. Test optimality. V případě nesplnění testu optimality se provádí změna báze a opětovné posouzení dle bodu 4.

Pro samotné řešení je nutno řešenou plochu rozdělit na jednotlivé zóny, kdy jednotlivé zóny odpovídají jednotlivým odběratelům. V jednotlivých zónách plochy lze tímto stanovit těžiště T_i , které odpovídá místu odběru v jednotlivé zóně. Na základě stanovení těžišť T_i v jednotlivých zónách, velikosti jednotlivých zón, potřebě jednotlivých zón, lze stanovit výsledné těžiště T_v v celé navrhované ploše. V řešení výsledného těžiště T_v jsou tak brány v potaz důležitost potřeb

jednotlivých zón. Pak místo napojení na technickou infrastrukturu a výsledné těžiště T_v odpovídá dodavatelům.

4 TECHNICKÁ INFRASTRUKTURA A NUMERICKÉ METODY

Aby bylo nalezeno nejvhodnější možné řešení, použije se metoda půlení intervalu, která je jednou z numerických metod řešení. Jedná se o řešení rovnice $f(x) = 0$.

Pro samotné řešení se uvažuje, že rovnice $f(x) = 0$ je spojitá funkce v intervalu $\langle a, b \rangle$, přičemž $f(a) \cdot f(b) < 0$, a v intervalu $\langle a, b \rangle$ leží právě jeden kořen rovnice $f(x) = 0$ [3].

Řešení je pak následující [3]:

$$a_0 = a,$$

$$b_0 = b,$$

$$x_1 = (a_0 + b_0)/2.$$

Je-li $f(x_1) = 0$, pak x_1 je kořenem rovnice $f(x) = 0$.

Je-li $f(x_1) \neq 0$, pak interval $\langle a_1, b_1 \rangle$ je definován $\text{sign } f(a_0) = \text{sign } f(x_1)$ a pak

$$a_1 = x_1,$$

$$b_1 = b_0,$$

jinak se stanoví, že

$$a_1 = a_0$$

$$b_1 = x_1$$

a pokračuje se v půlení intervalu $\langle a_1, b_1 \rangle$.

Postupným půlením se získávají intervaly $\langle a_k, b_k \rangle$ se středy [2]

$$x_{k+1} = \frac{a_k + b_k}{2} \quad (6)$$

kde:

a, b – krajní body intervalu $\langle a, b \rangle$, v němž leží kořen a všech intervalů $\langle a_k, b_k \rangle$, které byly získány během výpočtu

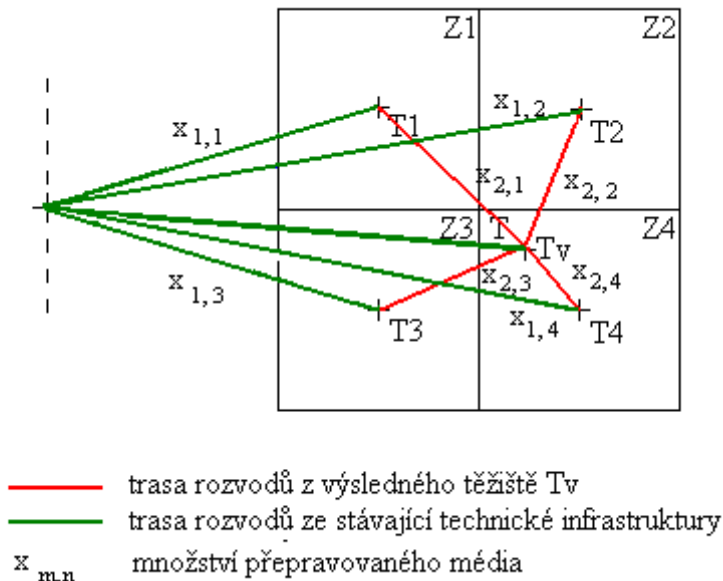
x – střed intervalu $\langle a_k, b_k \rangle$.

5 POSTUP ŘEŠENÍ TECHNICKÁ INFRASTRUKTURA PŘI APLIKACI EKONOMICKO-MATEMATICKÝCH METOD A NUMERICKÉ METODY

Pro zjednodušení problému bude aplikace znázorněna na ploše, která bude mít čtyři zóny Z1 až Z4 a v těchto zónách jsou čtyři těžiště T1 až T4, které odpovídá 4 odběratelům. Pro celou plochu je stanoveno výsledné těžiště T_v a místo napojení na technickou infrastrukturu, která odpovídají 2 dodavatelům. Z dopravního problému se vypočte množství přepravovaného média pro jednotlivé trasy $x_{m,n}$.

technická infrastruktura
+ místo napojení

plocha rozdělena na zóny Z1 až Z4,
stanoveny těžiště T1 až T4, T a T_v, vypočtené množství
převázaného média $x_{m,n}$



Obr. 1: znázornění tras od dodavatelů k odběratelům včetně množství přepravovaného média v intervalu mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a výsledným těžištěm T_v

Pro každého odběratele jsou známy 2 trasy od dodavatelů a tyto trasy přepraví množství média, které je potřebné pro odběratele, což odpovídá

$$x_{1,1} + x_{2,1} = b_1$$

$$x_{1,2} + x_{2,2} = b_2$$

Od každého dodavatele jsou známy 4 trasy k odběratelům a tyto trasy přepraví množství média, které je rovno kapacitě dodavatelů, což odpovídá

$$x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} = a_1$$

$$x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} = a_2$$

$$x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} = a_3$$

$$x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} = a_4$$

Z výpočtu přepravovaného množství média jednotlivými trasami se pak určí pro každého odběratele pouze jedna trasa od dodavatele. Pro určení, která trasa bude ponechána a která bude vyřazena z řešení, je rozhodující, která přepraví více média. Pro tento účel se porovnají hodnoty

$$x_{1,1} \text{ a } x_{2,1}$$

$$x_{1,2} \text{ a } x_{2,2}$$

$$x_{1,3} \text{ a } x_{2,3}$$

$$x_{1,4} \text{ a } x_{2,4}$$

Pro nalezení vhodnějšího řešení se použije metoda půlení intervalu. Interval bude půlen mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a výsledným těžištěm T_v . Tím se získá o 1 dodavatele více, protože dodavatelem bude místo napojení na technickou infrastrukturu, výsledné těžiště T_v , místo vzniklé půlením trasy mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a výsledným těžištěm T_v .

Přesnost aproximace kořene ϵ bude stanovena až do splnění podmínky:

1. při prvním půlení intervalu - že z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu je menší než z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu

$$z_{\min} \text{ (před aplikací metody půlení intervalu)} < z_{\min} \text{ (s aplikací metody půlení intervalu)}$$

2. při následných půlení intervalu – že z_{\min} z předešlé aplikace metody půlení intervalu je menší než z_{\min} z aplikace metody půlení intervalu

$$z_{\min} \text{ (z předešlé aplikace metody půlení intervalu)} < z_{\min} \text{ (z aplikace metody půlení intervalu)}$$

Pokud nebude splněna podmínka, uvedená v bodě 1, následuje půlení intervalu a posouzení, zda je podmínka v bodě 2 splněna, tj. že z_{\min} (před aplikací metody půlení intervalu) je menší, než z_{\min} (s aplikací metody půlení intervalu). Proces půlení intervalu pokračuje až do splnění podmínky v bodě 2.

Po splnění podmínky v bodě 2 se ještě posoudí, zda pro všechna těžiště vzniklé metodou půlení intervalu existuje lepší řešení, než z_{\min} z poslední aplikace metody půlení intervalu. Řešení se posoudí s použitím všech těžišť vzniklých metodou půlení intervalu.

Protože v počátku řešení technické infrastruktury pomocí dopravního problému se pro trasy technické infrastruktury od místa napojení k těžišti vzniklé metodou půlení intervalu a k výslednému těžišti T_v počítá s parametry technické infrastruktury, které přenesou požadované množství pro jednotlivé zóny, je nutno přepočítat dimenze technické infrastruktury v úsecích od místa napojení na technickou infrastrukturu k těžišti vzniklé metodou půlení intervalu a od těžiště vzniklé metodou půlení intervalu k výslednému těžišti T_v dle výsledků řešení technické infrastruktury pomocí dopravního problému.

V počátku řešení technické infrastruktury pomocí dopravního problému jsou pro trasu od místa napojení na technickou infrastrukturu k těžišti vzniklé metodou půlení intervalu a od těžiště vzniklé metodou půlení intervalu k výslednému těžišti T_v nadimenzovány trasy pro toto množství přepravovaného média:

trasy	množství přepravovaného média
od těžiště vzniklé metodou půlení intervalu k výslednému těžišti T_v	Σ množství média pro všechny odběratele
od místa napojení na technickou infrastrukturu k těžišti vniklé metodou půlení intervalu	Σ množství média pro všechny odběratele + množství média trasy od místa napojení na technickou infrastrukturu k těžišti vniklé metodou půlení intervalu = 2Σ množství média pro všechny odběratele

Pro přepočítání výsledků se bude jednat u tras od místa napojení na technickou infrastrukturu k těžišti vniklé metodou půlení intervalu a od těžiště vzniklé metodou půlení intervalu k výslednému těžišti T_v , o nadimenzování tras pro toto množství přepravovaného média:

trasy	množství přepravovaného média
od těžiště vzniklé metodou půlení intervalu k výslednému těžišti T_v	Σ množství média pro odběratele vzniklé metodou dopravního problému, které budou navrženy trasy z výsledného těžiště T_v
od místa napojení na technickou infrastrukturu k těžišti vniklé metodou půlení intervalu	Σ množství média pro odběratele vzniklé metodou dopravního problému, které budou navrženy trasy z těžiště vniklé metodou půlení intervalu + množství média pro odběratele vzniklé metodou dopravního problému, které budou navrženy trasy z výsledného těžiště T_v

Pak trasy technické infrastruktury od dodavatelů k odběratelům budou nadimenzovány pro požadované množství přepravovaného média.

6 ZÁVĚR

Technická infrastruktura je nepostradatelnou složkou územního plánování a optimálním návrhem technické infrastruktury již při tvorbě územně plánovací dokumentace se zajistí základní předpoklady pro účelné využívání dané plochy. Pro výstavbu technické infrastruktury je nutno vyřešit mnoho problémů již v prvních fázích přípravy záměru a je třeba stanovit taková řešení, která zaručí dlouhodobost technické infrastruktury, a tedy zabezpečí požadavky záměrů.

Výstavba technické infrastruktury bude vyžadovat předstih stanovení rozmístění jednotlivých zón v ploše a jejich potřeb, a to nejen stav potřeb v území, které již známe, ale i předvídat potřeby, které se vyskytnou v budoucnu. Pro výstavbu technické infrastruktury je nutno vyřešit mnoho problémů již v prvních fázích přípravy záměru a je třeba stanovit taková řešení, která zaručí dlouhodobost technické infrastruktury, a tedy zabezpečí požadavky záměrů. Proto řešení technické infrastruktury může vycházet z ekonomicko-matematických metod, resp. z dopravního problému.

Řešení technické infrastruktury pomocí dopravního problému lze zejména použít jako podklad pro zpracování jak územně plánovací dokumentace, tak územně plánovacích podkladů, popřípadě pro zpracování projektové dokumentace pro územní rozhodnutí.

LITERATURA

- [1] zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- [2] HOLOUBEK, J.: *Ekonomicko-matematické metody*, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ústav statistiky a operačního výzkumu, 2007. ISBN 978-80-7157-970-0
- [3] BOHÁČ, Z., ČASTOVÁ, N.: *Základní numerické metody*, VŠB – Technická univerzita Ostrava, katedra matematiky a deskriptivní geometrie, 2004. ISBN 80-248-0520-0

Oponentní posudek vypracoval:

Ing. Alois Novotný, Pionýrská 1, Bruntál.