



LOGISTICKÝ MODEL ZVOZU BIOHMOTY PRE BIOPLYNOVÚ STANICU

LOGISTIC MODEL SUBJECT IT TO COLLECTING BIOMASS FOR BIOGAS PLANT

Henrieta NAKATOVÁ - Juraj ŠEBO - Monika FEDORČÁKOVÁ - Dušan ŠEBO

Abstract

The paper published the initial logistic model, based on the principle of bipolar energy inputs of various types of biomass, versus the cost of transporting and processing for a certain period of biogas system environment. For a case study of logistics haulage legs biowaste for biogas plant was prepared in a language program EXCEL, sloping and the quantities of biomass yield and the cost of handling.

Key words

biogas plant , biomass , biowaste

Úvod

Bioplynové stanice v súčasnosti sú jednou z najefektívnejších metód získavania energie z obnoviteľných zdrojov. Pre potreby bilancie možností využitia biohmoty v systémovom okolí bioplynovej stanice (BPS) bol navrhnutý pôvodný logistický model na určenie výťažnosti biohmoty. Environmentálnym a vedeckým prínosom pôvodného modelu je nájsť optimálne režimy logistiky zvozu a energetického využitia biomasy z produkcie malých a stredných obcí s odpovedajúcim počtom ekvivalentných obyvateľov (od 500-5000 EO) a to v súčinnosti s kalovým hospodárstvom obecných ČOV.

Logistický model

Pre optimálny logistický režim zvozu biohmoty bol navrhnutý pôvodný logistický model (obr.1) podľa [4], ktorý umožňuje vhodné umiestňovanie bioplynových staníc s ohľadom dostupnosti vstupných materiálov v potrebných množstvách a to z dostatočne reálnych vzdialeností, aby sa predišlo budovaniu bioplynových staníc na miestach kde nie je dostatočný prísun vhodnej biohmoty a zvoz z veľmi vzdialených miest, čo by bolo v konečnom dôsledku nerentabilné.

Pre výpočte výťažnosti sa vychádza z pôvodného, autormi [4] navrhnutého vzorca pre výpočet čistej energetickej výťažnosti bioplynu v prepočte na elektrickú energiu [kWh], zníženú o energetickú stratu z dopravy za obdobie jeden rok (obr.2).

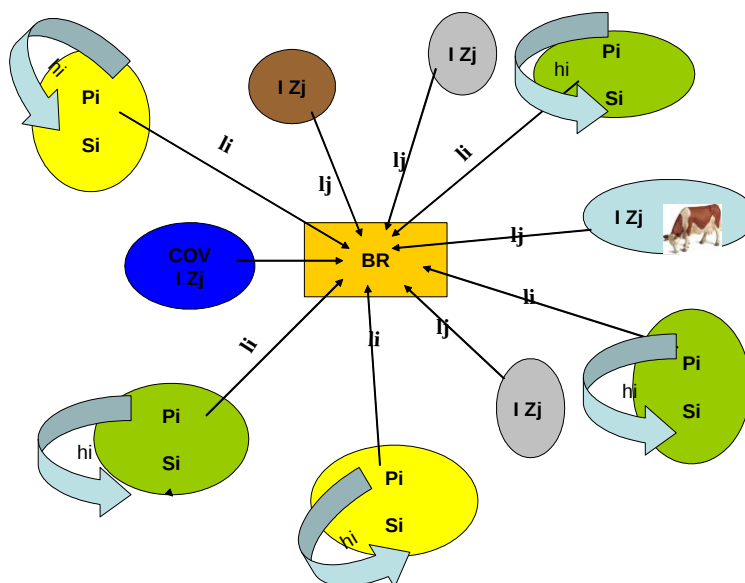
$$VB = \frac{1}{2} \cdot \sum_i (P_i \cdot S_i) - k \cdot \sum_i [(l_i \cdot m_i \cdot n_i) + (S_i \cdot h_i)] + \frac{1}{2} \cdot \sum_j (I_j \cdot Z_j) - k \cdot \sum_j (l_j \cdot m_j \cdot n_j) \quad [\text{kWh}]$$

Kde:

- P_i – plynovatosť i-tej biohmoty (plodiny) [m³/ha]
- S_i – plocha i-tej plodiny [ha]
- I_j – plynovatosť j-tej biohmoty [m³/t]
- Z_j – množstvo j-tej biohmoty / rok [t]



- ni – počet výjazdov
- li – vzdialenosť od ťažiska plochy i-tej biohmoty (plodiny) [km]
- mi,mj – spotreba paliva [l/km]
- hi – spotreba paliva pri obhospodárení plochy i-tej biohmoty [km/ha]
- k – energetická konštanta [kWh/l]



Obr. 1 Logistický model

Legenda: Pi: plynovatosť i-tej biohmoty (plodiny), Si: plocha i-tej plodiny, plynovatosť j-tej biohmoty, hi: spotreba paliva pri obhospodárení plochy i-tej biohmoty (plodiny) Zj: množstvo j-tej biohmoty/rok, li: vzdialenosť od ťažiska plochy i-tej biohmoty, lj: vzdialenosť od zdroja j-tej biohmoty.

Vstupný materiál	Pi (m3/ha)	Li(km)	Si (ha)	mi	ni	hi
silážna kukurica	20					
lúčna tráva (siláž)	14					
suma	34					
Vstupný materiál	Ij(m3/t)	Lj (km)	Zj (t)	mi	ni	
Maštalný hnoj	28					
Hnojovica ošipáných	31					
močovka	26					
kal z COV						
komunálny odpad (zelený)	102					
zelený odpad z cintorínov	102					
suma	289					
VB=						
	0 kWh					

Obr. 2 Tabuľka z programu Excel na výpočet VB



Na urýchlenie výpočtu VB bol využitý nasledovný príkaz:

$$\text{SUM}=1/2*(B4*D4)-9,127*((C4*E3*F4)+(D4*G4))+1/2*(B15*D15)-9,127*(C15*E3*F15)$$

Ten možné aktualizovať pre potreby všetkých uvažovaných projektov pre BPS, jednoduchým doplnením prázdnych buniek t.j. reálne hodnoty konkrétneho projektu sa automaticky zobrazuje hodnota VB.

Energetické vstupy navrhovanej BPS prípadovej štúdie

Pre výrobu bioplynu v navrhovanej BPS sú rôzne a takmer všetky biologicky rozložiteľné odpady. Nevhodný vstupný materiál pre BPS na výrobu bioplynu je so zvýšeným obsahom ťažkých kovov a karcinogénnych látok. Jednotlivé biologicky rozložiteľné látky sa od seba odlišujú svojou schopnosťou fermentačného rozkladu a tvorby bioplynu. Preto je dôležité vyberať do procesu fermentácie vhodné vstupné materiály a ich vzájomné pomery. V nasledujúcom obr. je vyjadrená výťažnosť jednotlivých vstupných materiálov.

Pri stanovení energetických vstupov pre navrhovanú BPS sa vychádzalo z ročnej produkcie odpadov podľa odbornej literatúry vid' obr. 3.



Obr. 3 Produkcia bioplynu v m³ z 1 tony vstupnej suroviny

Nakoľko vstupy zo živočíšnej výroby by nepostačovali na požadovaný výkon navrhovanej BPS, uvažuje sa vo výpočtoch aj so silážnou kukuricou a iným prevažne zeleným bioodpadom, konkrétne z TTP, z cintorínov a zelený komunálny bioodpad od obyvateľov ako vstupným materiálom do BPS aby bol dosiahnutý požadovaný výkon. Ročný objem dodávky kukuričnej siláže v objeme 3 700 ton zodpovedá pri priemernej úrode 20 t.ha⁻¹ výmere 190 ha ornej pôdy. Ročný objem dodávky trávna siláž 4116 ton zodpovedá pri priemernej úrode 14



t/ha výmere 98 ha 4 cyklovým kosením. V tab.1 je uvedená energetická výťažnosť vstupov v produkcii bioplynu, denné dávky vstupných materiálov, ročná produkcia bioplynu. Údaje energetickej výťažnosti uvedené v tabuľke, sú len hrubé výpočty v ktorých nie sú zahrnuté potrebné prevádzkové náklady t.j. náklady na zvoz (spotreba pohonných hmôt), režijné náklady a pod..

Výhody zainteresovaných strán:

- pre poľnohospodársky podnik (farmu) sú to dôvody predovšetkým ekonomická a legislatívne, nakoľko jedným bodom Kódexu správnej farmárskej praxe, ktorý vychádza z nariadení Európskej komisie, je povinnosť vlastníť dostatočné skladovacie kapacity na 6 mesačné uskladnenie maštalného hnoja. Úžitok poľnohospodárskeho podniku z navrhovaného projektu je zbavenie sa odpadu zo živočíšnej výroby, ekonomický úžitok nemusí investovať do poľného hnojiska,
- pre obecný úrad sú to, podiel na zisku z predaja elektrickej energie do sietí, zlepšenie životného prostredia v okolí obce, zvýšenie atraktívnosti obce a ponuka stabilných pracovných miest,
- pokrytie vlastnej spotreby elektrickej a tepelnej energie,
- vyhnúť maštalný hnoj, teda celá hmota z bioplynovej stanice sa môže použiť na hnojenie ornej pôdy pričom má oveľa lepšie vlastnosti ako nespracovaný a nevyhnutý maštalný hnoj, navyše má znížený zápach, znížený obsah patogénov a bolo zistené, že po hnojení s hmotou z bioplynovej stanice dochádza k oveľa menšiemu rozmnožovaniu burín na pôdach.

Model logistiky zvozu biohmioty v prípadovej štúdii

Navrhovaný bioreaktor podľa projektu SPP bude spracovávať rôzne druhy agrárnych surovín a v procese kofermentácie sa môže uvažovať so spracovávaním niektorých ďalších biologicky rozložiteľných odpadov v maximálnom množstve do 5 % dennej dávky fermentora. Agrárne vstupy budú kukuričná siláž, rôzne druhy trávy a iný zelený odpad, maštalný hnoj od hovädzieho dobytku, hnojovica ošípaných a močovka, ako aj kaly z ČOV.

Cieľom modelovania a analýzy logistiky zvozu je ekonomické a energetické zhodnotenie investičných a prevádzkových nákladov spracovanej alternatívy. Taktiež zistiť ekonomickú efektívnosť navrhovanej investície a stanoviť cenu tepla ako vstupný údaj pre jeho potenciálnych odberateľov.



Tab. 1 Objem dodávok biohmoty, výťažnosť a bioplynu

Vstupný materiál	Obsah sušiny (OS) v %	Ročný objem dodávky v t	Ročný objem sušiny v m ³ /t	Denná dodávka sušiny v m ³ /t	Denná potreba vody v t	Denná dodávka materiálu	Výťažnosť bioplynu m ³ · t-1	Ročná produkcia bioplynu v m ³	Výroba elektriny v kWh
Maštalný hnoj	12	13 500	1 620	4,5	32,14	36,64	28	378000	756000
Hnojovica ošipáných	8	1 100	88	0,24	1,46	1,7	31	34100	68200
močovka	4	3 700	148	0,42	2,58	3	26	96200	192400
silážna kukurica	34	3 700	1 258	3,49	24,9	28,39	190	703000	1406000
kal z COV		3	3				100	300	600
lúčna tráva (siláž)	30	4 116	1 235	3,4	9,3	12,7	193	794388	1588776
komunálny odpad (zelený)	18	500	90	0,25	1,8	2,05	102	51000	102000
zelený odpad z cintorínov	18	280	50	0,14	1	1,14	102	28560	57120
spolu		26 899	4 492	12				<u>2 085 548</u>	<u>4171096</u>



Za najväčší prísun biohmoty pre bioreaktor je obdobie sezóny, t.j. v období od Apríla do konca Septembra, v tomto období je potrebné venovať najväčšiu pozornosť na systém riadenia logistiky, pre zabezpečenie potrebného denného prísunu biohmoty pre bioreaktor, čo je 5,16 t na deň. Obhospodárenie trvalých trávnych porastov, v našom prípade 98 ha trávnatých plôch, je charakterizované 4 kosným využitím, pričom úroda je 14 t/ha sušiny z produkčnej plochy. Kosenie sa zabezpečuje, pomocou traktora a bubnovej kosačky vhodnej na vysokú trávu, pričom pracovný výkon žacieho zariadenia je 1ha/hod. Predpokladá sa, že denne pri osem hodinovej pracovnej dobe je možné pokosiť 5 ha, zostatok času sa prideliť na manipuláciu, t.j. nakladanie do traktorovej vlečky, preprave do areálu, vykladanie a konečné drvenie v drviči na potrebnú homogénnu zmes potrebnú v daný deň, zbytok je uskladňovaný. Týmto spôsobom skosenie celej plochy bude trvať priemerne 20 dní, pričom pri objeme ložnej plochy traktorovej vlečky 7,22m³ nám to predstavuje 9 výjazdov denne, ročne nám to predstavuje 720 výjazdov.

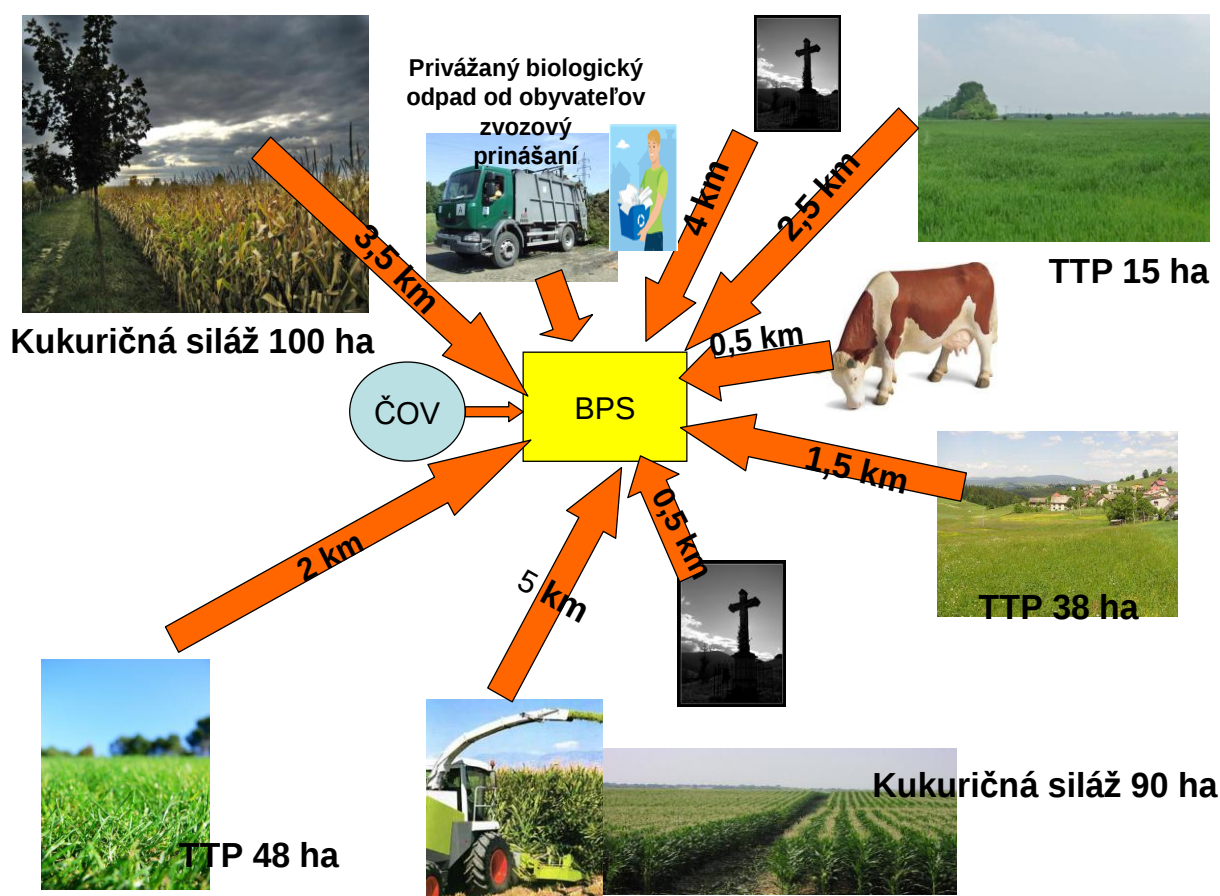
Žatva kukurice na siláž, prebieha v mesiacoch august a september, podľa poveternostných podmienok. Spôsob zberu je variantnými spôsobmi, buď sa skosí taktiež bubnovou kosou, čo znamená rovnaký postup a výpočet ako pri kosení trávnych porastoch, alebo silážnym kombajnom, ktorým sa zbierané stebľa hneď aj drvia. Znamená to však vyššie investičné náklady na mechanizmy, ale je to perspektívnejšia varianta, nakoľko pracovný výkon kombajnu je až 40 t/ hod., čiže plánovanú plochu 190 ha je možné zožať, v priebehu troch dní, ale pri kapacite dopravného vozidla 47 m³ a jeho objeme ložnej plochy pri 10 výjazdov denne, nám to predstavuje 8 dní zväžania z celej plochy. Táto kukuričná siláž vhodným uskladnením nám zabezpečí zásobovanie bioreaktora prevažne v zimnom období.

Zväžanie biologického odpadu z cintorínov sa môže realizovať 1 x za dva týždne traktorovou súpravou s vlečkou, predpokladá sa, že sa vyvezie priemerne 20 ton za jeden mesiac vhodnej biohmoty a v období október a november prípadne Vianoc je to dvojnásobok, v tomto období sa uvažuje o posilnenie odberu na 1 x týždenne.

Dovezený biologický odpad bude pri vstupe do areálu odvážený a evidovaný v súlade s legislatívou odpadového hospodárstva. Následne bude odpad podľa druhu umiestňovaný na skladovaciu plochu (t.j. do jednotlivých boxov), resp. do chladiaceho kontajnera. Skladovacia plocha nebude určená na dlhodobé deponovanie privezeného bioodpadu, ale len k dočasnému (operatívne) uloženiu pred spracovaním. Biohmoty, ktoré ľahko podliehajú biologickému rozkladu (napr. tráva) budú skladované len veľmi krátku dobu, resp. budú podľa možnosti ihneď zapracované do zakládky (kaly z ČOV).

Zväžanie odpadov živočíšnej výroby, sa bude realizovať fekálnym návesom z farmy zo systémového okolia, uvažuje sa o 200 zvozov ročne.

Model logistiky zvozu vstupných materiálov zo systémového okolia do BPS je na obr.4



Obr.4 Model logistiky zvozu vstupných materiálov zo systémového okolia do BPS

V logistickom modeli boli hierarchizované dáta do formy. Pričom v tab.1 je udávaná plynatosť plodiny (P_i [m^3/ha]), veľkosť plochy zdroja plodiny (S_i [ha]), vzdialenosti od ťažiska plochy (L_i [km]), počet výjazdov za rok (n_i), priemerná spotreba paliva dopravného zariadenia prevážajúce biohmotu (m_i [l/km]), spotreba paliva mechanizmov spracúvajúcich biohmotu plochy pôvodu (h_i [l/ha]). V tab.2 sú uvedené hodnoty zo vstupných materiálov a to plynatosť (I_j [m^3/t]), množstvo dodávky biohmoty za rok (Z_j [t]), vzdialenosti od zdroja biohmoty (L_j [km]), počet výjazdov za rok (n_j), priemerná spotreba paliva dopravného zariadenia prevážajúce biohmotu (m_j [l/km]).



Tab. 2 Výťažnosť biohmoty zo systémového okolia prípadovej štúdie

Vstupný materiál	Pi (m3/ha)	Li(km)	Si (ha)	mi	ni	hi
silážna kukurica	20	8,5	190	5,2	80	8,5
lúčna tráva (siláž)	14	6	98	5,2	720	5,5
suma	34	14,5	288		800	14
Vstupný materiál	Ij(m3/t)	Lj (km)	Zj (t)	mi	ni	
Maštalný hnoj	28	0,5	13 500	5,2	240	
Hnojovica ošípaných	31	1	1 100	5,2	0	
močovka	26	0,5	3700	5,2	0	
kal z COV		0	3	5,2	0	
Komunálny odpad (zelený)	102	0	500	5,2	0	
zelený odpad z cintorínov	102	4	280	5,2	60	
suma	289	6	19 083		300	
VB=						
2089620,076 kWh						

Z uvedených hodnôt v tabuľke vychádzajúc z logistického modelu, môžeme pri použití vzorca VB, vypočítať čistú výťažnosť biohmoty / rok prípadovej štúdie.

$$VB = \frac{1}{2} \cdot \sum_i (34 \cdot 288) - 7,127 \cdot \sum_i [(14,5 \cdot 5,2 \cdot 800) + (288 \cdot 14)] + \frac{1}{2} \cdot \sum_j (289 \cdot 1983) - 7,127 \cdot \sum_j (6,5 \cdot 2 \cdot 300)$$

$$VB = 2\,089\,620,076 \text{ kWh / rok}$$

Celková možná ročná produkcia bioplynu z vyprodukovaného odpadu je viac ako 2 mil. m³ a aj napriek nákladom na zvoz a spracovávanie nám umožní výrobu 2,1 GWhe/rok.

Pre porovnanie sme pri výpočte uvažovali aj s alternatívou použitia ďalšieho vstupného materiálu a to pekársky odpad. Pekáreň má pri výrobe pekárskych výrobkov odpady, z ktorých je extrémne vysoký výťažok bioplynu 650 m³ na 1 tonu. Tieto odpady by sa popri maštalnom hnoji, kukuričnej siláži a zelenej biohmoty, použili ako ďalšia surovina pre BPS. Po doplnení tabuľky v programe Excel o ďalší riadok a doplnení hodnôt t.j. Ij 650 m³/t, Lj 25 km, Zj 35 t, pri mj 5,2 l/km a počte zvozov nj 120, dostávame VB = 7,78 GWhe/rok.

Z uvedeného vyplýva, že týmto vstupným materiálom sa výrazne zvýšila výroba elektriny, čo znamená veľký úžitok pre investora, úžitkom pre pekáreň by bol možný podiel na zisku z predaja elektrickej energie do sietí alebo pokrytie svojich potrieb elektrickej energie a zbavenie sa pekárskych odpadov.



Súhrn

Každá obec produkuje veľké množstvo biologického odpadu, ktorý sa dá len čiastočne zužitkovať kompostovaním, alebo spaľovaním. Posledne menované spôsoby sú málo environmentálne, pretože znečisťujú životné prostredie exhalátmi či zložkami metánu, ale hlavne sú neracionálne, keďže značná časť energie v podobe bioplynu ostáva nevyužitá. Navyše sa v súčasnosti u nás budujú v mnohých obciach čistiarne komunálnych odpadových vôd, kde je možnosť racionálnejšie nakladať s vodárenským kalom ako biologickým odpadom so synergickým efektom spoločného kalového hospodárstva.

Kľúčové slová

bioplynová stanica, biomasa, bioodpad

Príspevok bol pripravený v rámci riešenia grantového projektu VEGA č. 1/0102/11 “Metódy a techniky experimentálneho modelovania vnútropodnikových výrobných a nevýrobných procesov”.

Použitá literatúra

- [1] BADIDA, M., MAJERNÍK, M., ŠEBO, D. HODOLÍČ J.: Strojárska výroba a životné prostredie, Viena, Košice 2001, ISBN 80-7099-695-1,
- [2] ŽITNÁK, M., - JECH, J., - Zhodnotenie traktorovej a automobilovej dopravy pri silážovaní zavädnutých krmovín. In: Zemědělská technika a energetika na prahu nového tisíciletí, ZJ JU, Č. Budějovice 2001, s. 176 – 178 ISBN 80-7040-495-7,
- [3] MALINDŽÁK, D., TAKALA, J. : Projektovanie logistických systémov. Košice : Expres Publicit, 2005, s. 221 ISBN 80-8073-282-5,
- [4] Prípadová štúdia: Kompostáreň CMC Náměšť a.s Dostupné na internete:
<http://www.bioodpady.sk/kompostovanie/pripadove-studie/kompostaren>.

Kontaktná adresa

Ing. Henrieta NAKATOVÁ, PhD.

TU, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park Komenského 5, 041 87 Košice

e- mail: henrieta.nakatova@tuke.sk

Ing. Juraj ŠEBO, PhD.

TU, Strojnícka fakulta, Katedra manažmentu a ekonomiky, Němcovej 32, 040 01 Košice,

e-mail: juraj.sebo@tuke.sk

Ing. Monika FEDORČÁKOVÁ, PhD.

TU, Strojnícka fakulta, Katedra manažmentu a ekonomiky, Němcovej 32, 040 01 Košice,

e-mail: monika.fedorcakova@tuke.sk

prof. Ing. Dušan ŠEBO, PhD.

TU, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky a riadenia procesov, Park Komenského 5, 041 87 Košice

e- mail: dusan.sebo@tuke.sk