

Zpracování zbytkové amarantové hmoty a sledování kinetiky procesu pomocí simulačního programu Control Web

Martin Kačmár



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav automatizace a řídicí techniky

akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin KAČMÁR**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Zpracování zbytkové amarantové hmoty a sledování kinetiky procesu pomocí simulačního programu Control Web**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši o amarantu a proveďte zhodnocení současného stavu výroby a využití bioplynu.
2. Seznamte se s měřicí aparaturou pro anaerobní rozklady.
3. V prostředí Control Web vizualizujte měření malých průtoků.
4. Zajistěte ukládání naměřených dat a jejich možné načtení do vizualizačního programu za účelem porovnávání aktuálních hodnot s dříve naměřenými hodnotami.
5. Proveďte sérii měření anaerobního rozkladu amarantové hmoty a sledujte závislost produkce bioplynu na teplotě.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Moravské přístroje: Katalog CONTROL WEB.
2. BAMBUCH, J.: Web vizualizace a řízení modelu teplotních soustav. Diplomová práce, UTB ve Zlíně, 2003.
3. HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001.
4. CHUDÝ, V., PALEČÁR, R.: Meranie technických veličín. STU Bratislava, Bratislava, 1999.
5. KODRIKOVÁ, K.: Zhodnocení jednotlivých složek amarantu a studium fermentace polysacharidové složky na dílčí štěpné produkty. Diplomová práce, Technologická fakulta, UTB ve Zlíně, 2004

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Klára Kodriková

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2006

Termín odevzdání bakalářské práce:

16. června 2006

Ve Zlíně dne 14. února 2006

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
pověřený děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

V první části bakalářské práce je provedena literární rešerše o rostlině amarant, jeho chemickém složení a využití v potravinářském průmyslu. Práce dále popisuje bioplyn jako alternativní náhradu neobnovitelných zdrojů, zejména pro dopravu, ale také k výrobě tepla, elektřiny a chladu.

Praktická část se věnuje sestavení měřicí aparatury a také vizualizaci jednotlivých měření rozkladu amarantové hmoty ve vizualizačním programu Control Web se zajištěním uložení naměřených dat za účelem porovnávání těchto dat s dříve naměřenými hodnotami. Bakalářská práce potvrdila, že amarant je schopen produkovat bioplyn anaerobní fermentací.

Klíčová slova: amarant, bioplyn, anaerobní fermentace

ABSTRACT

In the first part of this bachelor's work, a literary review about *Amaranthus* plant is made and a chemical composition and utilization in food industry is mentioned. In the next part is biogas described as alternative compensation non-renewable resources, mainly for utilization in traffic, but also for production of heat, electricity and coldness.

The practical part deals with setting of measured equipment and also with visualisation of single measured decomposition of *Amaranthus* mass in visualization program Control Web with data backup for compare these data with earlier measured data. Bachelor's work verified that *Amaranthus* is able to produce biogas through the anaerobic fermentation.

Keywords: amaranth, biogas, anaerobic fermentation

Ďakujem týmto vedúcej mojej bakalárskej práce Ing. Kláre Kodrikovej za odborné vedenie, cenné rady a pripomienky počas spracovania mojej bakalárskej práce.

Súhlasím s tým, že s výsledkami mojej bakalárskej práce môže byť naložené podľa uváženia vedúcej bakalárskej práce a vedúceho katedry. V prípade publikácie budem uvedený ako spoluautor.

Prehlasujem, že som na celej bakalárskej práci pracoval samostatne a použitú literatúru som citoval.

V Zlíne dňa 13.6.2006

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD.....	7
I TEORETICKÁ ČASŤ	8
1 LITERÁRNA REŠERŠ	9
1.1 AMARANT	9
1.1.1 Dôvody znovuobjavenia amarantu ako poľnohospodárskej plodiny	10
1.1.2 Vlastnosti amarantového zrna	10
1.1.3 Chemické zloženie zrna a listov rôznych druhov amarantu.....	11
1.2 BIOPLYN.....	12
1.2.1 Anaeróbna digestia	12
1.2.2 Metán.....	13
1.2.3 Výskyt, zloženie a využitie bioplynu	14
1.2.4 Kogeneračné využitie bioplynu.....	15
1.2.5 Využitie bioplynu v doprave	16
1.2.6 Súčasný stav bioplynu	20
2 TEÓRIA.....	23
2.1 ANAERÓBNY ROZKLAD.....	23
2.2 POPIS MERACEJ APARATÚRY PRE ANAERÓBNY ROZKLAD	24
2.3 VIZUALIZÁCIA V APLIKÁCII CONTROL WEB	25
II PRAKTICKÁ ČASŤ	29
3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ	30
3.1 POUŽITÉ PRÍSTROJE	30
3.2 CHEMIKÁLIE.....	30
3.3 VLASTNÉ MERANIE.....	31
ZÁVER.....	37
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	38
ZOZNAM OBRÁZKOV	39
ZOZNAM TABULIEK	40

ÚVOD

Táto práca je zameraná v teoretickej časti na popis využitia nepravej obilniny amarant, z hľadiska jeho využitia kvôli jeho špecifickým vlastnostiam ako potravinu, ale najmä, v praktickej časti na skúmanie možnosti využitia amarantovej technickej múky pre produkciu bioplynu v laboratórnych podmienkach počas anaerobného rozkladu.

V tejto práci je využívaný český vizualizačný a riadiaci program Control Web pre vizualizáciu procesu počas tvorby bioplynu, ale hlavne z dôvodu archivácie nameraných hodnôt v aplikácii Microsoft Excel pre ďalšie spracovanie, vykreslenie grafov, znázorňujúcich proces rozkladu kalu a kvôli porovnávaniu so skôr nameranými dátami.

Celý merací systém je tvorený aparátúrou pre anaeróbny rozklad, ktorá je pomocou meracieho čidla prepojená so vstupno/výstupnou kartou, ktorá je nainštalovaná do klasického osobného počítača. Aplikácia Control Web s touto kartou spolupracuje a vďaka tomu sleduje merané dáta a archivuje ich.

Bakalárska práca sa nezaoberá iba literárnou rešeršou o amarantu a o súčasnom stave výroby a využitia bioplynu. Ale hlavne v praktickej časti sériou meraní anaerobného rozkladu amarantovej hmoty a sledovaním produkcie bioplynu na teplote a uchovanie týchto informácií pre ďalšie použitie a porovnávanie.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 LITERÁRNA REŠERŠ

1.1 Amarant

Amarant patrí medzi nepravé obilniny (pseudoobilniny), bol pestovaný už starými Maymi, Aztékmi a Inkami, pre ktoré bol posvätnou plodinou. Pre svoju vysokú výživnú hodnotu a nenáročnosť pri pestovaní je nazývaný plodinou tretieho tisícročia. Obsahuje kvalitnú bielkovinu, olej s vysokým zastúpením nenasýtených mastných kyselín, kvalitnú vlákninu a škrob. Neobsahuje lepok - bielkovinu, ktorá spôsobuje vznik poškodenia čriev pri celiákii. [1]

Amarant je svojimi vlastnosťami dôležitý ako prevencia pre všetky vekové kategórie. Zvláštny význam má pre malé deti (lyzín podporuje tvorbu mozgových buniek) a pre športovcov (minerály, vitamíny, nenasýtené mastné kyseliny a kvalitná bielkovina podporujú rast svalovej hmoty). U staršej generácie podporuje regeneráciu buniek a významne ovplyvňuje látkovú výmenu. Až pred niekoľkými rokmi bol amarant znovu objavený ako obilie pre bežnú potrebu a od tej doby je podporovaný širokou verejnosťou. Charakteristický pre amarant je mimoriadne vysoký obsah bielkoviny a výborná schopnosť asimilácie. Taktiež podiel tak dôležitej aminokyseliny lyzínu, ktorá je dôležitá pre duševný vývoj, je u amarantu vyšší než u ostatných známych obilnín. Podiel vysoko hodnotných rastlinných tukov je značný. Amarant zaručuje vyváženú stravu čo sa týka minerálnych látok, ako sú vápnik, horčík, železo a vitamíny B, C a E. [1]



Obr. 1. Vzhľad amarantovej obilniny [1]

1.1.1 Dôvody znovuobjavenia amarantu ako poľnohospodárskej plodiny

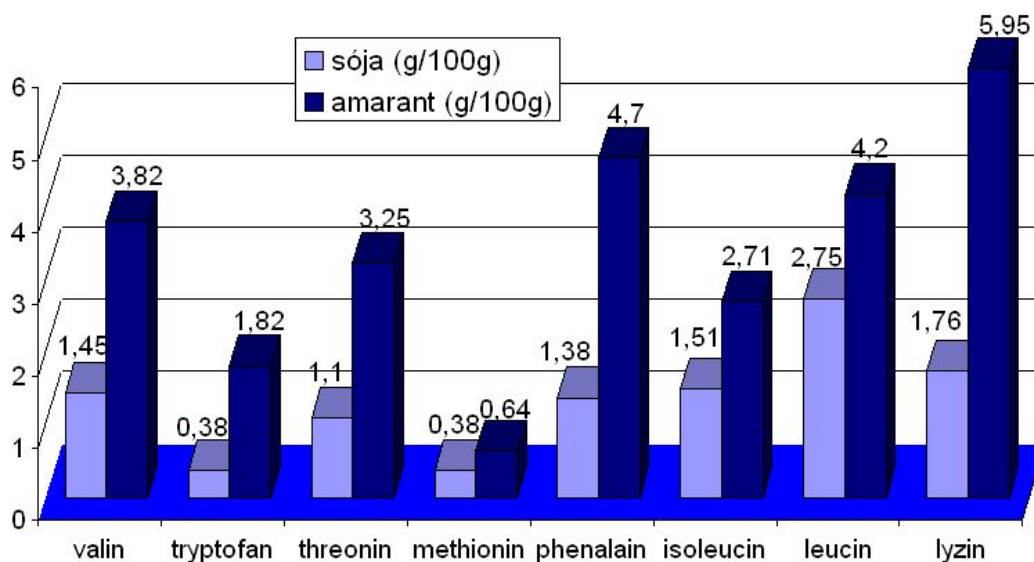
V posledných dekádach nášho storočia stále stúpa počet obyvateľov našej planéty a súčasne hladom a podvýživou trpí 800 miliónov ľudí. Od začiatku 90. rokov sa stále znižujú celosvetové zásoby obilnín. V roku 1995 poklesli na 17 %, t.j. pod kritický limit 19 %. Vyspelé štáty sveta a medzinárodné organizácie sa stále viacej zaoberajú otázkou, ako zabezpečiť dostatok potravín pre hladujúcich najmä v rozvojových krajinách. Pre obyvateľov vyspelých štátov je naopak typický nadbytok potravín, ovšem nevhodných svojím zložením a nutričnými hodnotami. To je tiež jednou z príčin vzostupu civilizačných ochorení. Preto sa stále viac hľadajú nové zdroje a spôsoby výroby poľnohospodárskych komodít, ktoré by ovplyvnili súčasný nepriaznivý výživový trend. Hľadajú sa cesty, ako zvýšiť dodávku kvalitných obilnín, bohatých na nenasýtené tuky, vlákninu, minerály a vitamíny. Práve z týchto dôvodov bol znovu objavený amarant. [1]

1.1.2 Vlastnosti amarantového zrna

Doposiaľ bolo v prírode zachovaných podľa botanickej klasifikácie 60 druhov rastlín rodu *Amaranthus* (Láskavec). Väčšinou rastú plano a iba niekoľko málo druhov je pestovaných pre žatvu. Jedná sa o rastliny, ktoré sa podobajú klasickým úžitkovým trávam (cereáliam), ale zároveň majú i radu odlišností. Úžitok z hľadiska potravy poskytujú dvoje. Nielen svojimi semenami (zrnami), ale zároveň i chutným jedlým podielom zeleniny ich listovej časti. Sú celoročné, rýchlo rastúce, vyžadujú priamy slnečný svit, sú nenáročné na kvalitu pôdy a odolné na suchu. Majú pôvod v tropických pásmach (± 30 stupňov zemepisnej šírky) kontinentov Ameriky a Ázie. Niektoré druhy sa prispôbili kratšiemu svetlému dňu i nadmorskej výške do 3500 metrov. Darí sa im optimálne v teplotnom rozmedzí 20 °C až 45 °C. Migráciou obyvateľstva sa adaptovali na pásma subtropické i mierne. Amarantové zrnó má veľmi malé rozmery, v priemeru 1 až 1,5 mm (široké rozmedzie je 0,6 až 2,1 mm), malú váhu (1000 semien/g), farby od belavej do béžovej, hnedavej až čiernej. U úžitkových druhov sa preferuje farba svetlá. Tvar zrna je šošovkovitý, pod tuhou šupinou je na periférii roviny vonkajšieho obvodu stočený klíčok, zabierajúci jednu tretinu objemu zrna a okružujúci perisperm zásobárne škrobu. Žatva zrna je možná podľa klimatického pásma až trikrát ročne. [1]

1.1.3 Chemické zloženie zrna a listov rôznych druhov amarantu

Listy amarantu obsahujú proteíny s výhodným zložením esenciálnych aminokyselín, sú bohaté na zložku minerálnu a predovšetkým na antioxidačný vitamín C a betakarotén. Významná je i prítomnosť vysokého podielu esenciálnej mastnej kyseliny linolenovej v tukovej zložke chloroplastov a obsah squalenu. V zrnách amarantu je obsah proteínov vyšší v porovnaní s proteínmi bežných cereálií a v tomto porovnaní majú tiež vyváženejšie zloženie esenciálnych aminokyselín. Vyšší obsah lyzínu a tryptofanu je komparabilný s bielkovinami živočíšnymi. Až 65% proteínov v amarante je koncentrovaných v klíčku. Obsah proteínov kolíše podľa druhov amarantu a podmienok ich kultivácie. Aplikácia amarantovej bielkoviny je možná ako komponent enternálnych výživ, použitie ako dietetikum pridávané do tekutých výživ k zlepšeniu bielkovinovej rovnováhy ťažko nemocných, pacientov v rekonvalescencii, jedincov trpiacich potravinovými alergiami, detí i dospelých s glutenovou enteropatiou. Výhodné je použitie pre vegetariánov a športovcov najmä tam, kde je nutné vzhľadom k nekompletnej výžive, k veľké fyzickej záťaži a výnimočným podmienkam zaistiť dobrú výživu bielkovinami. [1]



Obr. 2. Porovnanie esenciálnych aminokyselín v bielkovinách sóji a amarantu [1]

V zrnách amarantu sú jednoduché monosacharidy (glukóza, fruktóza) obsiahnuté len v stopách, oligosacharidy (maltóza, stachóza, rafinóza, sacharóza) v rozmedzí 1 až 2 %. V škrobe amarantu je dominantný amylopektín. Je predovšetkým vhodný pre osoby s poruchami trávenia. Vzhľadom k dobrej rozpustnosti, stráviteľnosti a malému rozmeru škrobových zŕn, je možné použitie v potravinárskom priemysle, dermatológii a kozmetike. Semená amarantu obsahujú až 85 % zo všetkých nutrične definovaných minerálnych makroelementov (sodík, draslík, vápnik, fosfor, horčík, síra) a 50% mikroelementov (zinok, meď, mangán, železo). Zo stopových prvkov bol preukázaný kremík a nikel. V porovnaní s pšenicou, ovsom, ryžou, kukuricou a sójou sú semená amarantu lepším zdrojom vápnika, železa a sodíka, obsahom horčíka, fosforu, zinku sa im podobajú. V porovnaní s cereáliami celkový obsah minerálov majú zrná amarantu vyššie. Semená amarantu sú na vlákninu (nestráviteľné zvyšky rastlinného pôvodu) bohatšie než ostatné cereálie (pšenica, jačmeň, žito, ryža, kukurica). Amarantové vlákny môžeme využiť ako dietikum pri liečbe zápchy, ako prevenciu rakoviny hrubého čreva a konečníka, prevenciu vzniku a zápalu črevných divertiklov. Tuková časť v zrnách amarantu je koncentrovaná v jeho klíčku. U svetlo semenných druhov dosahuje 6 až 9 %, u tmavo semenných je vyššia. Vitamíny v amarantových zrnách sú koncentrované hlavne v klíčku, nutrične je tu významný v porovnaní s ostatnými cereáliami vyšší obsah vitamínu B2 a niacinu, menej je vitamínu B1 a vitamínu C (3 až 4 mg/100 g). Betakarotén tu nenachádzame. Nutrične významný je aj obsah vitamínov E (alfa-tokoferol) a tokotrienol. Zvláštny nutričný význam má prítomnosť antioxidantných vitamínov v semenách (vitamín E). [1]

1.2 Bioplyn

Bioplyn je plyn produkovaný behom anaeróbnej digestie organických materiálov a skladajúci sa najmä z metánu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). [2]

1.2.1 Anaeróbna digestia

Anaeróbna digestia označuje kontrolovanú mikrobiálnu premenu organických látok bez prístupu vzduchu za vzniku bioplynu a digestátu. Produktom digestie je digestát, ktorý spĺňa kvalitatívne požiadavky vyhlášky o biologických metódach spracovania biologicky rozložiteľných odpadov. Termín anaeróbna digestia má niekoľko synonym, ktoré sa

celkom alebo čiastočne prekrývajú: anaeróbna fermentácia, anaeróbna stabilizácia a anaeróbne vyhnívanie. [3]

1.2.2 Metán

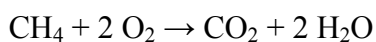
Metán je najjednoduchší alkán a teda aj najjednoduchší uhľovodík vôbec. Pri izbovej teplote je to netoxický plyn bez farby a zápachu, ľahší než vzduch (relatívna hustota 0,55 pri 20 °C). [4]

Tab. 1. Vlastnosti metánu [4]

Sumárny vzorec	CH ₄
Registračné číslo	74-82-8
Molárna hmotnosť	16,0426 g/mol
Teplota topenia	-182,5 °C
Teplota varu	-161,6 °C
Kritická teplota	-82,7 °C
Kritický tlak	4,596 MPa
Hustota plyn	0,676 kg/m ³ (21 °C, 1013 hPa)
Hustota kvapalina	0,42262 kg/m ³ (-161,6 °C, 1013 hPa)
Rozpustnosť vo vode	0,22 mg/l (20 °C)

Molekula metánu má symetriu pravidelného štvorstenu, v ktorého ťažisku sa nachádza uhlíkový atóm a v jeho vrcholoch sa nachádzajú vodíkové atómy. Vďaka tejto vysokej symetrii je celkovo molekula metánu nepolárna, napriek tomu väzby H–C slabú polaritu vykazujú.

Metán môže reagovať explozívne s kyslíkom:



Bod samozápalu je síce veľmi vysoký (595 °C, teplota vznietenia pri koncentrácii 8,5 % je 537 °C), ale stačí napr. elektrická iskra alebo otvorený plameň a zmes metánu so vzduchom môže dosiahnuť výbuchu (minimálna iniciačná energia je 0,28 mJ). Pritom medze výbušnosti sú značne veľké, od 4,4 do 15 objemových percent. Preto je nevyhnutne nutné priebežne sledovať koncentráciu metánu (banského plynu) v uhoľných baniach, aby sa predišlo katastrofám. [4]

1.2.3 Výskyt, zloženie a využitie bioplynu

Bioplyn je produkovaný najmä v prirodzených prostrediach, ako sú mokriny, sedimenty, tráviace ústroje (predovšetkým u prežúvavcov), poľnohospodárskych prostrediach, ako sú ryžové polia, uskladnenie hnojov, v odpadovom hospodárstve na skládkach odpadov (tu je označovaný ako skládkový plyn), na anaeróbných čističkách odpadových vôd (ČOV), v bioplynových staniciach. Bioplyn je z bioplynových staníc, ČOV a niektorých skládok používaný k výrobe tepla, tepla a elektriny (kogenerácia) - toto je najčastejší prípad a tepla, elektriny a chladu (trigenerácia) - trigenerácia je využívaná iba výnimočne. [2]

Tab. 2. Zloženie bioplynu [2]

Metán	40 – 75 %
Oxid uhličitý	25 – 55 %
Vodná pára	0 – 10 %
Dusík	0 – 5 %
Kyslík	0 – 2 %
Vodík	0 – 1 %
Čpavok	0 – 1 %
Sulfát	0 – 1 %

Energeticky hodnotný je v bioplyne metán a vodík. Problematickými sú sírovodík a čpavok, ktoré je často nutné pred energetickým využitím bioplynu odstrániť, aby nepôsobili agresívne na strojnom zariadení. Ako príklad využitia bioplynu môže slúžiť

Obr. 3. Princíp kogenerácie s piestovou kogeneračnou jednotkou [8]

Plynový motorgenerátor a výmenníkový systém využitia odpadového tepla sú integrované do oceľového zvarovaného rámu. Doskový výmenník voda/voda zaisťuje chladenie vložiek motoru a oleja. Výmenník spaliny/voda slúži k využitiu tepla z výfukových plynov plynového motoru. Prepojenie medzi plynovým sústrojím motor-generátor a ostatnými časťami technológie je pomocou pružných hadicových a vlnkových spojov, aby sa zamedzilo prestupu vibrácií z motoru. Samotný motor-generátor je na ráme uložený pružne prostredníctvom pryžových silentblokov. Samostatne sa dodáva elektrický rozvádzač, ktorý kombinuje riadiacu i silovú časť. Riadiaci systém zaisťuje ovládanie kogeneračnej jednotky. Zariadenie môže byť vybavené protihlukovou kapotážou, ktorá dokáže znížiť hladinu hluku. V prípade, že je požadované zaistenie výroby elektriny bez odberu tepla, je nutné tepelný systém doplniť ešte núdzovým chladičom, ktorý zabezpečí chladenie motoru. Výfukový systém je doplnený tlmičom hluku výfuku, ktorý je dodávaný ako samostatná časť a montuje sa do výfukového potrubia za spalínový výmenník. [8]

1.2.5 Využitie bioplynu v doprave

V doprave sa bioplynom rozumie palivo vzniknuté biologickými procesmi z organických hmôt, ktoré je pre účely pohonu motorových vozidiel zbavené nežiaducich prímiesí, najmä oxidu uhličitého a sírovodíka, tak aby odpovedalo požiadavkám na zemný plyn (obsah metánu vyšší než 95 %, výhrevnosť zrovnateľná). Hlavnou nevýhodou používania bioplynu v doprave je jeho obmedzené množstvo, lokálna výroba (väčšinou sú bioplynové stanice umiestnené odlišne od miesta potreby – autobusové depá ...) a nákladné čistenie na kvalitu zemného plynu. Bioplyn je vo väčšine európskych krajinách prevažne využívaný pre priame spaľovanie alebo v kogeneračných jednotkách. V doprave je používaný ojedinelo – vo Švédsku, Švajčiarsku, Francúzsku a na Islande. Bioplyn vo Švédsku má dlhú tradíciu, už veľa rokov je vyrábaný v čističkách odpadových vôd a tiež, najmä v posledných 10-15 rokoch, v rastúcom počte kofermentačných bioplynových staníc, ktoré využívajú najrôznejšie organické materiály a suroviny. Bioplyn je hlavne (60 %) vyrábaný vo viac než 200 staniciach z čistiarenských kalov. Ďalším zdrojom (30 %) sú skládky a zbytok tvoria priemyslové odpadové vody a kofermentačné stanice. Celková ročná výroba bioplynu je zhruba 1 400 GWh. Vo Švédsku v súčasnosti bioplyn využíva viac ako 130 mestských autobusov. Najviac autobusov na bioplyn jazdí v Linköpingu, všetkých 62

mestských autobusov. Bioplyn je vo Švédsku trvalo od dane oslobodený v návaznosti na dodatok „EU Petroleum Directive“. [9]



Obr. 4. Bioplynová stanica (Švédsko)

Natargas je bioplyn (kompogas) upravený na kvalitu zemného plynu. Celkovo na metán jazdí vo Švajčiarsku 520 áut, k dispozícii majú 27 staníc. Bioplyn nie je zaťažený daňou. [9]



Obr. 5. Bioplynová stanica (Švajčiarsko)

V rámci európskeho projektu Civitas je v Lille využívaný bioplyn ako palivo pre mestské autobusy. Prvé bioplynové autobusy zahájili prevádzku v roku 1996. V súčasnosti jazdí v Lille 42 autobusov, ďalších 65 je objednaných spoločnosťou IRISbus. Do roku 2005 plánovalo mesto zvýšiť podiel plynových autobusov 4-krát a ich podiel na celkovom počte by predstavoval 50%. Ročná produkcia bioplynu by mala byť 4 milióny m³. V súčasnosti

je bioplyn získavaný z čističky odpadových vod v Marquette na predmestí Lille. Prvotné náklady projektu boli hrazené Európskou komisiou, regionálnymi fondmi a mestom Lille. [9]



Obr. 6. Bioplynová stanica (Lille, Francúzsko)

Na Islande je bioplyn vyrábaný spoločnosťou Metan Ltd. a dodávaný k plneniu do vozidiel k čerpacej stanici ESSO. Jazdí tam na bioplyn 20 automobilov značky VW. [9]

Ani Česká republika nezaostáva za trendom týchto krajín, čo sa týka využitia bioplynu pre dopravu. Zahraničné skúsenosti ukazujú na rastúce využitie bioplynu v doprave ako alternatívneho a obnoviteľného paliva. Rýchlejší rozvoj aplikácie bioplynu v doprave sa dá očakávať v ďalšom programovacom období Štrukturálnych fondov Európskej únie, pretože sa pripravujú programy pre podporu využívania obnoviteľných palív v doprave (napr. výroba bio-benzínu z obilia, apod.). Klasickým príkladom zavedeného využívania bioplynu v doprave sú škandinávské krajiny. Je to dané cenovou situáciou na ich energetickom trhu, tradíciou a v niektorých prípadoch dokonca aj daňovou politikou. Vzhľadom k nedávnemu rýchlemu vzrastu cien pohonných hmôt sa firma Bioprofit zamerala aj na posúdenie ekonomickej výhodnosti využitia bioplynu v doprave v ČR. Ako ukazuje jednoduchý porovnávací výpočet, ekonomické zhodnotenie bioplynu v doprave je zhruba 2-krát vyššie, než pri jeho využití pre výrobu elektriny. [10]

Tab. 3. Porovnanie spotreby palív nafta - bioplyn pre totožný výkon motoru [10]

Palivo	Výhrevnosť	Výkon motoru	Efektívna účinnosť motoru	Príkon v palivu	Hodinová spotreba paliva
Nafta	42 MJ/l	200 kW	42%	476 kW	40,8 l
Bioplyn	24 MJ/m ³	200 kW	35%	571 kW	85,7 m ³

Tab. 4. Úspora nákladov na nákup nafty [10]

Náklady na nákup nafty	Zhodnotenie bioplynu (Úspora nákladov na nákup nafty)
1142 Kč (40,8 l x 28 Kč/l)	1142 Kč

Tab. 5. Tržba za predaj elektriny vyrobenej bioplynom [10]

Bioplyn	Vyrobená elektrina	Zhodnotenie bioplynu (Tržba za predaj elektriny)
85,7 m ³	187 kWh	557 Kč (187 kWh x 2,98 Kč/kWh)

Rýchlejšiemu rozvoju aplikácie bioplynu v doprave v ČR bude brániť nielen chýbajúca sieť čerpacích staníc, ale tiež problematické a cenovo náročné obstarávanie vhodných automobilov (nákladných, osobných, ale i poľnohospodárskych strojov, apod.). Pomerne dobré vyhliadky na rýchle rozšírenie aplikácie bioplynu v doprave je možné dosiahnuť vo veľkých mestách s rozvinutou mestskou hromadnou dopravou. Tu sa dá za pomerne nízkych investícií do čerpaciej stanice využívať už dnes bioplyn produkovaný na mestskej čističke odpadových vôd pre pohon autobusov MHD, vozidiel technických služieb, apod.. Predpokladom je vôľa a chuť predstaviteľov miest a mestských spoločností postupne obmeňovať vozňový park. [10]

1.2.6 Súčasný stav bioplynu

Za súčasných podmienok na trhu s energiami v ČR sa dá reálne uvažovať s využitím bioplynu pre výrobu tepla (spaľovanie v kotli) alebo pre kombinovanú výrobu elektriny a tepla (kogeneračná jednotka). Nižšie uvedené jednoduché porovnanie názorne ukazuje, že vyššie ekonomické zhodnotenie bioplynu možno doceliť pri jeho využití pre kombinovanú výrobu elektriny a tepla oproti prostej výrobe tepla. [10]

Tab. 6. Získanie vyrobeného tepla pri spálení bioplynu [10]

Bioplyn (m ³)	Výhrevnosť (GJ/m ³)	η kotla (%)	Výroba tepla (GJ)
1000	0,024	90	21,6

Spálením 1000 m³ bioplynu v kotli o účinnosti 90% získame 21,6 GJ tepla a 2178 kWh elektrickej energie a 11,4 GJ tepla pri kogeneračnom využití bioplynu. Aj pri uvažovaní nákupu potrebného množstva zemného plynu pre dovýrobu chýbajúceho množstva tepla a započítaní nákladov na servis kogeneračnej jednotky, dostávame prevádzkový zisk 3404 Kč. Výpočty platia pre podmienky výkupnej ceny za elektrinu 2,98 Kč/kWh (návrh ceny pre bioplynové stanice od 1.1.2006) a cena zemného plynu 7,00 Kč/m³ – odhad ceny v kategórii veľkoodber po úprave cien zemného plynu zo dňa 1.10.2005. [10]

Tab. 7. Výroba tepla a elektriny bioplynom s dovýrobou zemným plynom [10]

Bioplyn (m ³)	Výhrevnost (GJ/m ³)	Vyrobená elektrina (kWh)	Výroba tepla (GJ)	Nutná výroba tepla zo zemného plynu (GJ)	Spotreba zemného plynu (m ³)
1000	0,024	2178	11,4	10,2	332
Teploto celkom = 21,6 GJ					

Tab. 8. Celkový zisk pri výrobe tepla a elektriny kombinovaným spaľovaním bioplynu a zemného plynu [10]

Predaj elektriny	Servis kogeneračnej jednotky	Dokúpenie zemného plynu	Zisk
6490 Kč (2178 kWh x 2,98 Kč/kWh)	-762 Kč (2178 kWh x 0,35 Kč/kWh _{el})	-2324 Kč (332 m ³ x 7,00 Kč/m ³)	3404 Kč

V škandinávskych krajinách je opäť možné vidieť časté využitie bioplynu buď vo forme dodávky do verejnej plynárenskej siete (po vyčistení na takmer 100% obsahu CH₄) alebo jeho predaj mestským alebo priemyslovým teplárnam, apod.. Keď sa pozrieme opäť na príklad Švédska, tak toto je najčastejší prípad energetického využitia bioplynu. Pre predstavu, aké sú podmienky v ČR, firma Bioprofit vypracovala jednoduchý porovnávací výpočet ekvivalentnej predajnej ceny bioplynu vo vzťahu k energetickému obsahu a aktuálnej predajnej cene zemného plynu. [10]

Tab. 9. Ekvivalentná predajná cena bioplynu v porovnaní so zemným plynom [10]

Palivo	m ³	Výhrevnost	Cena	Poznámka
Zemný plyn	1	34 MJ	7,00 Kč/m ³	Odhad aktuálnej ceny zemného plynu pre kategóriu veľkoodber, po úprave cien 1.10.2005
Bioplyn	1	24 MJ	4,94 Kč/m ³	Ekvivalentná predajná cena bioplynu o výhrevnosti 24 MJ/m ³ v porovnaní s aktuálnymi podmienkami predaja zemného plynu

Tab. 10. Prepočet potrebnej ceny bioplynu pre dosiahnutie rovnakého zhodnotenia so zemným plynom [10]

Palivo	m ³	Výroba elektriny	Tržba za predaj elektriny	Potrebná cena bioplynu pre dosiahnutie rovnakej tržby ako pri výrobe a predaji elektriny
Bioplyn	1	2,18 kWh	6,49 Kč (2,18 kWh x 2,98 Kč/kWh)	6,49 Kč/m ³

Na základe uvedených výpočtov sa dá teda približne odhadnúť, že predaj bioplynu za ekvivalentnú cenu zemného plynu predstavuje ekonomické zhodnotenie bioplynu zhruba o 24% nižšie, než pri jeho využití pre výrobu elektriny. Tento spôsob využitia bioplynu je otázkou budúceho vývoja cien energií na trhu. Pretože nás čaká ešte niekoľko vln podstatného zdražovania zemného plynu, bude aj predaj bioplynu nutné vziať v úvahu pri príprave nových projektov spojených s bioplynom. Tiež možno doporučiť priebežné posudzovanie výhodnosti využitia bioplynu a príbuzných plynov u projektov, kde Zákon 180/2005 Sb. prináša zníženie výkupných cien elektriny oproti klasickým bioplynovým staniciam (napr. skládky odpadov, čističky odpadových vôd, banské plyny, apod.). [10]

2 TEÓRIA

2.1 Anaeróbný rozklad

Mikrobiálny anaeróbný rozklad je súbor dielčích, na seba nadväzujúcich biologických procesov, na ktorých sa podieľa niekoľko základných funkčných skupín anaeróbných mikroorganizmov. Rozklad organických látok až na konečné produkty – metan a oxid uhličitý vyžaduje ich koordinovanú metabolickú súčinnosť. Produkt jednej skupiny mikroorganizmov sa stáva substrátom skupiny druhej a preto nedostatočná aktivita iba jednej skupiny môže spôsobiť porušenie dynamickej rovnováhy v celom systéme a zníženie účinnosti procesu. [11]

Anaeróbný proces je zložitý a preto je vhodné ho podľa optimálnej reakcie prostredia (pH), podľa východiskových látok a konečných produktov rozdeliť na dve fázy „predmethanizačná a methanizačná“. V predmethanizačnej fáze prebiehajú skupinové procesy, v ktorých sú komplexné organické zlúčeniny postupne mikrobiálne rozkladané na nízkomolekulárne látky ako striktné, tak fakultatívne anaeróbnymi mikroorganizmami. Takto vzniknuté jednoduché látky sa môžu stať priamym substrátom pre methanogénne baktérie. [11]

Hlavné procesy anaeróbného rozkladu sú:

Hydrolýza – prvé štádium rozkladu, sú rozkladané makromolekulárne rozpustené i nerozpustené organické látky (polysacharidy, lipidy, proteíny) na nízkomolekulárne látky rozpustné vo vode pomocou extracelulárnych hydrolytických enzýmov, produkovaných hlavne fermentačnými baktériami. Vznikajúce nízkomolekulárne látky sú na rozdiel od vysokomolekulárnych schopné transportu dovnútra bunky. [11]

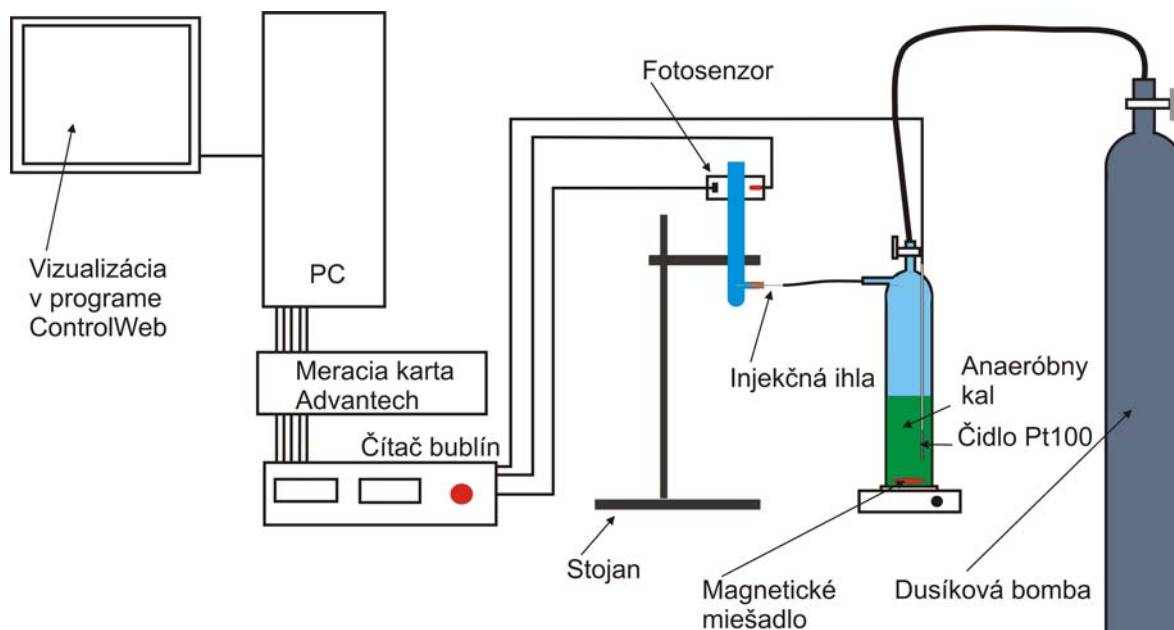
Acidogenéza – produkty hydrolýzy, nízkomolekulárne látky, sú vnútri bunky rozkladané ďalej na jednoduchšie organické látky (kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý, molekulárny vodík). Fermentáciou týchto látok sa tvorí rada konečných redukovaných produktov, ktoré sú závislé na charakteru počiatočného substrátu a na podmienkach prostredia. Pri nízkom parciálnom tlaku vodíku sú produkované kyselina octová, molekulárny vodík, oxid uhličitý, pri vyšších sú tvorené vyššie organické kyseliny, kyselina mliečna, ethanol apod. [11]

Acetogenéza – v tomto štádiu rozkladu prebieha oxidácia látok vytvorených pri acidogenéze na molekulárny vodík, oxid uhličitý a kyselinu octovú. Syntrofne acetogénne mikroorganizmy produkujúce vodík sú tu veľmi dôležitou mikrobiálnou skupinou, pretože rozkladajú organické kyseliny vyššie než octovú (hlavne propionovú kyselinu), alkoholy a niektoré aromatické zlúčeniny. Ich tesná súčinnosť s ďalšími skupinami mikroorganizmov, ktoré spotrebúvajú nimi tvorený vodík (metanogeny, sulfátredukujúci baktérie) je pre nich nevyhnutná. Prebytok vodíku v systéme totiž inhibuje činnosť týchto acetogénnych mikroorganizmov a tým aj celého systému. [11]

Methanogenéza – posledné štádium rozkladu, methanogénne mikroorganizmy rozkladajúce pre nich prijateľné substráty, čo sú niektoré jednouchlíkaté látky (methanol, kyselina mravčia, metylainy, oxid uhličitý, oxid uhoľnatý, molekulárny vodík) a z viacuhlíkatých iba kyselina octová. Produkty rozkladu sú metan a oxid uhličitý. [11]

2.2 Popis meracej aparatury pre anaeróbny rozklad

Základnú časť meracej aparatury tvorí reaktor pre anaeróbny rozklad. V ňom sa nachádza zmes zložiek potrebných k produkovaniu bioplynu, tj. anaeróbny kal, destilovaná voda, biomédium a v prvých dvoch meraniach bol pridávaný octan sodný, ktorý slúžil hlavne k otestovaniu celej zostavy. Samozrejme v nasledujúcich meraniach bol octan sodný nahradený technickou amarantovou múkou. Ďalšou súčasťou bola vysokotlaková bomba plnená dusíkom, ktorá nám slúžila k vytlačeniu kyslíku z reaktoru kvôli anaeróbnej fermentácii, ktorá prebieha bez účasti kyslíku. Po prebublání kvapalnej náplne reaktoru sa uzatvorí ventil reaktore pre prístup dusíka. Do náplne je ponorené magnetické miešadlo, ktoré rozmiešava kal počas rozkladu. V kale sa ešte nachádza čidlo Pt100, ktoré sníma teplotu. Vyprodukovaný bioplyn je hadičkou a ihlou privedený do vodou naplnenej kapiláry. Vo vode sa vytvárajú bubliny plynu, výstupom z injekčnej ihly, a tie sú čítané fotosenzorom umiestneným na kapiláre. Fotosenzor je tvorený diódou a fototranzistorom. Dióda osvetľuje fototranzistor a pri prerušení svetelného paprsku plynovou bublinou fototranzistor reaguje na zmenu osvetlenia a impulz vyhodnotí čítač bublín, ktorý inkrementuje počet bublín, ktorý je zobrazovaný na sedemsegmentovom displeji. Z čítača bublín je privádzaný analógový signál do meracej technologickej karty Advantech, ktorá spolupracuje s aplikáciou Control Web. Vizualizácia priebehu rozkladu v tomto programe je popísaná v ďalšej časti tejto práce.



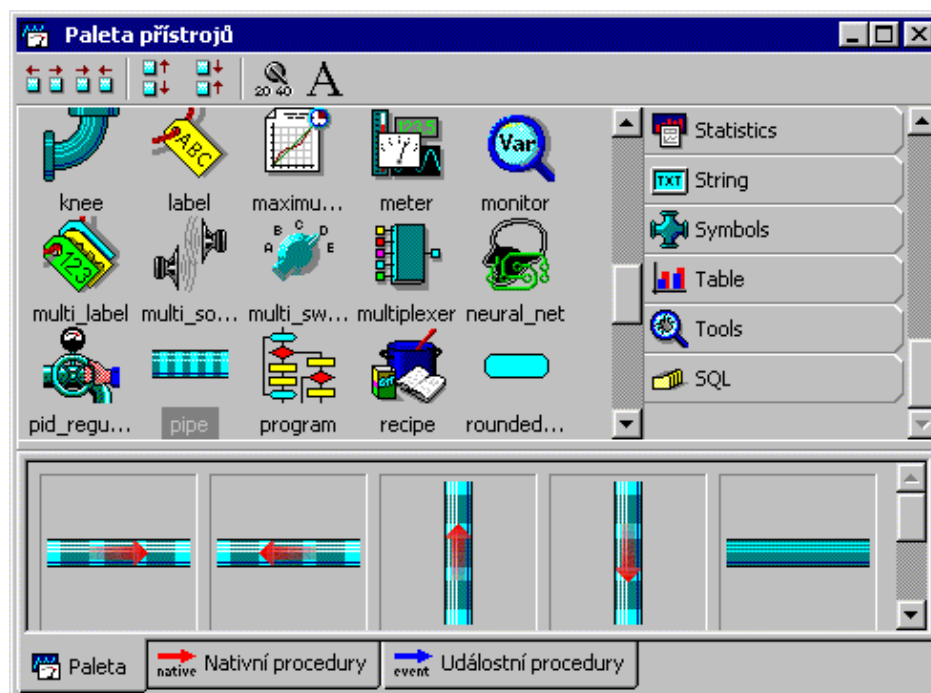
Obr. 7. Meracia aparátúra

2.3 Vizualizácia v aplikácii Control Web

Control Web je otvorený komponentový priemyslový riadiaci a informačný systém reálneho času pre operačné systémy Windows 95 a vyššie a Windows NT 4.0 a vyššie. Nasadzovanie tohto systému od jadrových elektrární a celopodnikových informačných systémov až po priame riadenie jednotlivých strojov dokazuje veľmi široké možnosti využitia týchto produktov. [12] Taktiež umožňuje spoluprácu s inými aplikáciami operačného systému Windows pomocou DDE (Dynamic Data Exchange), čo znamená, že dve na sebe nezávislé aplikácie môžu zdieľať tie isté dáta. Obsahuje aj http – server, vďaka ktorému môžeme riadiť technologický proces spustenou aplikáciou jednoducho z akéhokoľvek vzdialeného počítača pripojeného k internetu. Takýto systém nám dovolí ovládať aplikáciu pomocou bežnej html - stránky.

Control Web je softwarová aplikácia určená na meranie, riadenie a vizualizáciu technologických procesov. Dokáže pracovať v dvoch základných režimoch. Ako aplikácia pracujúca v reálnom čase alebo voľne bežiaca v závislosti na zmenách dát. V prípade diplomovej práce Ing. P. Pavlíčka [13] bol použitý druhý spôsob. Pretože tento mód je použitý v prípade, kedy potrebujeme iba vizualizovať stroj, prípadne technologický proces. Vizualizáciu je možné previesť na paneli aplikácie alebo aj priamo na pracovnej ploche OS Windows. V prípade umiestnenia virtuálneho prístroja na plochu je poloha a veľkosť virtuálneho prístroja zadaná buď v textovom poli alebo v zdrojovom texte inšpektora

prístroja. Virtuálne prístroje sa do panelu vkladajú preťahovaním z panela prístrojov, k čomu nie je potrebná znalosť žiadneho programovacieho jazyka. Toto je veľmi veľkou výhodou tejto aplikácie, pretože pracovné začiatky sú pre nezasväteného laika relatívne jednoduché a zrozumiteľné.

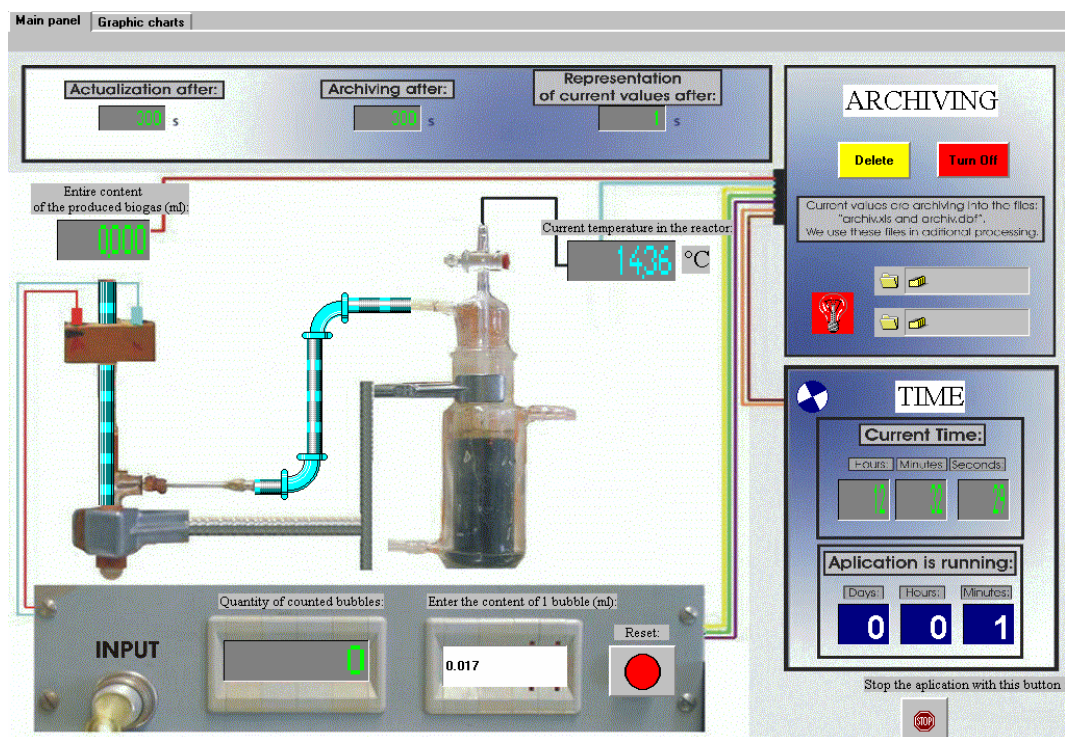


Obr. 8. Paleta prístrojov [14]

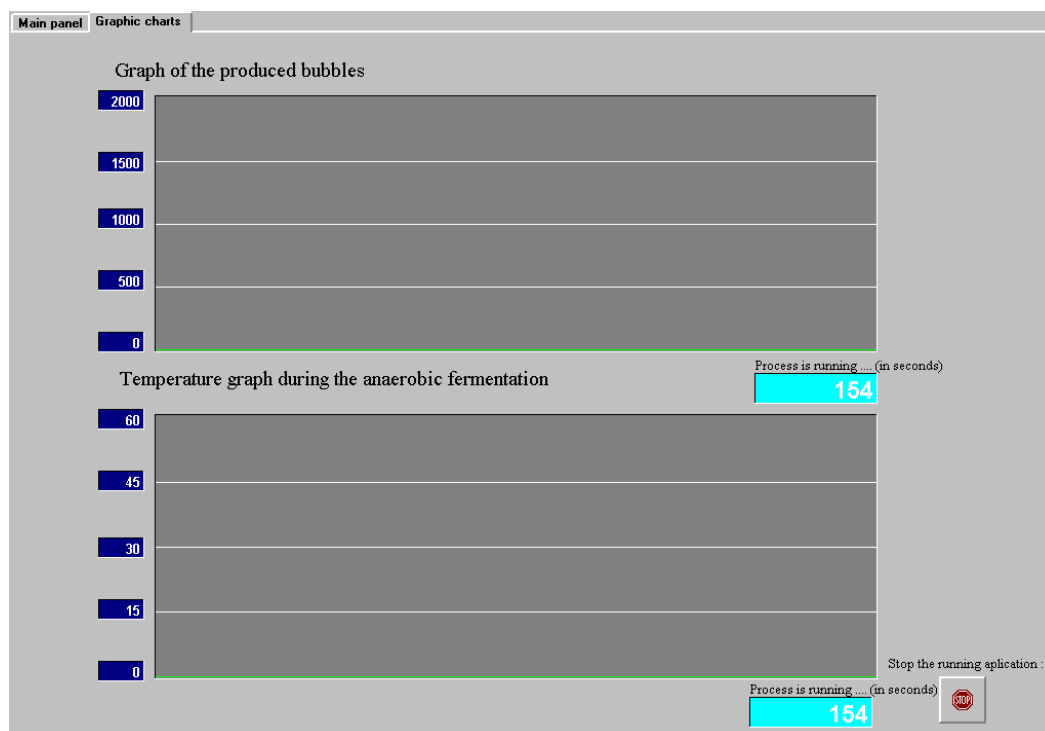
Virtuálne prístroje sú síce samostatnými objektmi, či už na pracovnej ploche alebo na ploche panelu aplikácie, ale sami o sebe nemajú valný zmysel. Základným princípom je prepojenie všetkých prístrojov tak, aby tvorili súdržný, jednotný a výkonný aplikačný program. Takýmto základným prepojením je štruktúra časovania a štruktúra viditeľnosti. Štruktúra viditeľnosti určuje, kde sa daný objekt bude nachádzať a štruktúra časovania nám udáva kedy a za akých podmienok bude daný prístroj aktivovaný. Tieto štruktúry sú prehľadne znázornené hierarchicky v ľavej časti grafického editoru. Väčšina virtuálnych prístrojov potrebuje odniekiaľ prečítať dáta, spracovať ich a potom uložiť. Tento dátový systém sa v Control Web-u uchováva v tzv. dátových elementoch. Tie môžu byť globálne alebo lokálne. Globálne sú spoločné pre celý aplikačný program a môže s nimi pracovať akýkoľvek virtuálny prístroj. Lokálne dátové elementy sú vlastné iba jedinému prístroju a môžu byť použité iba vnútri prístroja, v rámci ktorého sú definované. Z hľadiska spôsobu použitia môžeme dátové elementy rozdeliť na konštanty, premenné a kanály. Konštantou rozumieme pevnú hodnotu, ktorá sa počas behu programu nemení. Do premennej sa dá

kedykoľvek zapísať nová hodnota, čiže je to hodnota, ktorá sa mení počas behu aplikácie. Kanály slúžia na prenos dát medzi aplikačným programom a vstupno/výstupným zariadením. Každý kanál je spojený s patričným ovládačom tohto zariadenia, ktorý automaticky zaistí prenos dát kedykoľvek, keď sú do kanálu uložené nové dáta. Podľa smeru prenosu dát, môžeme kanály rozdeliť na vstupné, výstupné a obojsmerné. Hodnoty vstupného kanálu sú iba zo vstupno/výstupného kanálu čítané, nie je možné do nich zapisovať. Hodnoty výstupného kanálu je možné čítať aj zapisovať, ale pri čítaní týchto kanálov nie sú hodnoty získavané zo vstupno/výstupného zariadenia, ale je prečítaná vždy iba posledná zapísaná hodnota. U obojsmerných kanálov sú pri čítaní získavané hodnoty zo vstupno/výstupného zariadenia a pri zápise sú prenášané do tohto zariadenia. Konštanty, premenné a kanály môžeme ďalej rozdeliť podľa druhu veličín na číselné (analogové), ktoré obsahujú čísla všetkých číselných typov, logické (binárne) obsahujúce hodnoty binárnej algebry, logickú 0 alebo 1 a reťazcové, ktoré obsahujú text. Neoddeliteľnou súčasťou každého vizualizačného alebo riadiaceho systému technologického procesu je archivácia dát. Aplikácia Control Web archivuje dáta do štandardných databázových súborov vo formáte dBase III Plus alebo do ľubovoľného databázového systému pomocou rozhrania ODBC (Open DataBase Connectivity). Určite najčastejším prípadom je archivácia nameraných dát. Merané dáta archivuje virtuálny prístroj archiver do archívneho súboru. Obdobnú funkciu má aj prístroj trend. Tento je doplnený o možnosť grafického zobrazovania priebehu jednotlivých archivovaných veličín. Ďalšiu možnosť, ktorú nám ponúka Control Web je zálohovanie veličín, čo je špeciálnym prípadom archivácie. Ide o periodické zálohovanie dôležitých hodnôt z aplikácie do súboru. Pre zálohovanie slúži prístroj backup. Čo sa týka zálohy prístrojom backup, tak z dôvodu bezpečnosti sú zálohované dáta uchovávané v dvoch súboroch. Zálohovanie dát sa vo väčšine vykonáva z dôvodu, keď je potreba, aby aplikačný program po svojom štarte nabehol s predchádzajúcim zálohovaným stavom, napríklad z dôvodu výpadku elektrického prúdu. [14]

V prípade mojej bakalárskej práce, tento software slúžil ako vizualizačný systém. Praktickou časťou som nadviazal na diplomovú prácu Ing. Petra Pavlíčka [13]. Táto diplomová práca bola založená na uskutočnení vizualizácie anaeróbného procesu pomocou osobného počítača. Mojou úlohou bolo adekvátnym spôsobom preložiť jednotlivé popisy do anglického jazyka. Po týchto úpravách v aplikácii Control Web výsledný vzhľad hlavného panelu vizualizácie a panelu grafov je na nasledujúcich obrázkoch.



Obr. 9. Vzhľad hlavného panelu programu Control Web



Obr. 10. Vzhľad panelu grafov programu Control Web

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

3 EXPERIMENTÁLNÁ ČASŤ

3.1 Použité prístroje

Celá meracia aparatúra sa skladá z nasledujúcich častí:

- elektronické váhy
- elektromagnetická miešačka MM2A
- čítač bublín
- laboratórne sklo
- dusíková bomba
- meracia karta Advantech
- vzduchové čerpadlo

3.2 Chemikálie

Ako testovacia vzorka životnosti kalu bol použitý octan sodný a biomédium. Pre sledovanie produkcie bioplynu bola určená technická amarantová múka spolu s biomédiom.

Zloženie biomédia:

- zásobný roztok síranu amónneho
- zásobný roztok chloridu vápenatého
- zásobný roztok chloridu železitého
- zásobný roztok síranu horečnatého
- zásobný roztok stopových prvkov
- fosfátový pufr

Prepočet predpokladaného vyprodukovaného objemu bioplynu:

Vznik 25ml = 0,025l

Prepočet: $\frac{0,025}{22,4} \text{ mol} = 0,0011 \text{ mol CH}_4$

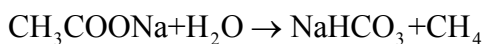
$0,001116(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_3\text{COONa}) = 0,151875 \text{ g CH}_3\text{COONa}$

Všetky merania prebiehali bez temperácie, čiže pri izbovej teplote, konkrétne pri aktuálnej teplote v laboratóriu.

3.3 Vlastné meranie

Meranie č.1

Tento pokus začal 7.3.2006. Anaeróbny kal bol odobraný 1.3.2006 z čističky odpadových vôd Zlín – Malenovice. V tomto úvodnom meraní bola použitá ako testovacia vzorka octan sodný, pre otestovanie aparatury a životnosti kalu. Prebiehajúca chemická reakcia by mala prebiehať podľa vzorca:

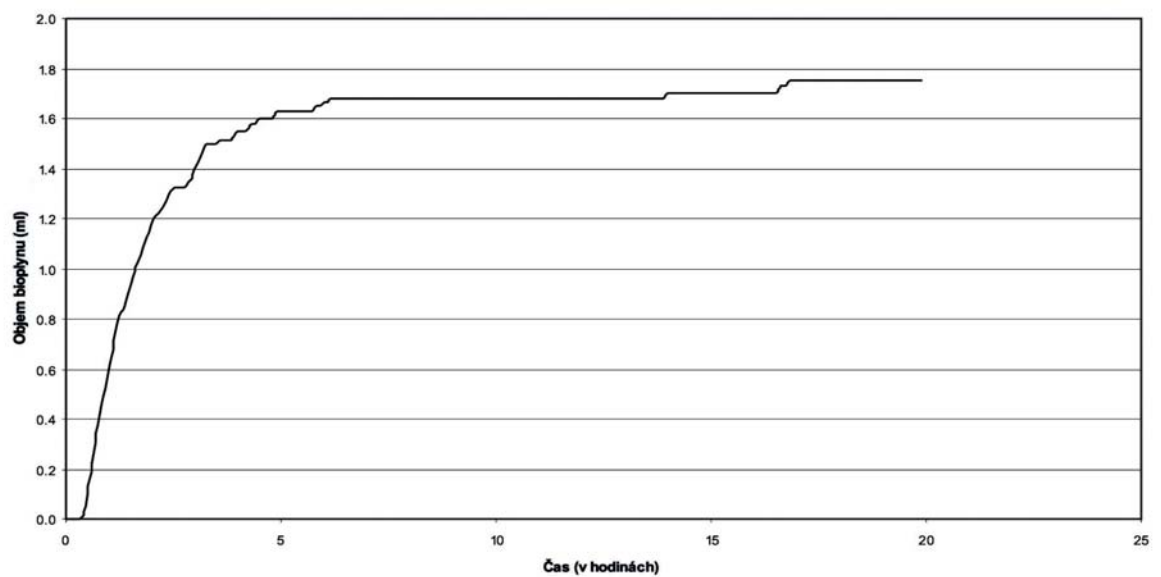


Postup:

Do reaktoru som nalial 7 lyžíc anaerobného kalu, 10 ml octanu sodného, 1 ml biomédia a 50 ml destilovanej vody. Celú aparaturu som utesnil vákuovým gélom. Celú kvapalnú zmes som nechal prebublať dusíkom na zhruba 10 minút. Miešadlo bolo nastavené na 90 otáčok/min. Tento prvý pokus slúžil hlavne k overeniu funkčnosti aparatury a zisteniu stavu kalu, takže sa pokus prerušoval kvôli chybám meracej sústavy a z tohto dôvodu nie sú k dispozícii namerané dáta. Sklenená kapilára bola odmastená kyselinou chromsírovou. Fotosenzor bol otestovaný vzduchovým čerpadlom PCD21M. Pokus bol ukončený 8.3.2006.

Meranie č.2

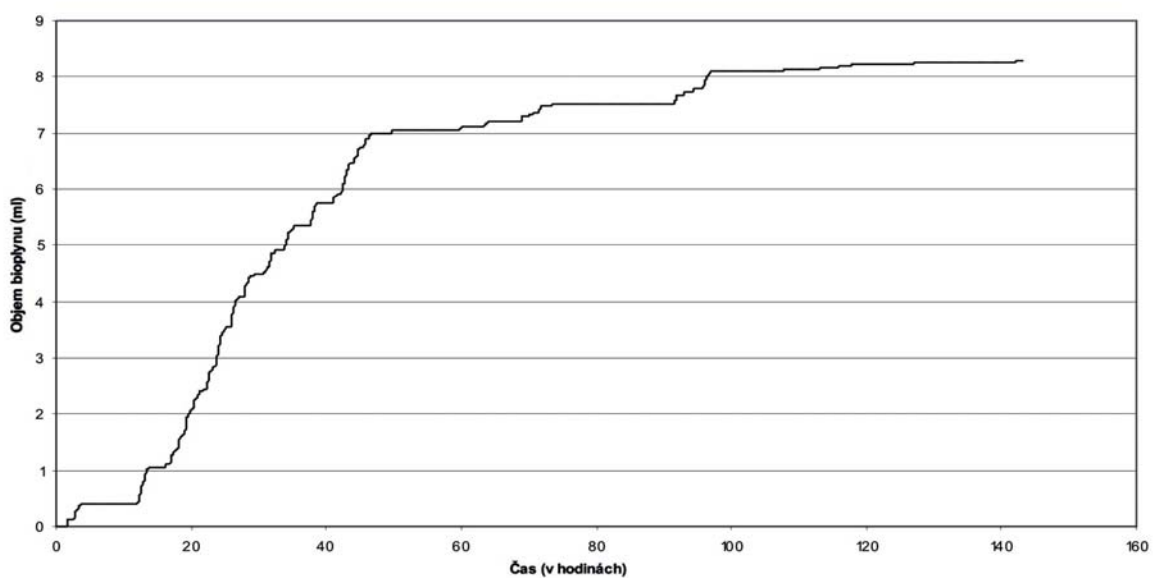
Do reaktoru bola znovu nasadená vzorka octanu sodného. Meranie začalo 13.3.2006. Nasadil som nový kal a takým istým spôsobom ako pri meraní č.1 som pridal 10 ml octanu sodného a 1 ml biomédia. Začala produkcia bioplynu, čím bola overená živosť kalu. Meranie bolo ukončené 15.3.2006.



Obr. 11. Graf priebehu produkcie bioplynu z octanu sodného

Meranie č.3

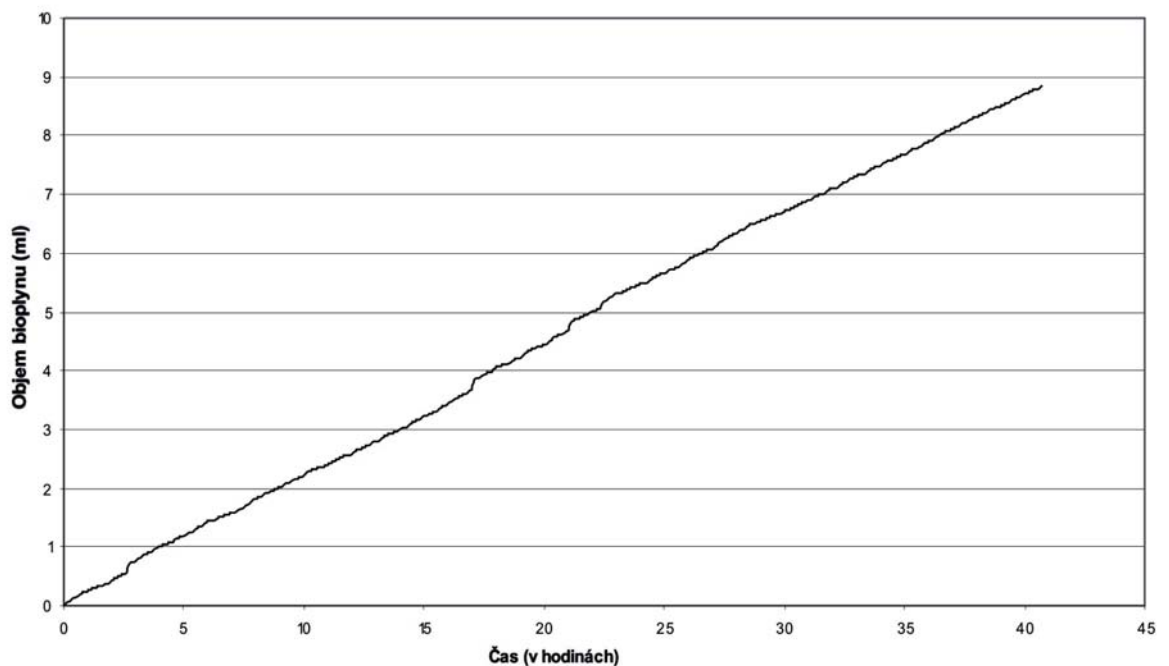
Sledovanie produkcie bioplynu vznikajúceho z amarantovej technickej múky. Po ukončení merania č.2 som do reaktoru pridal 1 ml biomédia a 0,03 g amarantovej múky. Pokus začal 15.3.2006. Prebublanie kalu trvalo 10 minút, otáčky miešadla nastavené na 60 otáčok/min. Pokus bežal 6 dní do úplného ustálenia.



Obr. 12. Graf priebehu produkcie bioplynu amarantovou múkou

Meranie č.4

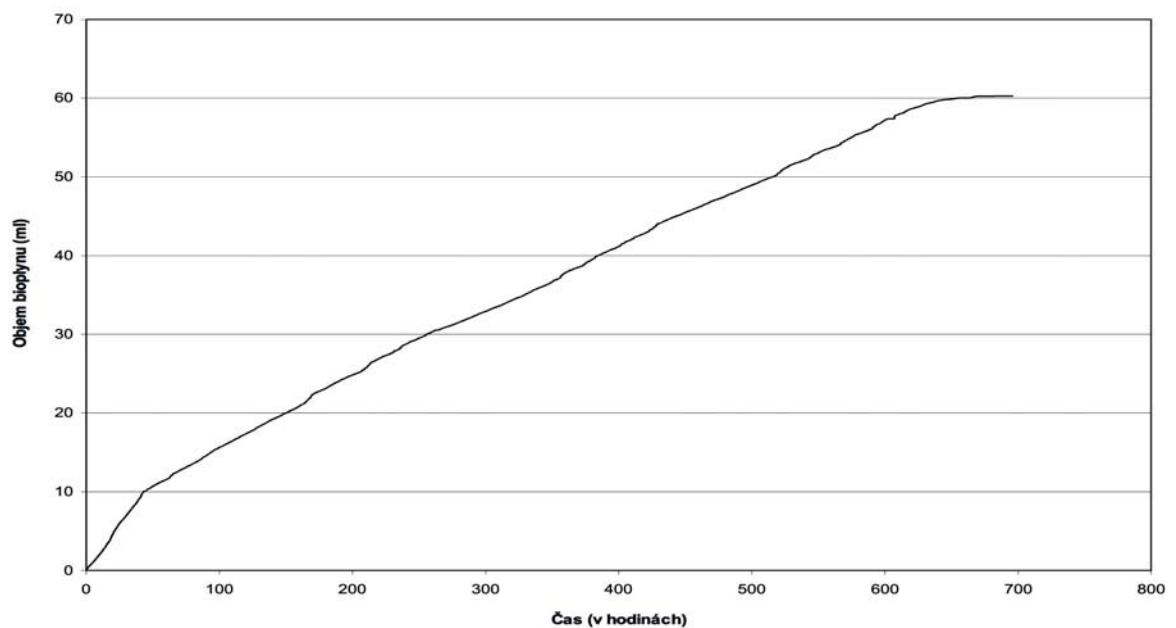
Opätovné nasadenie amarantovej múky do kalu z 1.3.2006. Do kalu som pridal 0,06 g amarantovej múky a 1 ml biomédia. Hodnota otáčok miešadla ponechaná na 60 otáčok/min. Tento pokus bol nasadený 21.3.2006 a trval tiež 6 dní. Bol ukončený výpadkom elektrického prúdu. Z grafu je vidieť, že nedošlo ešte k ukončeniu produkcie bioplynu, čiže kal nie je vysýtený.



Obr. 13. Priebeh produkcie bioplynu druhého merania amarantovou múkou

Meranie č.5

Ďalší pokus začal 27.3.2006 pridaním do kalu znovu 0,06 g amarantovej múky a 1 ml biomédia. Stále je použitý pôvodný kal z 1.3.2006. Tento pokus trval až do 24.4.2006 (takmer mesiac) z dôvodu stálej produkcie bioplynu.



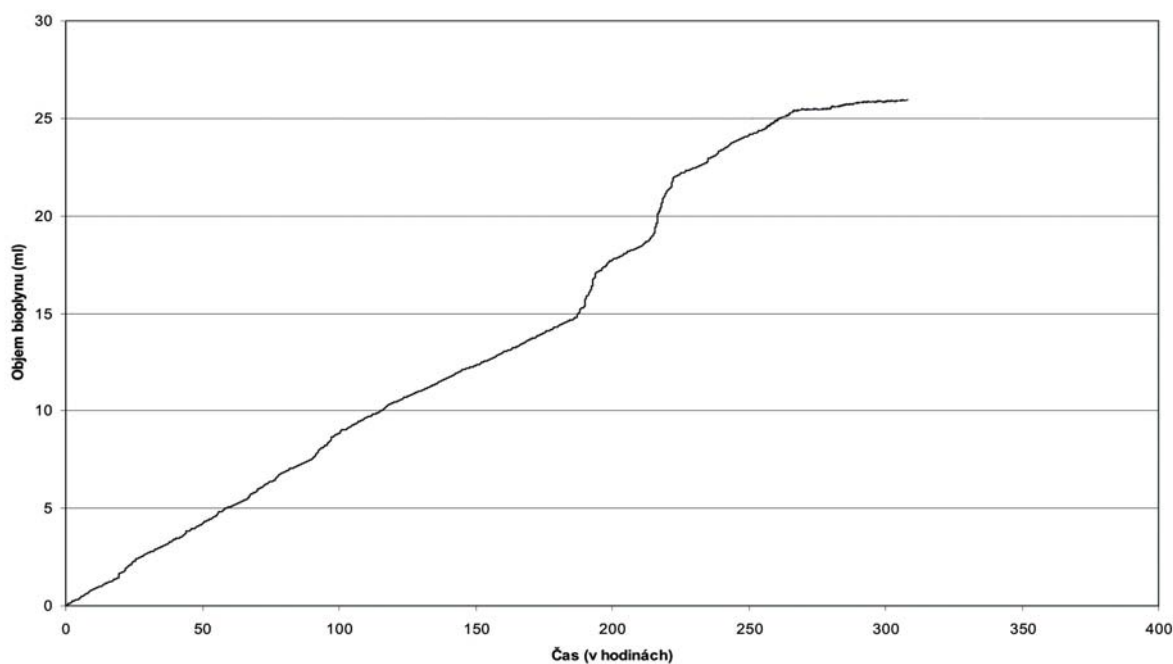
Obr. 14. Priebeh tretieho merania produkcie bioplynu amarantovou múkou

Meranie č.6

Znovunasadenie amarantu. Do reaktoru, v ktorom je ešte stále nevysýtený kal som pridal 0,03 g amarantovej múky a 1 ml biomédia.

Postup:

Začiatok pokusu bol 24.4.2006 a ukončený 5.5.2006. Kal bol už vysýtený. Tento pokus bol posledným s prvým vzorkom anaerobého kalu. Po prebublání dusíkom boli otáčky miešadla nastavené na 70 za minútu. Zpravidla je životnosť kalu odhadovaná na 6-8 týždňov, preto som túto sériu meraní s týmto vzorkom ukončil. Dňa 23.5.2006 som z čističky odpadových vôd v Malenoviciach vyzdvihol novú vzorku kalu, na ktorej bola znova sledovaná produkcia bioplynu.



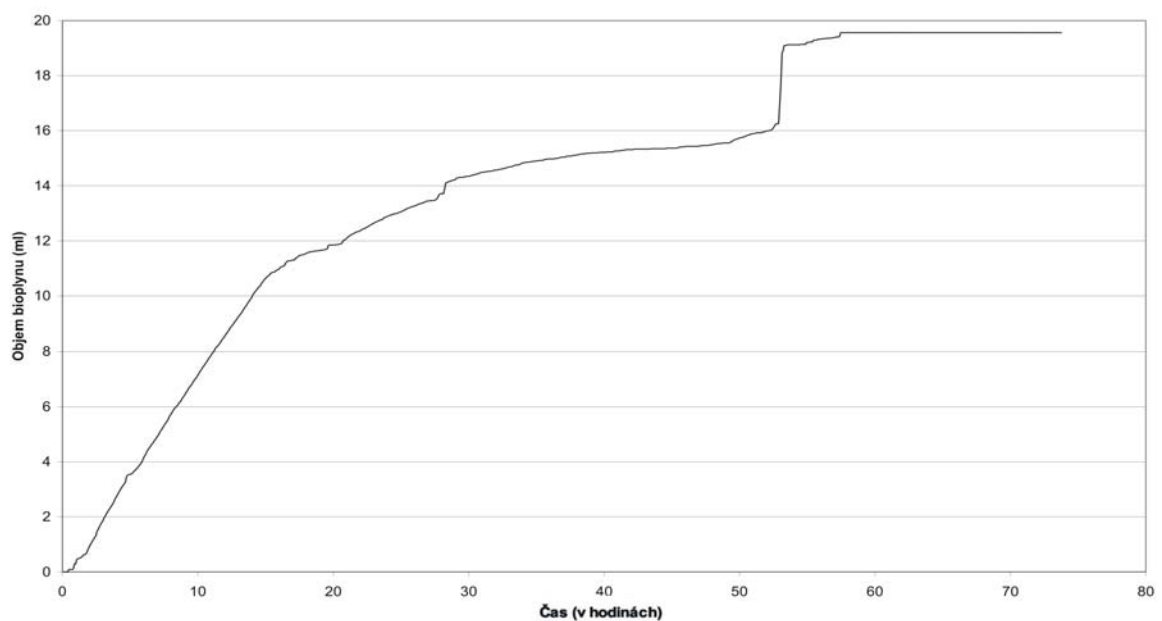
Obr. 15. Priebeh štvrtého merania produkcie bioplynu amarantovou múkou

Meranie č.7

Toto meranie už prebiehlo s novým vzorkom kalu dovezeného dňa 23.5.2006 z čističky odpadových vôd v Malenociach.

Postup:

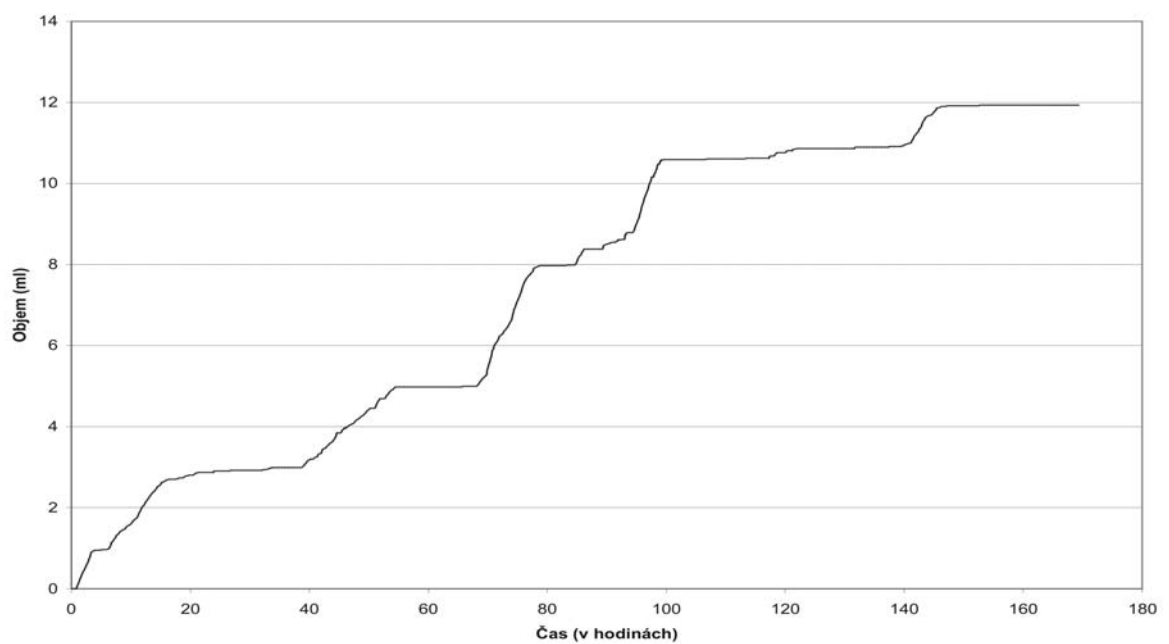
Meranie začalo hneď v deň odberu novej vzorky kalu, to jest 23.5.2006. Postupoval som rovnako ako pri meraní č.1, keď som nasadzoval prvú vzorku kalu. Do reaktoru som nalial 7 lyžíc anaeróbného kalu, 1 ml biomédia, 50 ml destilovanej vody a 10 ml octanu sodného. V novej vzorke kalu predpokladáme nové organické látky, preto som kal podrobil novému testovaniu octanom sodným. Týmto meraním bola overená životaschopnosť a produkcia kalu, čo je vidieť na obrázku č.16 (grafické znázornenie priebehu produkcie bioplynu octanom sodným). Meranie bolo ukončené 26.5.2006.



Obr. 16. Priebeh produkcie bioplynu novej vzorky kalu octanom sodným

Meranie č.8

Toto meranie trvalo od 26.5.2006 až do 2.6.2006. Bola použitá druhá vzorka kalu z 23.5.2006. Do reaktoru som pridal 1 ml biomédia a 0,03 g amarantovej technickej múky. Týmto meraním som ukončil testovanie kalu za účelom zistenia produkcie bioplynu.



Obr. 17. Priebeh produkcie bioplynu novej vzorky kalu amarantovou múkou

ZÁVER

Táto bakalárska práca sa zaoberala štúdiom tvorby bioplynu amarantovou technickou múkou. Boli testované dva vzorky kalu, u ktorých bolo urobených niekoľko testov produkcie bioplynu s cieľom archivácie týchto dát za účelom ich porovnávania.

Teoretická časť obsahuje literárnu rešerš o obilnine amarant, sú tu spomenuté vlastnosti amarantového zrna ako aj dôvody znovuoobjavenia tejto plodiny. Ďalej je popísaný bioplyn, jeho zloženie a výskyt ako produkt anaeróbnej fermentácie. V závere literárnej rešerši je spomenuté využitie bioplynu ako palivo pre pohon motorov kogeneračných jednotiek a ako palivo určené pre dopravu. Určite najväčším dôvodom, ktorý bude v budúcnosti reálne ovplyvňovať dopyt po alternatívnych palivách, ako je bioplyn je neustále enormné zvyšovanie cien pohonných hmôt vyrábaných z neobnoviteľných zdrojov, ktoré ovplyvňujú životný štandard každého človeka. Súčasťou teoretickej časti je popis meracej aparatury. V tejto časti práce je stručne vysvetlená aplikácia Control Web, ktorá je určená na meranie, riadenie alebo vizualizáciu strojov alebo technologických procesov.

Úvodom praktickej časti som nadviazal na diplomovú prácu Ing. Petra Pavlíčka [13], ktorej hlavným cieľom bola realizácia čítača bublín a jeho komunikácia cez vstupno/výstupné zariadenie s aplikáciou Control Web. Mojou úlohou bolo zabezpečiť archiváciu nameraných dát. Hlavným cieľom bolo overenie faktu, že amarantová technická múka môže slúžiť ako surovina pre produkciu bioplynu, čo je ukázané v praktickej časti, kde je pri každom meraní graficky znázornený priebeh produkcie bioplynu a popis pri postupovaní nasadzovania každého nového merania.

Behom činnosti na bakalárskej práci som získal poznatky o súčasnom stave a využitia bioplynu ako alternatívneho zdroja energie. Cenným prínosom pre mňa bolo oboznámenie sa s aplikáciou Control Web, v ktorej som získal vedomosti o vizualizácii meraní virtuálnymi prístrojmi a archivácii vizualizovaných dát.

Táto bakalárska práca potvrdila, že amarantová technická múka je schopná produkcie bioplynu. Z grafických znázornení je zrejmé, že aj keď sa potvrdili predpoklady produkcie bioplynu, tak každé meranie malo svoj špecifický priebeh. Čo mohlo byť ovplyvnené stavom kalu, aktivitou organických látok alebo teplotnými zmenami v laboratóriu, keďže merania prebiehali bez temperácie na konštantnú teplotu.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] AMR AMARANTH a.s. [online]. [cit 2006-04-28]. Dostupný z WWW:
<http://www.amaranth.cz>
- [2] Bioplyn [online]. [cit 2006-05-02], Wikipedia – internetová medzinárodná encyklopédia. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>
- [3] Anaeróbna digescia [online]. [cit 2006-05-02], Wikipedia – internetová medzinárodná encyklopédia. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Anaerobní_digesce
- [4] Metan [online]. [cit 2006-05-02], Wikipedia – internetová medzinárodná encyklopédia. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Metan>
- [6] Kogenerácia [online]. [cit 2006-05-05], Wikipedia – internetová medzinárodná encyklopédia. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kogenerace>
- [7] TEDOM s.r.o. [online]. [cit 2006-05-11]. Dostupný z WWW:
http://www.tedom.cz/kogenerace/vyrobky/bioplynova_rada.asp
- [8] MOTORGAS s.r.o. [online]. [cit 2006-05-08]. Dostupný z WWW:
<http://www.motorgas.cz/index.php?lang=0&disp=kogenerace>
- [9] SIMOPT s.r.o. [online]. [cit 2006-05-10]. Dostupný z WWW:
http://www.cng.cz/cz/index.php?show_page=text§ion=7.2.
- [10] BIOPROFIT s.r.o. [online]. [cit 2006-05-15]. Dostupný z WWW:
<http://www.bioplyn.cz/uziti.php>
- [11] KODRIKOVÁ, K.: Zhodnocení složek amarantu a studium fermentace polysacharidové složky na dílčí štěpné části. Diplomová práce, UTB v Zlíně, 2004.
- [12] MORAVSKÉ PŘÍSTROJE a.s. [online]. [cit. 2006-05-07]. Dostupný z WWW:
<http://www.controlweb.cz/art?id=68&cat=25&lang=405>
- [13] PAVLÍČEK, P.: Vizualizace bublinkového průtokoměru. Diplomová práce, UTB v Zlíně, 2005.
- [14] Bílý, R., Cagaš, P., Cagaš, R., Hladůvka, D., Kolařík, M., Sobotík, J., Zálešák, M., Zgarba, Z. Control Web 2000. Praha: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-258-0

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Vzhľad amarantovej obilniny [1]	9
Obr. 2. Porovnanie esenciálnych aminokyselín v bielkovinách sóji a amarantu [1].....	11
Obr. 3. Princíp kogenerácie s piestovou kogeneračnou jednotkou [8]	16
Obr. 4. Bioplynová stanica (Švédsko)	17
Obr. 5. Bioplynová stanica (Švajčiarsko)	17
Obr. 6. Bioplynová stanica (Lille, Francúzsko).....	18
Obr. 7. Meracia aparátúra	25
Obr. 8. Paleta prístrojov [14]	26
Obr. 9. Vzhľad hlavného panelu programu Control Web	28
Obr. 10. Vzhľad panelu grafov programu Control Web.....	28
Obr. 11. Graf priebehu produkcie bioplynu z octanu sodného	32
Obr. 12. Graf priebehu produkcie bioplynu amarantovou múkou.....	32
Obr. 13. Priebeh produkcie bioplynu druhého merania amarantovou múkou.....	33
Obr. 14. Priebeh tretieho merania produkcie bioplynu amarantovou múkou.....	34
Obr. 15. Priebeh štvrtého merania produkcie bioplynu amarantovou múkou	35
Obr. 16. Priebeh produkcie bioplynu novej vzorky kalu octanom sodným	36
Obr. 17. Priebeh produkcie bioplynu novej vzorky kalu amarantovou múkou.....	36

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1. Vlastnosti metánu [4].....	13
Tab. 2. Zloženie bioplynu [2]	14
Tab. 3. Porovnanie spotreby palív nafta - bioplyn pre totožný výkon motoru [10]	19
Tab. 4. Úspora nákladov na nákup nafty [10].....	19
Tab. 5. Tržba za predaj elektriny vyrobenej bioplynom [10]	19
Tab. 6. Získanie vyrobeného tepla pri spálení bioplynu [10]	20
Tab. 7. Výroba tepla a elektriny bioplynom s dovýrobou zemným plynom [10].....	20
Tab. 8. Celkový zisk pri výrobe tepla kombinovaným spaľovaním bioplynu a zemného plynu [10]	21
Tab. 9. Ekvivalentná predajná cena bioplynu v porovnaní so zemným plynom [10]	21
Tab. 10. Prepočet potrebnej ceny bioplynu pre dosiahnutie rovnakého zhodnotenia so zemným plynom [10]	22