

## **Kalové hospodářství ČOV Brno – Modřice**

### **Energetická koncepce**

#### **Příloha č. 2**

#### **Souhrnné technické zprávy**

**Objednatel:** Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.,  
Pisárecká 555/1a, Pisárky, 603 00 Brno

**Zpracovatel:** AQUATIS a.s., Botanická 56, 602 00 Brno

## OBSAH:

1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ČOV BRNO – MODŘICE.....	3
2	ENERGETICKÁ KONCEPCE .....	4
3	ENERGETICKÁ BILANCE PO VÝSTAVBĚ – PŘI SOUČASNÉM PRŮMĚRNÉM ZATÍŽENÍ ČOV	5
3.1	Provozní model – běžný provoz, KGJ rozšířeny o novou jednotku.....	6
3.2	Provozní model 2 – KGJ mimo provoz.....	7
3.3	Provozní model 3 – jedna z KGJ mimo provoz .....	8
3.4	Provozní model 4 – jedna linka sušárny mimo provoz .....	9
3.5	Provozní model 5 – THP mimo provoz.....	10
4	ENERGETICKÁ BILANCE PO VÝSTAVBĚ – PŘI PRŮMĚRNÉM VÝHLEDOVÉM ZATÍŽENÍ ČOV	11
4.1	Provozní model– běžný provoz, KGJ rozšířeny o novou jednotku, výhled .....	11
4.2	Provozní model 2 – KGJ mimo provoz, výhled .....	13
4.3	Provozní model 3 – jedna z KGJ mimo provoz, výhled.....	14
4.4	Provozní model 4 – jedna linka sušárny kalu mimo provoz, výhled .....	15
4.5	Provozní model 5 – THP mimo provoz.....	16
5	ENERGETICKÁ BILANCE PO VÝSTAVBĚ – PŘI MAXIMÁLNÍM VÝHLEDOVÉM ZATÍŽENÍ ČOV	17
6	ZÁVĚR .....	18

## 1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O ČOV BRNO – MODŘICE

Čistírna odpadních vod v Modřicích slouží k čištění odpadních vod přiváděných systémem kanalizačních stok z města Brna a ve stále větší míře prostřednictvím soustavy čerpacích stanic i z širokého okolí Brna. V současné době jsou kromě Brna napojeny na ČOV ještě města Kuřim, Modřice, Šlapanice a obce Česká, Želešice, Blažovice, Jiříkovice, Kobylnice, Kovalovice, Mokrá-Horákov, Podolí, Ponětovice, Pozořice, Prace, Sívce, Tvarožná, Velatice, Viničné Šumice, Moravské Knínice, Rozdrojovice, Lipůvka, Troubsko, Popůvky, Ostopovice. Stoková síť odvádí odpadní vody od obyvatel, průmyslu, občanské vybavenosti a zemědělství. Kanalizační systém je kombinovaný. Převažuje však jednotný kanalizační systém.

Odpadní vody odtékají hlavními sběrači na ČOV Brno - Modřice. Součástí stokového systému jsou odlehčovací komory (dešťové oddělovače), ve kterých dochází, v době přívalových dešťů, k redukci odváděných odpadních vod, jejich přepadem do recipientu. Vzhledem k malé vodnosti obou recipientů - řek Svratky a Svitavy a kvůli zpřísňující se legislativě, je z hlediska vlivu na životní prostředí jednotný systém málo vhodný.

ČOV Brno - Modřice byla do provozu uvedena v roce 1961, a to jako klasická dvoustupňová čistírna s anaerobní stabilizací kalu. S rozvojem města a následujícím hydraulickým i látkovým přetížením bylo postupně v průběhu 80. let prováděno rozšíření prakticky celé ČOV.

V devadesátých letech již nebylo možné přetížení ČOV, a zejména poptávku okolních aglomerací po napojení na brněnský kanalizační systém, řešit dalšími dílčími úpravami, a proto v letech 2001 až 2004 proběhla celková rekonstrukce a rozšíření. V roce 2009 - 2010 byla realizována optimalizace provozu aktivačních nádrží. Po realizaci optimalizace provozu aktivačních nádrží došlo k posílení nitrifikační kapacity biologického stupně čištění, zvýšení flexibility procesu čištění pomocí rozšiřování oxického nebo anoxického objemu biologického stupně v závislosti na aktuálně přítékaném znečištění a zvýšení celkového výkonu čištění biologického stupně. Kapacita ČOV byla navýšena na 640 000 EO. V roce 2015 byla z důvodu zvýšení kapacity realizována nová linka zahuštění primárního kalu.

V současné době čistírna odpadních vod splňuje podmínky české i evropské legislativy.

Hlavním cílem projektu je vyřešení přetížení kalové linky, zlepšení energetické bilance při zpracování kalů, zajištění záměru sušení celé produkce čistírenského kalu a dosažení souladu s legislativním vývojem v oblasti likvidace čistírenských kalů.

Tato projektová dokumentace pro územní řízení „Kalové hospodářství ČOV Brno – Modřice“ řeší návrh výstavby nových kapacit kalového hospodářství ČOV Brno – Modřice na volných plochách areálu, které nahradí stávající kalové hospodářství.

Tento dokument se zabývá základní energetickou koncepcí nového kalového hospodářství. Na základě energetické koncepce budou navrženy kapacity technologických celků nového kalového hospodářství.

## 2 ENERGETICKÁ KONCEPCE

Energetická koncepce nového kalového hospodářství ČOV Brno – Modřice řeší energetické potřeby nových technologických celků. Cílem energetické koncepce je kromě návrhu potřebných energetických toků pro jednotlivé provozní celky i minimalizace nákupu energií (elektrické energie, zemní plyn) z externích zdrojů na základě maximálního využití a výroby kalového plynu.

Návrh technologické kapacity nového kalového hospodářství vychází z kapacity ČOV Brno – Modřice 640 000 EO a zvolené technologie zpracování kalu (přebytečný kal je zpracováván pomocí termické hydrolýzy kalu).

Návrh kapacit provozních linek kalového hospodářství:

Linka zahuštění primárního kalu:	30 t suš./d
Linka zahuštění přebytečného kalu:	30 t suš./d
Vyhnívací nádrže:	50 t suš./d
Linka odvodnění stabilizovaného kalu:	50 t suš./d kalu ke stabilizaci
Míra odvodnění stabilizovaného kalu:	25 – 28 %
Linka sušení odvodněného kalu:	50 t suš./d kalu ke stabilizaci
Koncentrace sušeného kalu:	90 %

Návrh technologických celků zpracování kalu:

- primární kal bude zahušťován na stávajících gravitačních zahušťovacích nádržích
- sekundární kal bude zahušťován na novém zahušťovacím zařízení, na které bude navazovat termická hydrolýza kalu
- směsný kal (zahuštěný primární kal a přebytečný kal po termické hydrolýze kalu) bude stabilizován v nových vyhnívacích nádržích s nasazenými plynojemy
- stabilizovaný kal bude odvodňován na novém odvodňovacím zařízení
- odvodněný kal bude zpracován v nových linkách sušáren kalu, které svojí kapacitou pokryjí celou produkci odvodněného kalu
- kal po sušení bude odvážen mimo areál ČOV k likvidaci (spalován v cementárně)
- plynové hospodářství bude využívat nové plynojemy a kogenerační jednotky, které budou doplněny o nové zařízení
- stávající kotelna a teplárna budou rekonstruovány
- pro sušení kalu bude vybudována nová technologická kotelna a teplárna

Energetické toky musí pokrýt energetické potřeby navrhované konfigurace kalového hospodářství.

Energetická koncepce je zpracována pro dva základní stavy, které vychází ze zatížení ČOV v současnosti (po dostavbě kalového hospodářství) a se zatížení ČOV ve výhledu, tedy při dosažení zatěžovací kapacity odpovídající 640 000 EO (dle BSK5).

### 3 ENERGETICKÁ BILANCE PO VÝSTAVBĚ – PŘI SOUČASNÉM PRŮMĚRNÉM ZATÍŽENÍ ČOV

Návrh energetické koncepce při současném zatížení ČOV vychází z kapacit nového kalového hospodářství a z produkce kalů při úrovni zatížení ČOV jako v současnosti. Současný zatěžovací stav reprezentuje zatížení ČOV Brno – Modřice v roce 2016. Na začátku roku 2017 byla zpracována analýza provozních dat v roce 2016 („Koncepce ČOV Brno – Modřice do roku 2025 – studie, analýza provozních dat za r. 2016), která slouží jako výchozí podklad pro stanovení současného zatížení. Současné zatížení je pak reprezentováno 85% percentilem zatížení ČOV Brno – Modřice v roce 2016 v parametru BSK5. 85% percentil zatížení ČOV v parametru BSK5 v roce 2016 lze vyjádřit jako zatížení ČOV od 514 334 EO.

Z hydrotechnických výpočtů při současném zatížení ČOV vychází následující produkce kalů ve výhledu:

Produkce primárního kalu:	23 t/d
Produkce přebytečného kalu:	17 t/d
Produkce směsného kalu:	40 t/d
Navržený objem VN:	13 500 m <sup>3</sup>
Uvažovaná míra zahuštění kalů:	
Zahuštění primárního kalu:	4,5 %
Zahuštění přebytečného kalu:	16,5 %

Energetická bilance je vytvořena pro několik provozních stavů. Důvodem je řešení energetických toků při výlukách jednotlivých technologických celků při diverzifikaci zdrojů energie.

Zdrojem energie je jednak elektrická energie a jednak teplo (tepelná energie). Dále zdroje energií můžeme rozdělit na externí zdroje a interní zdroje energií. Externí zdroje energií jsou dodávány pro potřeby ČOV externími dodavateli za úplatu a jedná se o elektrickou energii a zemní plyn. Interní zdroje energií jsou dodávány pro potřeby ČOV z vlastních zdrojů a jedná se výhradně o využití kalového plynu k výrobě elektrické energie a tepla. Produkce kalového plynu bude po uvedení termické hydrolýzy do provozu navýšena. Nadprodukce kalového plynu bude přednostně využita pro výrobu tepla pro sušení kalu. V rámci návrhu je uvažováno, že koeficient vývinu kalového plynu po uvedení termické hydrolýzy do provozu bude 0,54 m<sup>3</sup>/kg přivedených org. látek.

V rámci energetické bilance je uvažováno z následujícími účinnostmi na výrobních zařízeních tepla, nebo elektrické energie:

Kotle na spalování kalového a zemního plynu: 90 % tepelná účinnost

Kogenerační jednotky: 32,8 % tepelná účinnost

33,6 % elektrická účinnost (očištěná o vlastní spotřebu)

19 % tepelná účinnost na rekuperátoru spalin

14,6 % ztráty

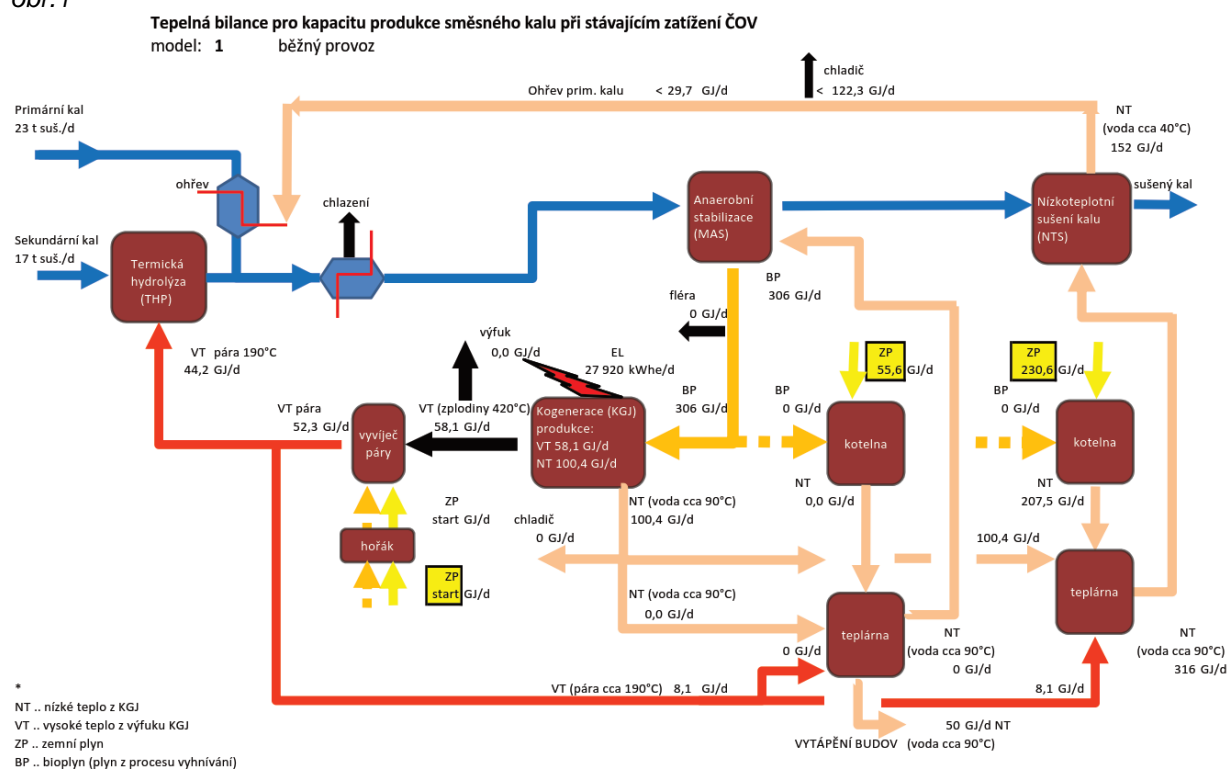
V rámci energetické bilance je uvažováno s provozem dvou stávajících kogeneračních jednotek s elektrickou účinností 30,6%, které budou doplněny o novou kogenerační jednotku o shodném výkonu s vyšší elektrickou účinností (39,7%). Přednostně je uvažováno s využitím stávajících KGJ.

### 3.1 Provozní model – běžný provoz, KGJ rozšířeny o novou jednotku

Za běžného provozu při chodu všech zařízení je teplo distribuováno následovně:

- zdrojem tepla pro kogenerační jednotky (dále KGJ) je kalový plyn
- zdrojem tepla pro termickou hydrolýzu kalu (dále THP) je vysoké teplo rekuperované ze spalín KGJ- nespotřebované vysoké teplo bude buď využito v teplárně (zimní období), nebo bude využito v teplárně kotelný pro sušení kalu, zemní plyn bude sloužit k nastartování procesu
- zdrojem ohřevu kalu před vstupem do VN je nízké teplo ze sušení kalu - nespotřebované nízké teplo bude nevyužito
- zdrojem tepla pro sušení kalu je nízké teplo z KGJ a z kotelný, která spaluje na kotlích zemní plyn

obr. 1



Z tepelného schématu je patrné, že kromě vyrobeného tepla ze zemního plynu nebo kalového plynu je využíváno i rekuperované teplo. Zdroji rekuperovaného tepla jsou kogenerační jednotky a sušárna kalu. Rekuperované teplo z kogeneračních jednotek je vytvářeno na rekuperátoru vůfukových plynů a jedná se o vysoké teplo. Rekuperované teplo ze sušárny kalu je vyrobeno ze zkondenzované páry vzniklé při sušení kalu a jedná se o nízké teplo. Teplota média z rekuperátorů tepla je určující pro jeho využití. Vysoké teplo z kogeneračních jednotek je primárně určeno na výrobu páry pro termickou hydrolýzu kalu a nízké teplo ze sušení kalu je primárně využito k ohřevu kalu před vstupem do vyhnívacích nádrží. Přbytek vysokého tepla z kogeneračních jednotek ve formě páry je navrženo využít v teplárně pro distribuci tepla pro sušení kalu, nebo v teplárně stávající kotelný pro ohřev vyhnívacích nádrží. Přbytek nízkého tepla ze sušení kalu je navrženo využít pro přehřev primárního kalu. S ohledem na nízký teplotní potenciál tohoto zdroje tepla je jeho další využití

neefektivní. Využití přebytků vysokého tepla z KGJ a nízkého tepla ze sušení kalu je ve všech provozních stavech shodný.

Stávající kogenerační jednotky jsou doplněny o nové jednotky tak, aby pokryly předpokládaný průměrný vývin kalového plynu. Stávající kogenerační jednotky jsou osazeny rekuperátorem výfukových plynů, kdy nosným médiem je olej. Tento rekuperátor bude vyměněn za rekuperátor na výrobu páry. Toto je základní tepelné schéma provozu ČOV po výstavbě nového kalového hospodářství.

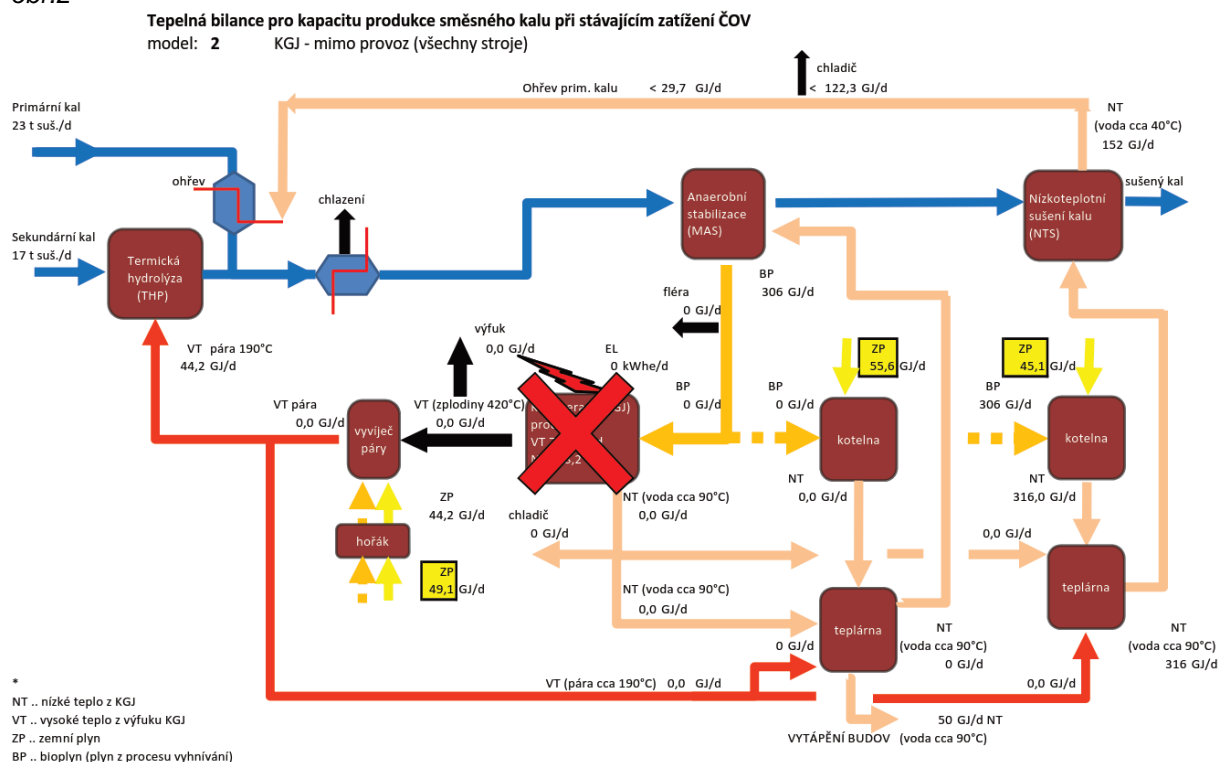
### 3.2 Provozní model 2 – KGJ mimo provoz

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy jeden ze zdrojů tepla (KGJ) je plně mimo provoz. Kogenerační jednotky slouží k využití kalového plynu při výrobě elektrické energie, výrobě nízkého a vysokého tepla.

Potřeba tepla pro termickou hydrolýzu kalu (THP) je pokryta produkcí tepla ze zemního plynu. Produkce kalového plynu je spotřebována v kotelně a teplo z kotelny je dodáváno pro proces sušení kalu – to znamená významné snížení potřeby tepla, které by bylo jinak nutné vyrobit ze zemního plynu. Produkce tepla z kalového plynu je snížena o účinnost kotlů (předpokládáme účinnost nových kotlů cca 90%). Produkce elektrické energie, která je vyrobena na KGJ spalováním kalového plynu je nahrazena nákupem externí elektrické energie.

Všechny KGJ mimo provoz – tento stav s ohledem na počet kogeneračních jednotek pravděpodobně nenastane. Stav, kdy je jedna z kogeneračních jednotek mimo provoz řeší další provozní stav.

obr.2



### 3.3 Provozní model 3 – jedna z KGJ mimo provoz

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je jedna z KGJ mimo provoz. Jedná se tedy o stav, kdy je jeden ze zdrojů tepla částečně mimo provoz. Kogenerační jednotky slouží k využití kalového plynu při výrobě elektrické energie, výrobě nízkého a vysokého tepla.

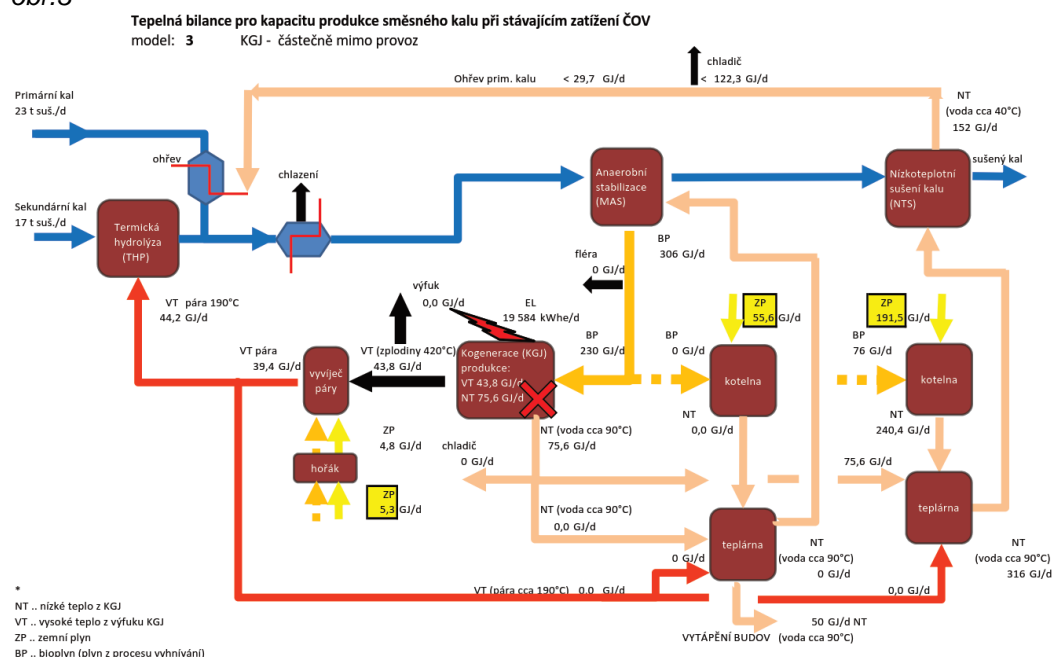
Potřeba tepla pro termickou hydrolýzu kalu (THP) je pokryta produkcí tepla z KGJ pouze částečně a je proto doplněna o produkci tepla ze zemního plynu. Z důvodu malé potřeby doplňkového tepla ze zemního plynu je pravděpodobné, že při reálném provozu, kdy nejsou provozní linky kontinuálně využívány na návrhové maximum zatěžovacího stavu, nebude potřeba dodávat pro THP doplňkové teplo ze zemního plynu.

Produkce tepla z kogeneračních jednotek je snížena a proto je dodávané nízkoteplotní teplo pro sušárnu kalu nižší. Snížená produkce tepla z KGJ pro sušárnu kalu je nahrazena teplem vyprodukovaným z kalového plynu v kotelně. Produkce kalového plynu je primárně využívána pro chod kogeneračních jednotek, zbytek kalového plynu je pak spotřebováván v kotelně a teplo z kotelně je dodáváno pro proces sušení kalu – to znamená snížení potřeby tepla, které by bylo jinak nutné vyrobit ze zemního plynu. Produkce tepla z kalového plynu je snížena o účinnost kotlů (předpokládáme účinnost nových kotlů cca 90%). Snížená produkce elektrické energie, která je vyrobena na KGJ spalováním kalového plynu je nahrazena nákupem externí elektrické energie.

Kombinací tepelné energie z kogeneračních jednotek a z kotelně při spalování kalového plynu vzniká dostatečná produkce tepelné energie pro provoz sušení kalu. Produkce tepelné energie je dokonce vyšší než při základním provozním stavu a je tak možné snížit objem dodávaného tepla spalováním zemního plynu v kotelně.

Jedna z KGJ mimo provoz – tento stav je provozně velice pravděpodobný, například při každoročním servisu, nebo poruše jedné z kogeneračních jednotek. Pokud se jedná o plánovanou odstávku jedné z kogeneračních jednotek je z tepelné bilance zřejmé, že je výhodnější tuto odstávku plánovat v době nižšího zatížení ČOV, např. v měsíci srpnu.

obr.3





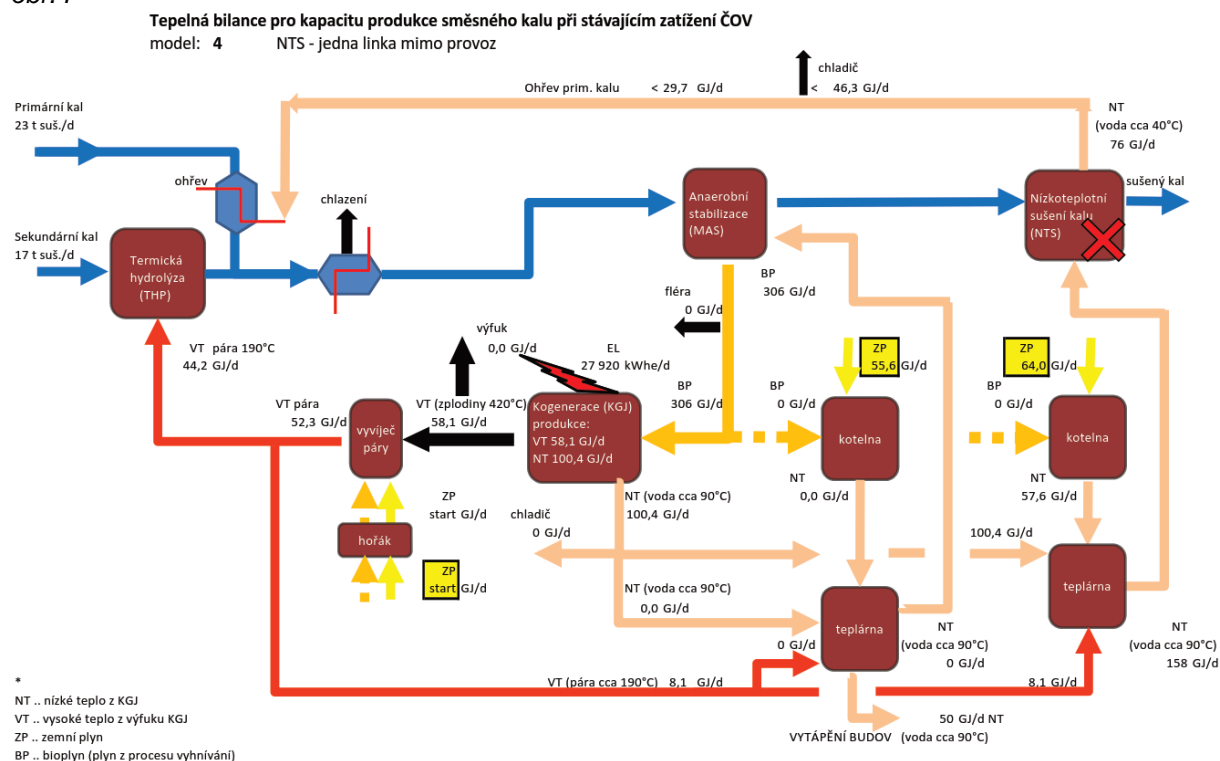
### 3.4 Provozní model 4 – jedna linka sušárny mimo provoz

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je sušárna kalu částečně mimo provoz. Tento stav vychází z dvoulinkového uspořádání sušárny kalu. Jedná se tedy o stav, kdy je největší spotřebič tepla a zároveň jeden ze zdrojů rekuperovaného tepla částečně mimo provoz. Sušárna kalu produkuje rekuperované teplo, které je vyrobeno ze zkondenzované páry vzniklé při sušení kalu. Jedná se o nízké teplo.

Potřeba tepla pro THP je shodně jako v základním stavu pokryta produkcí vysokého tepla z KGJ. Produkce nízkoteplotní tepelné energie z KGJ je využita pro provoz sušení kalu. Nadprodukce tepla z KGJ je primárně dodávána do teplárny objektu sušení kalu. Dojde tak ke snížení potřeby výroby tepla spalováním zemního plynu v kotelně objektu sušení kalu.

NTS částečně mimo provoz – tento stav je provozně pravděpodobný.

obr.4



### 3.5 Provozní model 5 – THP mimo provoz

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je termická hydrolýza kalu (THP) mimo provoz. Jedná se o stav, kdy je spotřebič tepla a zároveň jeden ze zdrojů tepla (ohřev kalu před VN) mimo provoz.

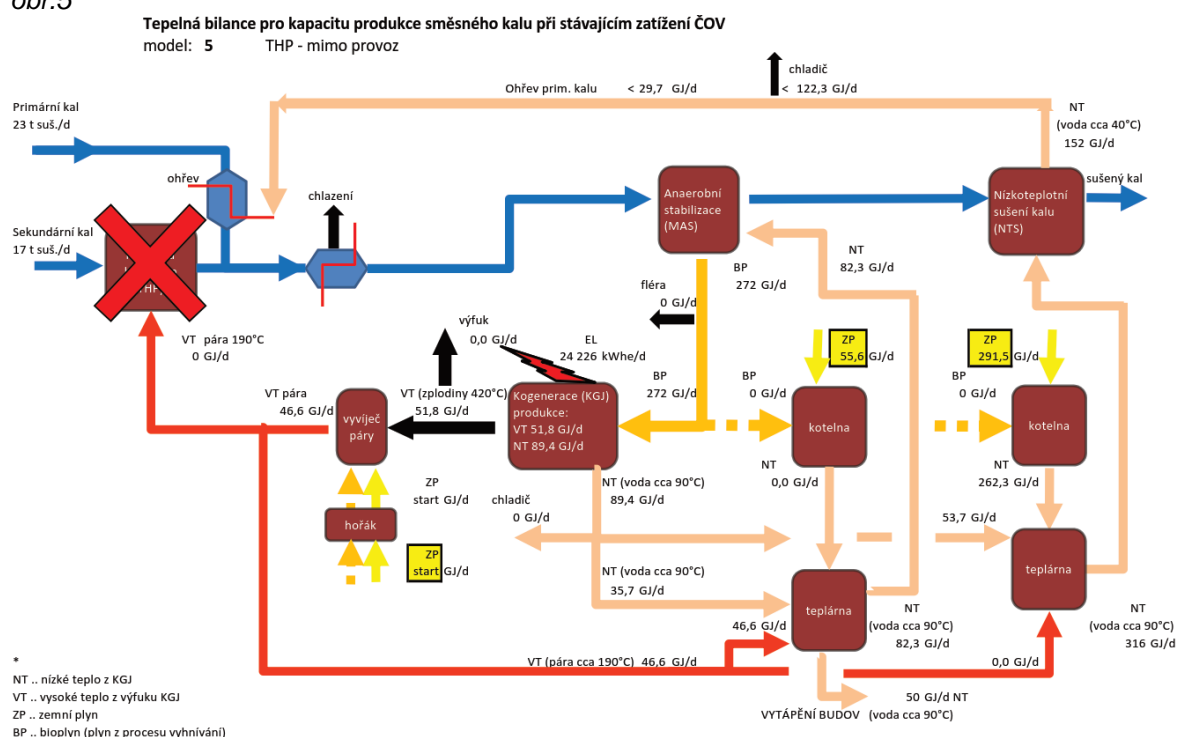
Provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je termická hydrolýza kalu (THP) mimo provoz při využití produkce tepla z kalového plynu na KGJ. Tato varianta je základní návrhovou variantou při uvedení THP mimo provoz.

Kromě ohřevu kalu před vyhnívacími nádržemi jsou potřeby tepla objektů v provozu pokryty shodně jako v základní stavu. Potřeba tepla pro sušení kalu je zajištěna standardně z KGJ a spalování zemního plynu v kotelně v důsledku uvedení THP mimo provoz není přebytné kal ohříván na vysokou teplotu v THP a vyvstává tak zvýšená potřeba na ohřev kalu ve vyhnívacích nádržích. Tato zvýšená potřeba na ohřev vyhnívacích nádrží je pokryta z teplárny kotelnou pomocí využití vysokého a nízkého tepla z KGJ. Vysoké teplo z KGJ je tak přivedeno do teplárny, kde bude využito zejména pro ohřev vyhnívacích nádrží.

THP mimo provoz – tento stav je provozně méně pravděpodobný, každoroční servis se zaměřuje na periferie (čerpadla apod.) , které jsou zálohovány a na tlakové nádoby, které nejsou odstaveny všechny současně, ale postupně po jedné nádrži. Dochází tak ke snížení kapacity termické hydrolýzy kalu, jejímž důsledkem je akumulace přebytkového kalu v aktivačních nádržích a zvýšená potřeba ohřevu kalu přiváděného na vyhřívací nádrže. Při snížení výkonu THP se využití vyrobeného tepla oproti úplnému odstavení THP systémově neliší a nepotřebované teplo z KGJ je spotřebováno pro ohřev ve vyhřívacích nádržích. Důsledkem odstavení THP, nebo snížení jeho výkonu je vyšší spotřeba tepla spalováním zemního plynu v kotelně sušení kalu.

Pokud se jedná o plánovanou odstávku je z tepelné bilance zřejmé, že je výhodnější tuto odstávku plánovat spíše v letním období, kdy je zatížení ČOV a zároveň potřeba ohřevu kalu nejnižší.

*obr.5*



## 4 ENERGETICKÁ BILANCE PO VÝSTAVBĚ – PŘI PRŮMĚRNÉM VÝHLEDOVÉM ZATÍŽENÍ ČOV

Návrh energetické koncepce při výhledovém zatížení ČOV vychází z kapacit nového kalového hospodářství a z produkce kalů při výhledové úrovni zatížení ČOV. Výhledové zatížení je možno vyjádřit jako zatížení ČOV od 640 000 EO (dle BSK<sub>5</sub>), což je stávající kapacita ČOV.

Z hydrotechnických výpočtů při současném zatížení ČOV vychází následující produkce kalů ve výhledu:

Produkce primárního kalu: 24,7 t/d

Produkce přebytečného kalu: 26,4 t/d

Produkce směsného kalu: 50,6 t/d

Navržený objem VN: 13 500 m<sup>3</sup>

Uvažovaná míra zahuštění kalů při pokročilém koncepčním řešení

Zahuštění primárního kalu: 4,5 %

Zahuštění přebytečného kalu: 16,5 %

Energetická bilance je vytvořena pro několik provozních stavů. Důvodem je řešení energetických toků při výlukách jednotlivých technologických celků při diverzifikaci zdrojů energie.

Zdrojem energie je jednak elektrická energie a jednak teplo (tepelná energie). Dále zdroje energií můžeme rozdělit na externí zdroje a interní zdroje energií. Externí zdroje energií jsou dodávány pro potřeby ČOV externími dodavateli za úplaty a jedná se o elektrickou energii a zemní plyn. Interní zdroje energií jsou dodávány pro potřeby ČOV z vlastních zdrojů a jedná se výhradně o využití kalového plynu k výrobě elektrické energie a tepla.

V rámci energetické bilance je uvažováno z následujícími účinnostmi na výrobních zařízeních tepla, nebo elektrické energie:

Kotle na spalování kalového a zemního plynu: 90 % tepelná účinnost

Kogenerační jednotky: 32,8 % tepelná účinnost

33,6 % elektrická účinnost (očistěná o vlastní spotřebu)

19 % tepelná účinnost na rekuperátoru spalin

14,6 % ztráty

V rámci energetické bilance je uvažováno s provozem dvou stávajících kogeneračních jednotek s elektrickou účinností 30,6%, které budou doplněny o novou kogenerační jednotku o shodném výkonu s vyšší elektrickou účinností (39,7%). Přednostně je uvažováno s využitím stávajících KGJ.

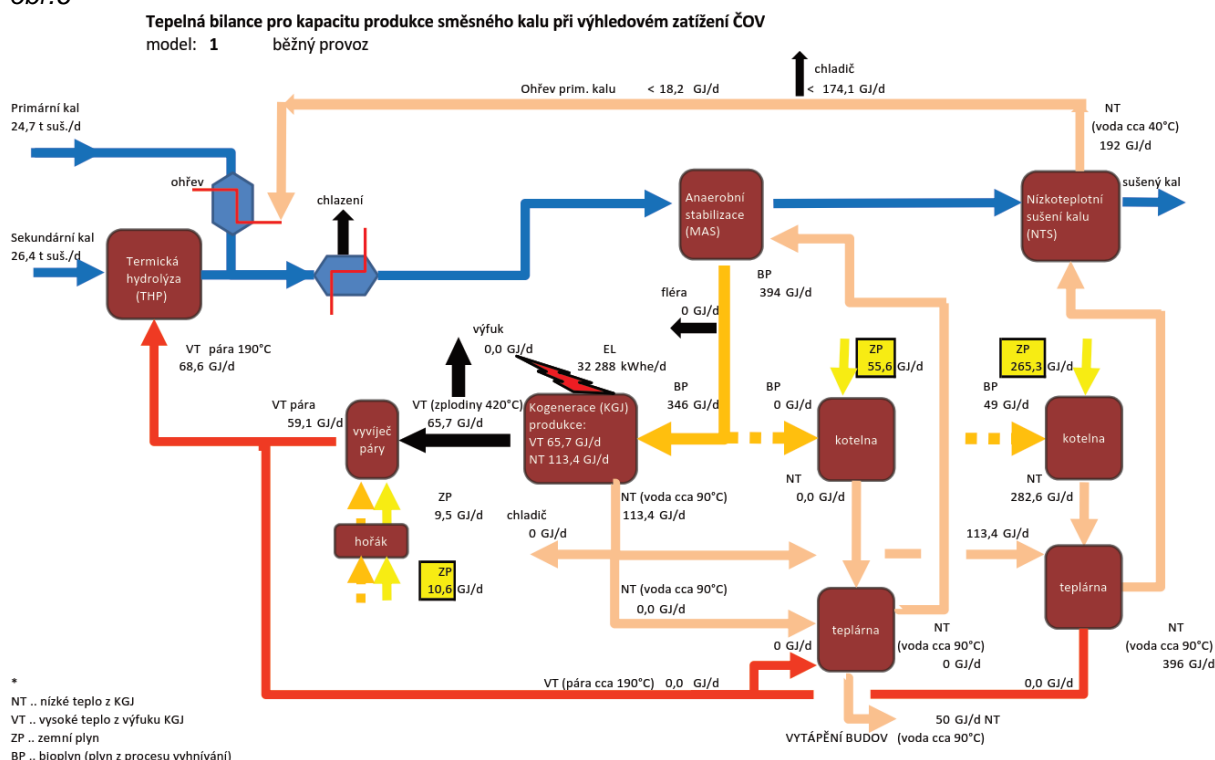
### 4.1 Provozní model– běžný provoz, KGJ rozšířeny o novou jednotku, výhled

Za běžného provozu při chodu všech zařízení je teplo distribuováno následovně:

- zdrojem tepla pro kogenerační jednotky (dále KGJ) je kalový plyn

- zdrojem tepla pro termickou hydrolyzu kalu (dále THP) je vysoké teplo rekuperované ze spalin KGJ- nespotřebované vysoké teplo bude buď využito v teplárně (zimní období), nebo bude využito v teplárně kotelny pro sušení kalu, zemní plyn bude sloužit k nastartování procesu a při plném zatížení i pro výrobu páry, tento stav v praxi při zvýšené produkci kalového plynu pravděpodobně nenastane
- zdrojem ohřevu kalu před vstupem do VN je teplo dodané párou při procesu termické hydrolyzy a nízké teplo ze sušení kalu - nespotřebované nízké teplo bude nevyužito
- zdrojem tepla pro sušení kalu je nízké teplo z KGJ a z kotelny, která spaluje na kotlích zemní plyn, alt. kalový plyn v případě jeho zvýšené produkce

obr.6



Z tepelného schématu je patrné, že kromě vyrobeného tepla ze zemního plynu nebo kalového plynu je využíváno i rekuperované teplo. Zdroji rekuperovaného tepla jsou kogenerační jednotky a sušárna kalu. Rekuperované teplo z kogeneračních jednotek je vytvářeno na rekuperátoru výfukových plynů a jedná se o vysoké teplo. Rekuperované teplo ze sušárny kalu je vyrobeno ze zkondenzované páry vzniklé při sušení kalu a jedná se o nízké teplo. Teplota média z rekuperátorů tepla je určující pro jeho využití. Vysoké teplo z kogeneračních jednotek je primárně určeno na výrobu páry pro termickou hydrolýzu kalu a nízké teplo ze sušení kalu je primárně využito k ohřevu kalu před vstupem do vyhnívacích nádrží. Přebytek vysokého tepla z kogeneračních jednotek ve formě páry je navrženo využít v teplárně pro distribuci tepla pro sušení kalu, nebo v teplárně stávající kotelny pro ohřev vyhnívacích nádrží. Přebytek nízkého tepla ze sušení kalu je navrženo využít pro předehřev primárního kalu. S ohledem na nízký teplotní potenciál tohoto zdroje tepla je jeho další využití neefektivní. Využití přebytků vysokého tepla z KGJ a nízkého tepla ze sušení kalu je ve všech provozních stavech shodný.

Stávající kogenerační jednotky jsou doplněny o novou jednotku tak, aby pokryla předpokládaný

průměrný vývin kalového plynu. Stávající kogenerační jednotky jsou osazeny rekuperátorem výfukových plynů, kdy nosným médiem je olej. Tento rekuperátor bude vyměněn za rekuperátor na výrobu páry. Toto je základní tepelné schéma provozu ČOV po výstavbě nového kalového hospodářství.

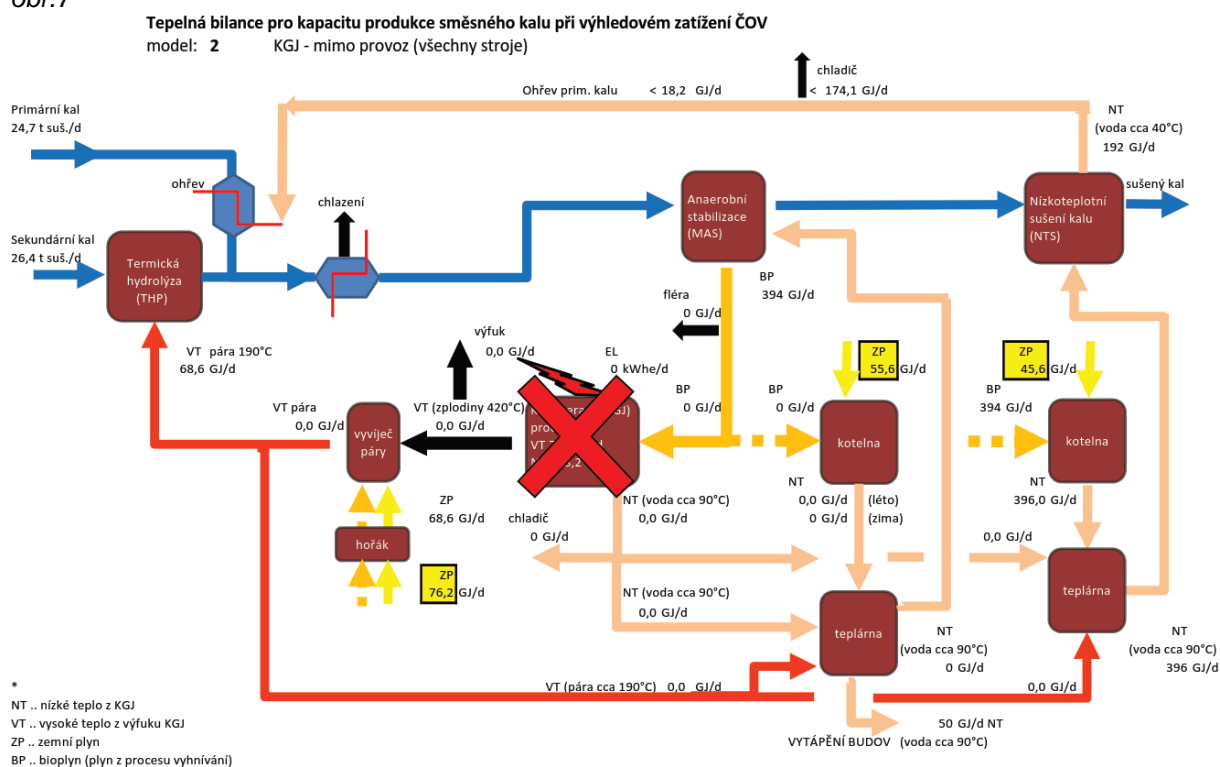
## 4.2 Provozní model 2 – KGJ mimo provoz, výhled

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy jeden ze zdrojů tepla (KGJ) je plně mimo provoz. Kogenerační jednotky slouží k využití kalového plynu při výrobě elektrické energie, výrobě nízkého a vysokého tepla.

Potřeba tepla pro termickou hydrolýzu kalu (THP) je pokryta produkcí tepla ze zemního plynu. Produkce kalového plynu je spotřebována v kotelně a teplo z kotelny je dodáváno pro proces sušení kalu – to znamená významné snížení potřeby tepla, které by bylo jinak nutné vyrobit ze zemního plynu. Produkce tepla z kalového plynu je snížena o účinnost kotlů (předpokládáme účinnost nových kotlů cca 90%). Produkce elektrické energie, která je vyrobena na KGJ spalováním kalového plynu je nahrazena nákupem externí elektrické energie.

Všechny KGJ mimo provoz – tento stav s ohledem na počet kogeneračních jednotek pravděpodobně nenastane. Stav, kdy je jedna z kogeneračních jednotek mimo provoz řeší další provozní stav.

obr.7



### 4.3 Provozní model 3 – jedna z KGJ mimo provoz, výhled

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je jedna z KGJ mimo provoz. Jedná se tedy o stav, kdy je jeden ze zdrojů tepla částečně mimo provoz. Kogenerační jednotky slouží k využití kalového plynu při výrobě elektrické energie, výrobě nízkého a vysokého tepla.

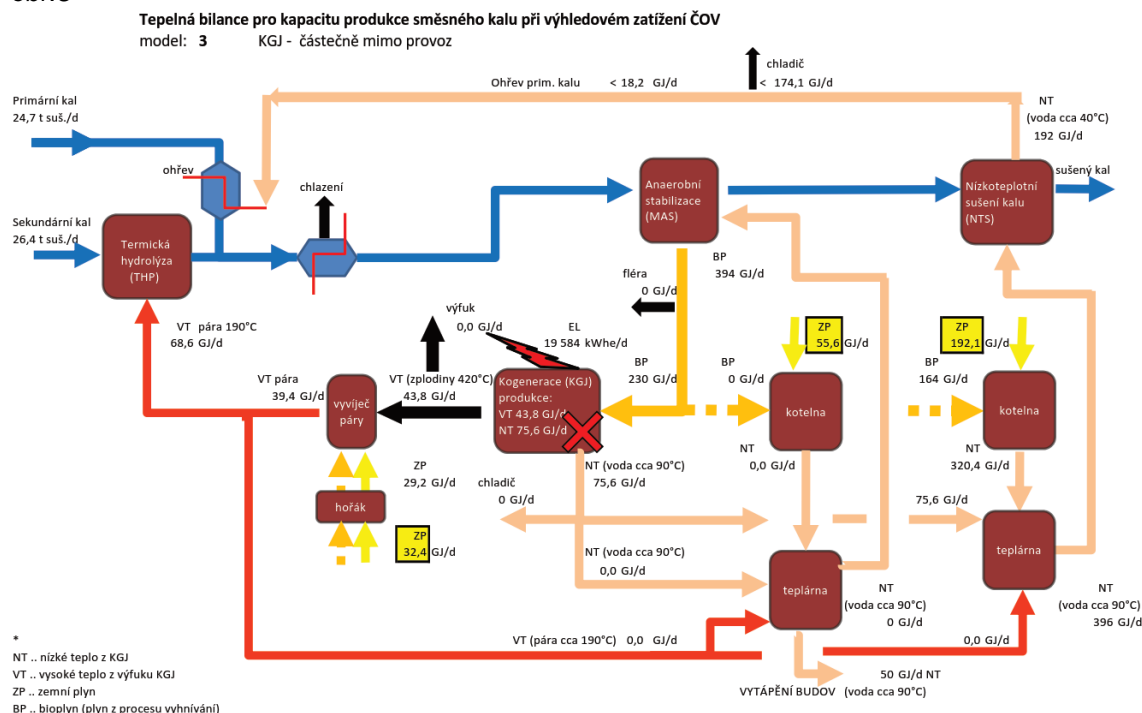
Potřeba tepla pro termickou hydrolyzu kalu (THP) je pokryta produkcí tepla z KGJ pouze částečně a je proto doplněna o produkci tepla ze zemního plynu. Z důvodu malé potřeby doplňkového tepla ze zemního plynu je pravděpodobné, že při reálném provozu, kdy nejsou provozní linky kontinuálně využívány na návrhové maximum zatěžovacího stavu, nebude potřeba dodávat pro THP doplňkové teplo ze zemního plynu.

Produkce tepla z kogeneračních jednotek je snížena a proto je dodávané nízkoteplotní teplo pro sušárnu kalu nižší. Snížená produkce tepla z KGJ pro sušárnu kalu je nahrazena teplem vyprodukovaným z kalového plynu v kotelně. Produkce kalového plynu je primárně využívána pro chod kogeneračních jednotek, zbytek kalového plynu je pak spotřebováván v kotelně a teplo z kotelně je dodáváno pro proces sušení kalu – to znamená snížení potřeby tepla, které by bylo jinak nutné vyrobit ze zemního plynu. Produkce tepla z kalového plynu je snížena o účinnost kotlů (předpokládáme účinnost nových kotlů cca 90%). Snížená produkce elektrické energie, která je vyrobena na KGJ spalováním kalového plynu je nahrazena nákupem externí elektrické energie.

Kombinací tepelné energie z kogeneračních jednotek a z kotelně při spalování kalového plynu vzniká dostatečná produkce tepelné energie pro provoz sušení kalu. Produkce tepelné energie je dokonce vyšší než při základním provozním stavu a je tak možné snížit objem dodávaného tepla spalováním zemního plynu v kotelně.

Jedna z KGJ mimo provoz – tento stav je provozně velice pravděpodobný, například při každoročním servisu, nebo poruše jedné z kogeneračních jednotek. Pokud se jedná o plánovanou odstávku jedné z kogeneračních jednotek je z tepelné bilance zřejmé, že je výhodnější tuto odstávku plánovat v době nižšího zatížení ČOV, např. v měsíci srpnu.

obr.8



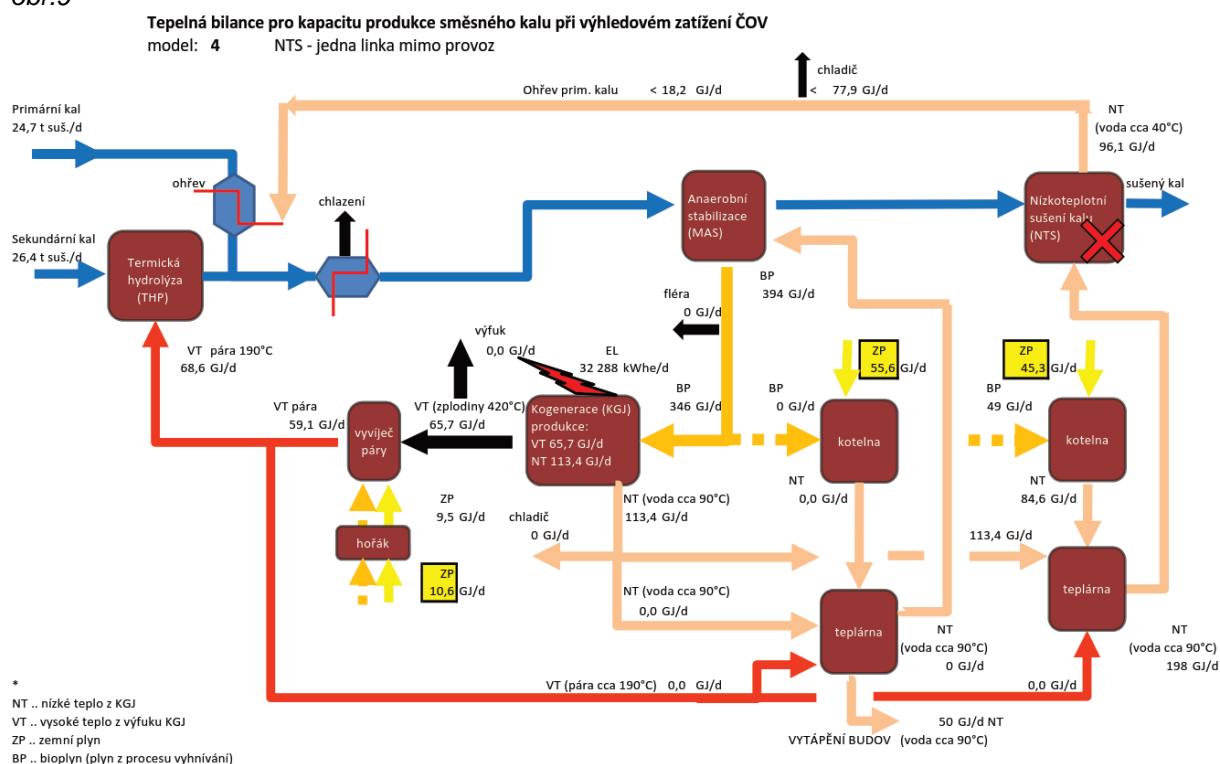
## 4.4 Provozní model 4 – jedna linka sušárny kalu mimo provoz, výhled

Tento provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je sušárna kalu částečně mimo provoz. Tento stav vychází z dvoulinkového uspořádání sušárny kalu. Jedná se tedy o stav, kdy je největší spotřebič tepla a zároveň jeden ze zdrojů rekuperovaného tepla částečně mimo provoz. Sušárna kalu produkuje rekuperované teplo, které je vyrobeno ze zkondenzované páry vzniklé při sušení kalu. Jedná se o nízké teplo.

Potřeba tepla pro THP je shodně jako v základním stavu pokryta produkcí vysokého tepla z KGJ. Produkce nízkoteplotní tepelné energie z KGJ je využita pro provoz sušení kalu. Nadprodukce tepla z KGJ je primárně dodávána do teplárny objektu sušení kalu. Dojde tak ke snížení potřeby výroby tepla spalováním zemního plynu v kotelně objektu sušení kalu.

NTS částečně mimo provoz – tento stav je provozně pravděpodobný.

obr.9





## 4.5 Provozní model 5 – THP mimo provoz

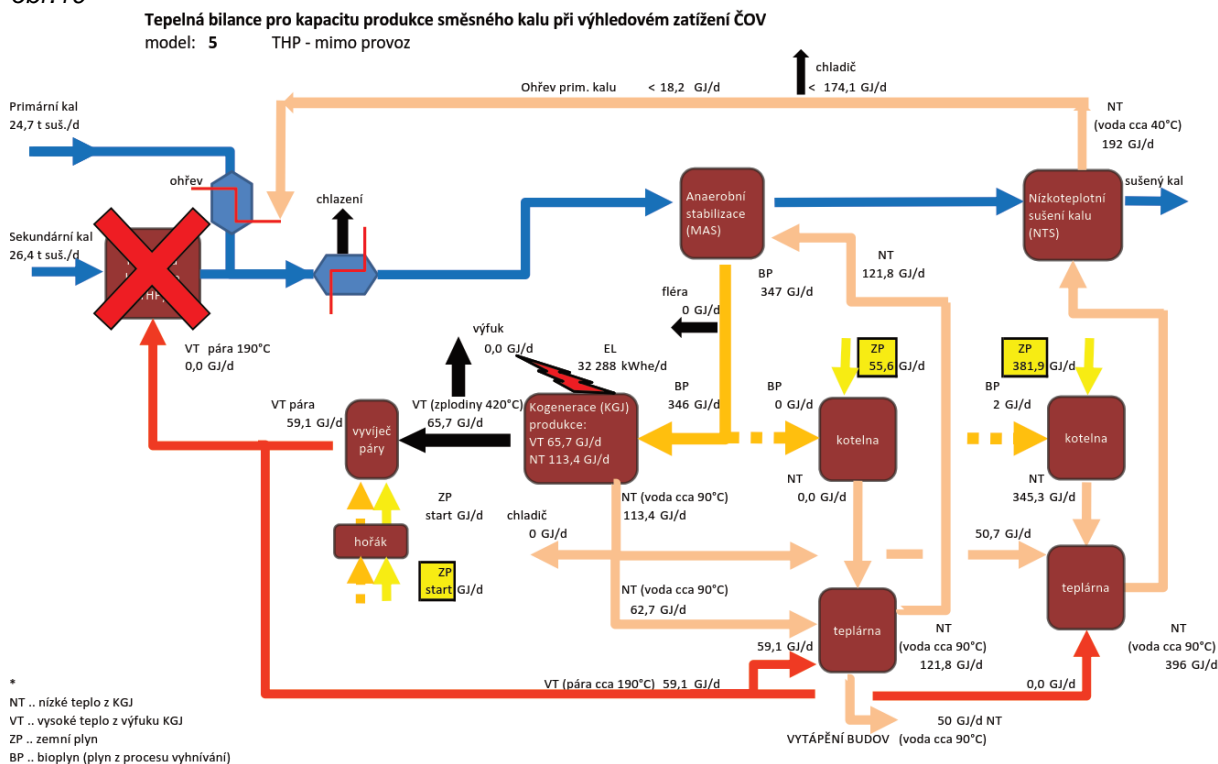
Provozní model se zabývá pokrytím potřeb tepla při provozním stavu, kdy je termická hydrolýza kalu (THP) mimo provoz při využití produkce tepla z kalového plynu na KGJ. Tato varianta je základní návrhovou variantou při uvedení THP mimo provoz.

Kromě ohřevu kalu před vyhnívacími nádržemi jsou potřeby tepla objektů v provozu pokryty shodně jako v základní stavu. Potřeba tepla pro sušení kalu je zajištěna standardně z KGJ a spalování zemního plynu v kotelně v důsledku uvedení THP mimo provoz není přebytečný kal ohříván na vysokou teplotu v THP a vyvstává tak zvýšená potřeba na ohřev kalu ve vyhnívacích nádržích. Tato zvýšená potřeba na ohřev vyhnívacích nádrží je pokryta z teplárny koteleny pomocí využití vysokého a nízkého tepla z KGJ. Vysoké teplo z KGJ je tak přivedeno do teplárny, kde bude využito zejména pro ohřev vyhnívacích nádrží.

THP mimo provoz – tento stav je provozně méně pravděpodobný, každoroční servis se zaměřuje na periferie (čerpadla apod.), které jsou zálohovány a na tlakové nádoby, které nejsou odstaveny všechny současně, ale postupně po jedné nádrži. Dochází tak ke snížení kapacity termické hydrolýzy kalu, jejímž důsledkem je akumulace přebytečného kalu v aktivačních nádržích a zvýšená potřeba ohřevu kalu přiváděného na vyhnívací nádrže. Při snížení výkonu THP se využití vyrobeného tepla oproti úplnému odstavení THP systémově neliší a nespotřebované teplo z KGJ je spotřebováno pro ohřev ve vyhnívacích nádržích. Důsledkem odstavení THP, nebo snížení jeho výkonu je vyšší spotřeba tepla spalováním zemního plynu v kotelně sušení kalu.

Pokud se jedná o plánovanou odstávku je z tepelné bilance zřejmé, že je výhodnější tuto odstávku plánovat spíše v letním období, kdy je zatížení ČOV a zároveň potřeba ohřevu kalu nejnižší.

obr.10





## 5 ENERGETICKÁ BILANCE PO VÝSTAVBĚ – PŘI MAXIMÁLNÍM VÝHLEDOVÉM ZATÍŽENÍ ČOV

Sestavené bilanční schéma vyjadřuje případné maximum výhledového zatížení. Tento stav může nastat při provozu obou linek kalového hospodářství na jeho maximální návrhovou kapacitu, tedy 30 t/d.

Maximální produkce kalů ve výhledu:

Produkce primárního kalu: 30 t/d

Produkce přebytečného kalu: 30 t/d

Produkce směsného kalu: 60 t/d

Navržený objem VN: 13 500 m<sup>3</sup>

Uvažovaná míra zahuštění kalů při pokročilém koncepčním řešení

Zahuštění primárního kalu: 5,5 %

Zahuštění přebytečného kalu: 16,5 %

Teto stav není běžným provozním stavem. Energetická bilance je vytvořena pro základní provozní stav, tedy bez výluk jednotlivých technologických celků.

Zdroje energií zůstávají obdobné jako u předchozích bilancí.

V rámci energetické bilance je uvažováno z následujícími účinnostmi na výrobních zařízeních tepla, nebo elektrické energie:

Kotle na spalování kalového a zemního plynu: 90 % tepelná účinnost

Kogenerační jednotky: 32,8 % tepelná účinnost

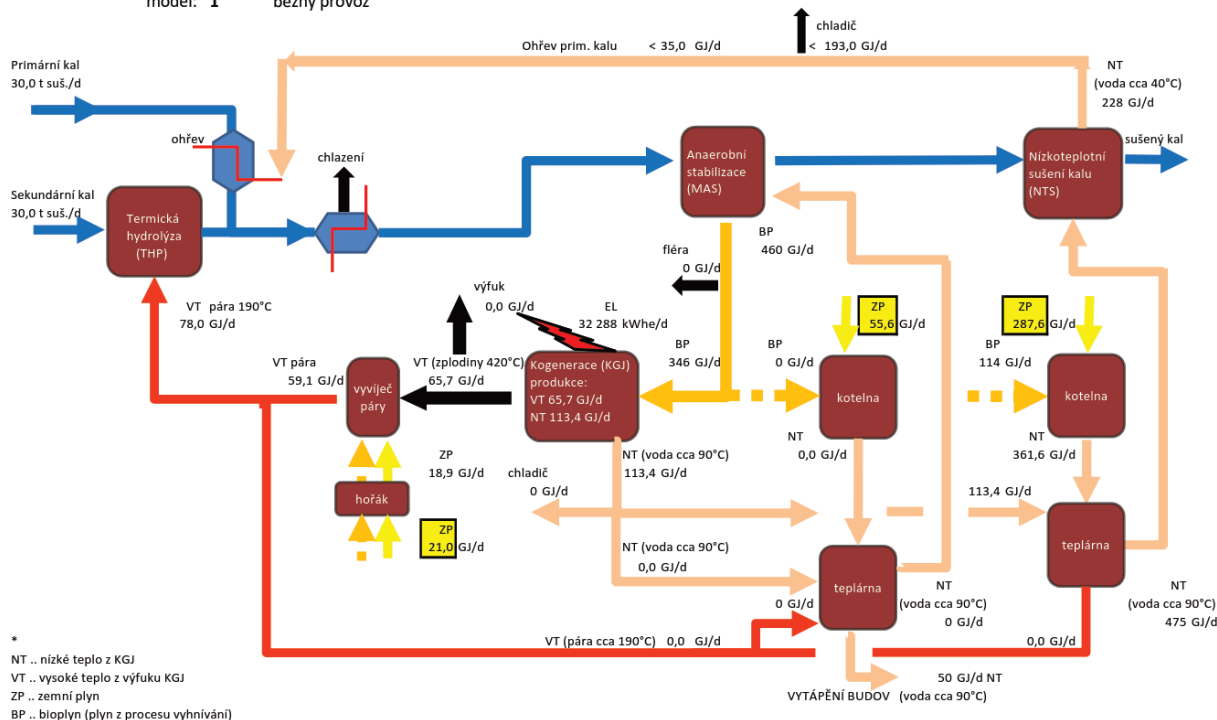
30,6 % elektrická účinnost (očistěná o vlastní spotřebu)

19 % tepelná účinnost na rekuperátoru spalin

Při chodu všech zařízení je teplo distribuováno následovně:

- zdrojem tepla pro kogenerační jednotky (dále KGJ) je kalový plyn
- zdrojem tepla pro termickou hydrolýzu kalu (dále THP) je vysoké teplo rekuperované ze spalin KGJ a zemní plyn
- zdrojem ohřevu kalu před vstupem do VN je teplo dodané párou při procesu termické hydrolýzy a nízké teplo ze sušení kalu - nespotřebované nízké teplo bude nevyužito
- zdrojem tepla pro sušení kalu je nízké teplo z KGJ a z kotelny, která spaluje na kotlích zemní a současně kalový plyn.

**Tepelná bilance pro kapacitu produkce směsného kalu při maximálním výhledovém zatížení ČOV**  
model: 1      běžný provoz



*strana 18*