

Využití potenciálu decentralizované výroby tepla a elektřiny v kogeneraci

Objednatel: Hnutí DUHA
Bratislavská 31, 602 00 Brno

Zastoupený: Martin Mikeska – vedoucí programu Energie

Zhotovitel: CITYPLAN spol. s r. o., Jindřišská 17, 110 00 Praha 1
Zastoupený: Ing. Ivan Beneš ve věcech smluvních
Autorský kolektiv: Ing. Ivan Beneš, Ing. Dušan Princ

Číslo zakázky zhotovitele: 08 – 1 – 027
Datum: 13.6.2008

Tato studie byla zpracována pro Hnutí DUHA a sdružení Calla. Tyto organizace se stávají vlastníkem veškerých práv pro nakládání s touto publikací. Výchozí data a metodika zpracování jsou duševním vlastnictvím zpracovatele, společnosti CityPlan, s.r.o.



Zpracování studie bylo podpořeno grantem z Islandu, Lichtenštejska a Norska v rámci Finančního mechanismu EHP a Norského finančního mechanismu prostřednictvím Nadace rozvoje občanské společnosti.

OBSAH

1	CÍL PROJEKTU	9
2	DECENTRALIZOVANÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE A TEPLA	10
2.1	HLAVNÍ HLEDISKA DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE	10
2.1.1	Účel a lokalita	10
2.1.2	Výkon a napěťová úroveň	10
2.1.3	Zásobovaná oblast	10
2.1.4	Definice distribuovaných zdrojů energie	11
2.2	DALŠÍ KLÍČOVÁ TECHNICKÁ HLEDISKA	11
2.3	TECHNICKÉ PARAMETRY DISTRIBUOVANÝCH ZDROJŮ ENERGIE	11
2.4	DISTRIBUOVANÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE: POTENCIÁLNÍ PŘÍNOSY A PROBLÉMY	12
3	POPIS APLIKACE METODIKY LCA (LIFE CYCLE ASSESSMENT), CHARAKTERISTIKA POUŽITÉHO MODELU GEMIS	17
3.1	DŮVODY K HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PROCESŮ	17
3.2	METODA FAKTORŮ PRIMÁRNÍ ENERGIE	18
3.3	EVROPSKÝ NORMATIVNÍ RÁMEC	18
3.4	VÝPOČET FAKTORŮ PRIMÁRNÍ ENERGIE	19
3.5	PŘEDPOKLADY	20
4	TECHNOLOGIE	21
4.1	CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH PROCESŮ	21
4.1.1	Hnědouhelná elektrárna (HU)	22
4.1.2	Černouhelná elektrárna (CU)	22
4.1.3	Paroplynová elektrárna (GTCC – gas turbine combined cycle)	23
4.1.4	Jaderná elektrárna (JE)	23
4.1.5	Motorová kogenerace – zemní plyn (Tp motor ZP)	24
4.1.6	Motorová kogenerace – bioplyn (TP motor bioplyn)	25
4.1.7	Hnědouhelná teplárna (Tp HU)	25
4.1.8	Paroplynová teplárna (Tp GTCC)	26
4.1.9	Kogenerační jednotka na biomasu, technologie ORC (Tp biomasa ORC)	26
4.1.10	Fotovoltaická elektrárna (FV)	27
4.1.11	Větrná elektrárna (VT)	27
4.1.12	Malá vodní elektrárna (MVE)	27
5	POROVNÁNÍ SCÉNÁŘŮ	28
5.1	DECENTRALIZOVANÉ KOGENERACNÍ ZDROJE – VARIANTA 1	28
5.1.1	Faktory primární energie	28

5.1.2	Emise skleníkových plynů	29
5.1.3	Produkce plyných emisí	30
5.1.4	Základní pevné odpady	33
5.1.5	Náklady	35
5.2	DECENTRALIZOVANÉ KOGENERAČNÍ ZDROJE – VARIANTA 2	36
5.2.1	Faktory primární energie	36
5.2.2	Emise skleníkových plynů	37
5.2.3	Produkce plyných emisí	38
5.2.4	Základní pevné odpady	41
5.2.5	Náklady	43
5.3	CENTRALIZOVANÉ KOGENERAČNÍ ZDROJE – VARIANTA 1	44
5.3.1	Faktory primární energie	44
5.3.2	Emise skleníkových plynů	45
5.3.3	Produkce plyných emisí	46
5.3.4	Základní pevné odpady	49
5.3.5	Náklady	51
5.4	CENTRALIZOVANÉ KOGENERAČNÍ ZDROJE – VARIANTA 2	52
5.4.1	Faktory primární energie	52
5.4.2	Emise skleníkových plynů	53
5.4.3	Produkce plyných emisí	54
5.4.4	Základní pevné odpady	57
5.4.5	Náklady	59
5.5	KOGENERAČNÍ ZDROJE CELKEM – VARIANTA 1 (DZT1 + CZT1)	60
5.5.1	Faktory primární energie	60
5.5.2	Emise skleníkových plynů	61
5.5.3	Produkce plyných emisí	62
5.5.4	Základní pevné odpady	65
5.5.5	Náklady	67
5.6	KOGENERAČNÍ ZDROJE CELKEM – VARIANTA 2 (DZT2 + CZT2)	68
5.6.1	Faktory primární energie	68
5.6.2	Emise skleníkových plynů	69
5.6.3	Produkce plyných emisí	70
5.6.4	Základní pevné odpady	73
5.6.5	Náklady	75
5.7	JEDNOTLIVÉ ZDROJE – POROVNÁNÍ PARAMETRŮ NA JEDNOTKU VYROBENÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE	76
5.7.1	Faktory primární energie	76
5.7.2	Emise skleníkových plynů	77

5.7.3	Produkce plyných emisí	78
5.7.4	Základní pevné odpady.....	81
5.7.5	Náklady	84
6	ZHODNOCENÍ	86

OBRÁZKY

Obrázek 1:	Princip kogenerace.....	14
Obrázek 2:	Současná architektura elektrizační soustavy doplněná o distribuované zdroje energie.....	15
Obrázek 3:	Procesní řetězec – hnědouhelná elektrárna	22
Obrázek 4:	Procesní řetězec – černouhelná elektrárna	22
Obrázek 5:	Procesní řetězec – paroplynová elektrárna	23
Obrázek 6:	Procesní řetězec – jaderná elektrárna.....	24
Obrázek 7:	Procesní řetězec – motorová kogenerace (zemní plyn)	24
Obrázek 8:	Procesní řetězec – motorová kogenerace (bioplyn).....	25
Obrázek 9:	Procesní řetězec – hnědouhelná teplárna.....	25
Obrázek 10:	Procesní řetězec – paroplynová teplárna.....	26
Obrázek 11:	Procesní řetězec – kogenerační jednotka na biomasu	27
Obrázek 12:	Varianta DZT-1, faktory primární energie	28
Obrázek 13:	Varianta DZT-1, emise CO ₂ - ekvivalent.....	29
Obrázek 14:	Varianta DZT-1, emise CO ₂	29
Obrázek 15:	Varianta DZT-1, emise SO ₂ - ekvivalent.....	30
Obrázek 16:	Varianta DZT-1, emise SO ₂	30
Obrázek 17:	Varianta DZT-1, emise NO _x	31
Obrázek 18:	Varianta DZT-1, emise TOPP-ekvivalent.....	31
Obrázek 19:	Varianta DZT-1, emise tuhých látek.....	32
Obrázek 20:	Varianta DZT-1, produkce popelovin	33
Obrázek 21:	Varianta DZT-1, produkce odpadu po odsíření.....	33
Obrázek 22:	Varianta DZT-1, produkce skřívky	34
Obrázek 23:	Varianta DZT-1, produkce jaderného odpadu	34
Obrázek 24:	Varianta DZT-1, výrobní náklady.....	35
Obrázek 25:	Varianta DZT-2, faktory primární energie	36
Obrázek 26:	Varianta DZT-2, emise CO ₂ - ekvivalent.....	37
Obrázek 27:	Varianta DZT-2, emise CO ₂	37
Obrázek 28:	Varianta DZT-2, emise SO ₂ - ekvivalent.....	38
Obrázek 29:	Varianta DZT-2, emise SO ₂	38
Obrázek 30:	Varianta DZT-2, emise NO _x	39
Obrázek 31:	Varianta DZT-2, emise TOPP-ekvivalent.....	39
Obrázek 32:	Varianta DZT-2, emise tuhých látek.....	40
Obrázek 33:	Varianta DZT-2, produkce popelovin	41

Obrázek 34: Varianta DZT-2, produkce odpadu po odsíření.....	41
Obrázek 35: Varianta DZT-2, produkce skřívky	42
Obrázek 36: Varianta DZT-2, produkce jaderného odpadu	42
Obrázek 37: Varianta DZT-2, výrobní náklady.....	43
Obrázek 38: Varianta CZT-1, faktory primární energie	44
Obrázek 39: Varianta CZT-1, emise CO₂ - ekvivalent.....	45
Obrázek 40: Varianta CZT-1, emise CO₂.....	45
Obrázek 41: Varianta CZT-1, emise SO₂ - ekvivalent.....	46
Obrázek 42: Varianta CZT-1, emise SO₂.....	46
Obrázek 43: Varianta CZT-1, emise NO_x.....	47
Obrázek 44: Varianta CZT-1, emise TOPP-ekvivalent.....	47
Obrázek 45: Varianta CZT-1, emise tuhých látek.....	48
Obrázek 46: Varianta CZT-1, produkce popelovin.....	49
Obrázek 47: Varianta CZT-1, produkce odpadu po odsíření.....	49
Obrázek 48: Varianta CZT-1, produkce skřívky	50
Obrázek 49: Varianta CZT-1, produkce jaderného odpadu	50
Obrázek 50: Varianta CZT-1, výrobní náklady.....	51
Obrázek 51: Varianta CZT-2, faktory primární energie	52
Obrázek 52: Varianta CZT-2, emise CO₂ - ekvivalent.....	53
Obrázek 53: Varianta CZT-2, emise CO₂.....	53
Obrázek 54: Varianta CZT-2, emise SO₂ - ekvivalent.....	54
Obrázek 55: Varianta CZT-2, emise SO₂.....	54
Obrázek 56: Varianta CZT-2, emise NO_x.....	55
Obrázek 57: Varianta CZT-2, emise TOPP-ekvivalent.....	55
Obrázek 58: Varianta CZT-2, emise tuhých látek.....	56
Obrázek 59: Varianta CZT-2, produkce popelovin.....	57
Obrázek 60: Varianta CZT-2, produkce odpadu po odsíření.....	57
Obrázek 61: Varianta CZT-2, produkce skřívky	58
Obrázek 62: Varianta CZT-2, produkce jaderného odpadu	58
Obrázek 63: Varianta CZT-2, výrobní náklady.....	59
Obrázek 64: Varianta CZT1+DZT1, faktory primární energie	60
Obrázek 65: Varianta CZT1+DZT1, emise CO₂ – ekvivalent	61
Obrázek 66: Varianta CZT1+DZT1, emise CO₂.....	61
Obrázek 67: Varianta CZT1+DZT1, emise SO₂ - ekvivalent	62
Obrázek 68: Varianta CZT1+DZT1, emise SO₂.....	62
Obrázek 69: Varianta CZT1+DZT1, emise NO_x.....	63
Obrázek 70: Varianta CZT1+DZT1, emise TOPP-ekvivalent.....	63
Obrázek 71: Varianta CZT1+DZT1, emise tuhých látek	64
Obrázek 72: Varianta CZT1+DZT1, produkce popelovin	65
Obrázek 73: Varianta CZT1+DZT1, produkce odpadu po odsíření	65
Obrázek 74: Varianta CZT1+DZT1, produkce skřívky.....	66
Obrázek 75: Varianta CZT1+DZT1, produkce jaderného odpadu	66

Obrázek 76: Varianta CZT1+DZT1, výrobní náklady	67
Obrázek 77: Varianta CZT2+DZT2, faktory primární energie	68
Obrázek 78: Varianta CZT2+DZT2, emise CO₂ – ekvivalent	69
Obrázek 79: Varianta CZT2+DZT2, emise CO₂	69
Obrázek 80: Varianta CZT2+DZT2, emise SO₂ - ekvivalent	70
Obrázek 81: Varianta CZT2+DZT2, emise SO₂	70
Obrázek 82: Varianta CZT2+DZT2, emise NO_x	71
Obrázek 83: Varianta CZT2+DZT2, emise TOPP-ekvivalent	71
Obrázek 84: Varianta CZT2+DZT2, emise tuhých látek	72
Obrázek 85: Varianta CZT2+DZT2, produkce popelovin	73
Obrázek 86: Varianta CZT2+DZT2, produkce odpadu po odsíření	73
Obrázek 87: Varianta CZT2+DZT2, produkce skřívky	74
Obrázek 88: Varianta CZT2+DZT2, produkce jaderného odpadu	74
Obrázek 89: Varianta CZT2+DZT2, výrobní náklady	75
Obrázek 90: Jednotlivé zdroje, faktory primární energie	76
Obrázek 91: Jednotlivé zdroje, emise CO₂ – ekvivalent	77
Obrázek 92: Jednotlivé zdroje, emise CO₂	77
Obrázek 93: Jednotlivé zdroje, emise SO₂ - ekvivalent	78
Obrázek 94: Jednotlivé zdroje, emise SO₂	79
Obrázek 95: Jednotlivé zdroje, emise NO_x	79
Obrázek 96: Jednotlivé zdroje, emise TOPP-ekvivalent	80
Obrázek 97: Jednotlivé zdroje, emise tuhých látek	80
Obrázek 98: Jednotlivé zdroje, produkce popelovin	81
Obrázek 99: Jednotlivé zdroje, produkce odpadu po odsíření	82
Obrázek 100: Jednotlivé zdroje, produkce skřívky	82
Obrázek 101: Jednotlivé zdroje, produkce jaderného odpadu	83
Obrázek 102: Jednotlivé zdroje, výrobní náklady	84
Obrázek 103: Jednotlivé zdroje, investiční náklady	84

Tabulky

Tabulka 1: Přehled zdrojů vhodných pro distribuovanou výrobu	12
Tabulka 2: Varianta DZT-1, faktory primární energie	29
Tabulka 3: Varianta DZT-1, emise skleníkových plynů	30
Tabulka 4: Varianta DZT-1, produkce plynných emisí	32
Tabulka 5: Varianta DZT-1, základní pevné odpady	34
Tabulka 6: Varianta DZT-1, výrobní náklady	35
Tabulka 7: Varianta DZT-2, faktory primární energie	36
Tabulka 8: Varianta DZT-2, emise skleníkových plynů	37
Tabulka 9: Varianta DZT-2, produkce plynných emisí	40
Tabulka 10: Varianta DZT-2, základní pevné odpady	42
Tabulka 11: Varianta DZT-2, výrobní náklady	43

Tabulka 12: Varianta CZT-1, faktory primární energie.....	44
Tabulka 13: Varianta CZT-1, emise skleníkových plynů	45
Tabulka 14: Varianta CZT-1, produkce plyných emisí.....	48
Tabulka 15: Varianta CZT-1, základní pevné odpady	50
Tabulka 16: Varianta CZT-1, výrobní náklady	51
Tabulka 17: Varianta CZT-2, faktory primární energie.....	52
Tabulka 18: Varianta CZT-2, emise skleníkových plynů	53
Tabulka 19: Varianta CZT-2, produkce plyných emisí.....	56
Tabulka 20: Varianta CZT-2, základní pevné odpady	58
Tabulka 21: Varianta CZT-2, výrobní náklady	59
Tabulka 22: Varianta CZT1+DZT1, faktory primární energie.....	60
Tabulka 23: Varianta CZT1+DZT1, emise skleníkových plynů.....	61
Tabulka 24: Varianta CZT1+DZT1, produkce plyných emisí.....	64
Tabulka 25: Varianta CZT1+DZT1, základní pevné odpady.....	66
Tabulka 26: Varianta CZT1+DZT1, výrobní náklady	67
Tabulka 27: Varianta CZT2+DZT2, faktory primární energie.....	68
Tabulka 28: Varianta CZT2+DZT2, emise skleníkových plynů.....	69
Tabulka 29: Varianta CZT2+DZT2, produkce plyných emisí.....	72
Tabulka 30: Varianta CZT2+DZT2, základní pevné odpady.....	74
Tabulka 31: Varianta CZT2+DZT2, výrobní náklady	75
Tabulka 32: Jednotlivé zdroje, faktory primární energie.....	76
Tabulka 33: Jednotlivé zdroje, emise skleníkových plynů.....	78
Tabulka 34: Jednotlivé zdroje, produkce plyných emisí.....	81
Tabulka 35: Jednotlivé zdroje, základní pevné odpady	83
Tabulka 36: Jednotlivé zdroje, náklady – výrobní vlastní, externí, investiční	85

1 CÍL PROJEKTU

Cíl projektu je stanoven zadáním, které je obsahem smlouvy (č. 08-1-027 ze dne 30. 3. 2008) mezi objednatelem (Hnutí DUHA) a zhotovitelem (CITYPLAN spol. s r.o.) a je následující: „Zpracování studie využití potenciálu decentralizované výroby tepla a elektrické energie v kogeneraci.“ V programu GEMIS jsou zpracovány scénáře pro porovnání výroby elektrické energie a tepla v decentralizovaných kogeneračních zdrojích s monovýrobou elektřiny v centrálních elektrárnách a kompenzací výroby tepla v plynových zdrojích. Jsou porovnávány faktory primární energie, bilance skleníkových plynů a dalších znečišťujících látek, základní pevné odpady, investiční a provozní náklady a ekonomické externality.

2 DECENTRALIZOVANÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE A TEPLA

2.1 HLAVNÍ HLEDISKA DECENTRALIZOVANÉ VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Hlavní aspekty ve vztahu k charakteristice decentralizované výroby

- Účel a lokalita
- Výkon a napěťová úroveň
- Zásobovaná oblast

2.1.1 Účel a lokalita

Účelem decentralizace výroby elektrické energie je umístění produkce co nejbližší místu spotřeby. Decentralizované zdroje mohou být připojeny do distribuční soustavy nebo mohou být umístěny přímo v objektu spotřebitele. Výhodou lokalizace zdroje blízko místa spotřeby je snížení ztrát ve vedení, vyšší bezpečnost (nižší riziko výpadku kvůli poruše na vedení) a možnost ostrovního provozu.

2.1.2 Výkon a napěťová úroveň

Maximální výkon decentralizovaných zdrojů energie připojených v jednom místě je závislý na kapacitě sítě. Tento výkon vychází z uzlového rozdílu mezi výkonem DZ a lokální zátěží a je nazýván uzlovou agregační kapacitou instalace decentralizovaného zdroje. Výkon tak závisí na kapacitě sítě a tím i na napěťové úrovni distribuční soustavy, která je však různá a tak není možné obecně stanovit maximální připojitelný výkon. Hodnoty připojovaných výkonů se pohybují od jednotek kW až po desítky MW.

2.1.3 Zásobovaná oblast

Oblast zásobená elektrickou energií z distribuovaných zdrojů energie je vztažená k distribuční soustavě (nebo její části), kde k výrobě dochází, neboť tato energie je určená ke spotřebě v blízkosti její výroby. V případě nadbytku výkonu decentralizovaných zdrojů však není možné dodávat elektřinu do přenosové soustavy. Navíc k přesnému definování zásobované oblasti je nezbytná komplexní analýza toků energií v distribuční soustavě. Rozsah zásobované oblasti je tak různý případ od případu a je závislý také na míře zastoupení decentralizovaných zdrojů v dané lokalitě. V některých zemích má zásobovaná oblast souvislost s limitem množství jednotek připojitelných do distribuční soustavy.

2.1.4 Definice distribuovaných zdrojů energie

Distribuovanou výrobu představuje zdroj elektrické energie připojený do distribuční soustavy, poskytující energii přímo spotřebiteli nebo podporující distribuční soustavu.

2.2 DALŠÍ KLÍČOVÁ TECHNICKÁ HLEDISKA

- Technologie a aplikace

Technologií pro distribuovanou výrobu elektrické energie je velké množství. Konkrétní technologie není určující pro označení za vhodný zdroj pro distribuovanou výrobu energie. V této zprávě jsou podrobněji zmíněny některé vybrané zdroje vzhledem k jejich potenciálu ve vztahu k bezpečnosti dodávek, konkurenceschopnosti a množství emisí.

Systémy distribuované výroby elektrické energie zahrnují jak obnovitelné tak i neobnovitelné zdroje energie. Je více možností jak rozdělovat DZ technologie vzhledem k jejich vlastnostem, například k možnosti kogenerace.

- Pracovní režim

Jak již bylo uvedeno výše, klíčovým faktorem pro možnost připojení výrobní jednotky nebo skupiny výrobních jednotek je kapacita sítě v místě připojení. Dalším klíčovým faktorem je flexibilita provozu zdroje, tj. schopnost reagovat na změny poptávky po elektrické energii (v rámci sekund nebo minut). Výkon zdroje může být omezen kvůli možným problémům při vyrovnávání výroby a poptávky. To platí především pro některé obnovitelné zdroje energie, které mají kolísavý výkon (např. větrná nebo sluneční energie).

2.3 TECHNICKÉ PARAMETRY DISTRIBUOVANÝCH ZDROJŮ ENERGIE

Obecné parametry zdrojů jsou posuzovány z pohledu jejich budoucího možného rozmístění a integrace do elektrizační soustavy. Jednotlivé zdroje jsou klasifikovány podle následujících kritérií: typ zdroje, možnost kogenerace, velikost a modularita výrobní jednotky, nepřerušovanost chodu, bezemisní provoz a působnost zdroje (lokální/ centrální). Přehled technologií je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Přehled zdrojů vhodných pro distribuovanou výrobu

Technology	Emission free operation (Yes/No)	CHP capability (Yes/No)	Available size (range)	Modularity (Yes/No)	Intermittency (Yes/No)	Local/Central Dispatch (L/C)
Internal combustion engine	No	Yes	> 5 kW	No	No	L/C
Industrial combustion turbine	No	Yes	> 1 MW	No	No	L/C
Microturbine	No	Yes	1 kW ÷ 1 MW	No	No	L
Stirling engine	No	Yes	< 1 kW ÷ 0.1 MW	Yes	No	L
Fuel cell system	No	Yes	1 kW ÷ 5 MW	Yes	No	L/C
Micro/small hydroelectric unit	Yes	No	> 25 kW	Yes	Yes	L/C
Wind turbine	Yes	No	< 1 kW ÷ 6 MW	Yes	Yes	L/C
Photovoltaic array	Yes	No	< 1 kW ÷ 14 MW	Yes	Yes	L
Solar thermal unit	Yes	No	> 5 kW	Yes	Yes	L/C
Biomass unit	No	Yes	> 10 kW	No	No	L/C
Geothermal unit	Yes	Yes	> 100 kW	No	No	C
Ocean energy unit	Yes	No	50 kW ÷ 5 MW	Yes	Yes	C

2.4 DISTRIBUOVANÁ VÝROBA ELEKTRICKÉ ENERGIE: POTENCIÁLNÍ PŘÍNOSY A PROBLÉMY

Hlavní výhody distribuované výroby elektrické energie jsou:

- Vhodná lokalizace výroby energie umožňuje lepší využití v místě dostupných energetických zdrojů (například odpad, bioplyn, obnovitelné zdroje).
- Výroba lokalizovaná blízko místa spotřeby umožňuje lepší využití tepla získaného při kogeneraci. Na rozdíl od velkých centrálních elektráren nejsou potřebné rozsáhlé systémy pro rozvod tepla na velké vzdálenosti.

- Využívání obnovitelných zdrojů snižuje spotřebu fosilních paliv a tím i emise skleníkových plynů.
- Z hlediska technického i úředního je snazší a rychlejší vybudovat malý lokální zdroj než velkou centrální elektrárnu. Výroba tak může být spuštěna mnohem rychleji.
- Distribuční soustava se soběstačnou produkcí nebo velkým množstvím decentralizovaných zdrojů snižuje možnost přetížení přenosové soustavy.
- Vhodně rozmístěné výrobní jednotky (případně výroba energie přímo v objektu spotřeby) snižují ztráty v přenosových sítích, případně v distribučních sítích.
- Technologie distribuované výroby elektrické energie mohou zabezpečovat podporu sítě, čímž zvyšují její spolehlivost.
- Správně řízená distribuovaná výroba může zlepšit kontinuitu dodávek elektřiny. Při výpadku sítě mohou DZ pracovat v ostrovním provozu, který umožňuje samostatné fungování části sítě. Při výpadcích sítí mohou být některé zdroje využity pro obnovení provozu („black start“).
- Zvyšující se zastoupení obnovitelných zdrojů energie zvyšuje energetickou bezpečnost z důvodu menší závislosti na importu.
- Větší počet výrobců elektrické energie zvyšuje konkurenci na trhu.

Hlavní nevýhody distribuované výroby elektrické energie:

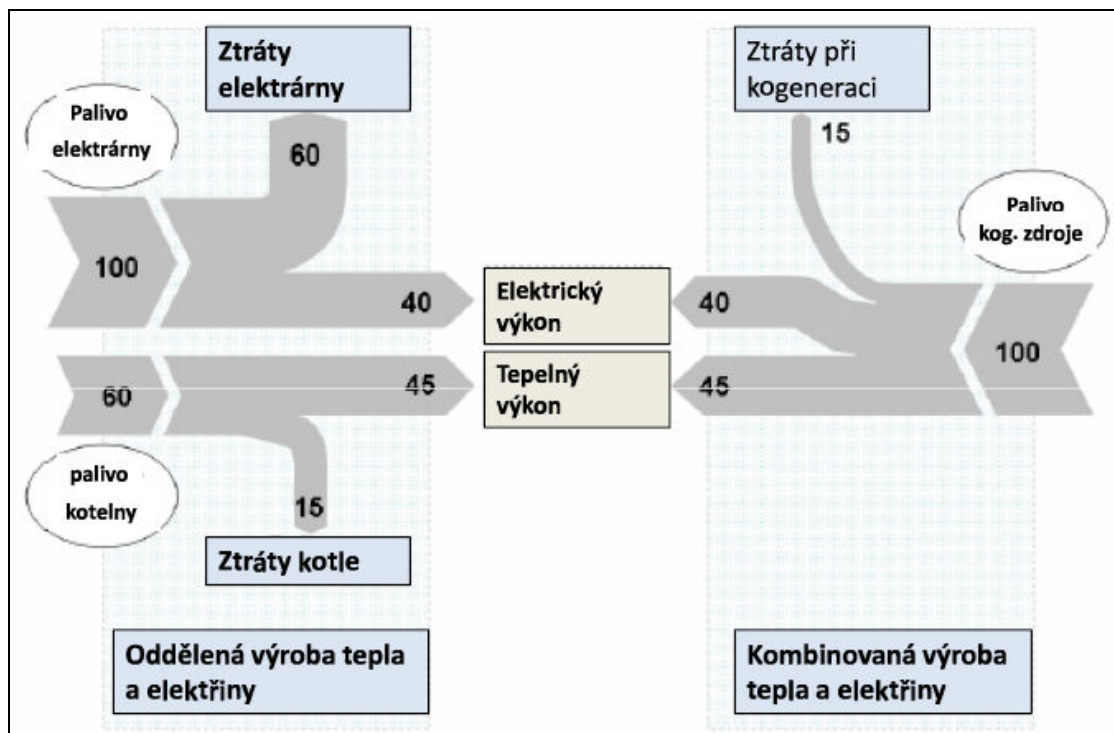
- V tradiční distribuční soustavě jsou toky elektrické energie pouze jednosměrné – od centrálních elektráren nebo rozveden k pasivním spotřebitelům. Obousměrná výměna elektrické energie, realizovaná při rozšíření distribuované výroby, vyžaduje úpravu řídicích systémů distribučních soustav.
- Při rozšíření plynových energetických zdrojů, vzrůstá závislost na importu plynu (nejistota cenového vývoje a kontinuity dodávek)
- Připojení DZ do distribuční soustavy nemění pouze toky výkonů, ale také ovlivňuje lokální napětovou a proudovou úroveň, což vyžaduje změnu ochranných prvků.
- U obnovitelných zdrojů, u kterých je výkon kolísavý v závislosti na momentálních podmínkách (větrná, slunečná energie), je náročné pro řídicí centra distribučních společností vyrovnat momentální produkci a spotřebu.

Nejdůležitější z výše uvedených vlastností jsou uvedeny v následujícím přehledu.

- Kogenerace

Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla je velice atraktivní v lokalitách, kde je relativně stálá poptávka po teple. V těchto případech může být lokální kogenerace vhodnější než nakupování elektřiny a tepla zvlášť. Tento fakt má zásadní význam pro další rozšiřování distribuovaných zdrojů energie. Celková účinnost využití primárních zdrojů energie je v případě kogenerace vyšší než v případě oddělené výroby elektřiny a tepla, nicméně využitelnost kogenerace je závislá na poptávce po teple v dané oblasti. V letním období je možné využít trigeneraci, kdy je vyrobené teplo použito v absorpčních jednotkách pro výrobu chladu. Trigenerace je však investičně nákladná a je vhodná spíše pro větší objekty s velkou potřebou chladu.

Obrázek 1: Princip kogenerace



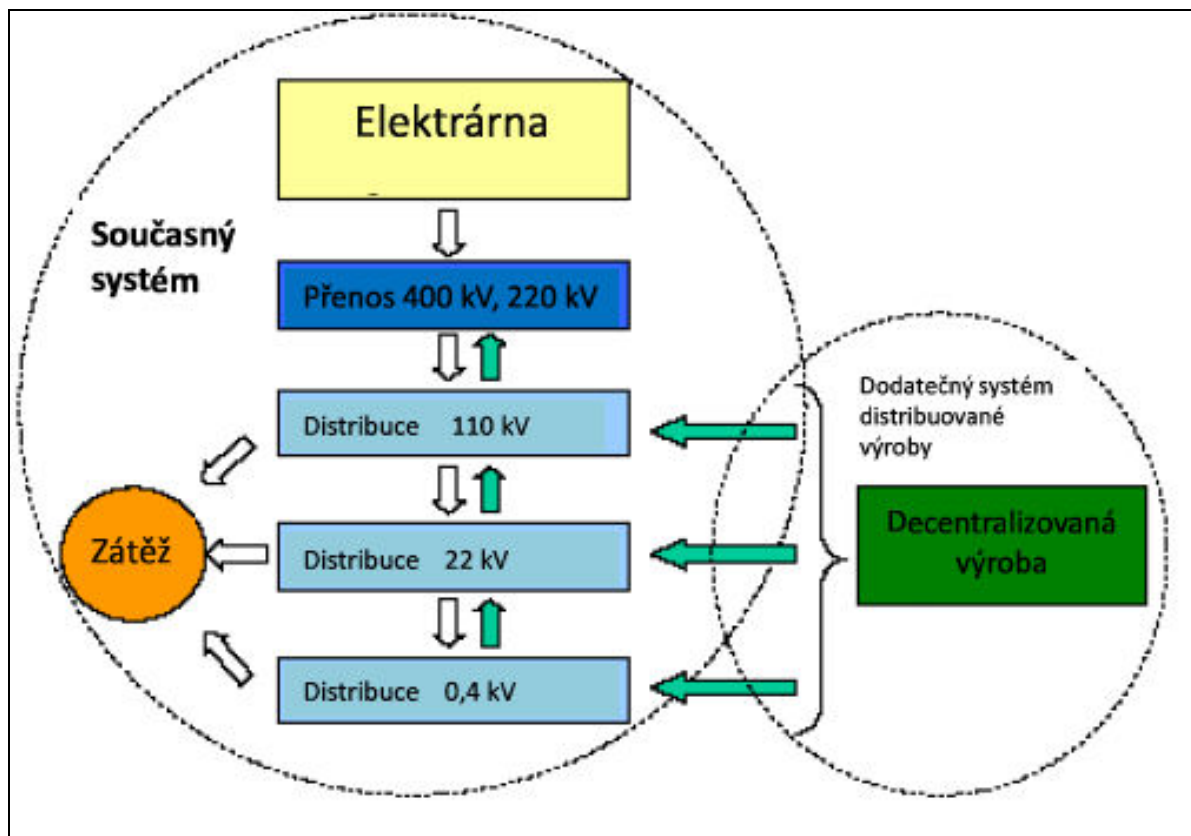
- Projektování a provoz přenosové a distribuční sítě

Rozšíření distribuovaných zdrojů energie ve vhodných lokalitách může mít několik výhod pro provoz přenosových a distribučních soustav. Zdroje připojené do distribuční sítě nebo přímo na straně spotřebitele snižují zátěž pro přenosovou soustavu. V určitých případech by to také mohlo vést ke snížení potřeby nových přenosových vedení, které jsou plánovány v důsledku velkého zatížení soustavy. Při omezení přenosu na velkou vzdálenost se také sníží ztráty ve vedení. Dalším faktorem určujícím výkon distribuovaného zdroje je konfigurace soustavy a výsledný tok

výkonů v systému. Výkon dodávaný distribuovaným zdrojem do sítě má na soustavu odlišný vliv podle místa připojení, struktury a vlastností soustavy v daném místě. To znamená, že za určitých okolností distribuovaný zdroj nijak nezmírní zatížení přenosové soustavy.

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, distribuční soustavy nebyly obecně projektovány pro připojení distribuovaných zdrojů elektrické energie, ale pro jednosměrné toky od nadřazené (přenosové soustavy) k pasivním spotřebitelům. Distribuční soustava s integrovanými distribuovanými zdroji by umožňovala obousměrné toky energií a také podporu přenosové soustavy. K tomu by byly zapotřebí úpravy řídicích systémů distribuční soustavy. Po připojení distribuovaných výrobních jednotek do soustavy by také byla zapotřebí úprava ochranných systémů sítě z důvodů změn napěťových a proudových hladin. V případě připojení zdrojů s nestabilní úrovní výkonu (slunce, vítr), musí být řídicí centra schopna tyto výkyvy vyregulovat. Schéma tradiční elektrizační soustavy a soustavy s integrovanými zdroji distribuované výroby je na obrázku 2.

Obrázek 2: Současná architektura elektrizační soustavy doplněná o distribuované zdroje energie



- Spolehlivost a bezpečnost dodávek

Vhodně provozované distribuované zdroje elektrické energie mohou zvyšovat spolehlivost dodávek tím, že v případě výpadku nadřazené soustavy mohou fungovat v ostrovním provozu a

zajišťovat energii pro svůj vlastní provoz, případně pro spotřebitele v okolí. Možnost ostrovního provozu má velký význam především pro průmyslové podniky s nepřetržitým provozem.

Při zvýšeném podílu obnovitelných zdrojů dochází ke zvýšení bezpečnosti vlivem menší závislosti na importu a diverzifikaci portfolia energetických zdrojů, některé obnovitelné zdroje však vykazují vysokou míru kolísavosti výkonu.

Plynové technologie mají výborné vlastnosti z hlediska regulovatelnosti výkonu a jsou vhodné i pro „starty ze tmy“, ale z hlediska energetické bezpečnosti vyvstává nejistota z důvodu závislosti na importu zemního plynu.

- Životní prostředí a emise

Distribuované zdroje elektrické energie mohou přispět k redukci emisí škodlivých látek jednak využitím bezemisních obnovitelných zdrojů energie, jednak využitím plynových technologií, které mají příznivější hodnoty emisí škodlivých látek v porovnání s uhelnými zdroji.

- Obchod s elektřinou

S pokračující liberalizací trhu s elektřinou vznikají příležitosti pro soukromé investory, kteří mohou svým působením zvyšovat konkurenci na trhu. Příležitost pro menší investory může být právě v distribuovaných zdrojích energie.

3 POPIS APLIKACE METODIKY LCA (LIFE CYCLE ASSESSMENT), CHARAKTERISTIKA POUŽITÉHO MODELU GEMIS

Popis aplikace metodiky LCA (Life Cycle Assessment) je vypracován v souladu s výsledky projektu Grantové agentury České republiky č. 103/07/1546 „Metodika hodnocení procesů pomocí spotřeby primární energie“ řešeného v roce 2007 odborným týmem pracovníků společnosti CITYPLAN spol. s r.o. pod vedením Prof. Ing. Jana Kartáka, DrSc.

3.1 DŮVODY K HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI PROCESŮ

V současné době je zřejmé, že s postupem doby, jak bude vzrůstat obtížnost získávání primární energie, bude rovněž růst cena všech forem užité energie. Navíc vzrůstají obavy o budoucí spolehlivost dodávek energie do Evropy. Odhaduje se, že v roce 2030 dosáhne dovoz primární energie do Evropy asi 70 % z celkem spotřebované energie. To představuje vážné riziko bezpečnosti a spolehlivosti dodávek energie. Pro posuzování jakýchkoliv procesů lidské činnosti bude proto stále důležitějším kritériem spotřeba primární energie. Pro ČR je dále charakteristické, že tuzemské zdroje primární energie nepostačují pro krytí vlastní spotřeby energie (zásoby uhlí budou v blízké době vyčerpány, vlastní zásoby ropy a zemního plynu jsou vzhledem k rozsahu spotřeby zanedbatelné), a že dovoz primární energie bude v příštích letech stále vzrůstat. Např. v roce 1995 činil dovoz energie do ČR 41,7 %, v roce 2005 již 45,44 % a v roce 2030 se předpokládá dovoz kolem 60 % z celkové vlastní spotřeby energie. Přitom ztráty energie při procesech její přeměny jsou v ČR značně velké, např. v roce 2005 činily ztráty primární energie více než 38 %. Efektivnější hospodaření s energií bude proto nutné nejen pro jednotlivé podnikatelské subjekty, spotřebitele, ale i z hlediska státní hospodářské politiky.

Energetická účinnost technologických procesů však neovlivňuje jen ekonomiku, ale také kvalitu životního prostředí. Podíl fosilních paliv v celkové spotřebě primární energie v ČR činí stále ještě kolem 59 % (r. 2006). Při spalování těchto paliv vznikají skleníkové plyny (CO₂, CH₄ aj.) způsobující skleníkový efekt a přispívající ke globálnímu oteplování a znečišťující plyny (např. SO₂, NO_x, karcinogenní uhlovodíky), které je třeba nákladně odlučovat ze spalin.

Prvním předpokladem efektivní realizace všech opatření pro zvýšení úspor a diverzifikaci primární energie je přesná znalost energetických bilancí energetických technologií. Jen tak lze porovnávat vhodnost technologií s ohledem na spotřebu energie a činit kompetentní rozhodnutí o jejich využití. Dosud se pro posouzení relativní spotřeby energie jednotlivých technologií používalo kritérium energetické účinnosti. Jak se ukazuje, toto kritérium je v některých případech méně vhodné, protože neukazuje explicitně požadavky na celkovou spotřebu primární energie vyšetřovaného procesu.

3.2 METODA FAKTORŮ PRIMÁRNÍ ENERGIE

V poslední době se v energetických systémech začínají používat alternativní technologie a nejrůznější zdroje primární energie. Při posuzování těchto, často značně různorodých technologií, již nestačí používat energetickou účinnost, vztahující se pouze na konečný proces výroby užitečné energie. Řetězec pomocných procesů před vlastním vyšetřovaným procesem se může v jednotlivých případech podstatně lišit a celková spotřeba energie může být různá. Tuto skutečnost je třeba respektovat a každý proces je nutné hodnotit tzv. metodou posuzování životního cyklu, obecně známé pod zkratkou LCA (Life Cycle Assessment). Je to jedna z metod environmentálního managementu, která hodnotí environmentální aspekty a možné dopady výrobku nebo činnosti na životní prostředí v průběhu celého životního cyklu, to znamená od získávání nebo těžby surovin přes výrobu výrobků, jejich užívání až po odpad. V energetice se metoda hodnocení pomocí spotřeby primární energie objevila již v 70. letech v německé směrnici VDI 4600, která uvádí pravidla pro výpočet součtu všech vstupů primární energie do vyšetřovaného procesu. V roce 2001 byla vydána norma DIN V 4701 Teil 10 pro energetické hodnocení vytápěcích a vzduchotechnických zařízení, která však do součtu spotřebovaných primárních zdrojů zahrnuje i spotřebu pitné vody.

3.3 EVROPSKÝ NORMATIVNÍ RÁMEC

Evropská unie vydala v říjnu 2005 návrh normy EN 15316-4-5, která obsahuje metodiku výpočtu kritéria „faktor primární energie“, jež má umožnit přesnější hodnocení technologických systémů z hlediska spotřeby energie. Hodnotí se energie spotřebovaná nejen při procesu samotném, ale také při těžbě, zpracování a dopravě nosičů potřebné primární energie, např. paliv, elektřiny, energetických zdrojů. V roce 2007 byl uvedený návrh normy přijat jako současně platná norma EN 15316-4-5, která se v podstatě neliší od původního návrhu.

Faktor primární energie je definován jako podíl celkem spotřebované primární energie pro daný proces a dodané užitečné energie procesem. Norma definuje analogicky též faktor neobnovitelné primární energie, který uvažuje pouze neobnovitelnou celkem spotřebovanou primární energii. Primární energie je definována jako energie, která neprošla žádným transformačním procesem.

Výpočet faktorů primární energie je však komplikovaný, časově náročný a nemusí být vždy jednoznačný. V dodatku uvedené normy je proto uvedeno několik informativních hodnot faktorů primární energie pro nejčastěji používané nosiče energie, což má usnadnit použití normy v praxi. Procesní řetězec, pro který jsou tyto faktory počítány, však není přesněji definován, takže hodnoty se mohou v konkrétních případech lišit od skutečnosti. Hodnoty faktorů primární energie uvedené v normě svádí ke snadnému a rychlému výpočtu, jehož výsledky však nemusí odpovídat skutečnosti a posuzování jednotlivých procesů může být zkresleno. Norma proto doporučuje vytvořit zvláštní přílohu s daty použitelnými pro výpočet faktorů primární energie v daném regionu. Výpočet spotřeby a vynaložení primární energie, popř. výpočet faktorů primární energie značně usnadňuje výpočtový program GEMIS.

3.4 VÝPOČET FAKTORŮ PRIMÁRNÍ ENERGIE

Norma EN 15316-4-5 definuje dvě základní kritéria:

Faktor primární energie f_P (primary energy factor), což je celková spotřeba primární energie Q_P vyšetřovaného systému dělená celkovou výstupní využitou energií Q_C :

$$f_P = \frac{Q_P}{Q_C}.$$

Faktor primární energie je tedy poměrná celková spotřeba primární energie pro vyšetřovaný proces. Vztahuje se vždy na celý procesní řetězec od získání primární energie až po dodanou energii. Primární energie je definována jako energie, která neprošla žádným transformačním procesem (je tedy dostupná v přírodě). Primární energie na vstupu do vyšetřovaného systému Q_P je energie obsažená nejen v nosiči energie (např. palivu), ale také energie potřebná pro těžbu tohoto paliva, rafinaci, uskladnění, dopravu, úpravu, transformaci, distribuci apod. Energií obsaženou v palivu lze vypočítat jako součin množství paliva a výhřevnosti nebo spalného tepla.

Faktor neobnovitelné primární energie (primary resource energy factor) je definován analogicky, jen za Q_P se v předchozím vztahu dosazuje pouze neobnovitelná (fosilní) energie.

Pomocí uvedených dvou faktorů lze posuzovat daný proces z hlediska environmentálního a udržitelného rozvoje. Při hodnocení jednoduchých procesů se obvykle používá vztah

$$f_P = \frac{Q_F}{Q_C} \cdot f_{P,F},$$

kde Q_F je celková spotřeba energie na vstupu do vyšetřovaného procesu, poměr Q_F / Q_C je převrácenou hodnotou energetické účinnosti vyšetřovaného procesu a $f_{P,F}$ faktor primární energie nosiče energie (např. paliva) pro celý řetězec procesů od jeho získání až po vstup do vyšetřovaného procesu.

Pro každý proces lze vypočítat faktor primární energie a faktor primární neobnovitelné energie. **Rozdíl hodnot těchto faktorů dává hodnotu faktoru obnovitelné energie.** Jestliže se v systému spotřebovává pouze energie obnovitelná, k jejímuž získání a manipulaci s ní není potřeba žádná neobnovitelná energie, je faktor primární neobnovitelné energie roven nule. V případě, že je faktor primární energie větší než 2, spotřebuje se v procesu více energie, než se vyrobí. Vyrábí-li se v procesu energie s vysokou účinností a nahrazuje-li se touto energií energie vyrobená v jiném (neanalyzovaném) procesu s horší účinností (např. elektřina z kogenerace nahrazuje elektřinu z kondenzačních elektráren), může být faktor primární energie záporný (celková spotřeba primární energie se snižuje).

Při zpracování tohoto projektu budou zahrnuty přímé (těžba, transformace) i nepřímé (energie na výstavbu a dopravní procesy) energetické toky.

Kumulovaná spotřeba primární energie, KEV (Kumulierter Energieverbrauch, CEC – Cumulated Energy Consumption) – ukazatel zavedený v GEMIS od verze 4.2, zahrnuje primární spotřebu energie vyšetřovaného procesu, avšak bez uvážení tepelného obsahu (výhřevnosti) látek, které mohou být použity jako stavební nebo konstrukční (např. stavební dřevo, papír, plasty). Tato charakteristika se používá výhradně pro energetické účely.

Hodnota KEV odpovídá kritériu faktor spotřeby primární energie definované evropskou normou EN 15316-4-5 v případě, že je vypočtena pro jednotku výstupu. GEMIS počítá spotřebu neobnovitelné, obnovitelné, ostatní (odpadní) i celkové primární energie, takže lze určit oba faktory primární energie – celkové i neobnovitelné.

V případě analýzy procesů počítá program GEMIS přímo kumulovanou spotřebu energie (KEV), takže je-li výpočet vztažen na jednotku výstupního produktu procesu, odpovídá hodnota KEV faktoru primární energie. Uvedené hodnoty faktorů primární energie byly počítány pomocí programu GEMIS verze 4.4. Při porovnání s novou verzí programu se mohou výsledky lišit (pokud byla v nové verzi upravena nebo zpřesněna vstupní data).

3.5 PŘEDPOKLADY

Lineární bilanční model GEMIS byl vytvořen pracovníky Öko-Institut Darmstadt, Německo, ve spolupráci s vědeckými a univerzitními pracovišti v řadě zemí světa (podrobněji viz [www stránky Öko-Institut Darmstadt: http://www.oeko.de/service/gemis/](http://www.oeko.de/service/gemis/)). Procesy pro české prostředí byly vytvořeny a jsou pravidelně aktualizovány v CITYPLAN, spol. s r.o.

Investiční, provozní a variabilní náklady jsou přibližnými hodnotami – jedná se o výsledek expertních analýz a vycházejí ze současných cenových relací.

GEMIS počítá s určitou přesností, takže v případě malých hodnot (např. faktor obnovitelné primární energie u elektráren spalujících fosilní paliva nebo u variabilních nepalivových nákladů u kotlů na zemní plyn) se mohou lišit. V případě záporných hodnot např. emisí CO₂-ekvivalentu představují tyto hodnoty bonus, tedy snížení produkce při klasické monovýrobě tepla.

4 TECHNOLOGIE

Analýza LCA je provedena pro v současnosti či v blízké budoucnosti v ČR využitelné technologie pro výrobu elektřiny a tepla využívající fosilní či jaderná paliva a obnovitelné zdroje. Spočteny jsou přímé i nepřímé vlivy celého analyzovaného procesu a to včetně vlivů pro výrobu a úpravu hlavních potřebných materiálů dané technologie a dopravních procesů.

Do procesů monovýroby elektrické energie byly vybrány následující procesy:

- Hnědouhelná elektrárna, účinnost 43 % brutto;
- Černouhelná elektrárna, účinnost 45 % brutto;
- Jaderná elektrárna 3. generace, účinnost 34 %;
- Paroplynová elektrárna – zemní plyn, účinnost 57%;

Do procesů kogeneračních zdrojů byly vybrány následující:

- Motorová kogenerace - zemní plyn
- Motorová kogenerace - bioplyn
- Hnědouhelná teplárna, protitlaká turbína
- Paroplynová teplárna – zemní plyn
- Kogenerační jednotka na biomasu, technologie ORC

Z obnovitelných zdrojů pro monovýrobu elektrické energie byly hodnoceny:

- Fotovoltaická elektrárna
- Větrná elektrárna
- Malá vodní elektrárna

4.1 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH PROCESŮ

Charakteristiky procesů jsou popsány v souladu s popisem v programu GEMIS. V procesních řetězcích jsou proto uváděny vždy (originální) názvy těchto procesů.

4.1.1 Hnědouhelná elektrárna (HU)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 660 MW

Doba využití: 6 000 h/r

Životnost: 30 let

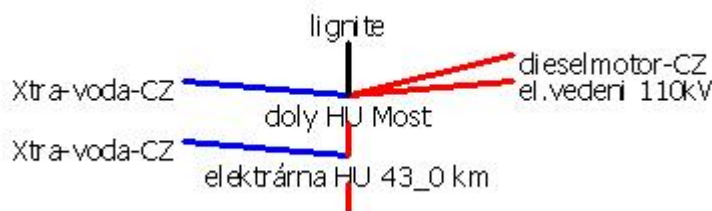
Palivo: hnědé elektrárenské uhlí

Doprava paliva: bez dopravy

Účinnost: 43% brutto, 42% netto

Investiční náklady: 33 000 Kč/kW

Obrázek 3: Procesní řetězec – hnědouhelná elektrárna



4.1.2 Černouhelná elektrárna (CU)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 660 MW

Doba využití: 6 000 h/r

Životnost: 30 let

Palivo: černé uhlí (Polsko)

Doprava paliva: vlak 100 km

Účinnost: 45,5% brutto, 44,5% netto

Investiční náklady: 33 000 Kč/kW

Obrázek 4: Procesní řetězec – černouhelná elektrárna



4.1.3 Paroplynová elektrárna (GTCC – gas turbine combined cycle)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 450 MW

Doba využití: 6 000 h/r

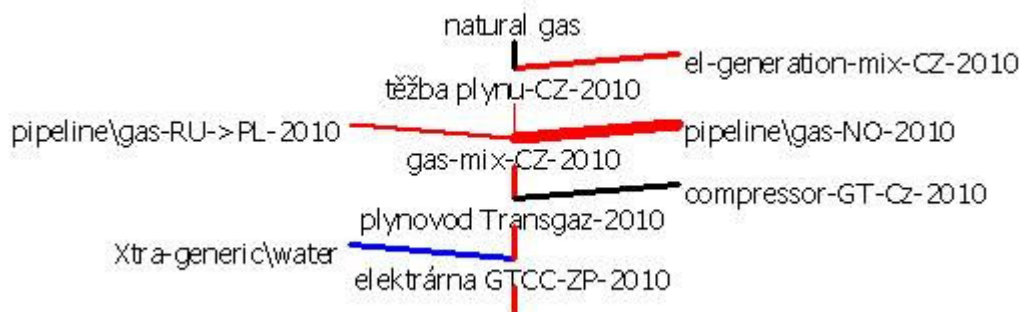
Životnost: 15 let

Palivo: zemní plyn

Účinnost: 57%

Investiční náklady: 12 000 Kč/kW

Obrázek 5: Procesní řetězec – paroplynová elektrárna



4.1.4 Jaderná elektrárna (JE)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 1450 MW

Doba využití: 6 500 h/r

Životnost: 30 let

Palivo: obohacený uran

Doprava paliva: vlak 1000 km

Účinnost: 34%

Investiční náklady: 53 200 Kč/kW

Obrázek 6: Procesní řetězec – jaderná elektrárna



4.1.5 Motorová kogenerace – zemní plyn (Tp motor ZP)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 1000 kW

Doba využití: 4000 h/r

Životnost: 15 let

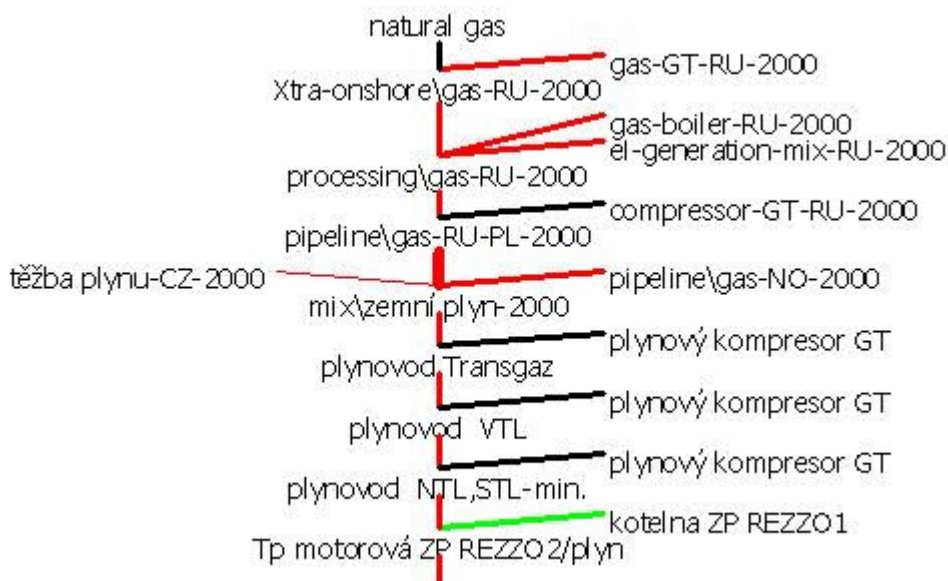
Palivo: zemní plyn

Účinnost: 35,4%

Investiční náklady: 21 000 Kč/kW

Vázaný produkt: teplo 1,5 MWh/MWh, vyrobené teplo nahrazuje plynovou kotelnu

Obrázek 7: Procesní řetězec – motorová kogenerace (zemní plyn)



4.1.6 Motorová kogenerace – bioplyn (TP motor bioplyn)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 500 kW

Doba využití: 6000 h/r

Životnost: 15 let

Palivo: bioplyn z mokré fermentace zemědělské biomasy

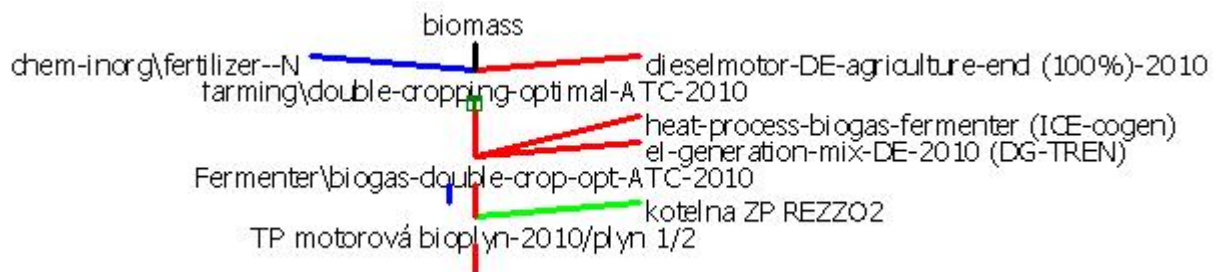
Účinnost: 35 %

Investiční náklady: 15 000 Kč/kW

Vázaný produkt: teplo 0,671 MWh/MWh

50 % tepla je využito pro technologii fermentátoru, 50 % nahrazuje plynovou kotelnu

Obrázek 8: Procesní řetězec – motorová kogenerace (bioplyn)



4.1.7 Hnědouhelná teplárna (Tp HU)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 20 MW

Doba využití: 4000 h/r

Životnost: 30 let

Palivo: hnědé uhlí

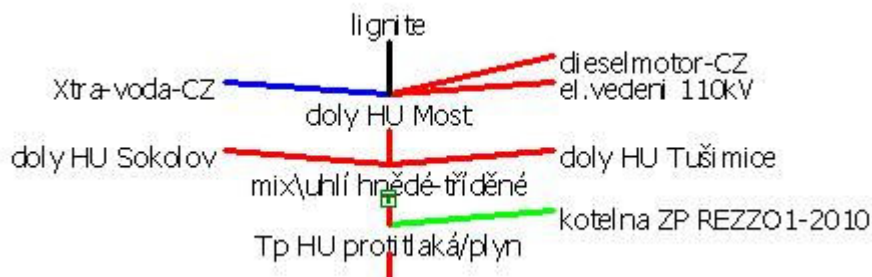
Doprava paliva: vlak 150 km

Účinnost: 24%

Investiční náklady: 40 000 Kč/kW

Vázaný produkt: teplo 2 MWh/MWh, vyrobené teplo nahrazuje plynovou kotelnu

Obrázek 9: Procesní řetězec – hnědouhelná teplárna



4.1.8 Paroplynová teplárna (Tp GTCC)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 100 MW

Doba využití: 4000 h/r

Životnost: 15 let

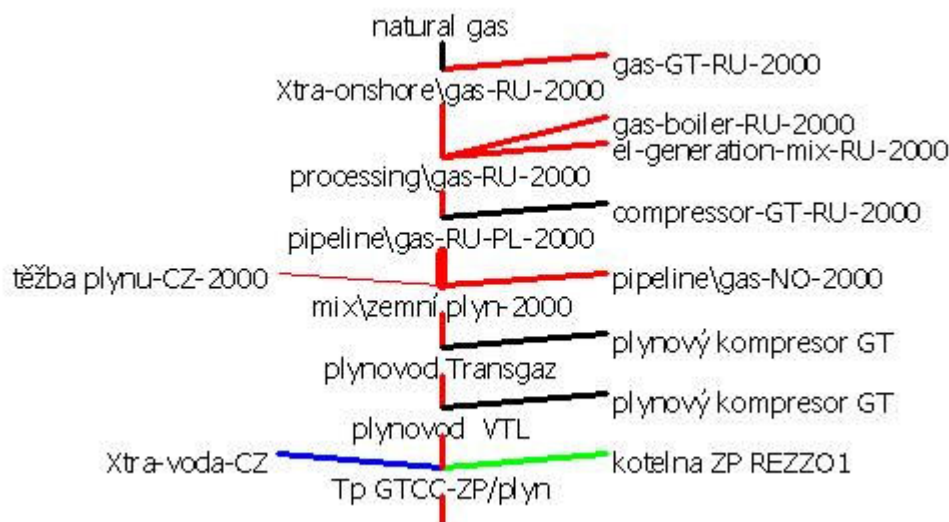
Palivo: zemní plyn

Účinnost: 45%

Investiční náklady: 17 100 Kč/kW

Vázaný produkt: teplo 0,86 MWh/MWh, vyrobené teplo nahrazuje plynovou kotelnu

Obrázek 10: Procesní řetězec – paroplynová teplárna



4.1.9 Kogenerační jednotka na biomasu, technologie ORC (Tp biomasa ORC)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 600 kW

Doba využití: 4000 h/r

Životnost: 15 let

Palivo: dřevní odpad

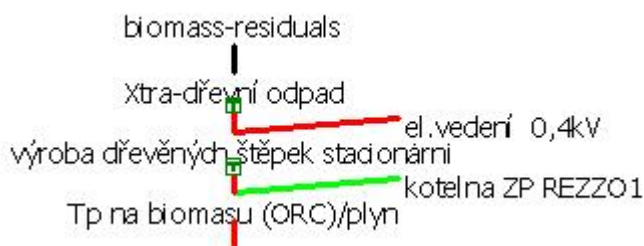
Doprava paliva: nákladní auto 15 km

Účinnost: 14,1 %

Investiční náklady: 150 000 Kč/kW

Vázaný produkt: teplo 4,66 MWh/MWh, vyrobené teplo nahrazuje plynovou kotelnu

Obrázek 11: Procesní řetězec – kogenerační jednotka na biomasu



4.1.10 Fotovoltaická elektrárna (FV)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 3,168 kW

Doba využití: 935 h/r

Životnost: 30 let

Investiční náklady: 130 000 Kč/kW

4.1.11 Větrná elektrárna (VT)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 1000 kW

Doba využití: 1900 h/r

Životnost: 20 let

Investiční náklady: 38 000 Kč/kW

4.1.12 Malá vodní elektrárna (MVE)

Základní technické a ekonomické parametry

Výkon: 100 kW

Doba využití: 3950 h/r

Životnost: 50 let

Investiční náklady: 80 000 Kč/kW

5 POROVNÁNÍ SCÉNÁŘŮ

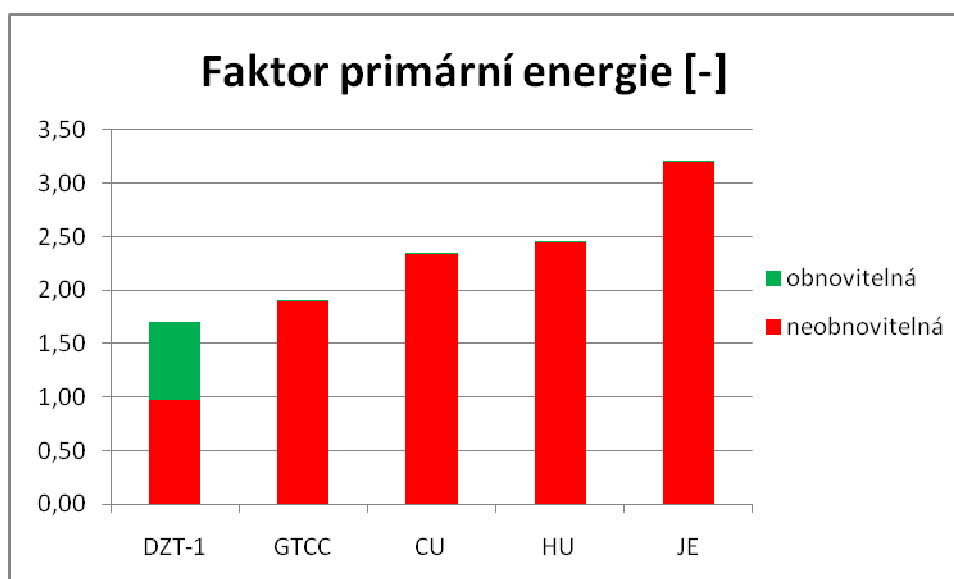
V následující kapitole je vyhotoveno několik scénářů možného vývoje výroby elektřiny a tepla do roku 2040. Jsou vyhotoveny dvě varianty pro decentralizované kogenerační zdroje, dvě varianty pro centralizované kogenerační zdroje. Ve všech variantách je porovnáván mix kogeneračních zdrojů s monovýrobou elektřiny ve velkých elektrárnách. V poslední variantě jsou porovnány všechny výše uvedené jednotlivé zdroje (+ obnovitelné zdroje s monovýrobou el. energie – fotovoltaická elektrárna, větrná elektrárna, malá vodní elektrárna) pro jednotkové množství vyrobené elektrické energie. Při porovnávání zdrojů jsou dány do rovnosti elektrické výkony, přičemž bonusové teplo vyrobené v kogeneračních zdrojích je zohledněno odečtením parametrů odpovídajících výrobě stejného množství tepla v plynové kotelně (tj. např. od emisí vzniklých při výrobě v kogeneračním zdroji jsou odečteny emise, které by vznikly při výrobě stejného množství tepla v plynové kotelně). Z tohoto důvodu v některých scénářích mohou vyjít pro některé zdroje záporné emise, a to v případě, kdy samostatná kotelná produkuje více emisí než kogenerační zdroj se stejným objemem výroby tepla.

5.1 DECENTRALIZOVANÉ KOGENERACNÍ ZDROJE – VARIANTA 1

Varianta 1 počítá s objemem výroby elektrické energie v decentralizovaných kogeneračních zdrojích ve výši **600 GWh**. Z toho připadá **500 GWh na plynové kogenerační zdroje** a **100 GWh na bioplynové kogenerační zdroje**. Kogenerační mix (DZT-1) je porovnáván s monovýrobou elektrické energie v těchto elektrárnách – hnědouhelná elektrárna (HU), černouhelná elektrárna (CU), jaderná elektrárna (JE), paroplynová elektrárna (GTCC). U těchto elektráren je počítáno pouze s výrobou elektrické energie bez využití odpadního tepla.

5.1.1 Faktory primární energie

Obrázek 12: Varianta DZT-1, faktory primární energie

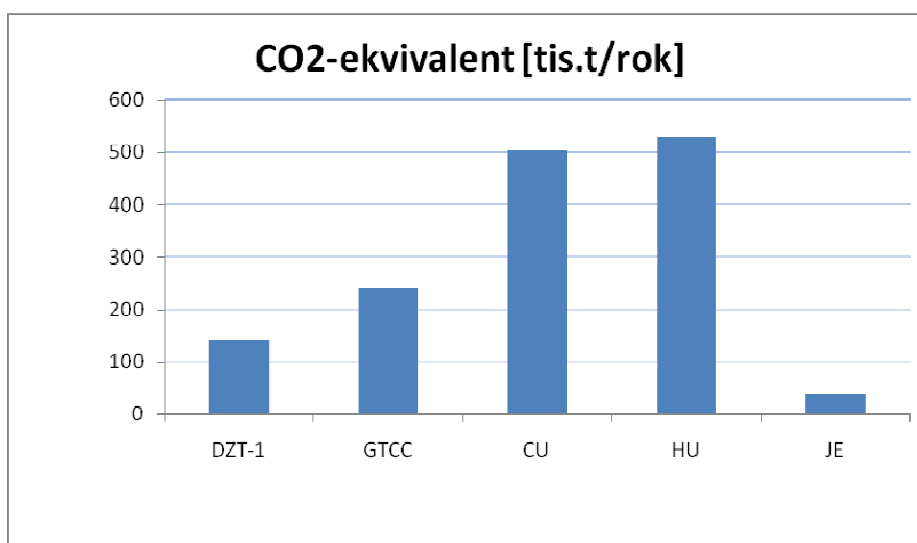


Tabulka 2: Varianta DZT-1, faktory primární energie

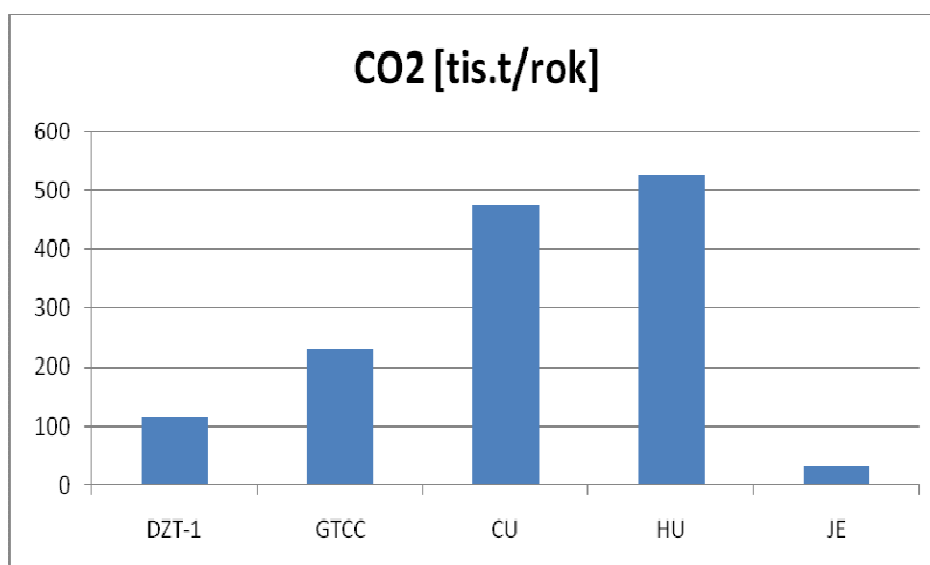
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
DZT-1	1,71	0,97	0,73
GTCC	1,90	1,90	0,00
CU	2,35	2,34	0,00
HU	2,46	2,46	0,00
JE	3,22	3,20	0,01

5.1.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 13: Varianta DZT-1, emise CO₂ - ekvivalent



Obrázek 14: Varianta DZT-1, emise CO₂

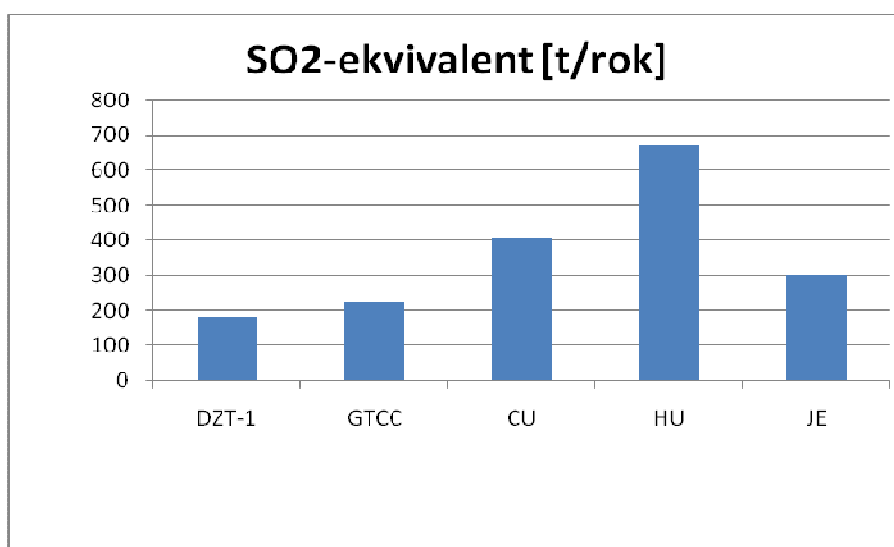


Tabulka 3: Varianta DZT-1, emise skleníkových plynů

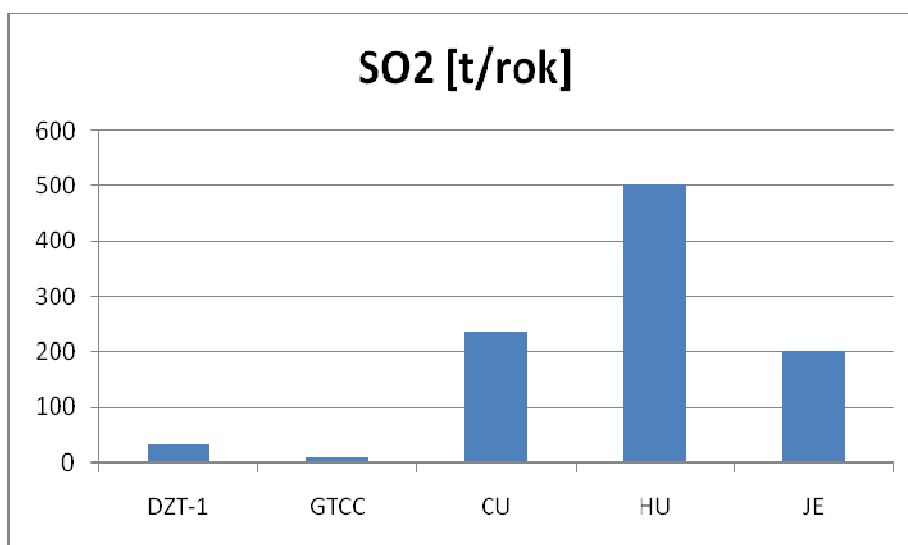
skleník. Plyn	zdroj	CO2-ekvivalent [kt]	CO2 [kt]
	DZT-1	141	116
	GTCC	242	230
	CU	505	477
	HU	530	525
	JE	38	35

5.1.3 Produkce plyných emisí

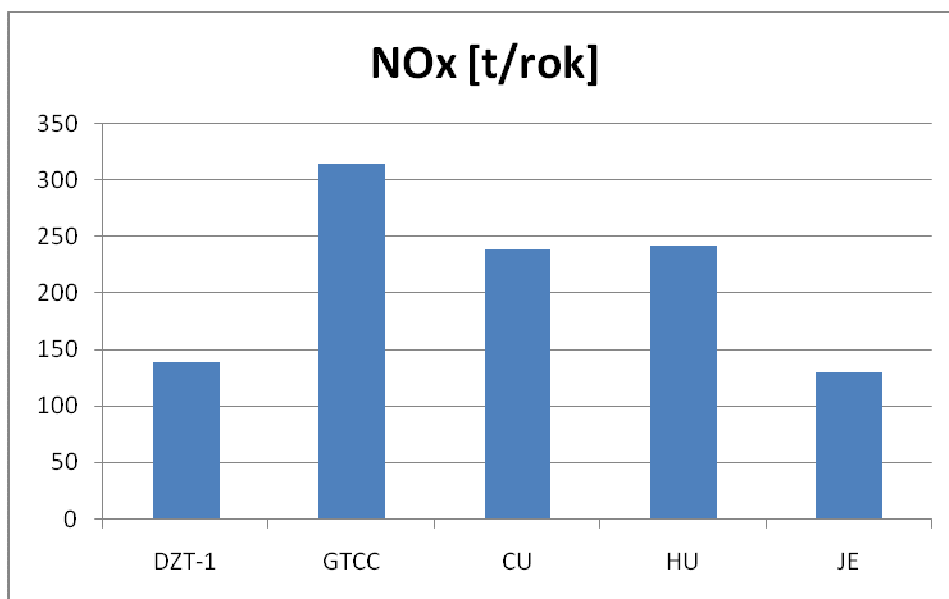
Obrázek 15: Varianta DZT-1, emise SO₂ - ekvivalent



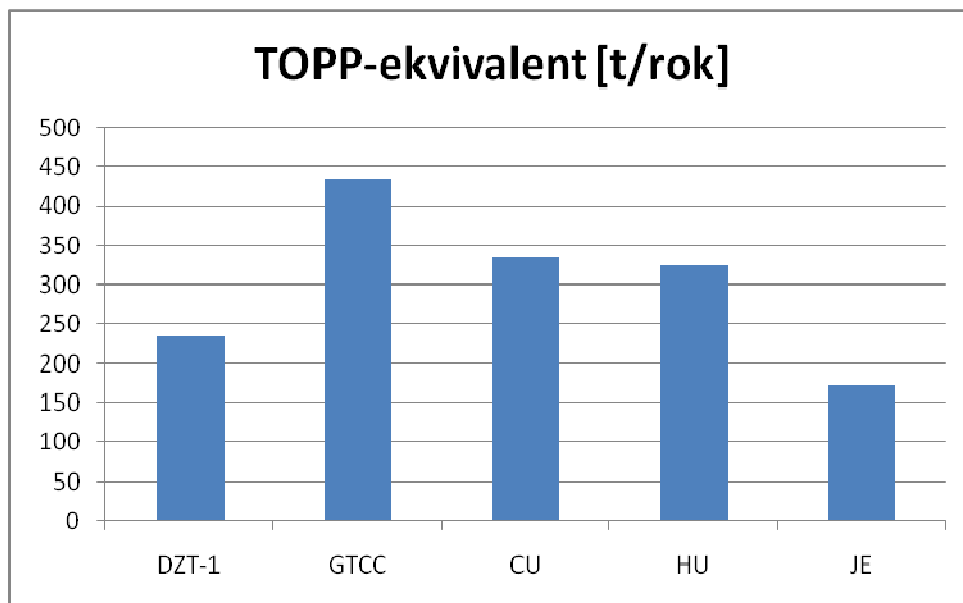
Obrázek 16: Varianta DZT-1, emise SO₂



Obrázek 17: Varianta DZT-1, emise NO_x

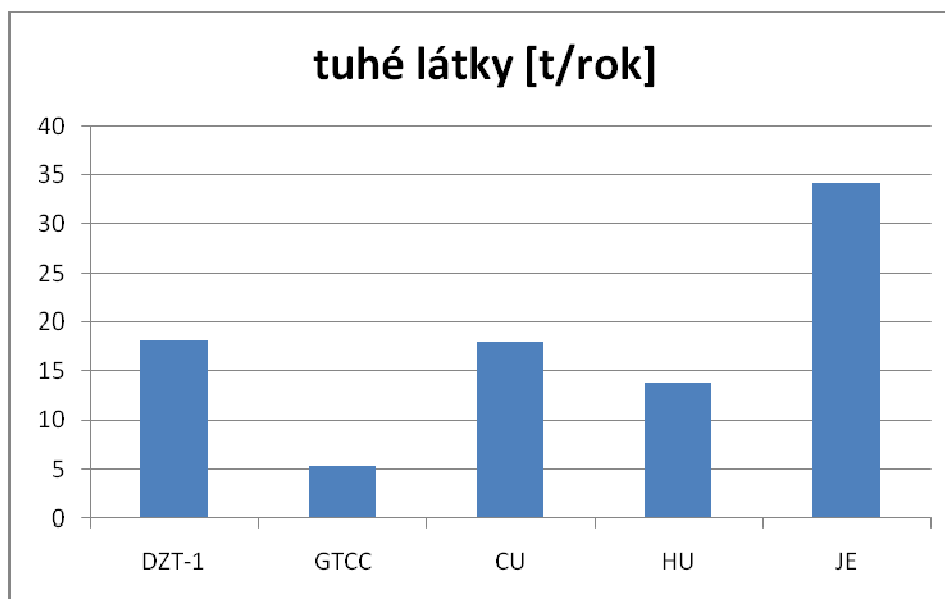


Obrázek 18: Varianta DZT-1, emise TOPP-ekvivalent



TOPP = tropospheric ozone precursor potential (potenciál původců troposférického ozónu)

Obrázek 19: Varianta DZT-1, emise tuhých látek

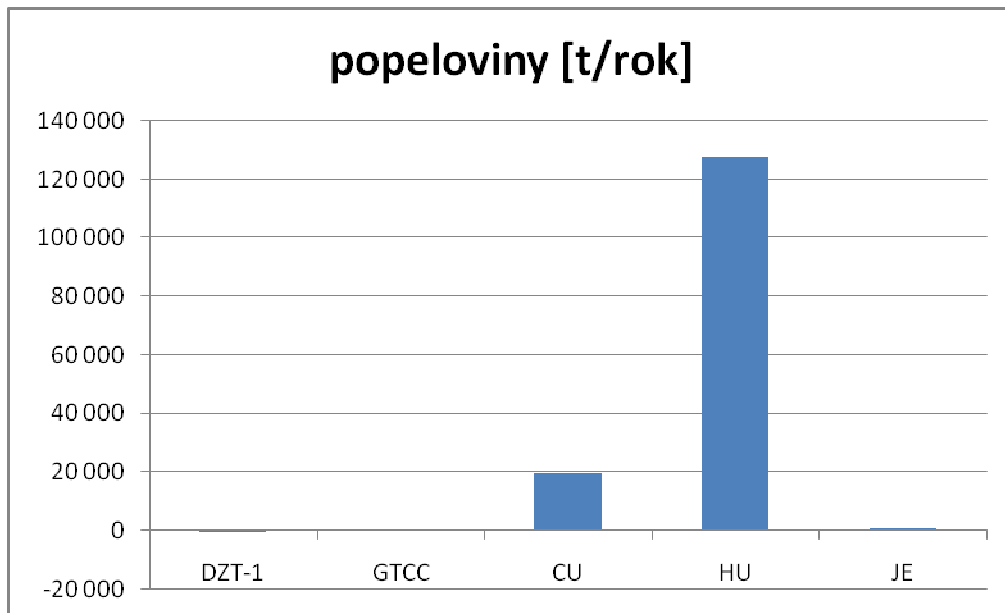


Tabulka 4: Varianta DZT-1, produkce plynných emisí

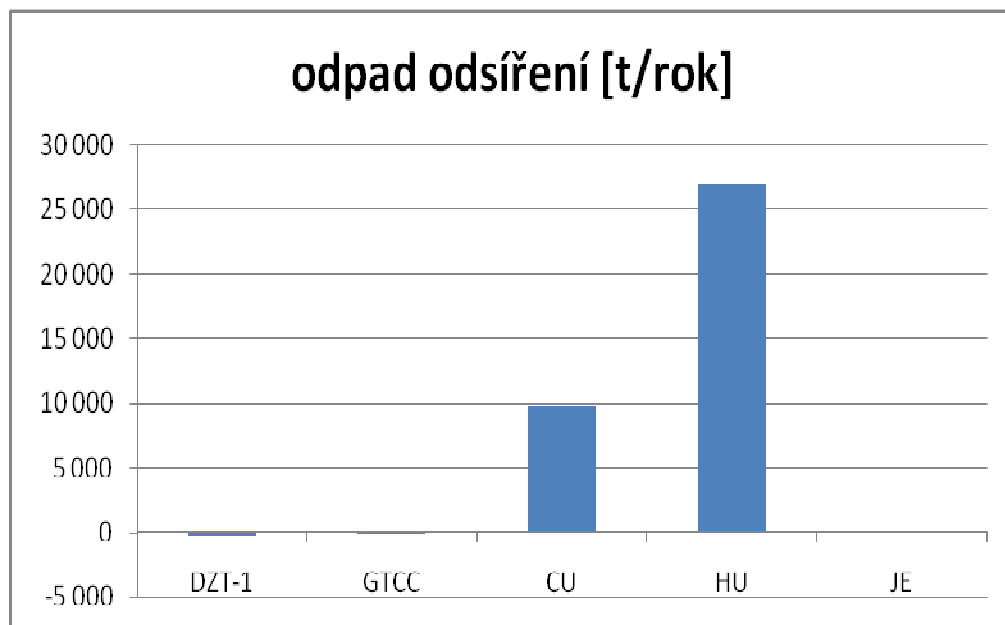
plyn. Emise	zdroj	TOPP-ekvivalent [t]	SO ₂ -ekvivalent [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	tuhé látky [t]
	DZT-1	236	184	31	138	18
	GTCC	435	226	6	315	5
	CU	336	409	237	239	18
	HU	325	674	503	242	14
	JE	172	304	202	130	34

5.1.4 Základní pevné odpady

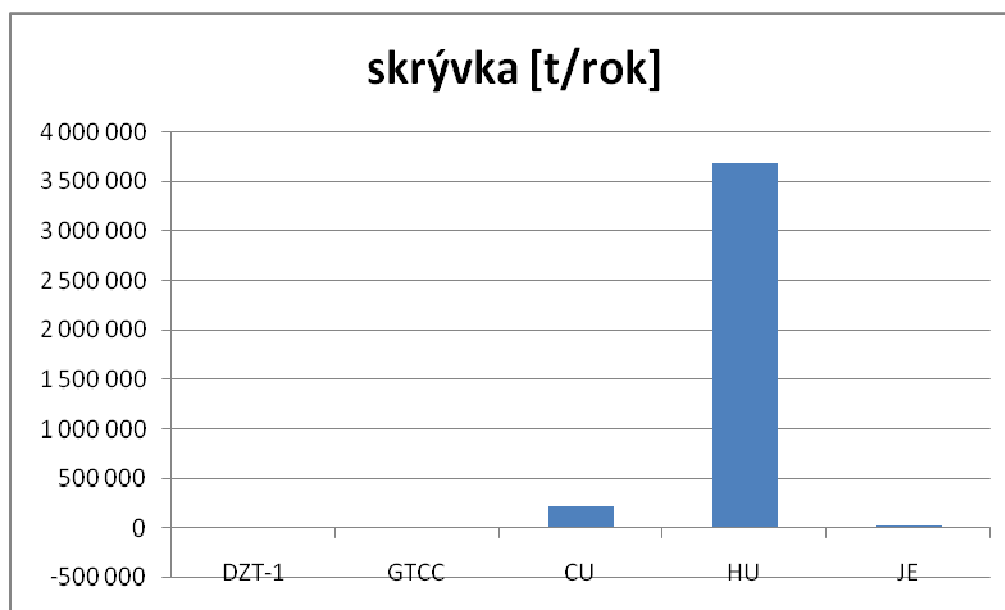
Obrázek 20: Varianta DZT-1, produkce popelovin



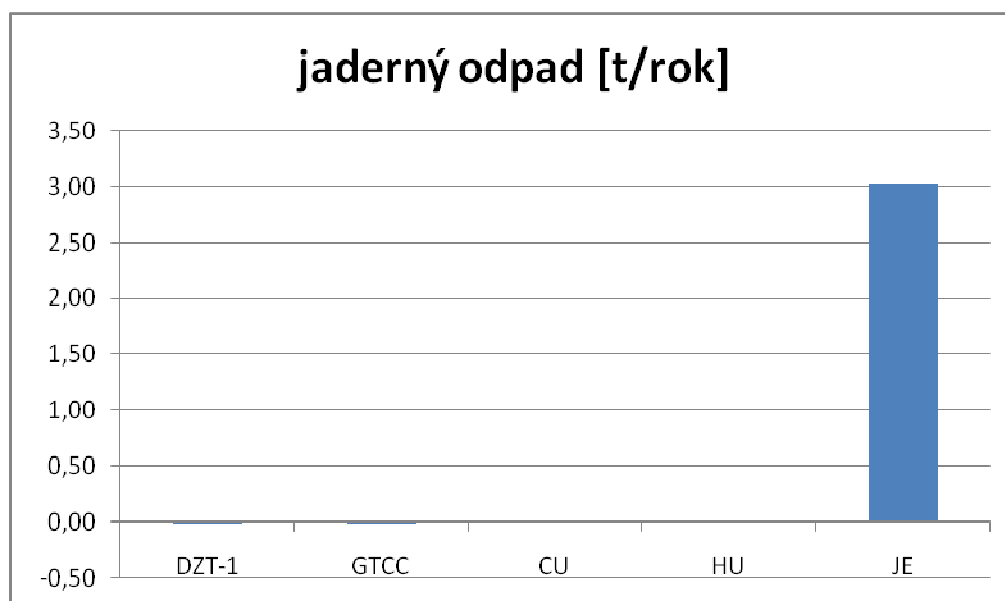
Obrázek 21: Varianta DZT-1, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 22: Varianta DZT-1, produkce skrávky



Obrázek 23: Varianta DZT-1, produkce jaderného odpadu

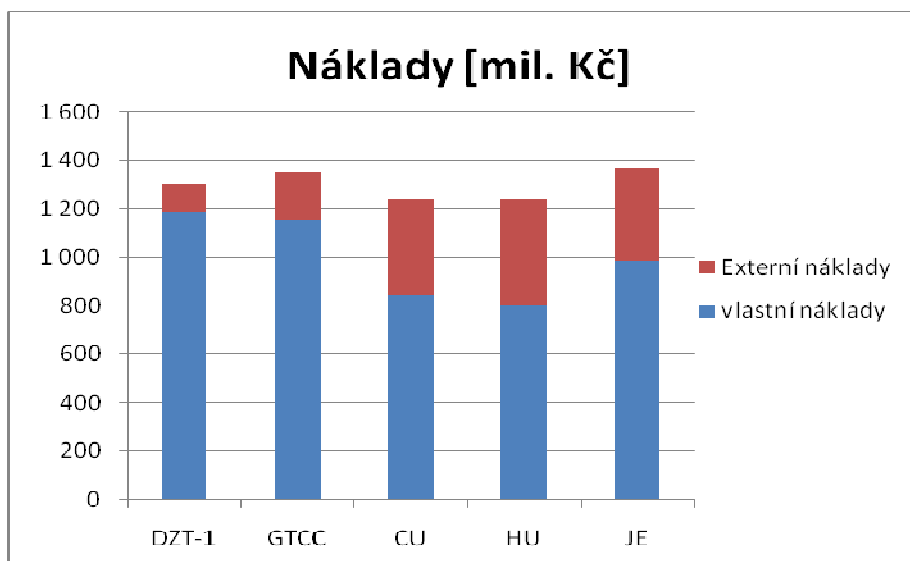


Tabulka 5: Varianta DZT-1, základní pevné odpady

pevné odpady	zdroj	popeloviny [t]	odpad odsíření [t]	skrávka [t]	jaderný odpad [t]
	DZT-1	-689	-229	-10 461	0,00
	GTCC	51	8	4 222	0,00
	CU	19 578	9 792	206 833	0,01
	HU	127 515	26 993	3 686 489	0,02
	JE	736	78	21 172	3,04

5.1.5 Náklady

Obrázek 24: Varianta DZT-1, výrobní náklady



Tabulka 6: Varianta DZT-1, výrobní náklady

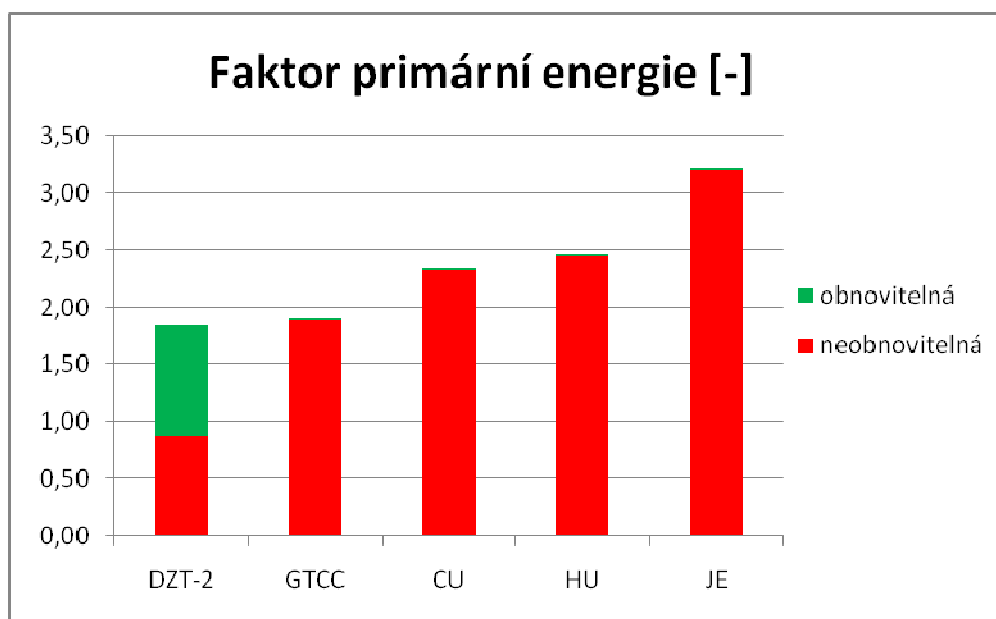
náklady	zdroj	vlastní náklady [mil. Kč]	Externí náklady [mil. Kč]	Celkové náklady [mil. Kč]
	DZT-1	1 192	113	1 305
	GTCC	1 159	195	1 354
	CU	841	400	1 241
	HU	801	439	1 240
	JE	987	382	1 369

5.2 DECENTRALIZOVANÉ KOGENERAČNÍ ZDROJE – VARIANTA 2

Varianta 2 počítá s objemem výroby elektrické energie v decentralizovaných kogeneračních zdrojích ve výši **900 GWh**. Z toho připadá **700 GWh na plynové kogenerační zdroje** a **200 GWh na bioplynové kogenerační zdroje**. Ostatní zdroje jsou stejné jako v případě varianty 1.

5.2.1 Faktory primární energie

Obrázek 25: Varianta DZT-2, faktory primární energie

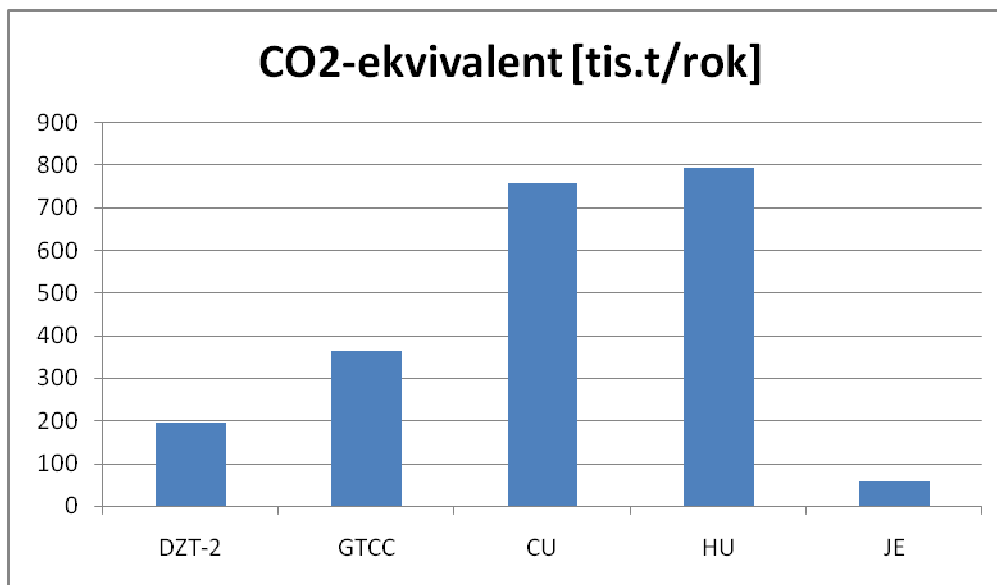


Tabulka 7: Varianta DZT-2, faktory primární energie

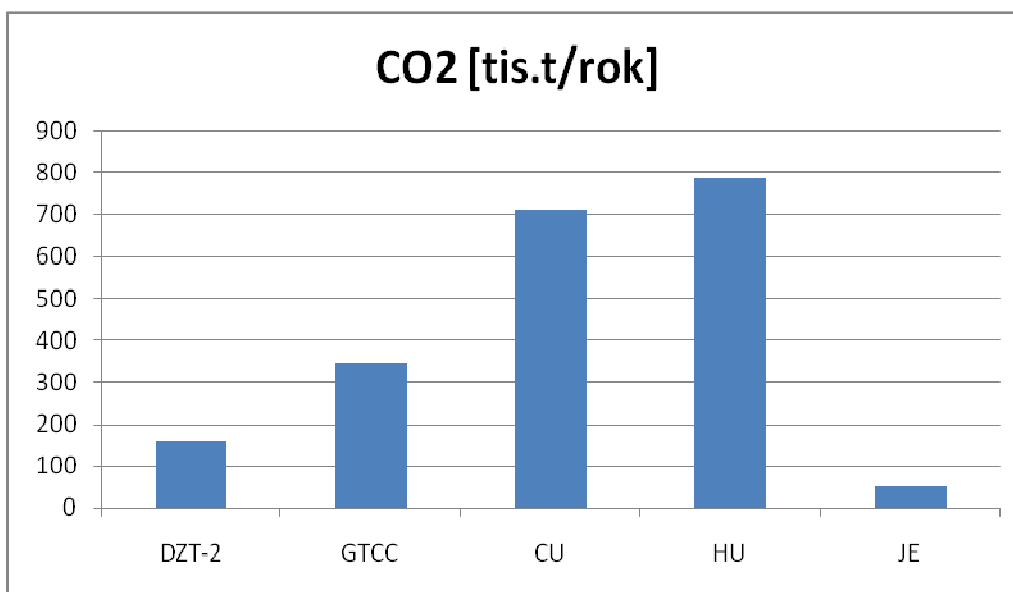
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
DZT-2	1,85	0,87	0,98
GTCC	1,90	1,90	0,00
CU	2,35	2,34	0,00
HU	2,46	2,46	0,00
JE	3,22	3,20	0,01

5.2.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 26: Varianta DZT-2, emise CO₂ - ekvivalent



Obrázek 27: Varianta DZT-2, emise CO₂

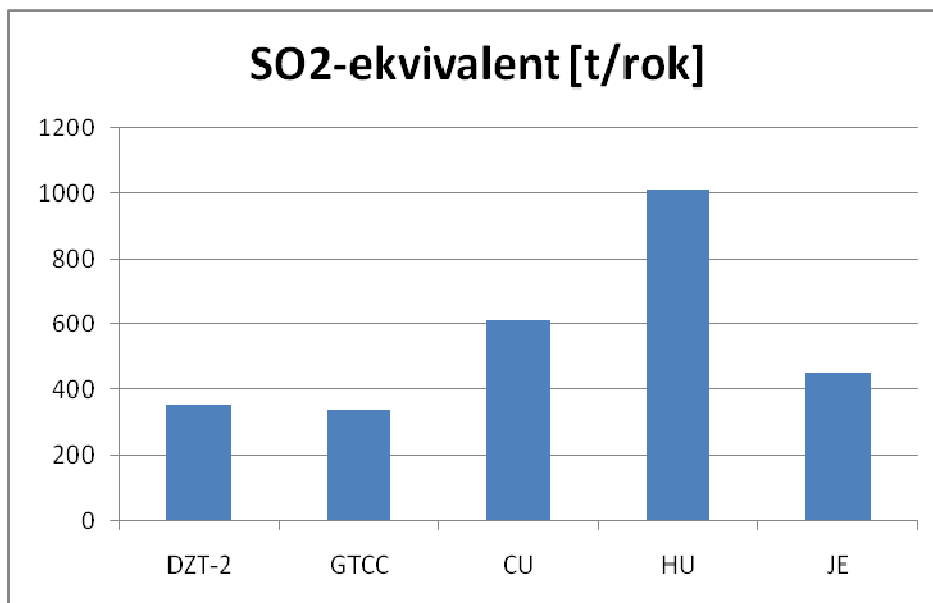


Tabulka 8: Varianta DZT-2, emise skleníkových plynů

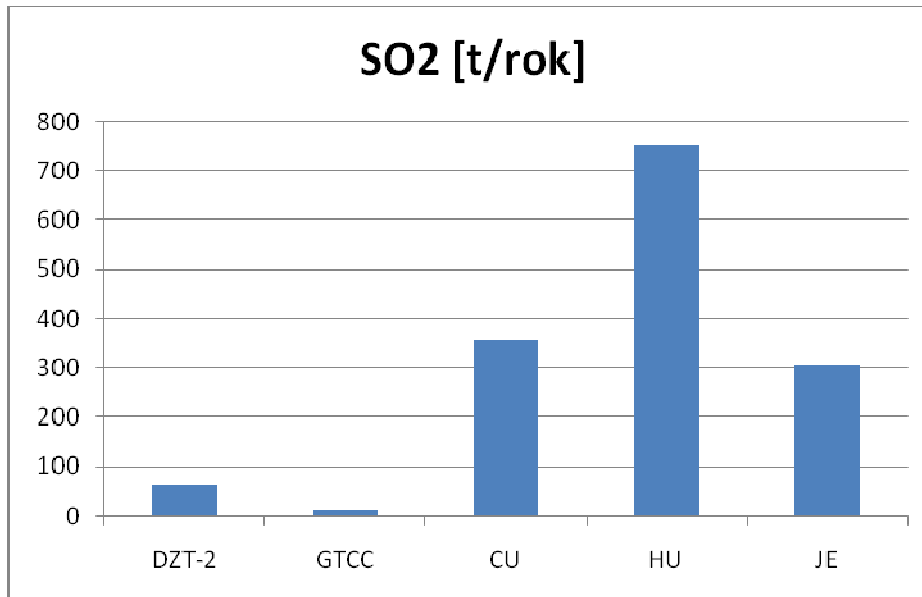
skleníková Plyn	zdroj	CO2-ekvivalent [kt]	CO2 [kt]
	DZT-2	196	159
	GTCC	363	345
	CU	757	715
	HU	795	787
	JE	56	52

5.2.3 Produkce plynných emisí

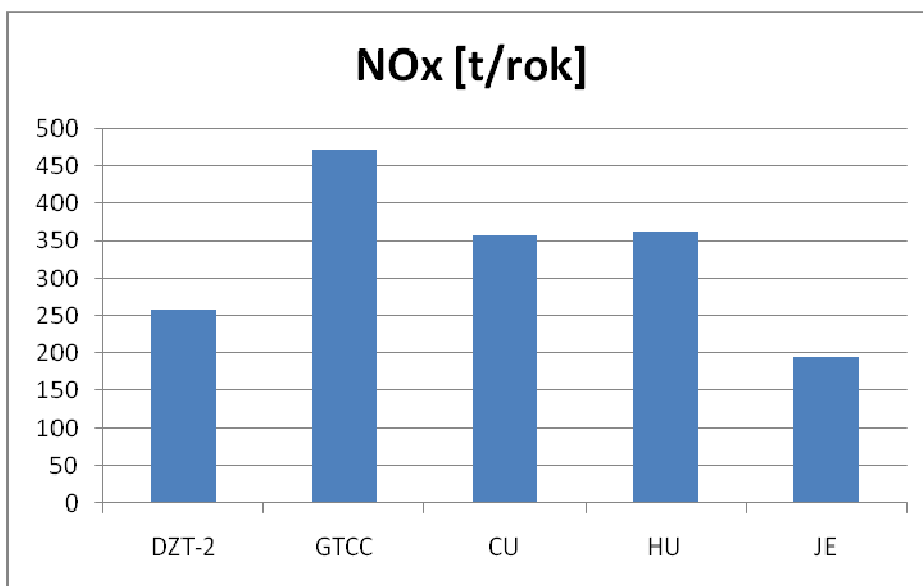
Obrázek 28: Varianta DZT-2, emise SO₂ - ekvivalent



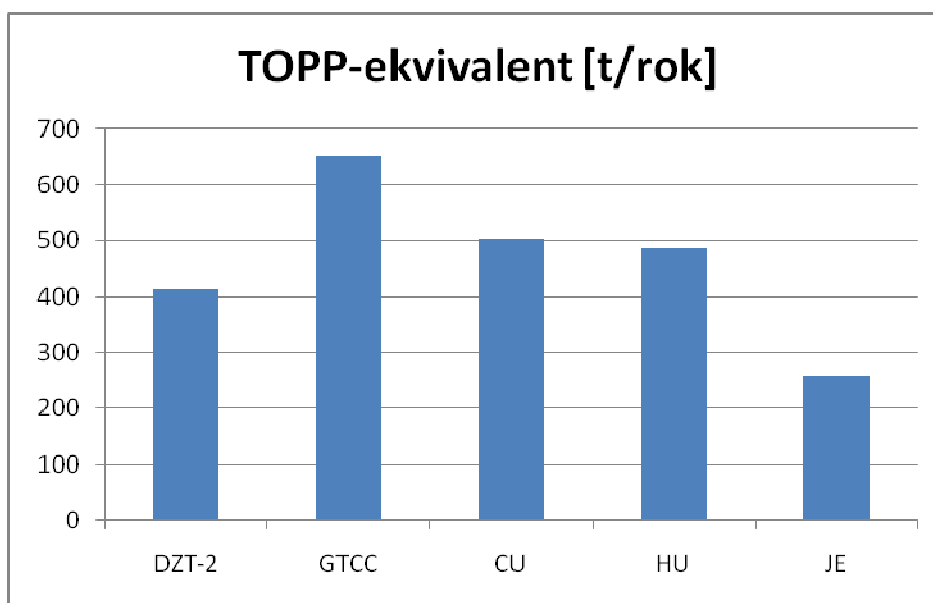
Obrázek 29: Varianta DZT-2, emise SO₂



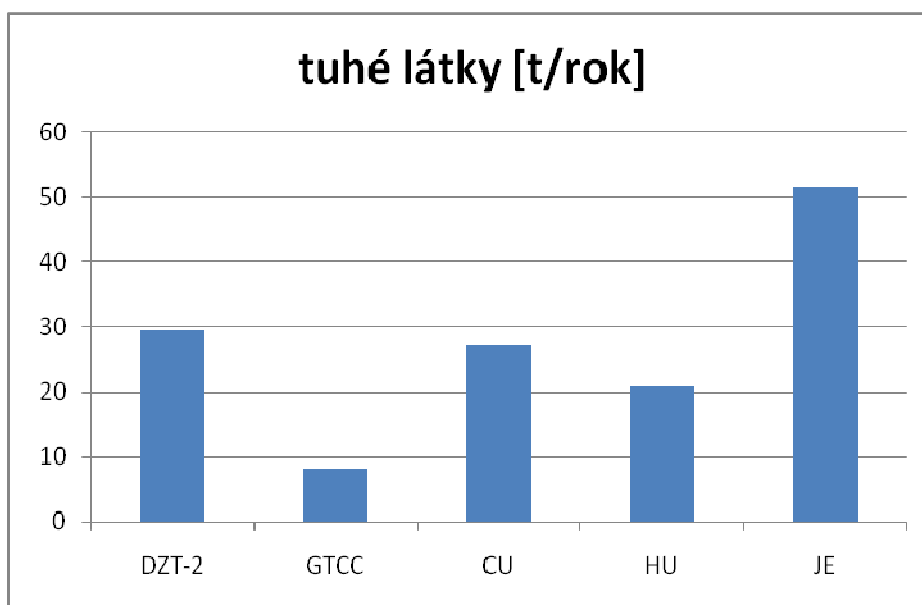
Obrázek 30: Varianta DZT-2, emise NO_x



Obrázek 31: Varianta DZT-2, emise TOPP-ekvivalent



Obrázek 32: Varianta DZT-2, emise tuhých látek

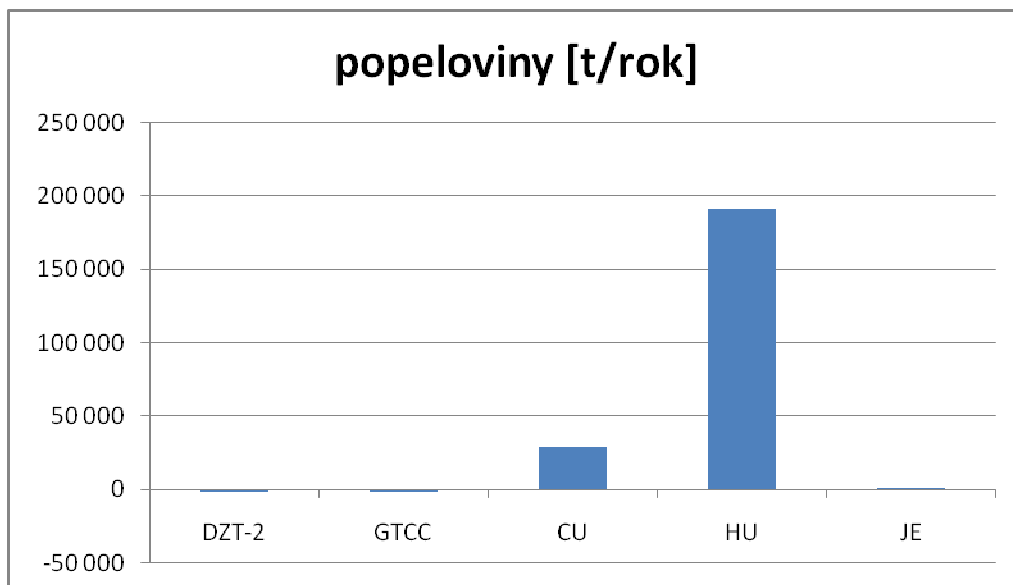


Tabulka 9: Varianta DZT-2, produkce plyných emisí

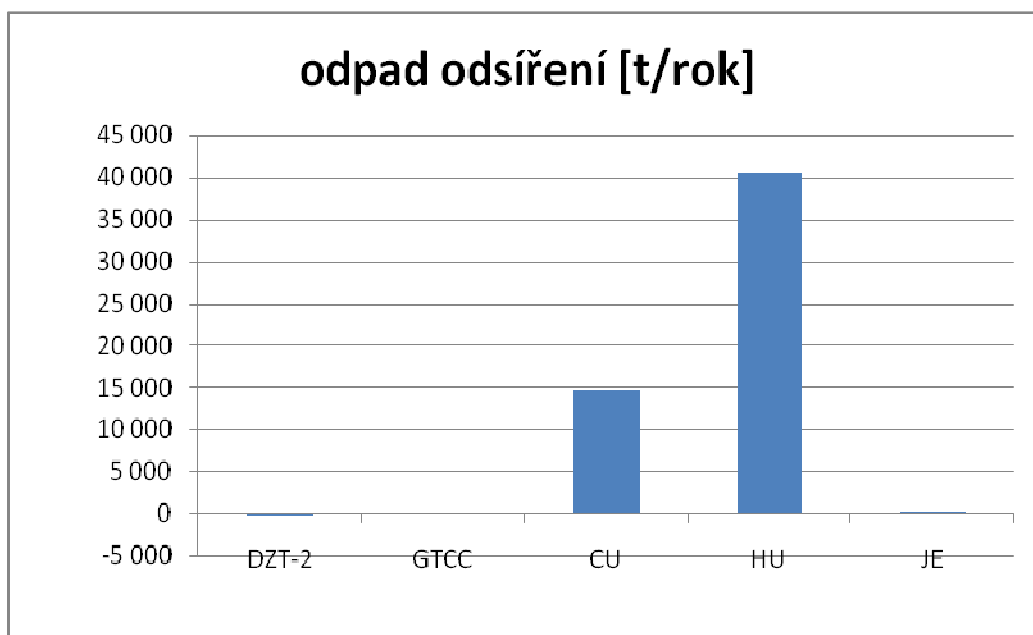
plyn. Emise	zdroj	TOPP-	SO ₂ -	SO ₂ [t]	NO _x [t]	tuhé látky [t]
		ekvivalent [t]	ekvivalent [t]			
	DZT-2	415	357	62	259	30
	GTCC	652	339	10	472	8
	CU	505	614	355	359	27
	HU	488	1011	755	363	21
	JE	257	456	304	195	51

5.2.4 Základní pevné odpady

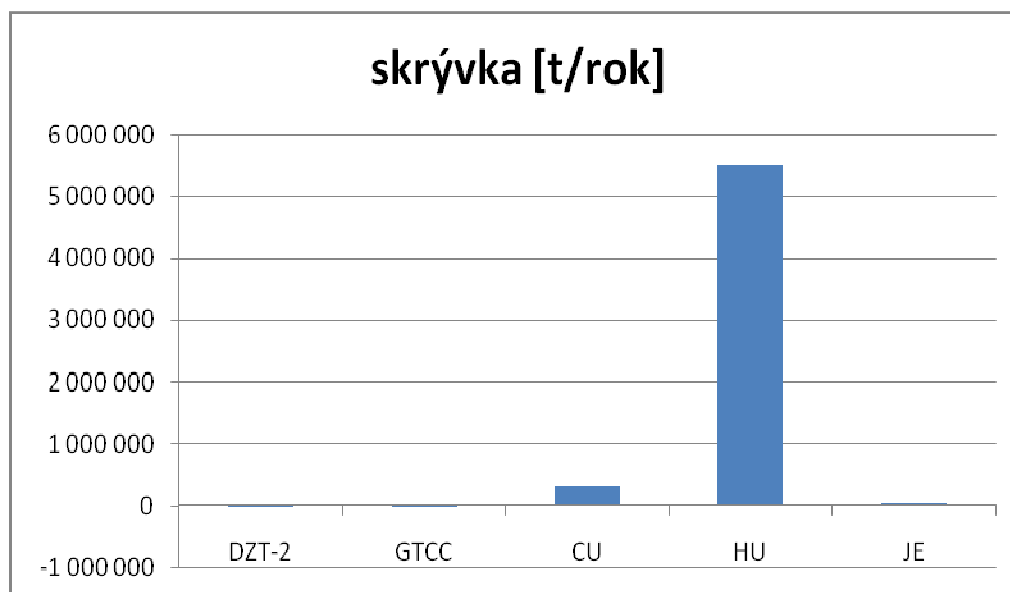
Obrázek 33: Varianta DZT-2, produkce popelovin



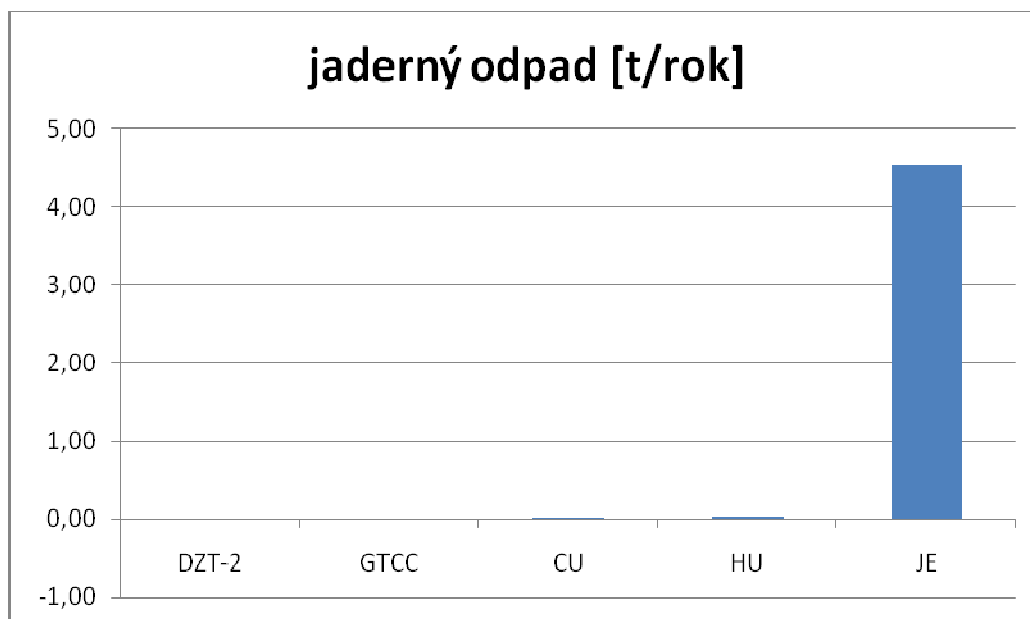
Obrázek 34: Varianta DZT-2, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 35: Varianta DZT-2, produkce skrávky



Obrázek 36: Varianta DZT-2, produkce jaderného odpadu

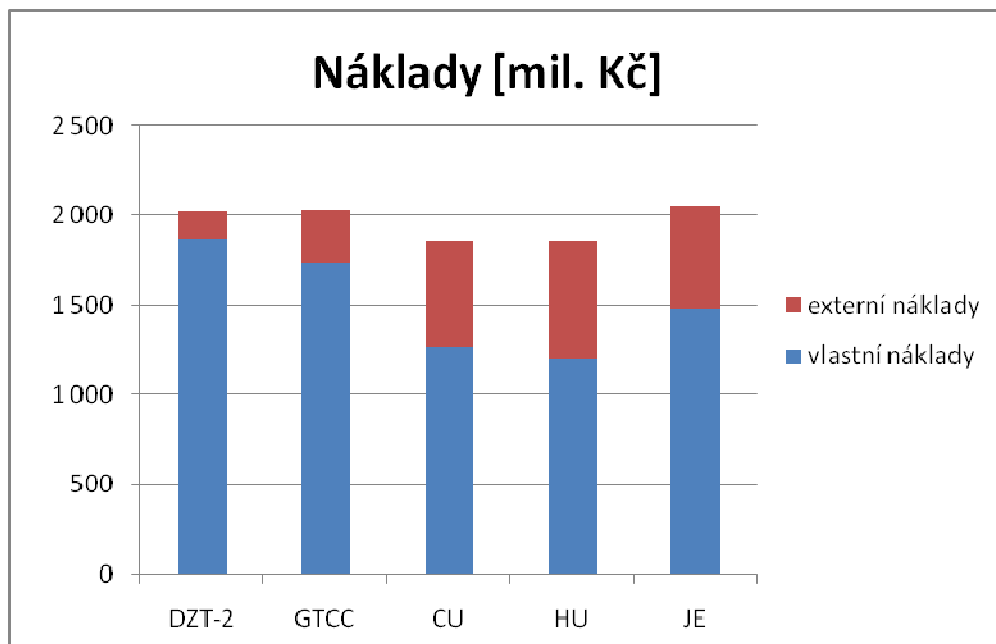


Tabulka 10: Varianta DZT-2, základní pevné odpady

pevné odpady	zdroj	popeloviny [t]	odpad odsíření [t]	skrávka [t]	jaderný odpad [t]
	DZT-2	-749	-302	-5 952	0,00
	GTCC	76	12	6 333	0,00
	CU	29 367	14 689	310 250	0,01
	HU	191 272	40 490	5 529 734	0,03
	JE	1 104	117	31 757	4,56

5.2.5 Náklady

Obrázek 37: Varianta DZT-2, výrobní náklady



Tabulka 11: Varianta DZT-2, výrobní náklady

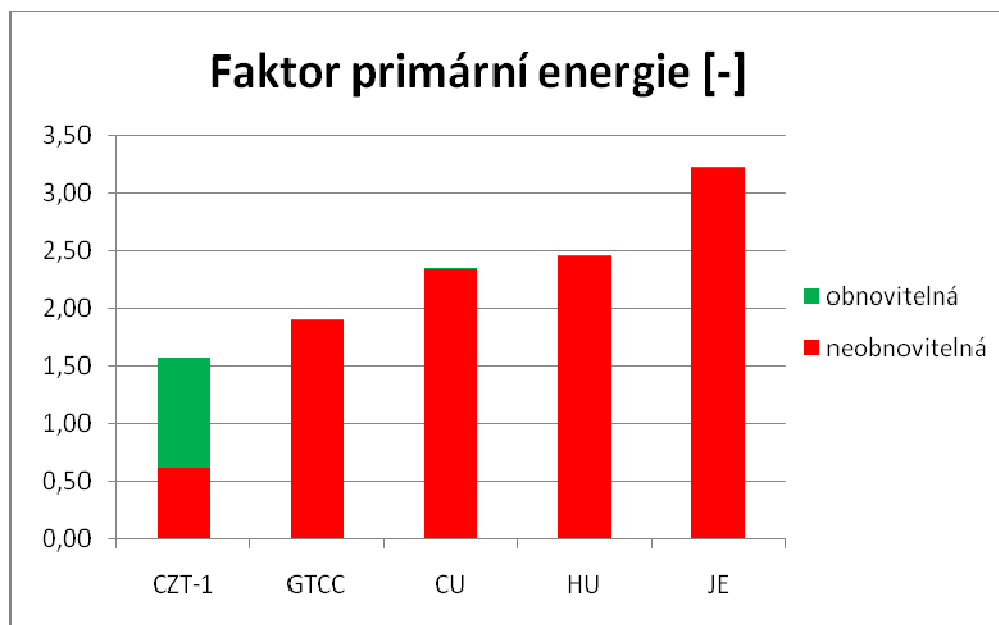
náklady	zdroj	vlastní náklady [mil. Kč]	Externí náklady [mil. Kč]	Celkové náklady [mil. Kč]
	DZT-2	1 866	163	2 028
	GTCC	1 738	293	2 031
	CU	1 262	600	1 862
	HU	1 202	658	1 861
	JE	1 480	573	2 053

5.3 CENTRALIZOVANÉ KOGENERAČNÍ ZDROJE – VARIANTA 1

Varianta 1 počítá s objemem výroby elektrické energie v centralizovaných kogeneračních zdrojích ve výši **17,5 TWh**. Z toho připadá **13,2 TWh na hnědouhelné teplárny**, **2 TWh na paroplynové teplárny** a **2,3 TWh na kogenerační systémy na biomasu**. Kogenerační mix (CZT-1) je porovnáván s monovýrobou elektrické energie v elektrárnách (stejně typy jako u předchozích variant).

5.3.1 Faktory primární energie

Obrázek 38: Varianta CZT-1, faktory primární energie

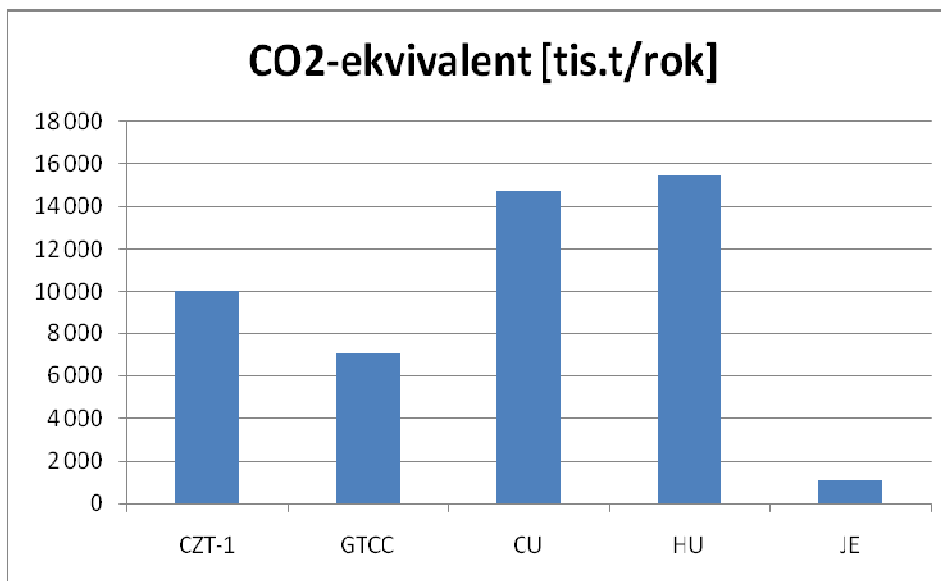


Tabulka 12: Varianta CZT-1, faktory primární energie

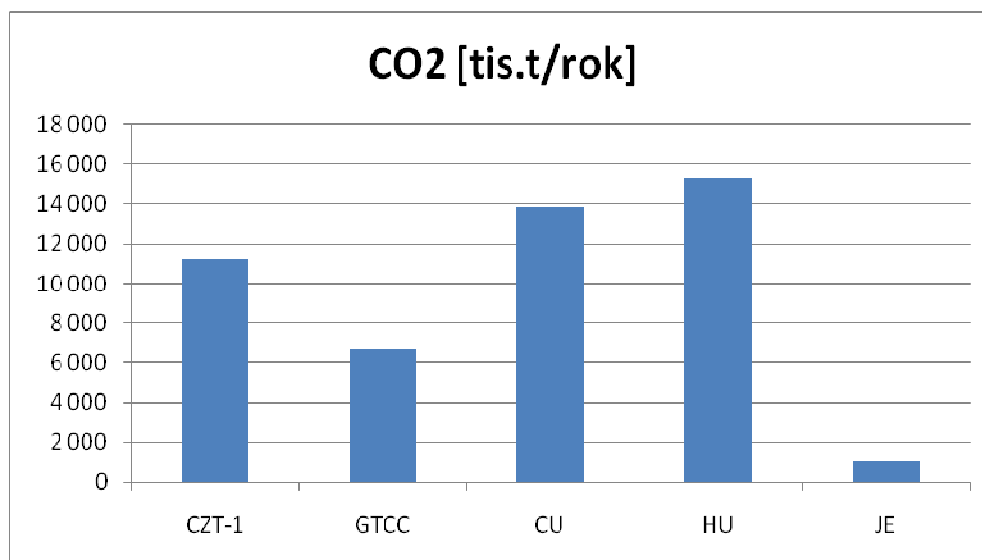
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
CZT-1	1,56	0,62	0,94
GTCC	1,90	1,90	0,00
CU	2,35	2,34	0,00
HU	2,46	2,46	0,00
JE	3,22	3,20	0,01

5.3.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 39: Varianta CZT-1, emise CO₂ - ekvivalent



Obrázek 40: Varianta CZT-1, emise CO₂

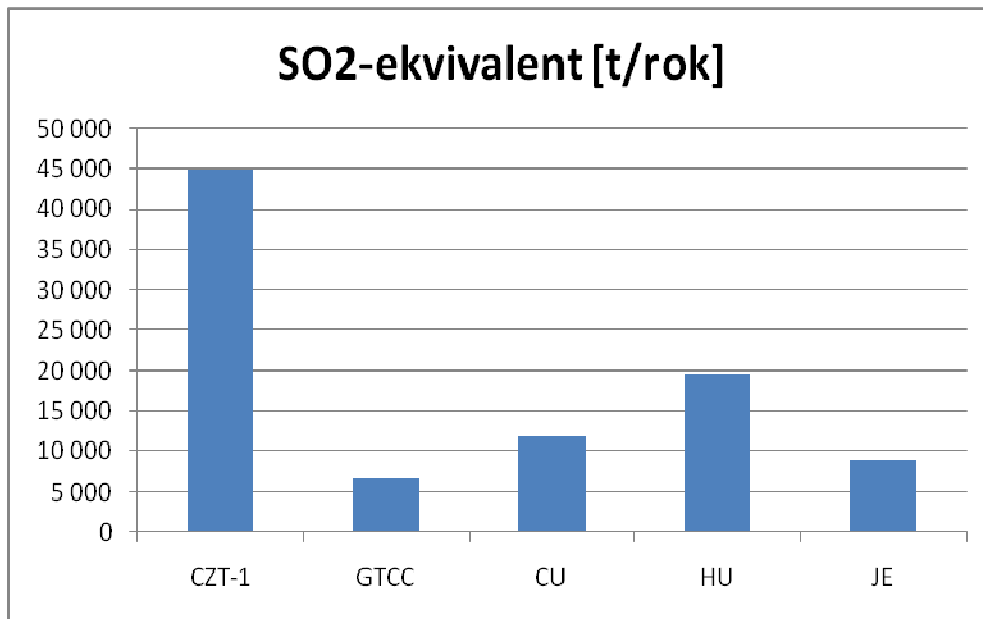


Tabulka 13: Varianta CZT-1, emise skleníkových plynů

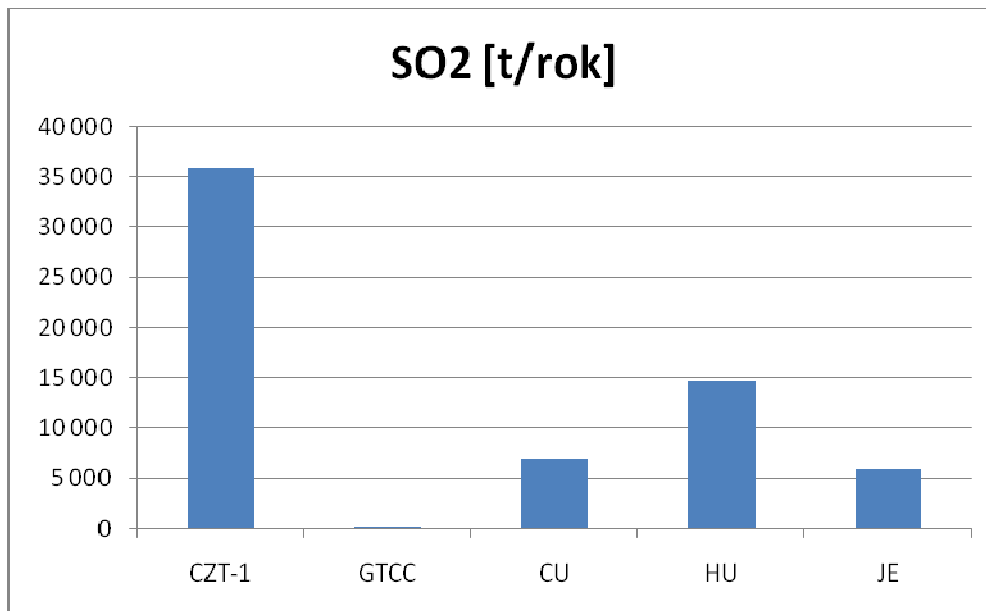
skleníková Plyn	zdroj	CO2-ekvivalent [kt]	CO2 [kt]
	CZT-1	10 044	11 260
	GTCC	7 062	6 715
	CU	14 721	13 900
	HU	15 451	15 300
	JE	1 096	1 018

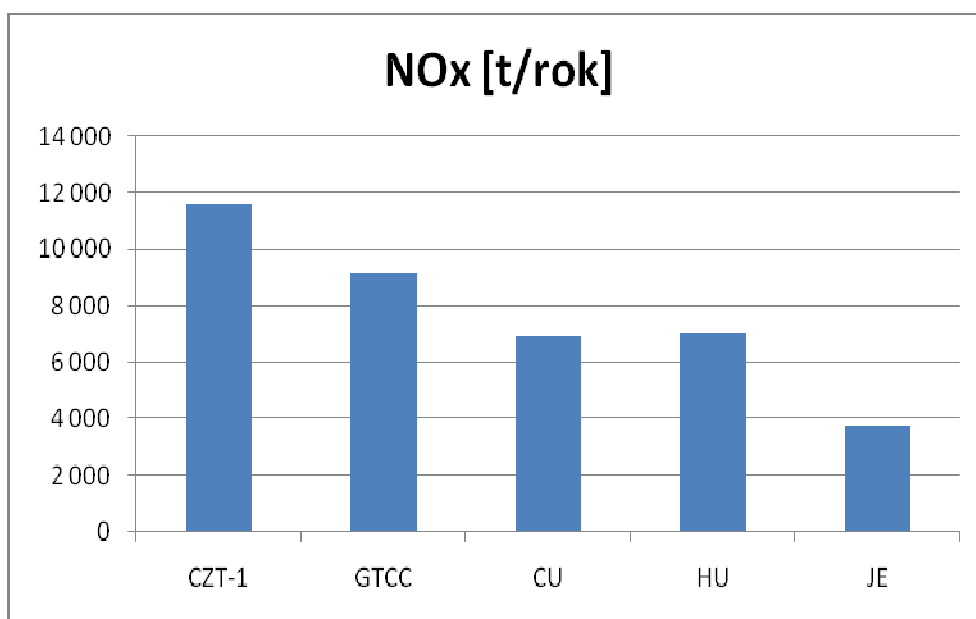
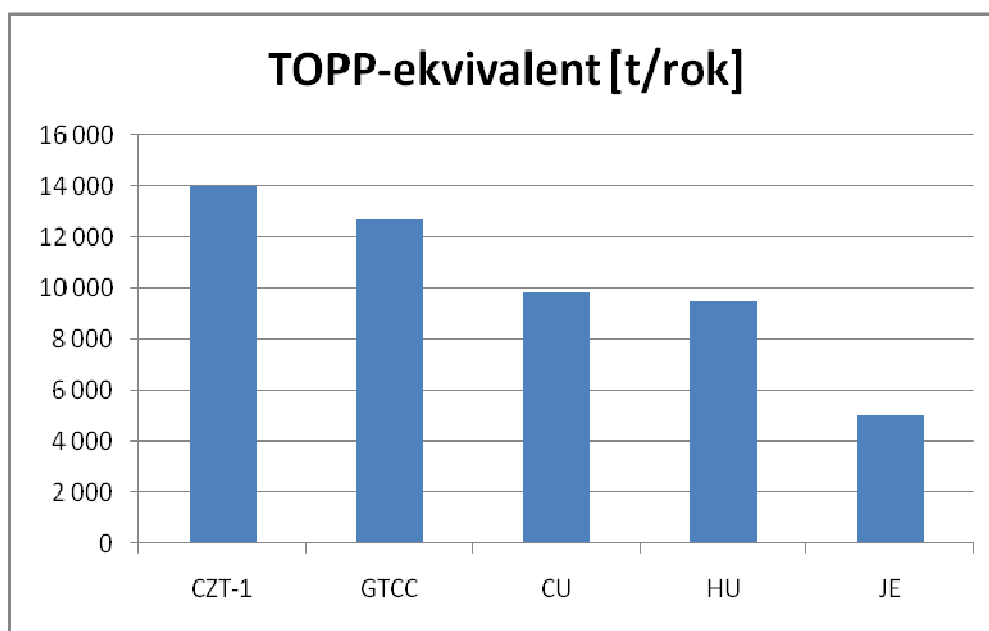
5.3.3 Produkce plynných emisí

Obrázek 41: Varianta CZT-1, emise SO₂ - ekvivalent

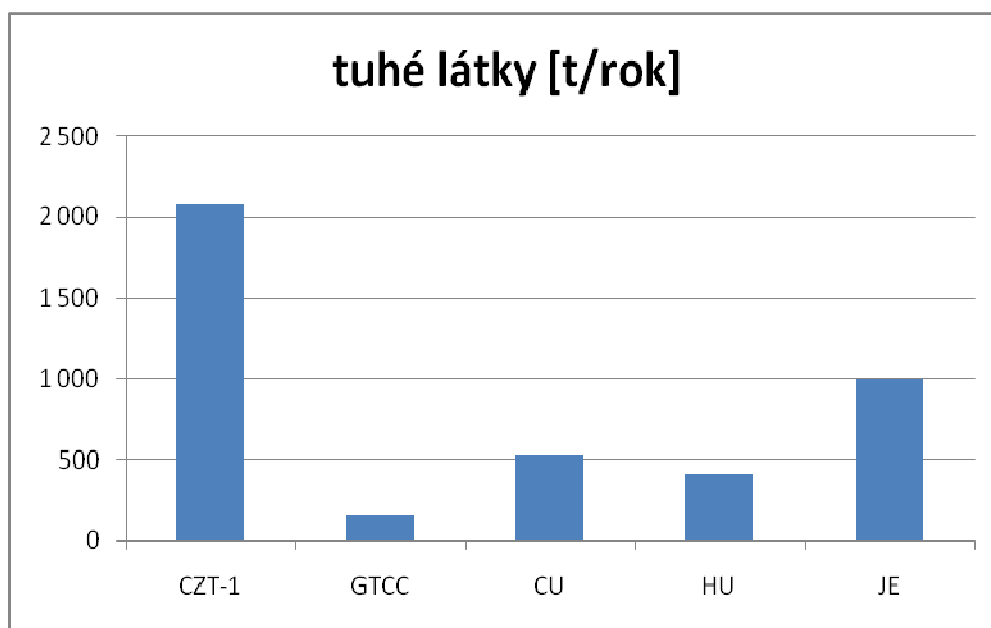


Obrázek 42: Varianta CZT-1, emise SO₂



Obrázek 43: Varianta CZT-1, emise NO_x*Obrázek 44: Varianta CZT-1, emise TOPP-ekvivalent*

Obrázek 45: Varianta CZT-1, emise tuhých látek

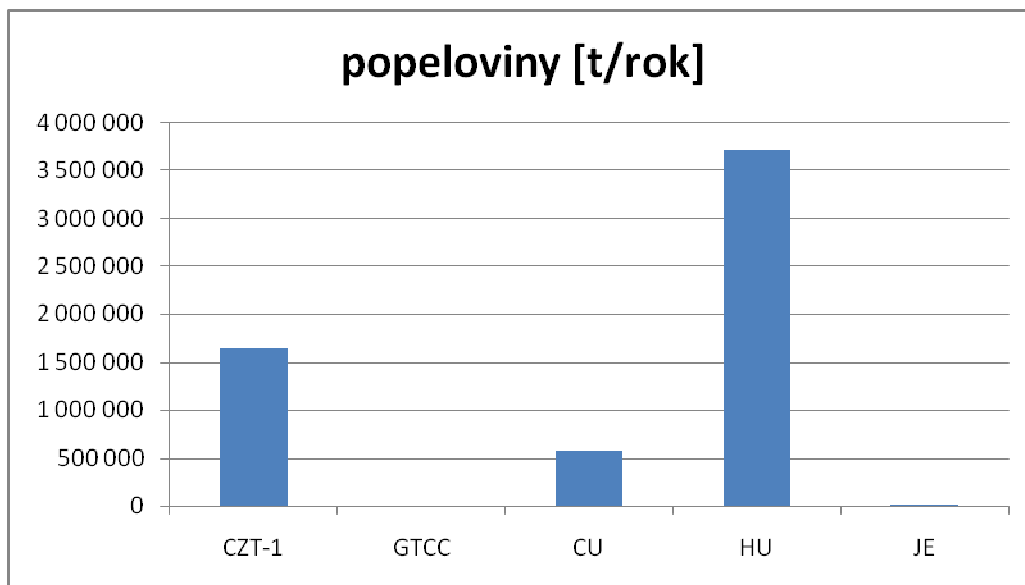


Tabulka 14: Varianta CZT-1, produkce plynných emisí

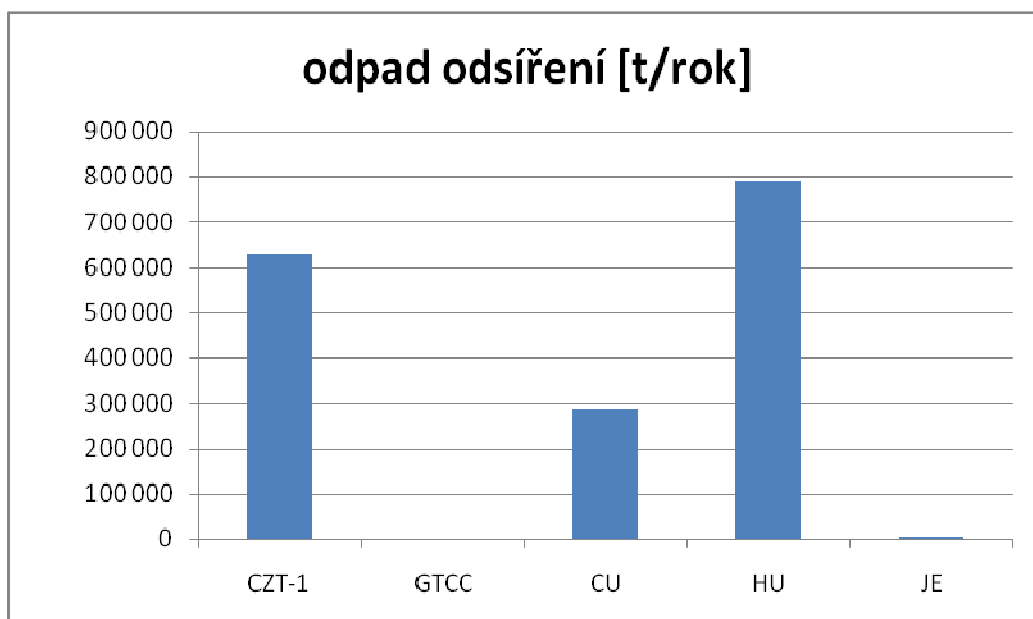
plyn. Emise	zdroj	TOPP- ekvivalent [t]	SO ₂ - ekvivalent [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	tuhé látky [t]
		CZT-1	14 009	45 090	35 917	11 639
	GTCC	12 677	6 588	187	9 178	160
	CU	9 811	11 939	6 905	6 975	529
	HU	9 489	19 658	14 676	7 054	404
	JE	5 003	8 871	5 902	3 793	1 000

5.3.4 Základní pevné odpady

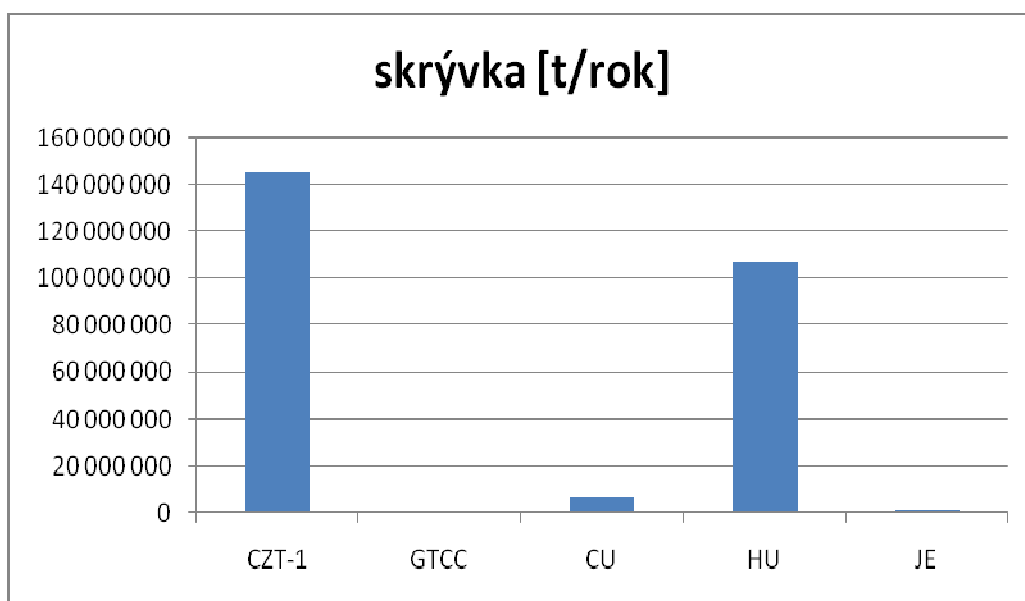
Obrázek 46: Varianta CZT-1, produkce popelovin



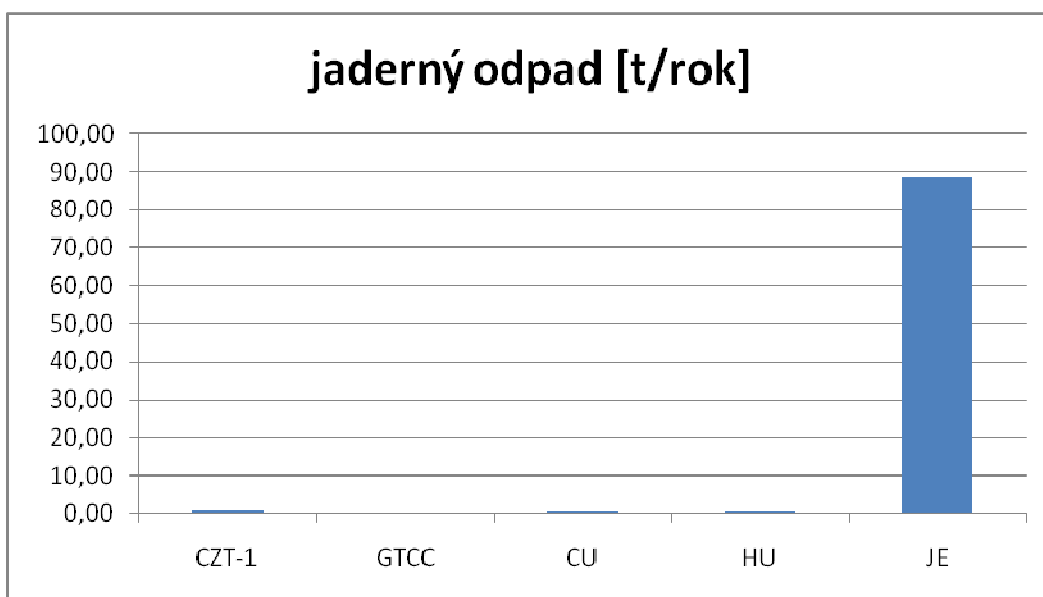
Obrázek 47: Varianta CZT-1, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 48: Varianta CZT-1, produkce skryvky



Obrázek 49: Varianta CZT-1, produkce jaderného odpadu

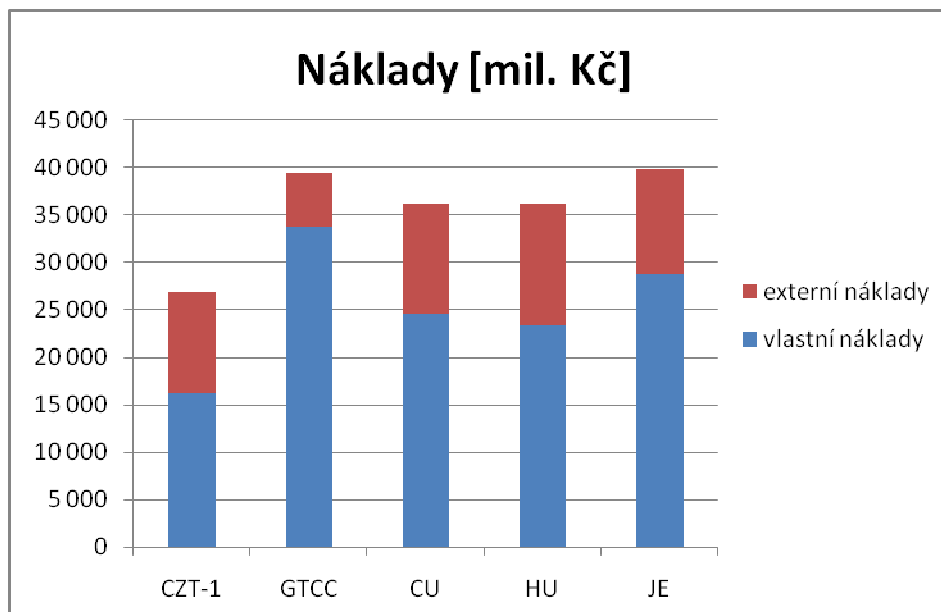


Tabulka 15: Varianta CZT-1, základní pevné odpady

pevné odpady	zdroj	popeloviny [t]	odpad odsíření [t]	skryvka [t]	jaderný odpad [t]
	CZT-1	1 646 440	629 524	145 181 129	0,84
	GTCC	1 478	227	123 141	0,02
	CU	571 023	285 613	6 032 637	0,25
	HU	3 719 186	787 305	107 522 610	0,55
	JE	21 472	2 280	617 502	88,63

5.3.5 Náklady

Obrázek 50: Varianta CZT-1, výrobní náklady



Tabulka 16: Varianta CZT-1, výrobní náklady

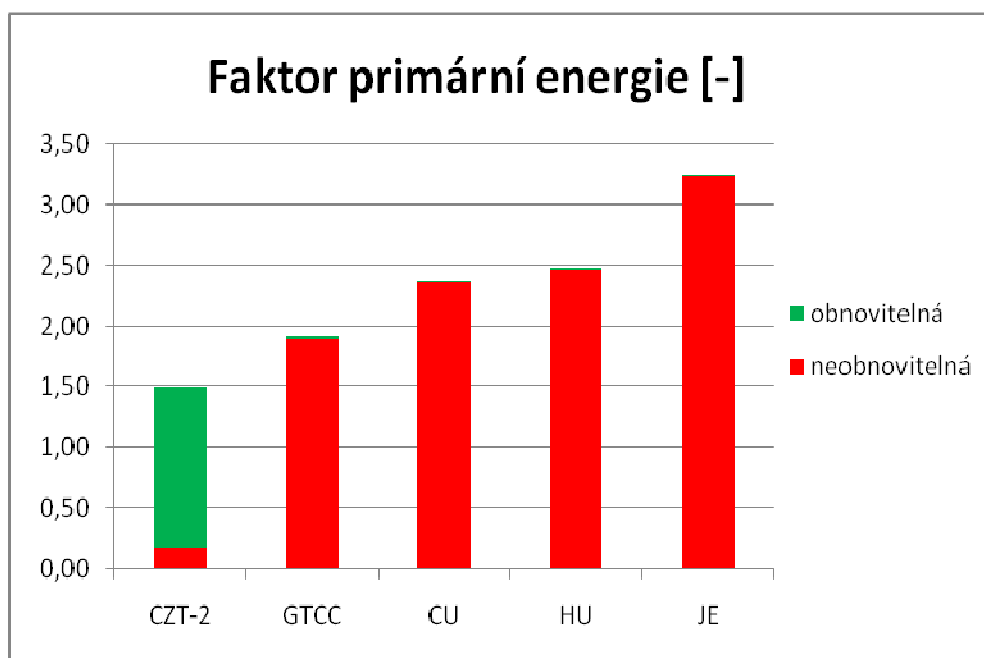
náklady	zdroj	vlastní náklady [mil. Kč]	Externí náklady [mil. Kč]	Celkové náklady [mil. Kč]
	CZT-1	16 214	10 736	26 950
	GTCC	33 799	5 698	39 497
	CU	24 540	11 670	36 210
	HU	23 373	12 803	36 177
	JE	28 777	11 150	39 928

5.4 CENTRALIZOVANÉ KOGENERAČNÍ ZDROJE – VARIANTA 2

Varianta 2 počítá s objemem výroby elektrické energie v centralizovaných kogeneračních zdrojích ve výši **12,6 TWh**. Z toho připadá **5,4 TWh na hnědouhelné teplárny**, **4,9 TWh na paroplynové teplárny** a **2,3 TWh na kogenerační systémy na biomasu**. Kogenerační mix (CZT-2) je porovnáván s monovýrobou elektrické energie v elektrárnách (stejně typy jako u předchozích variant).

5.4.1 Faktory primární energie

Obrázek 51: Varianta CZT-2, faktory primární energie

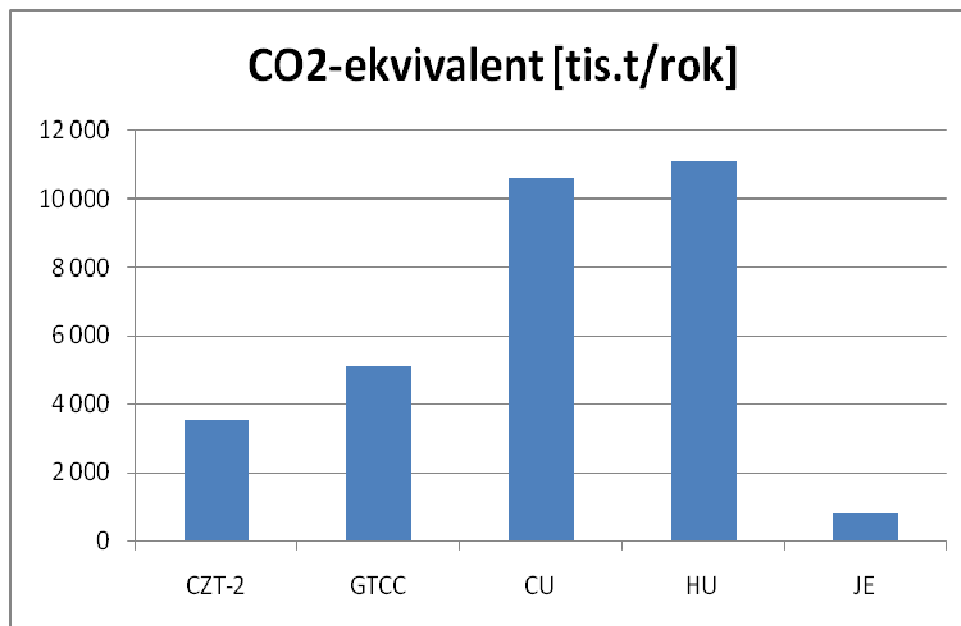


Tabulka 17: Varianta CZT-2, faktory primární energie

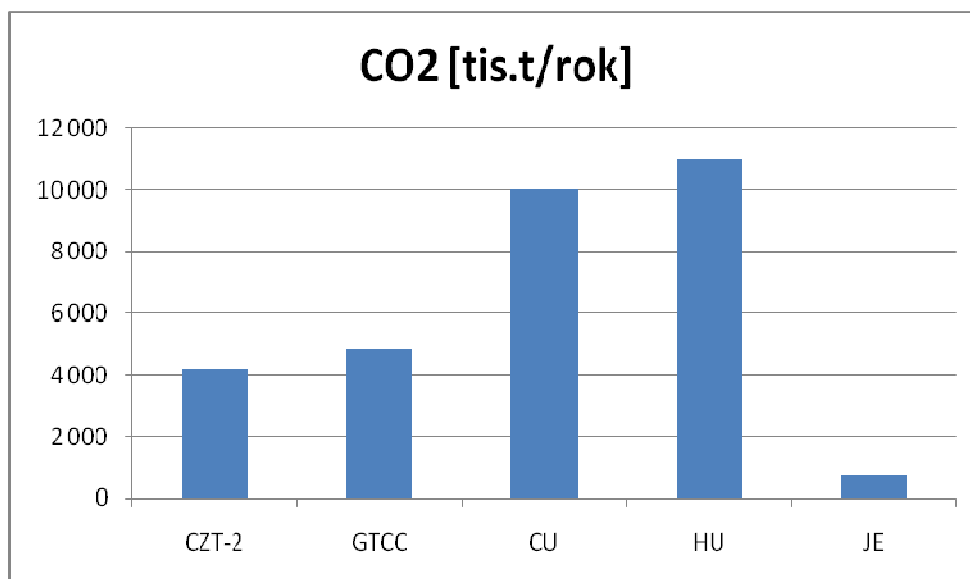
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
CZT-2	1,49	0,17	1,32
GTCC	1,92	1,92	0,00
CU	2,36	2,36	0,00
HU	2,48	2,47	0,00
JE	3,24	3,23	0,01

5.4.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 52: Varianta CZT-2, emise CO₂ - ekvivalent



Obrázek 53: Varianta CZT-2, emise CO₂

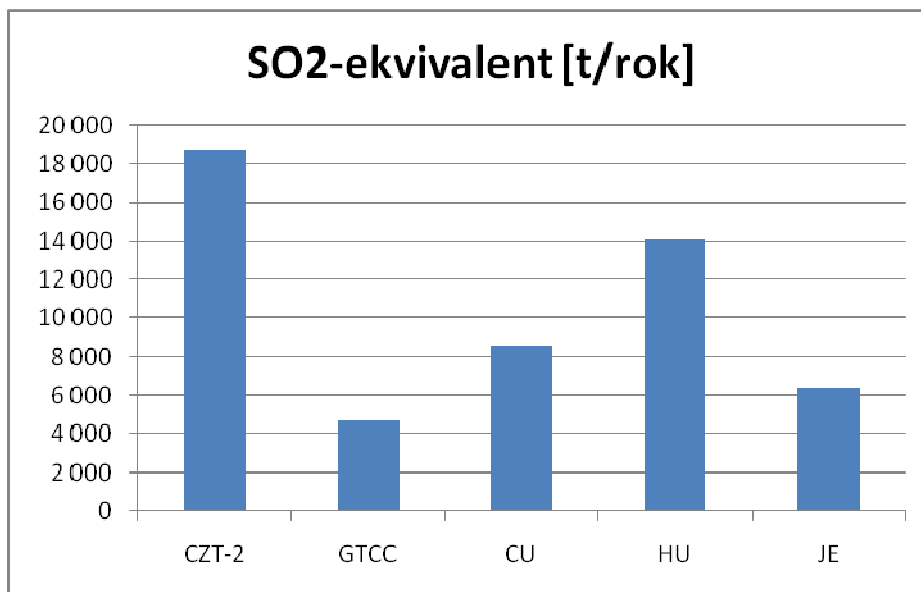


Tabulka 18: Varianta CZT-2, emise skleníkových plynů

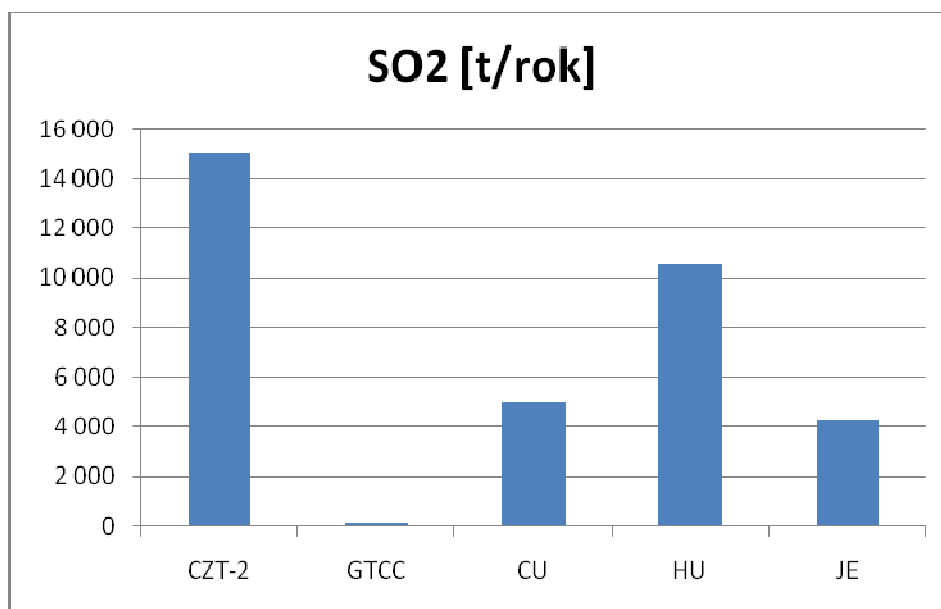
skleníková Plyn	zdroj	CO2-ekvivalent [kt]	CO2 [kt]
	CZT-2	3 543	4 181
	GTCC	5 084	4 834
	CU	10 599	10 008
	HU	11 124	11 016
	JE	789	733

5.4.3 Produkce plynných emisí

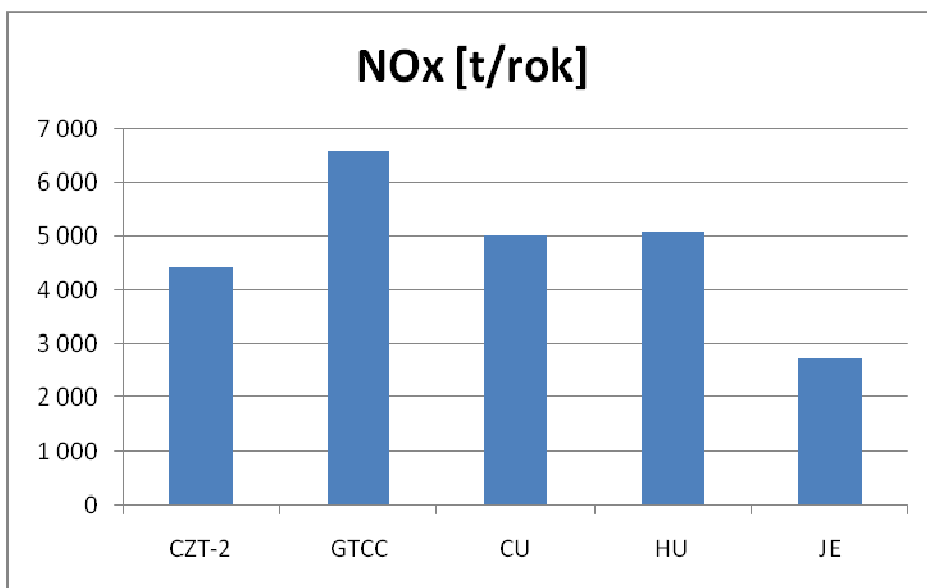
Obrázek 54: Varianta CZT-2, emise SO₂ - ekvivalent



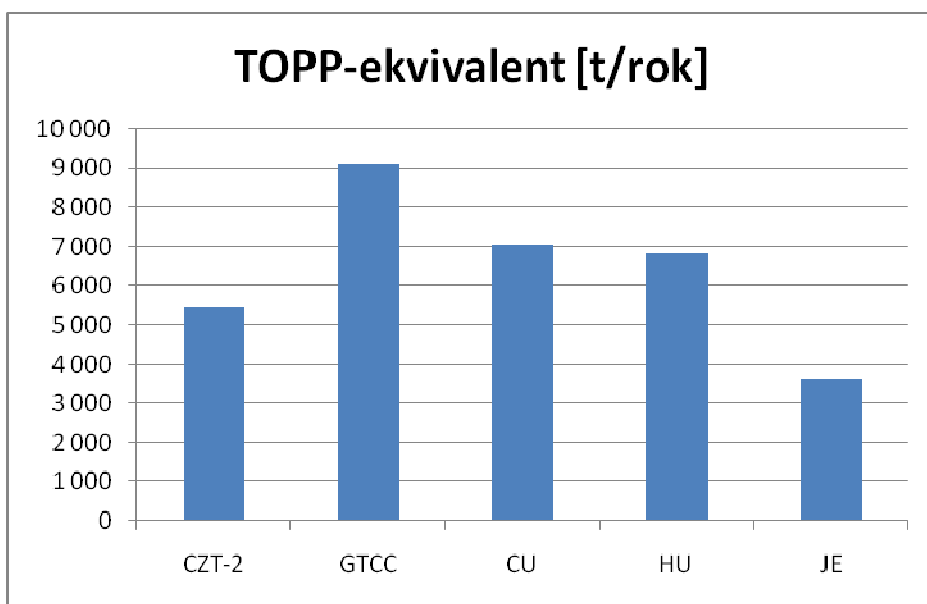
Obrázek 55: Varianta CZT-2, emise SO₂



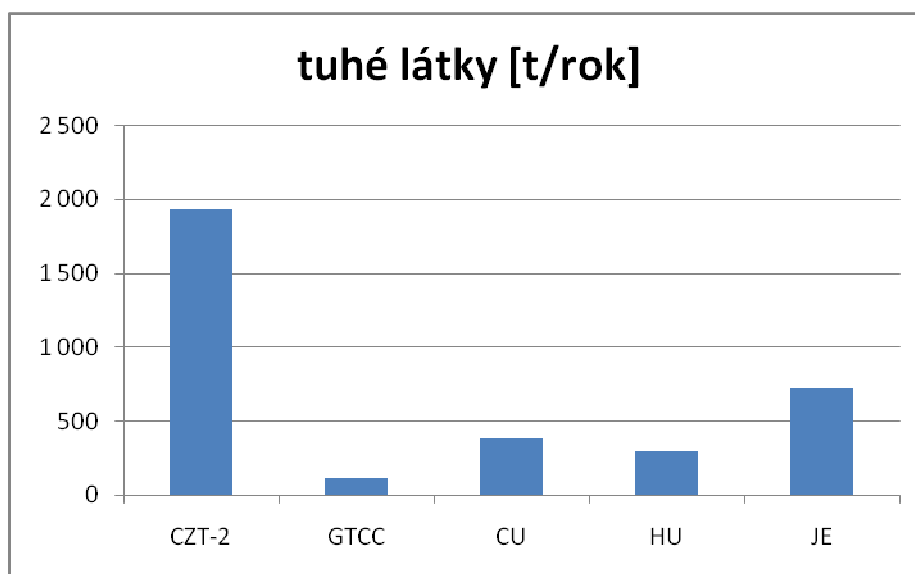
Obrázek 56: Varianta CZT-2, emise NO_x



Obrázek 57: Varianta CZT-2, emise TOPP-ekvivalent



Obrázek 58: Varianta CZT-2, emise tuhých látek

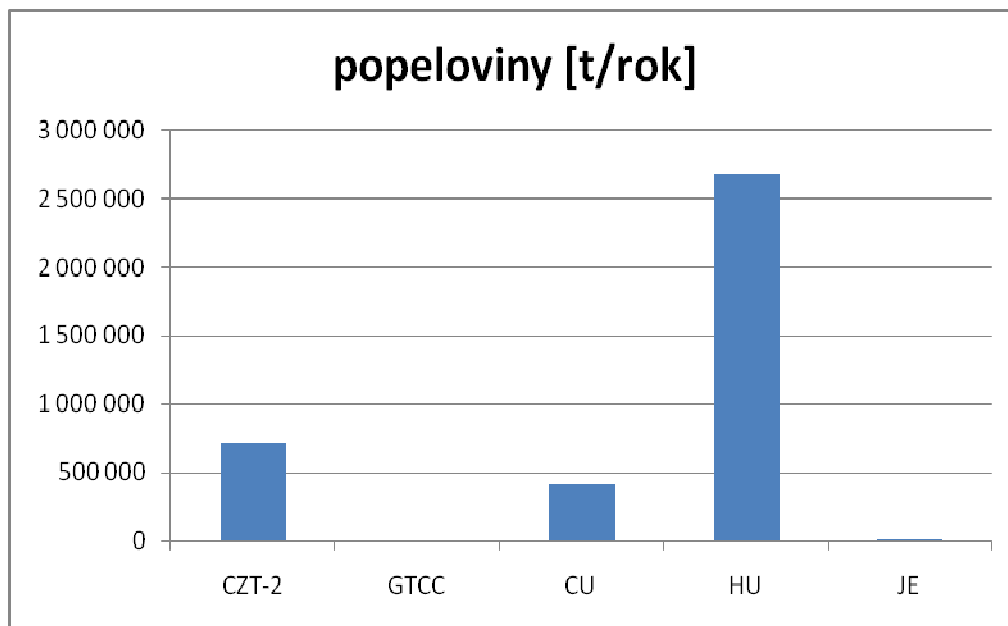


Tabulka 19: Varianta CZT-2, produkce plyných emisí

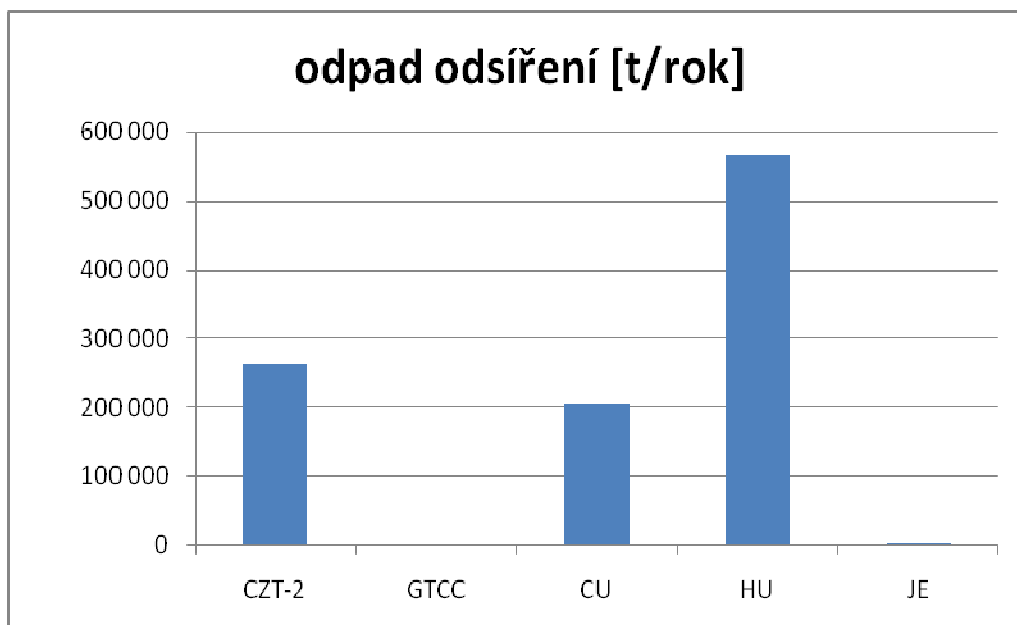
plyn. Emise	zdroj	TOPP- ekvivalent [t]	SO ₂ - ekvivalent [t]	SO ₂ [t]	NO _x [t]	tuhé látky [t]
	CZT-2	5 461	18 794	15 090	4 414	1 935
	GTCC	9 127	4 743	134	6 608	115
	CU	7 064	8 596	4 971	5 022	381
	HU	6 832	14 154	10 567	5 079	291
	JE	3 602	6 387	4 249	2 731	720

5.4.4 Základní pevné odpady

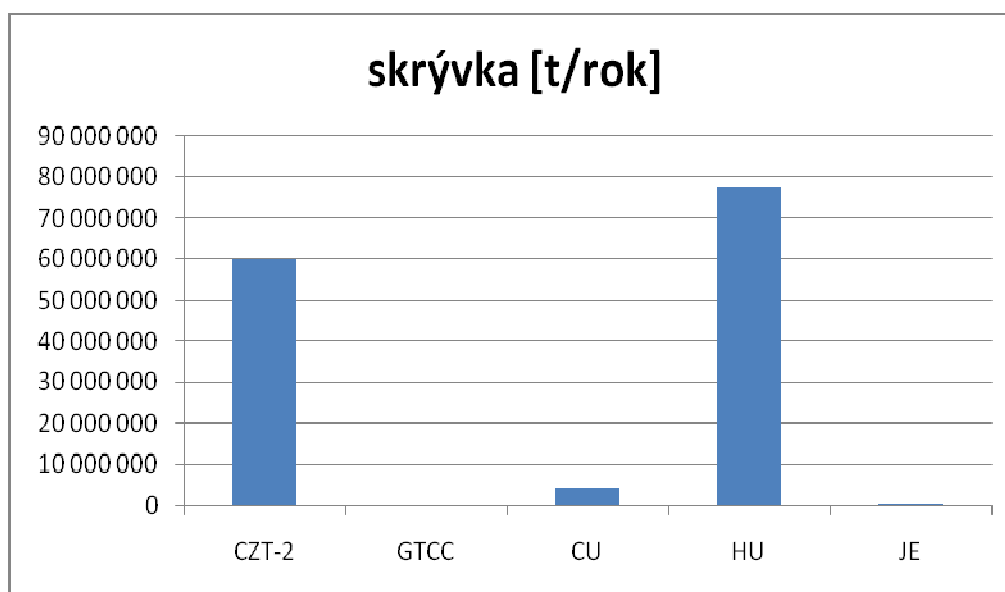
Obrázek 59: Varianta CZT-2, produkce popelovin



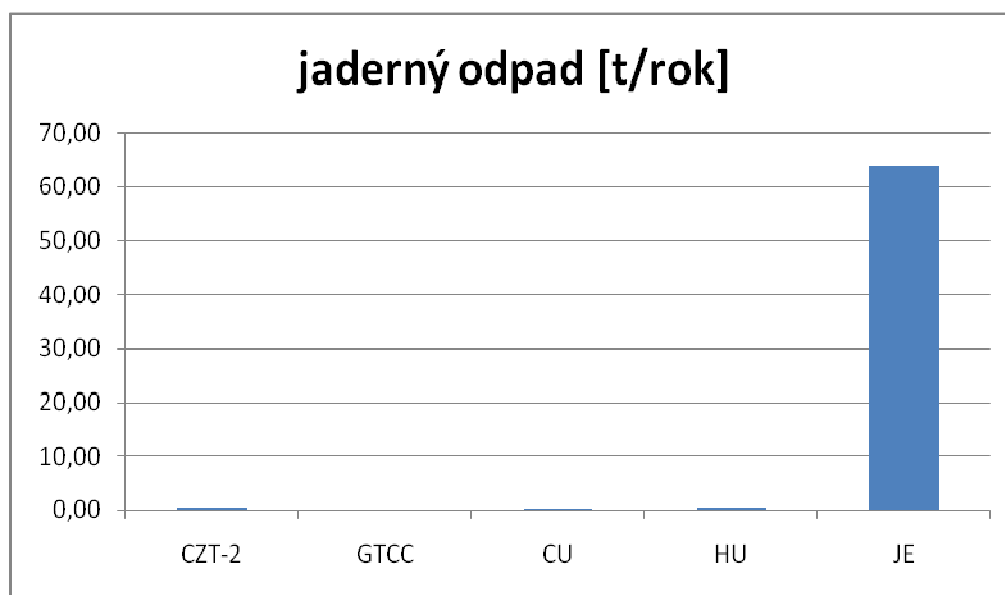
Obrázek 60: Varianta CZT-2, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 61: Varianta CZT-2, produkce skrávky



Obrázek 62: Varianta CZT-2, produkce jaderného odpadu

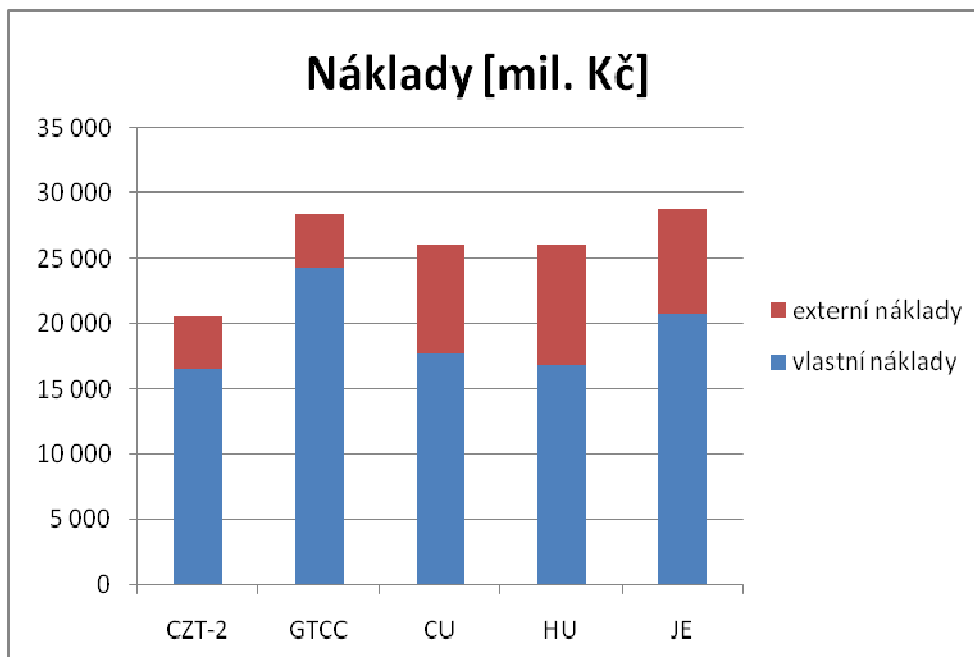


Tabulka 20: Varianta CZT-2, základní pevné odpady

pevné odpady	zdroj	popeloviny [t]	odpad odsíření [t]	skrávka [t]	jaderný odpad [t]
	CZT-2	713 286	262 251	59 886 012	0,53
	GTCC	1 064	164	88 661	0,01
	CU	411 137	205 641	4 343 498	0,18
	HU	2 677 814	566 860	77 416 279	0,39
	JE	15 459	1 642	444 602	63,81

5.4.5 Náklady

Obrázek 63: Varianta CZT-2, výrobní náklady



Tabulka 21: Varianta CZT-2, výrobní náklady

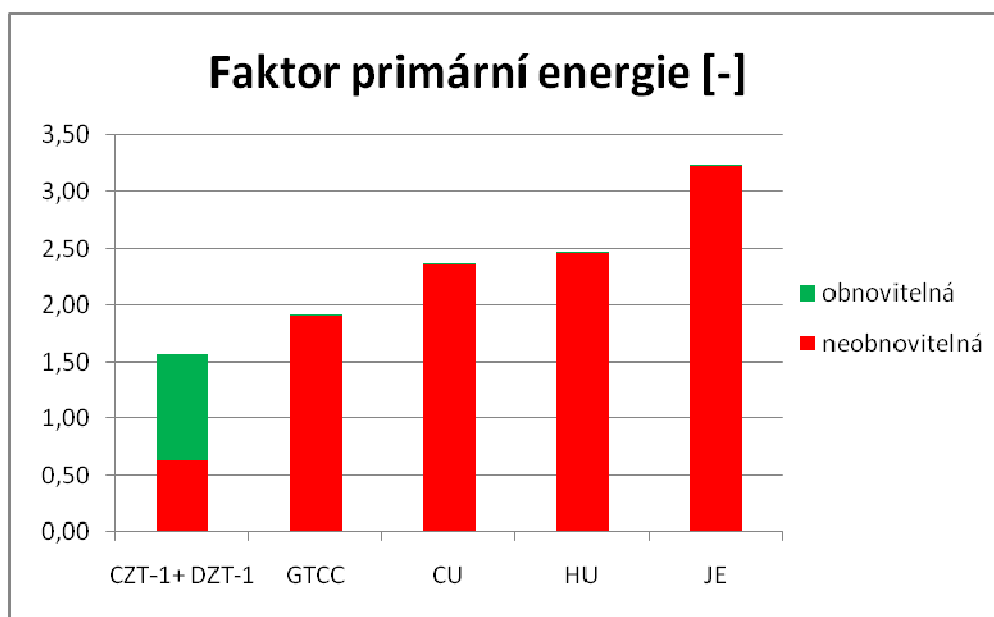
náklady	zdroj	vlastní náklady [mil. Kč]	Externí náklady [mil. Kč]	Celkové náklady [mil. Kč]
	CZT-2	16 523	4 025	20 548
	GTCC	24 335	4 103	28 438
	CU	17 669	8 403	26 071
	HU	16 829	9 218	26 047
	JE	20 720	8 028	28 748

5.5 KOGENERAČNÍ ZDROJE CELKEM – VARIANTA 1 (DZT1 + CZT1)

Tato varianta počítá s celkovým objemem výroby energie v kogeneračních zdrojích – centralizovaných i decentralizovaných. Celkový objem výroby elektrické energie v této variantě je **17,5 TWh** za rok. Zastoupení jednotlivých zdrojů odpovídá variantám DZT1 a CZT1.

5.5.1 Faktory primární energie

Obrázek 64: Varianta CZT1+DZT1, faktory primární energie

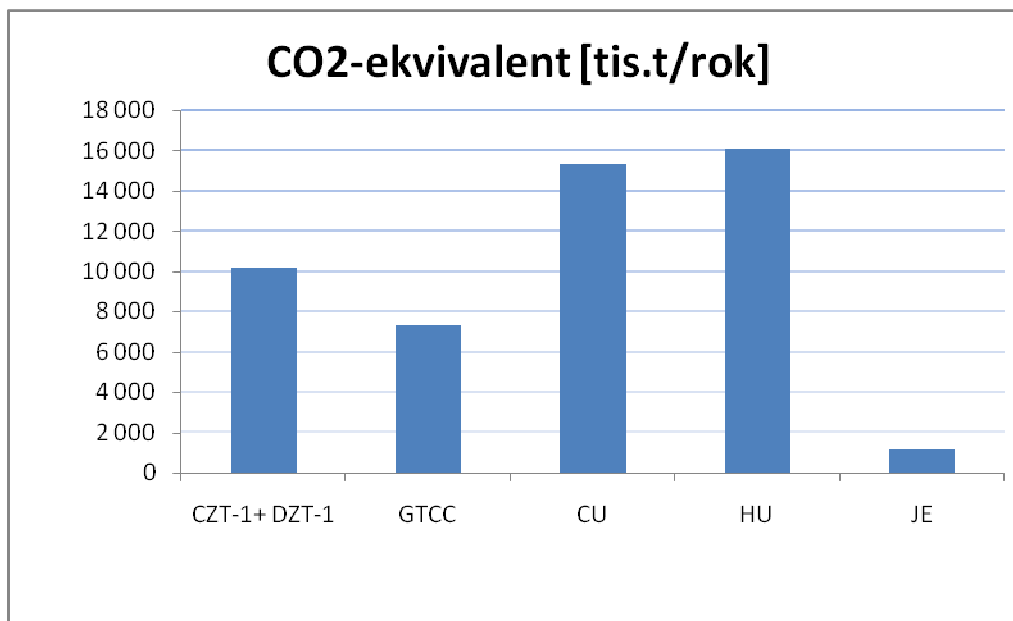


Tabulka 22: Varianta CZT1+DZT1, faktory primární energie

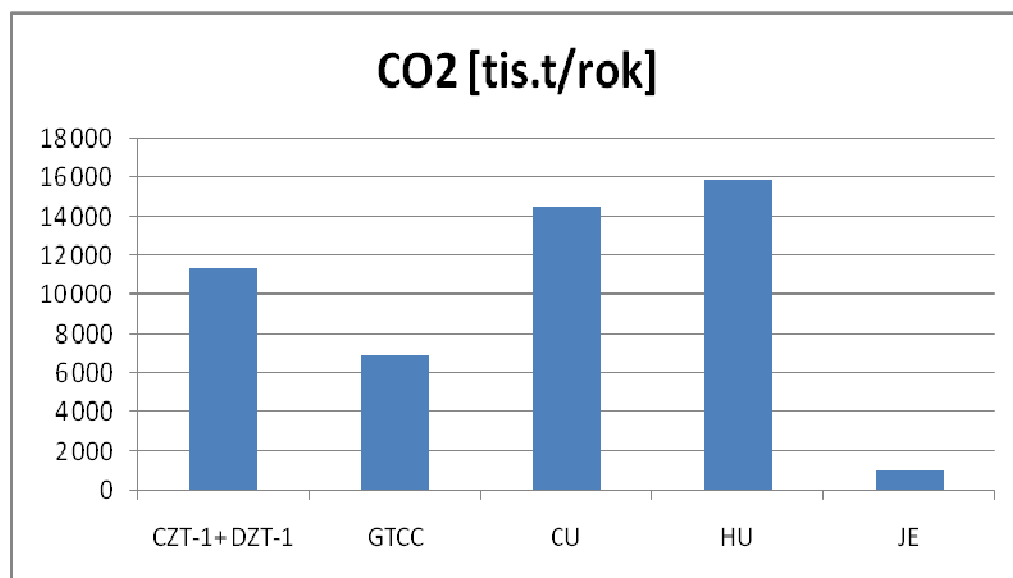
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
CZT-1+ DZT-1	1,57	0,63	0,93
GTCC	1,92	1,91	0,00
CU	2,36	2,36	0,00
HU	2,47	2,47	0,00
JE	3,23	3,22	0,01

5.5.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 65: Varianta CZT1+DZT1, emise CO₂ – ekvivalent



Obrázek 66: Varianta CZT1+DZT1, emise CO₂

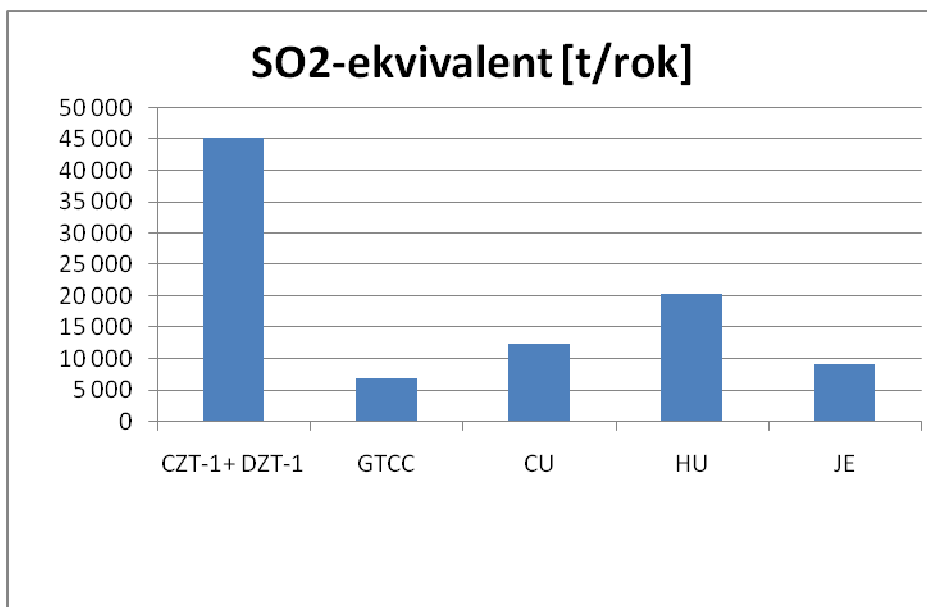


Tabulka 23: Varianta CZT1+DZT1, emise skleníkových plynů

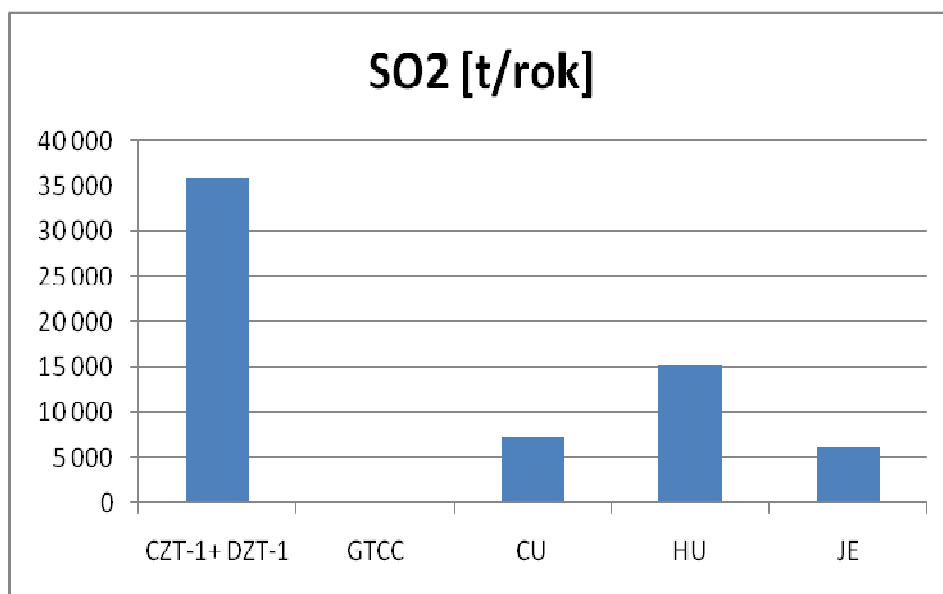
skleníková Plyn	zdroj	CO2-ekvivalent [kt]	CO2 [kt]
	CZT-1+ DZT-1	10 185	11 376
	GTCC	7 344	6 983
	CU	15 309	14 456
	HU	16 069	15 912
	JE	1 140	1 058

5.5.3 Produkce plynných emisí

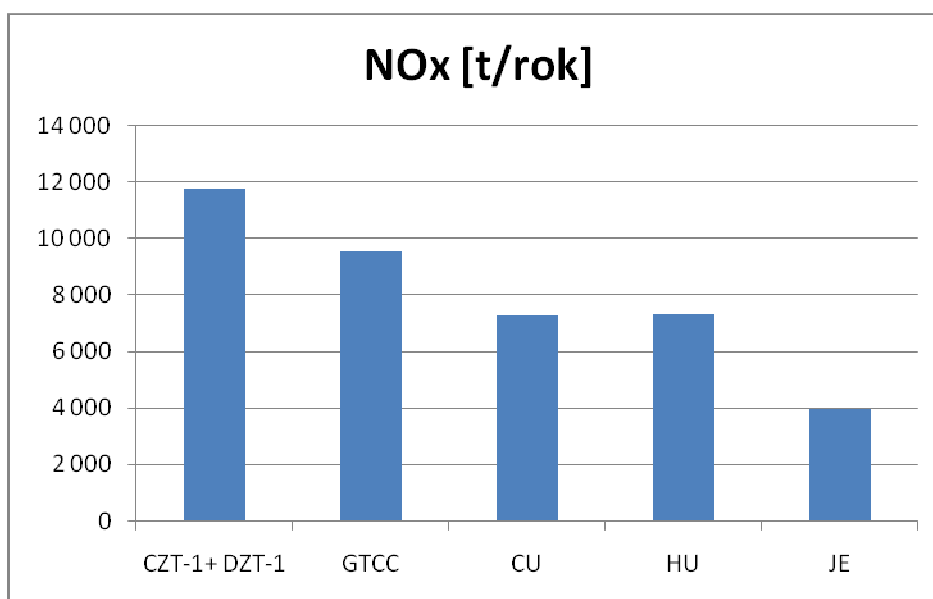
Obrázek 67: Varianta CZT1+DZT1, emise SO₂ - ekvivalent



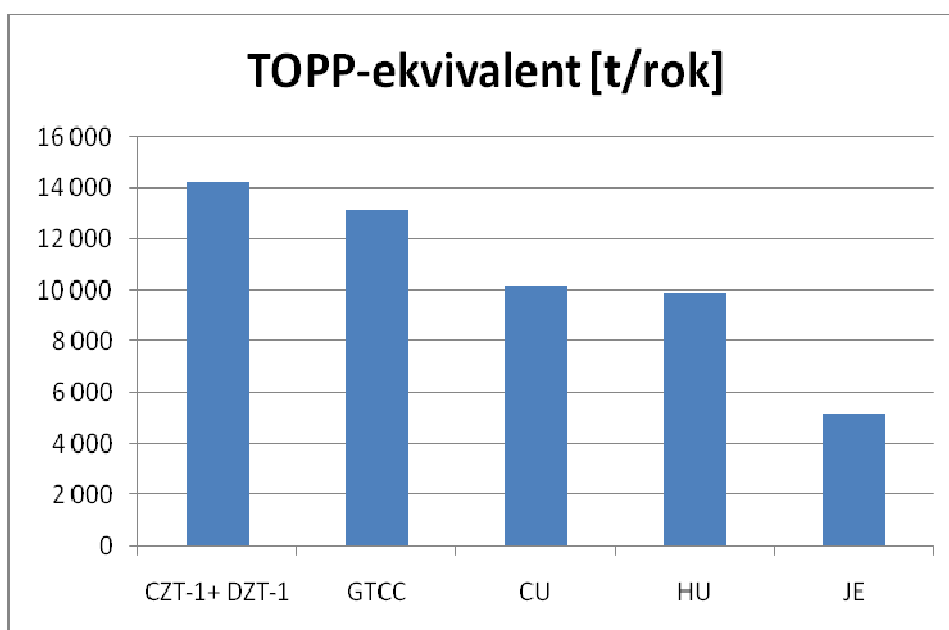
Obrázek 68: Varianta CZT1+DZT1, emise SO₂



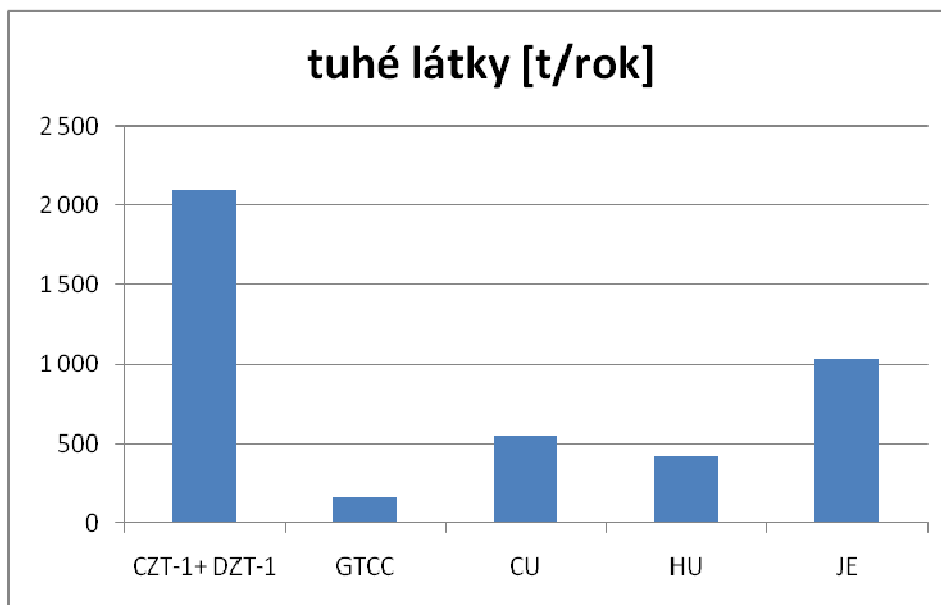
Obrázek 69: Varianta CZT1+DZT1, emise NO_x



Obrázek 70: Varianta CZT1+DZT1, emise TOPP-ekvivalent



Obrázek 71: Varianta CZT1+DZT1, emise tuhých látek

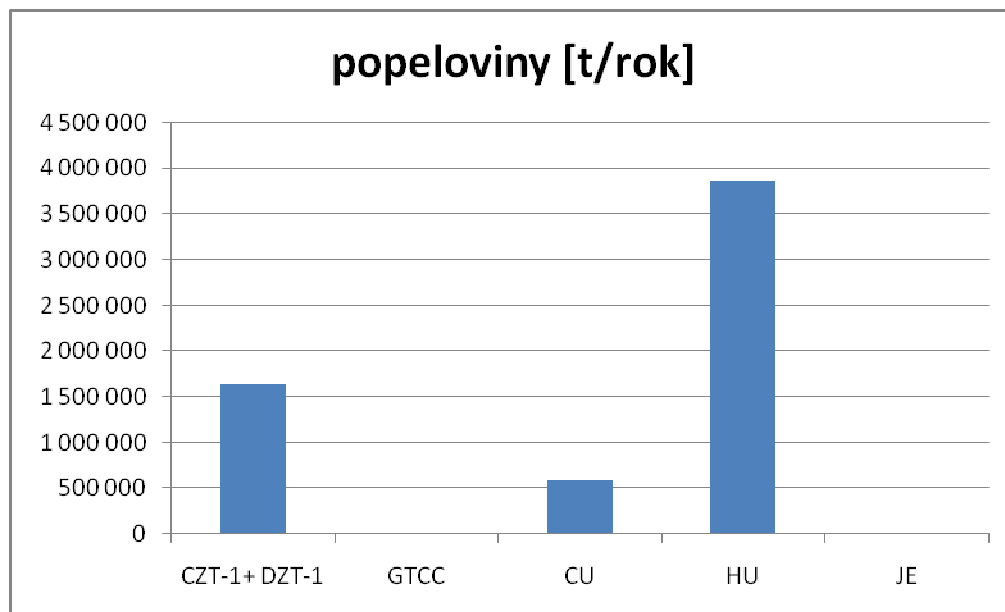


Tabulka 24: Varianta CZT1+DZT1, produkce plynných emisí

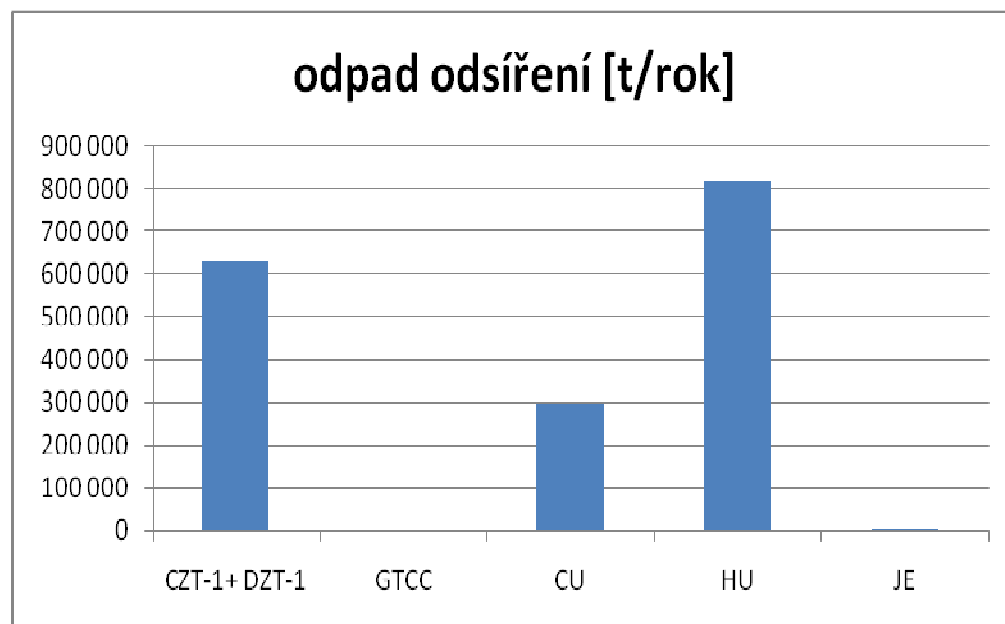
plyn. Emise	zdroj	TOPP- ekvivalent [t]	SO2- ekvivalent [t]	SO2 [t]	NOx [t]	tuhé látky [t]
		CZT-1+ DZT-1	14 245	45 275	35 948	11 778
	GTCC	13 184	6 851	194	9 545	166
	CU	10 204	12 417	7 181	7 254	550
	HU	9 868	20 444	15 263	7 336	421
	JE	5 203	9 226	6 138	3 945	1 040

5.5.4 Základní pevné odpady

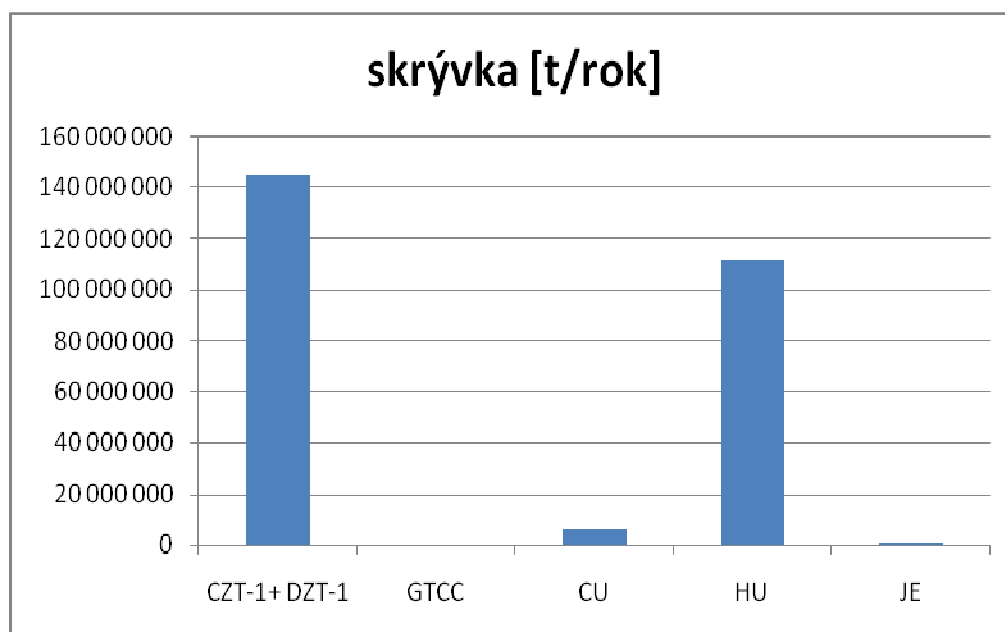
Obrázek 72: Varianta CZT1+DZT1, produkce popelovin



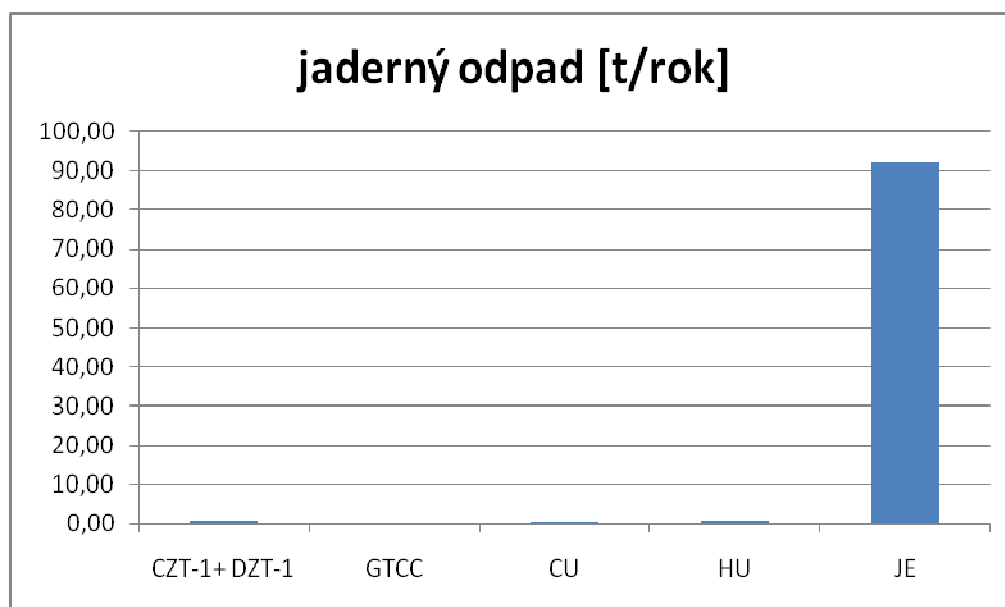
Obrázek 73: Varianta CZT1+DZT1, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 74: Varianta CZT1+DZT1, produkce skrývky



Obrázek 75: Varianta CZT1+DZT1, produkce jaderného odpadu

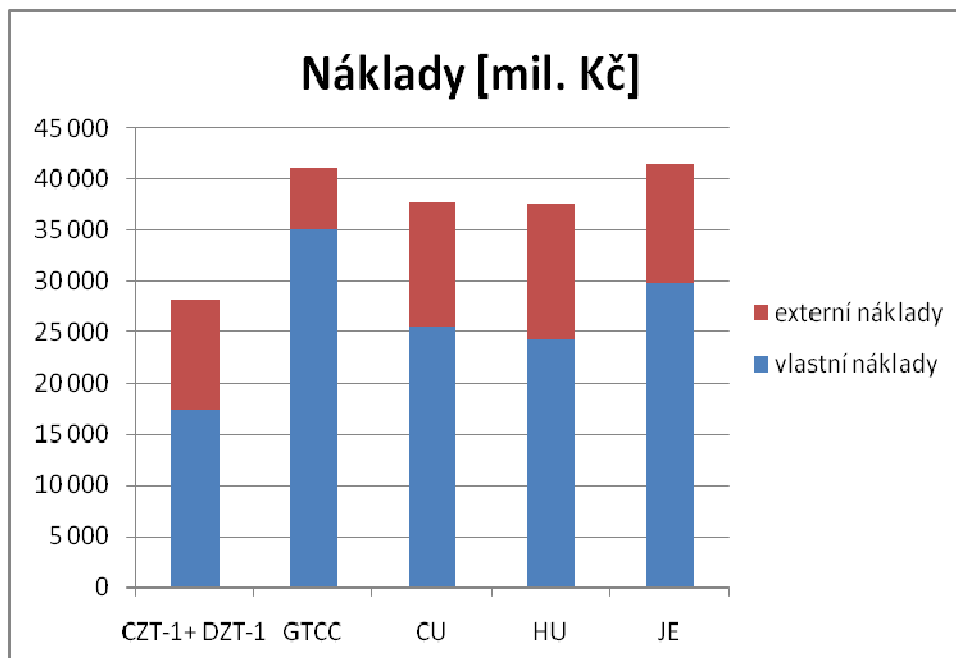


Tabulka 25: Varianta CZT1+DZT1, základní pevné odpady

pevné odpady	zdroj	popeloviny [t]	odpad odsíření [t]	skrývka [t]	jaderný odpad [t]
	CZT-1+ DZT-1	1 645 750	629 295	145 170 690	0,84
	GTCC	1 537	236	128 066	0,02
	CU	593 864	297 038	6 273 942	0,26
	HU	3 867 954	818 798	111 823 514	0,57
	JE	22 330	2 371	642 203	92,17

5.5.5 Náklady

Obrázek 76: Varianta CZT1+DZT1, výrobní náklady



Tabulka 26: Varianta CZT1+DZT1, výrobní náklady

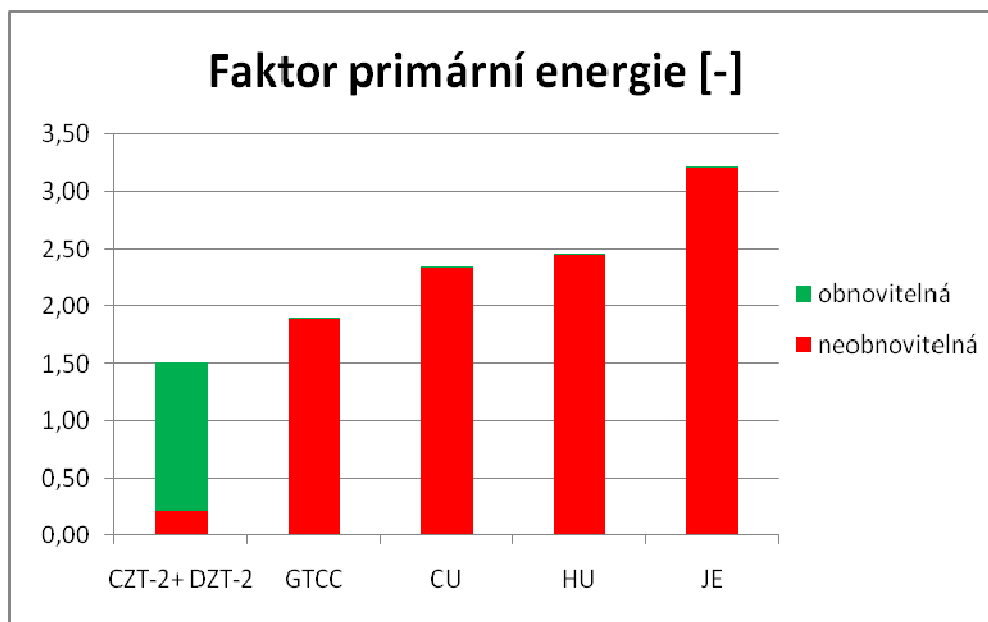
náklady	zdroj	vlastní náklady [mil. Kč]	Externí náklady [mil. Kč]	Celkové náklady [mil. Kč]
	CZT-1+ DZT-1	17 407	10 848	28 255
	GTCC	35 151	5 926	41 077
	CU	25 522	12 137	37 659
	HU	24 308	13 315	37 624
	JE	29 929	11 596	41 525

5.6 KOGENERAČNÍ ZDROJE CELKEM – VARIANTA 2 (DZT2 + CZT2)

Tato varianta počítá s celkovým objemem výroby energie v kogeneračních zdrojích – centralizovaných i decentralizovaných. Celkový objem výroby elektrické energie v této variantě je **12,6 TWh** za rok. Zastoupení jednotlivých zdrojů odpovídá variantám DZT2 a CZT2.

5.6.1 Faktory primární energie

Obrázek 77: Varianta CZT2+DZT2, faktory primární energie

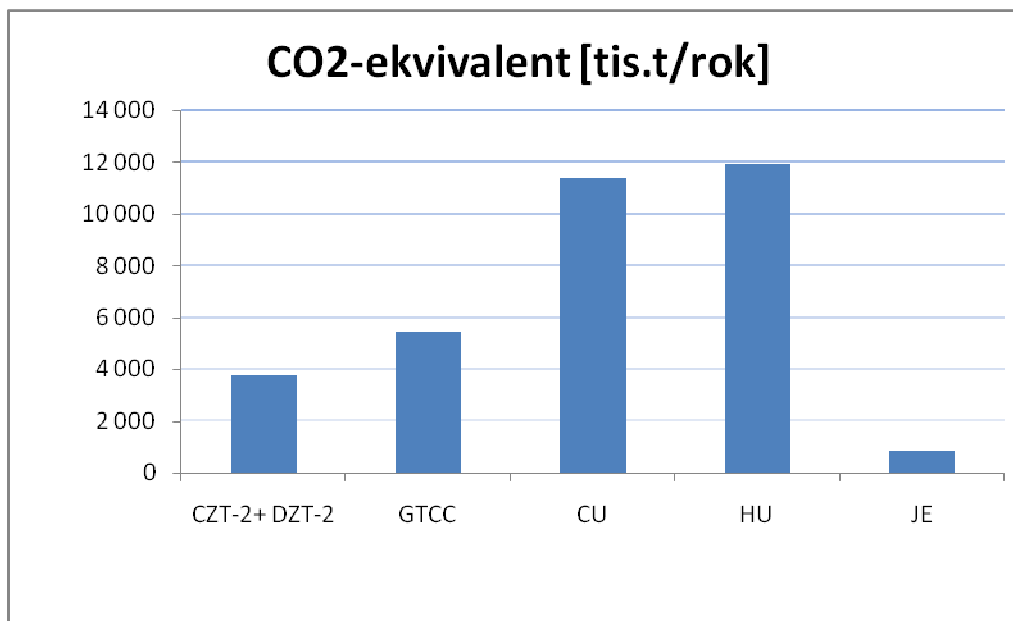


Tabulka 27: Varianta CZT2+DZT2, faktory primární energie

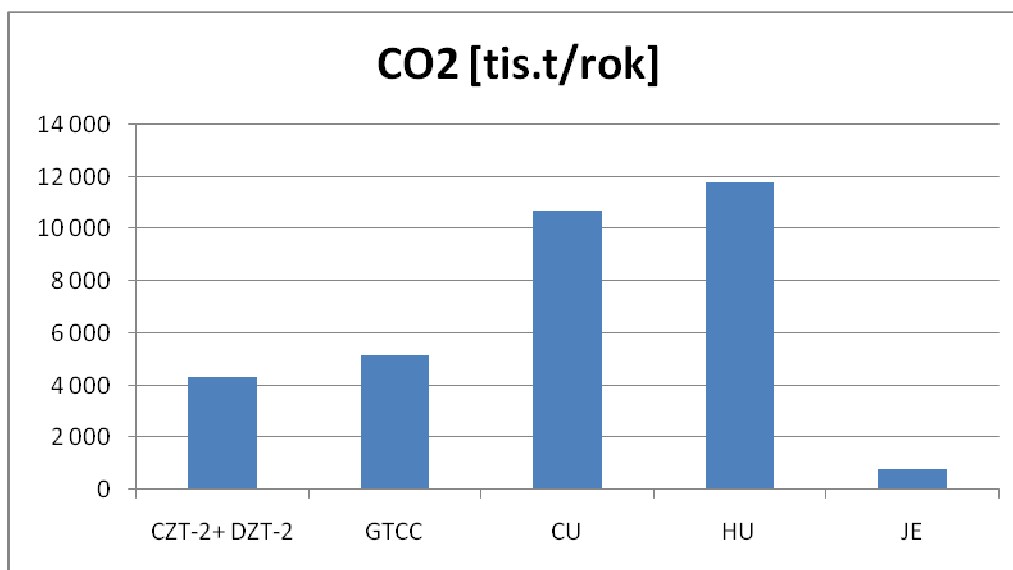
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
CZT-2+ DZT-2	1,50	0,22	1,29
GTCC	1,90	1,90	0,00
CU	2,35	2,34	0,00
HU	2,46	2,46	0,00
JE	3,22	3,20	0,01

5.6.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 78: Varianta CZT2+DZT2, emise CO₂ – ekvivalent



Obrázek 79: Varianta CZT2+DZT2, emise CO₂

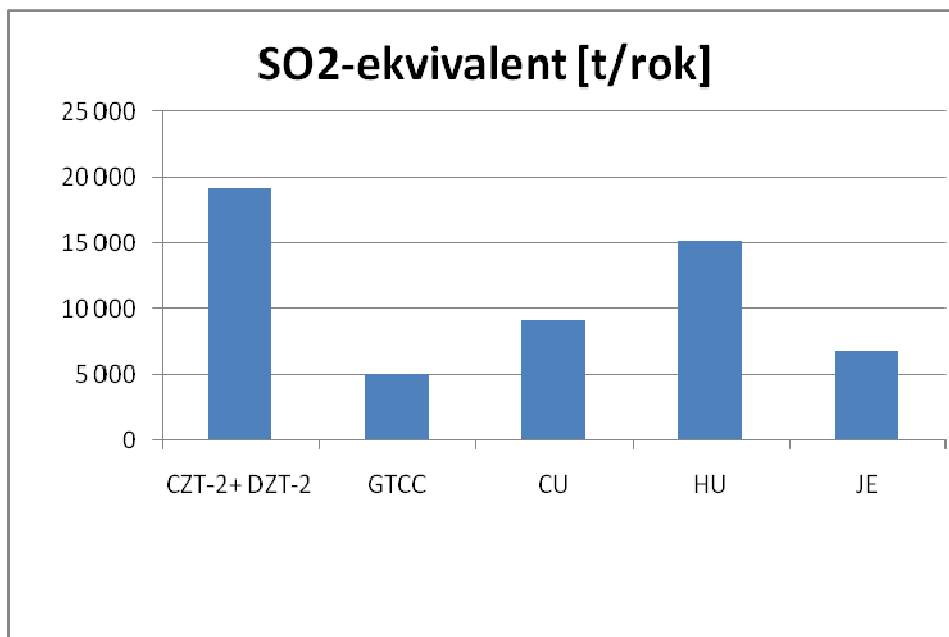


Tabulka 28: Varianta CZT2+DZT2, emise skleníkových plynů

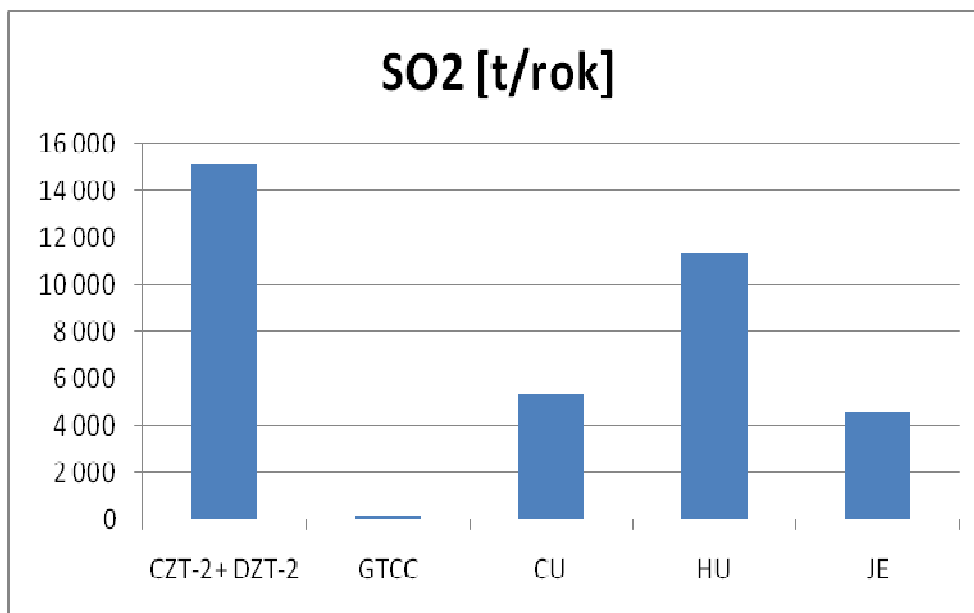
skleníková Plyn	zdroj	CO2-ekvivalent [kt]	CO2 [kt]
	CZT-2+ DZT-2	3 739	4 341
	GTCC	5 448	5 180
	CU	11 356	10 723
	HU	11 919	11 803
	JE	845	785

5.6.3 Produkce plynných emisí

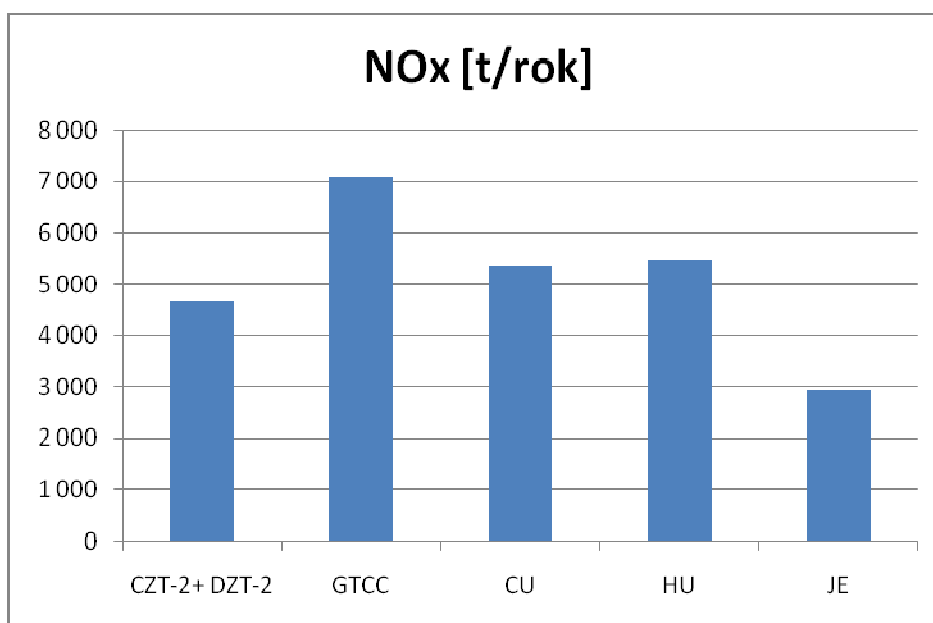
Obrázek 80: Varianta CZT2+DZT2, emise SO₂ - ekvivalent



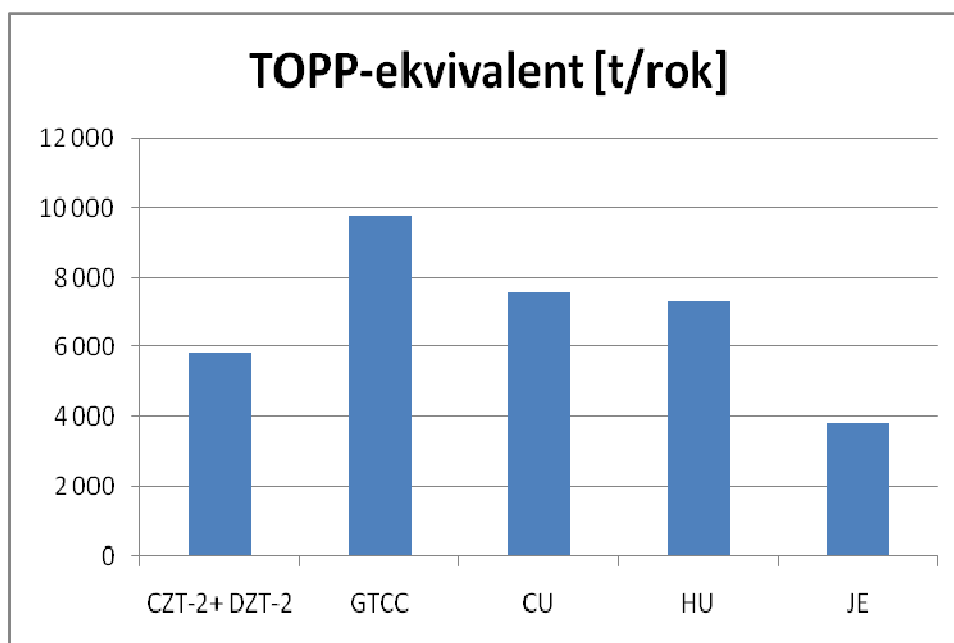
Obrázek 81: Varianta CZT2+DZT2, emise SO₂



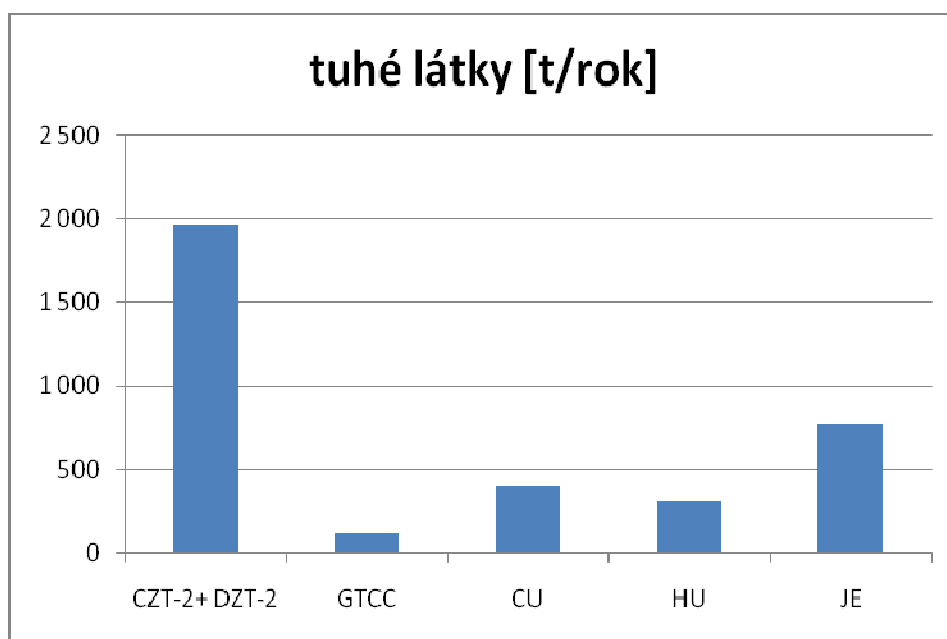
Obrázek 82: Varianta CZT2+DZT2, emise NO_x



Obrázek 83: Varianta CZT2+DZT2, emise TOPP-ekvivalent



Obrázek 84: Varianta CZT2+DZT2, emise tuhých látek

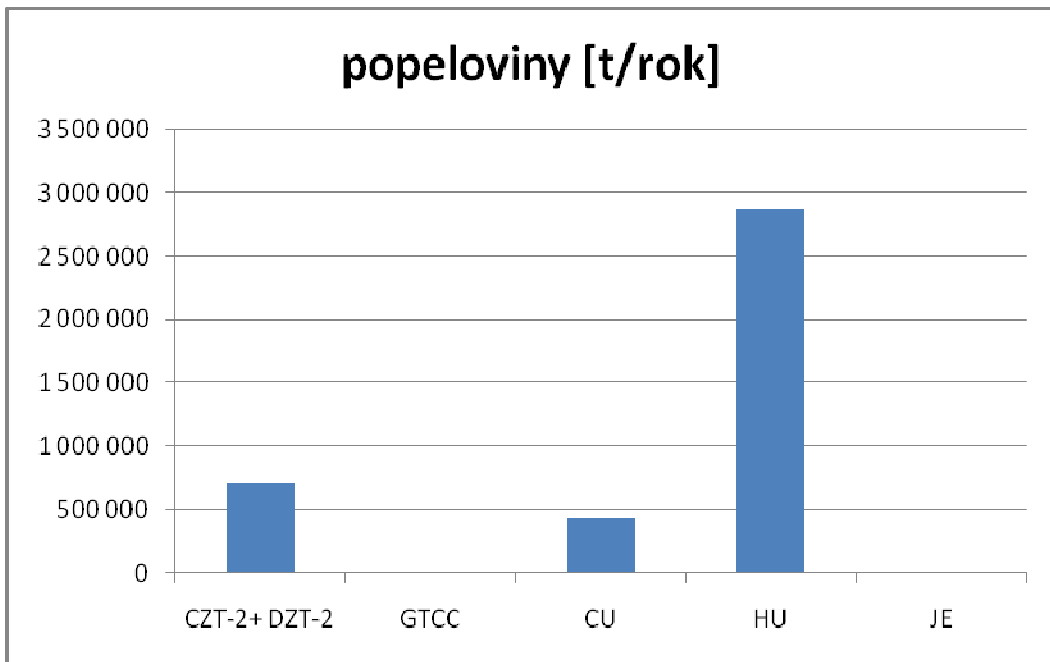


Tabulka 29: Varianta CZT2+DZT2, produkce plyných emisí

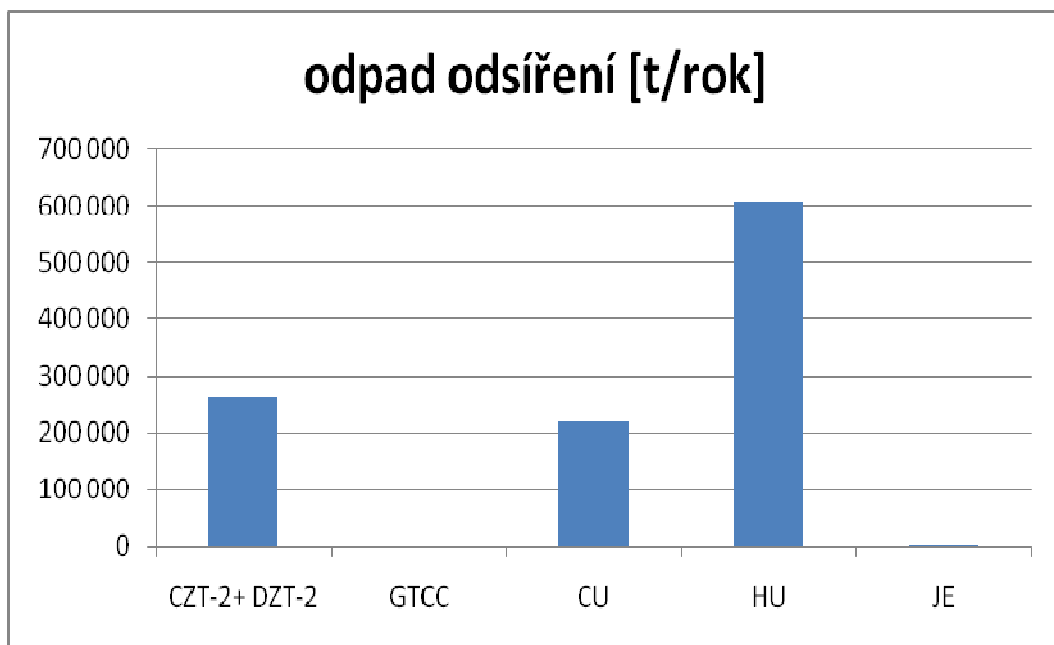
plyn. Emise	zdroj	TOPP-	SO ₂ -	SO ₂ [t]	NO _x [t]	tuhé látky [t]
		ekvivalent [t]	ekvivalent [t]			
	CZT-2+ DZT-2	5 876	19 151	15 152	4 674	1 965
	GTCC	9 779	5 082	144	7 080	123
	CU	7 569	9 210	5 327	5 381	408
	HU	7 320	15 165	11 322	5 442	312
	JE	3 860	6 844	4 553	2 926	771

5.6.4 Základní pevné odpady

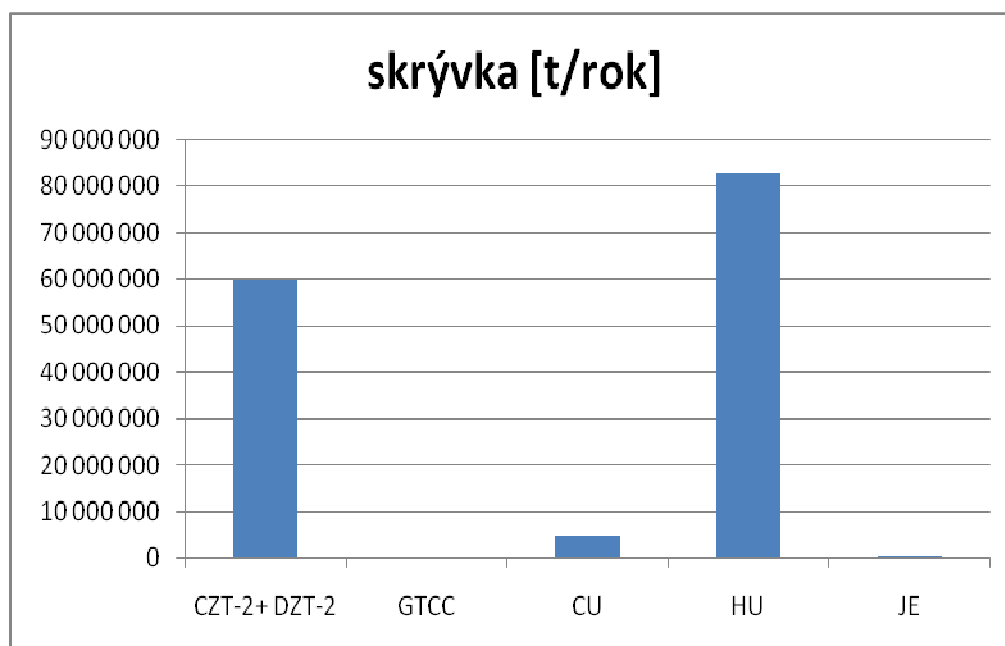
Obrázek 85: Varianta CZT2+DZT2, produkce popelovin



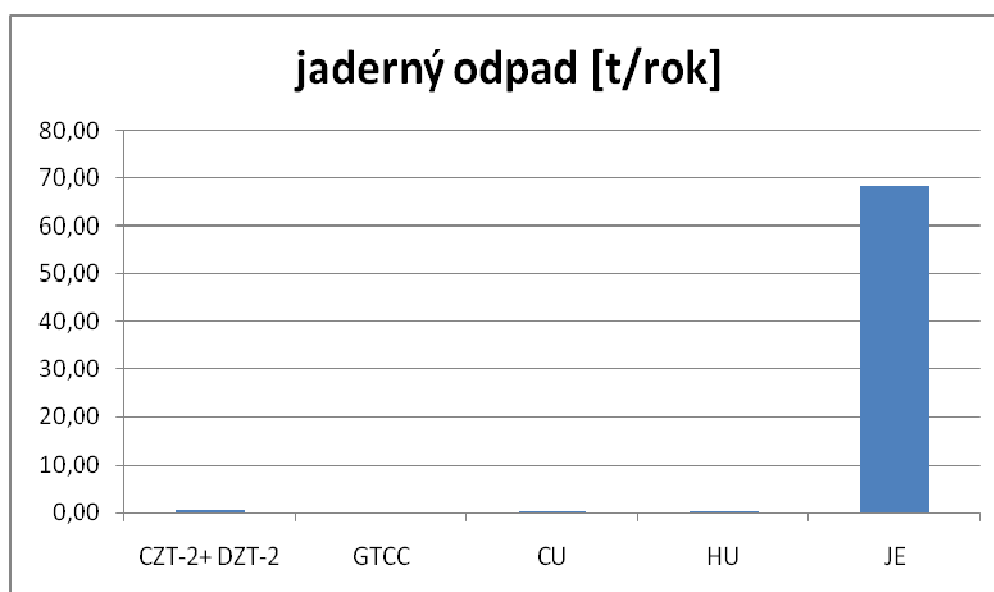
Obrázek 86: Varianta CZT2+DZT2, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 87: Varianta CZT2+DZT2, produkce skrývky



Obrázek 88: Varianta CZT2+DZT2, produkce jaderného odpadu

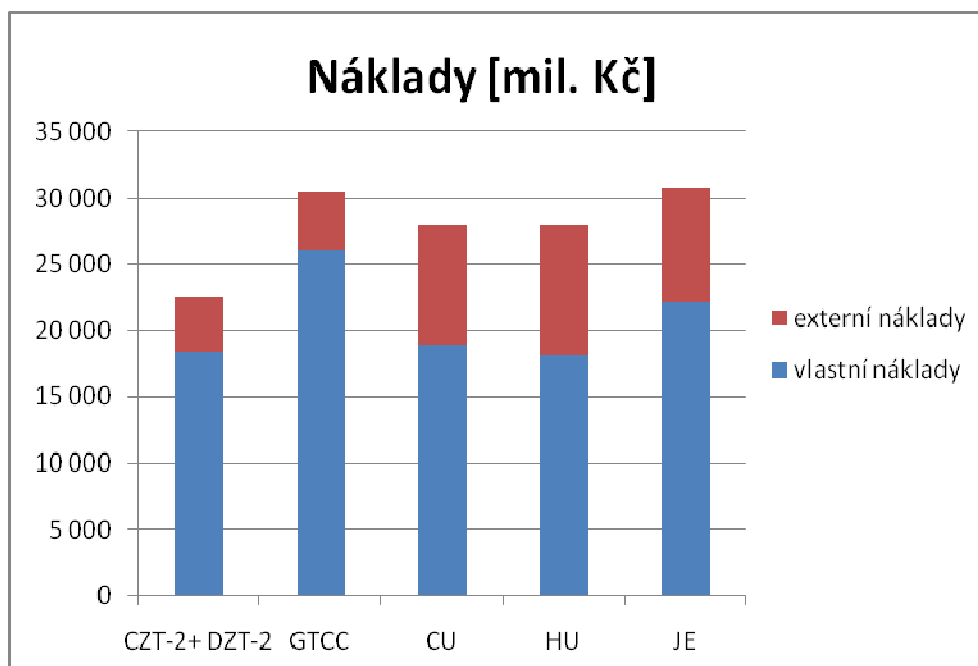


Tabulka 30: Varianta CZT2+DZT2, základní pevné odpady

pevné odpady	zdroj	popeloviny [t]	odpad odsíření [t]	skrývka [t]	jaderný odpad [t]
	CZT-2+ DZT-2	712 562	261 955	59 880 737	0,53
	GTCC	1 140	175	94 994	0,01
	CU	440 504	220 330	4 653 748	0,19
	HU	2 869 087	607 350	82 946 013	0,42
	JE	16 564	1 759	476 359	68,37

5.6.5 Náklady

Obrázek 89: Varianta CZT2+DZT2, výrobní náklady



Tabulka 31: Varianta CZT2+DZT2, výrobní náklady

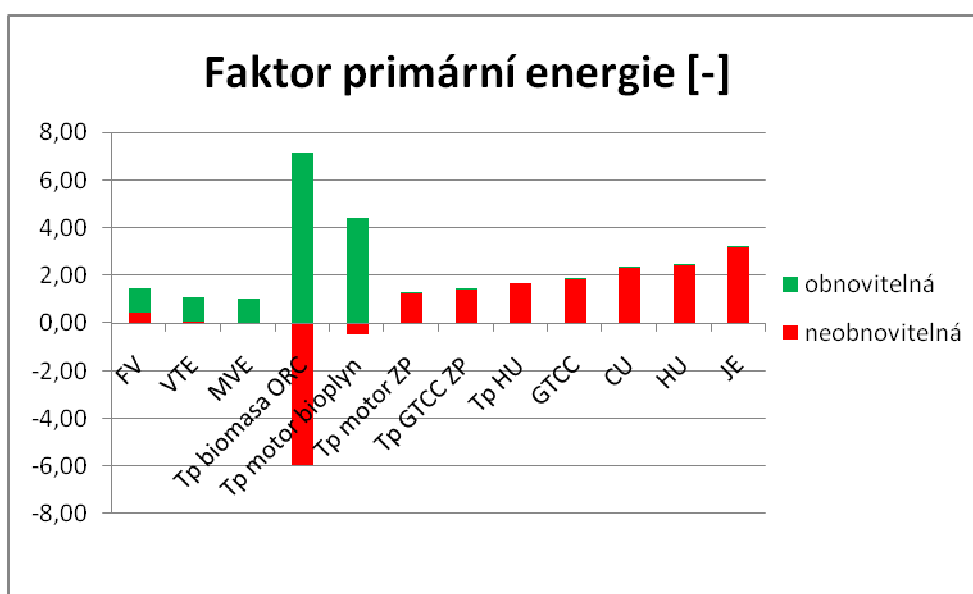
náklady	zdroj	vlastní náklady [mil. Kč]	Externí náklady [mil. Kč]	Celkové náklady [mil. Kč]
	CZT-2+ DZT-2	18 389	4 187	22 576
	GTCC	26 073	4 396	30 469
	CU	18 931	9 003	27 934
	HU	18 031	9 877	27 908
	JE	22 200	8 602	30 801

5.7 JEDNOTLIVÉ ZDROJE – POROVNÁNÍ PARAMETRŮ NA JEDNOTKU VYROBENÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE

V této variantě jsou porovnávány všechny výše uvedené kogenerační zdroje (centralizované i decentralizované), elektrárny pro monovýrobu elektřiny a obnovitelné zdroje pro monovýrobu elektřiny. Stejně jako v minulých variantách je u kogeneračních zdrojů zohledněno bonusové teplo, nahrazující výrobu tepla v plynových kotlích. Parametry zdrojů jsou přepočteny na jednotku vyrobené elektrické energie (1 MWh).

5.7.1 Faktory primární energie

Obrázek 90: Jednotlivé zdroje, faktory primární energie

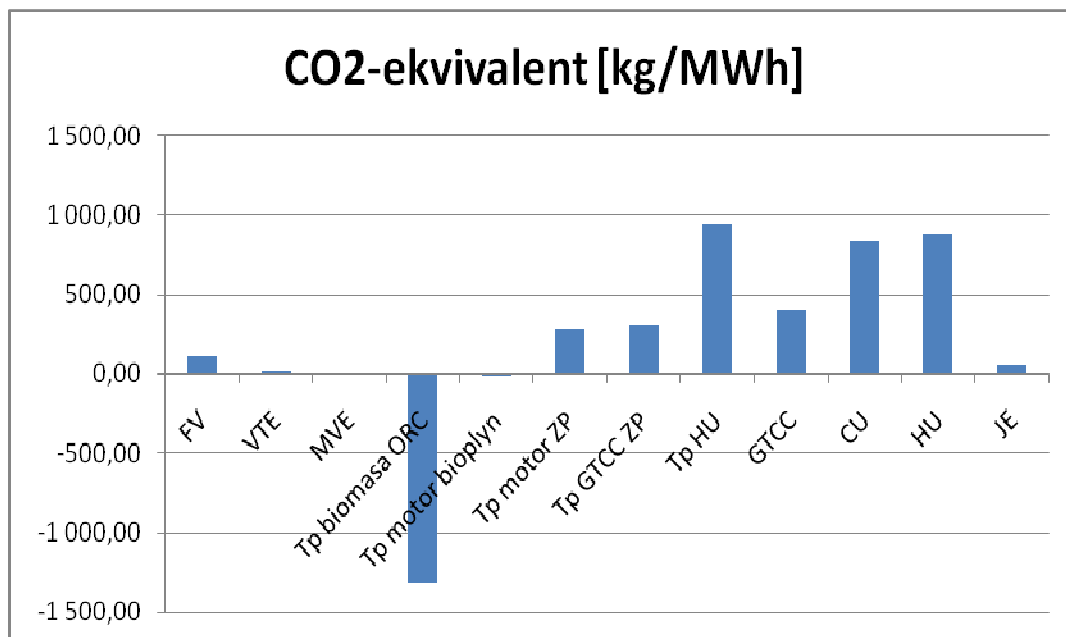


Tabulka 32: Jednotlivé zdroje, faktory primární energie

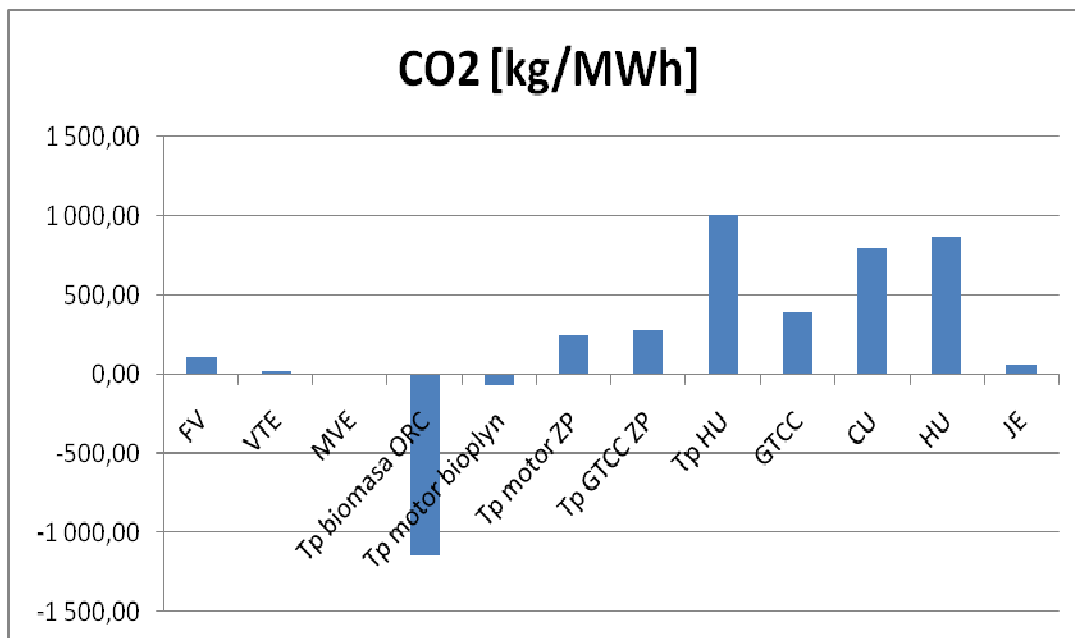
zdroj	součet [-]	neobnovitelná [-]	obnovitelná [-]
FV	1,47	0,42	1,02
VTE	1,06	0,06	1,00
MVE	1,01	0,01	1,00
Tp biomasa ORC	1,18	-5,98	7,16
Tp motor bioplyn	3,91	-0,50	4,41
Tp motor ZP	1,26	1,26	0,00
Tp GTCC ZP	1,43	1,43	0,00
Tp HU	1,65	1,65	0,00
GTCC	1,90	1,90	0,00
CU	2,34	2,34	0,00
HU	2,46	2,45	0,00
JE	3,22	3,20	0,01

5.7.2 Emise skleníkových plynů

Obrázek 91: Jednotlivé zdroje, emise CO₂ – ekvivalent



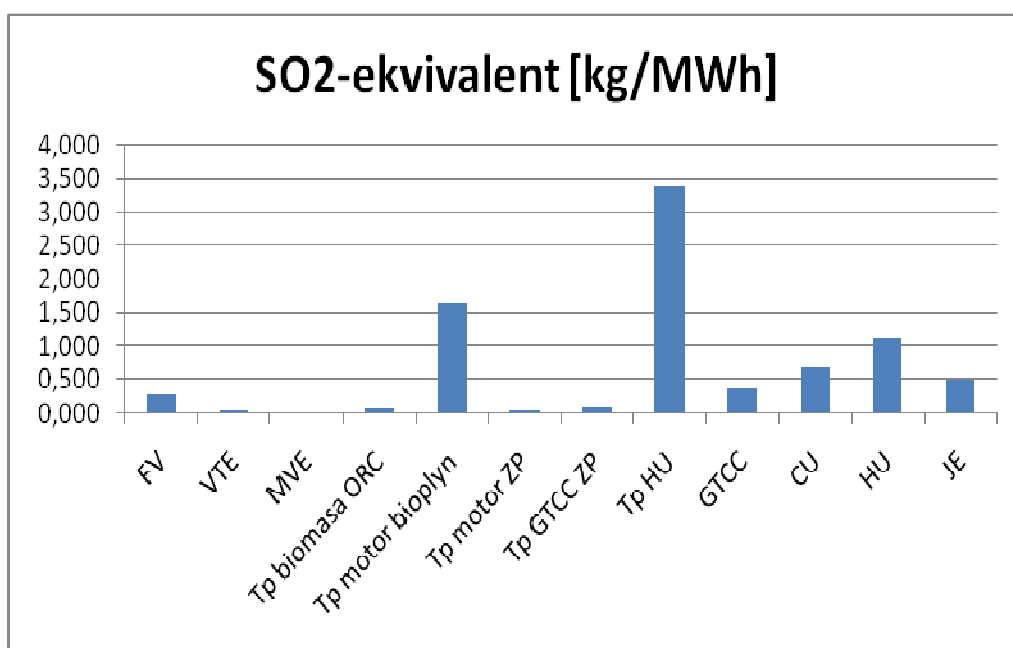
Obrázek 92: Jednotlivé zdroje, emise CO₂



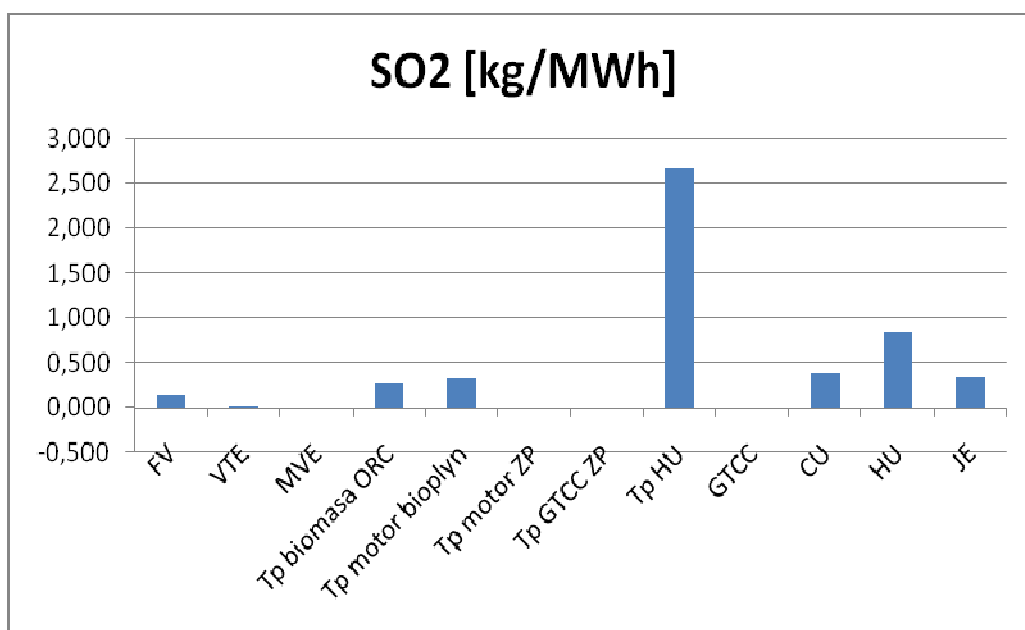
Tabulka 33: Jednotlivé zdroje, emise skleníkových plynů

skleníková Plyny	zdroj	CO ₂ -ekvivalent [kg/MWh]	CO ₂ [kg/MWh]
	FV		116,72
VTE		16,65	15,98
MVE		4,06	3,89
TP biomasa ORC		-1 314,77	-1 156,36
TP motor bioplyn		-14,57	-66,27
TP motor ZP		284,33	245,88
TP GTCC ZP		299,16	280,96
TP HU		944,73	1 012,02
GTCC		403,48	383,65
CU		841,08	794,18
HU		882,81	874,22
JE		62,57	58,10

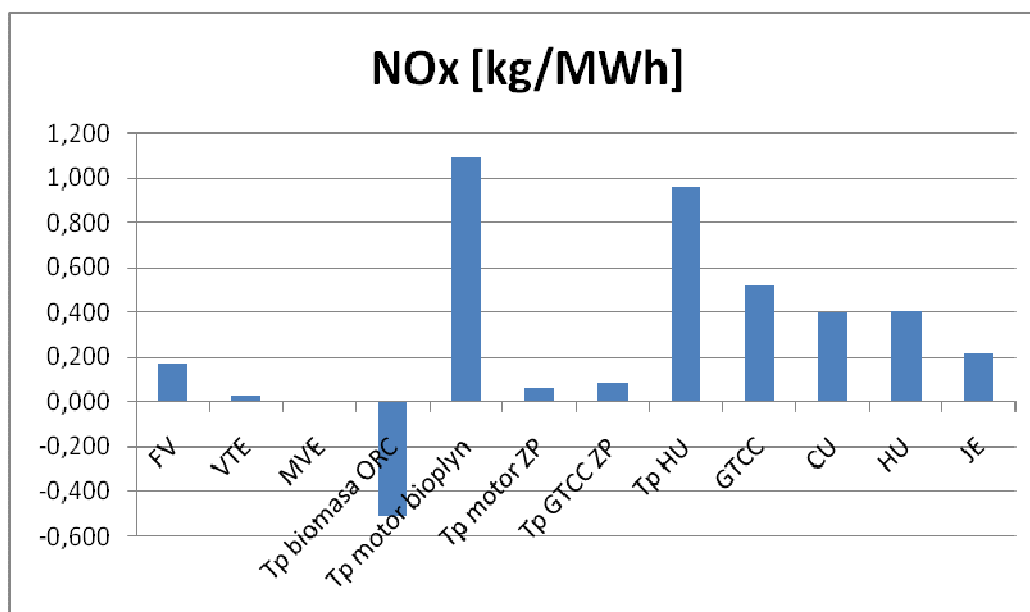
5.7.3 Produkce plyných emisí

 Obrázek 93: Jednotlivé zdroje, emise SO₂ - ekvivalent


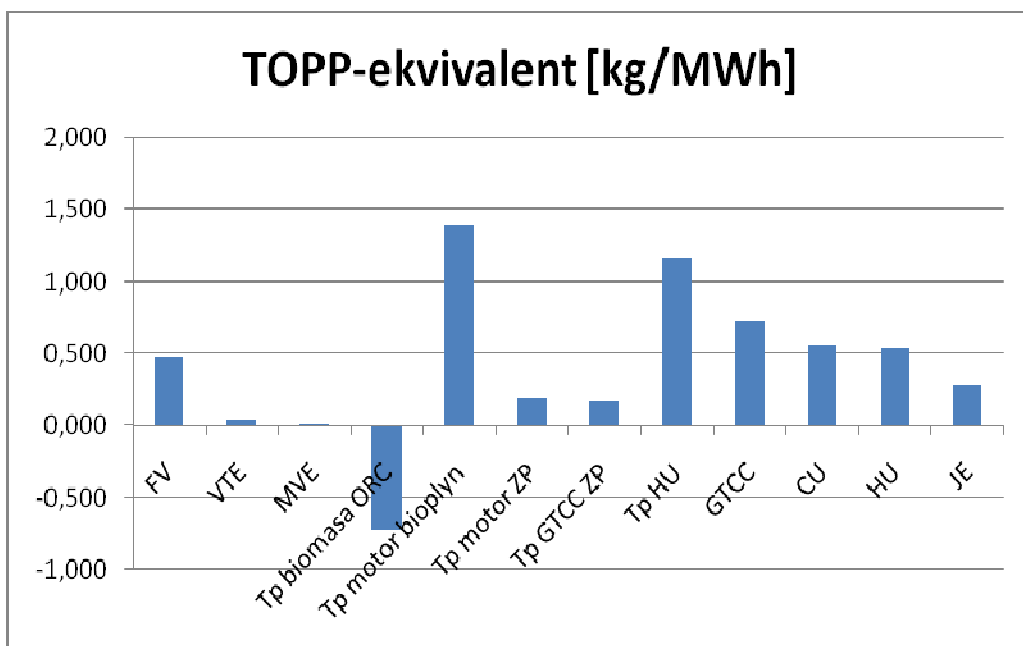
Obrázek 94: Jednotlivé zdroje, emise SO₂



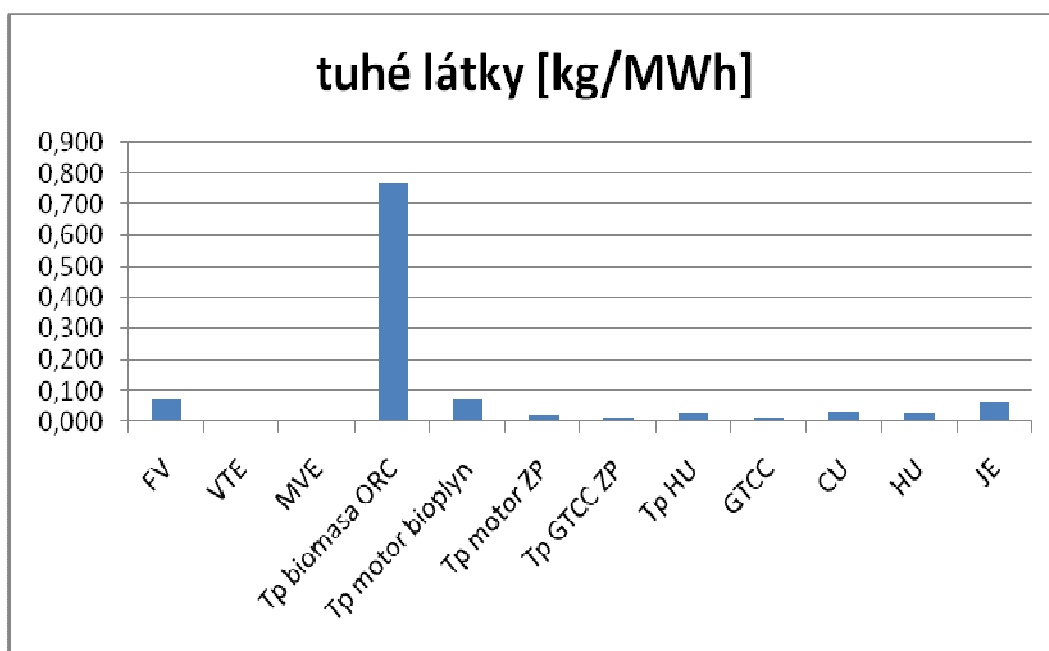
Obrázek 95: Jednotlivé zdroje, emise NO_x



Obrázek 96: Jednotlivé zdroje, emise TOPP-ekvivalent



Obrázek 97: Jednotlivé zdroje, emise tuhých látek

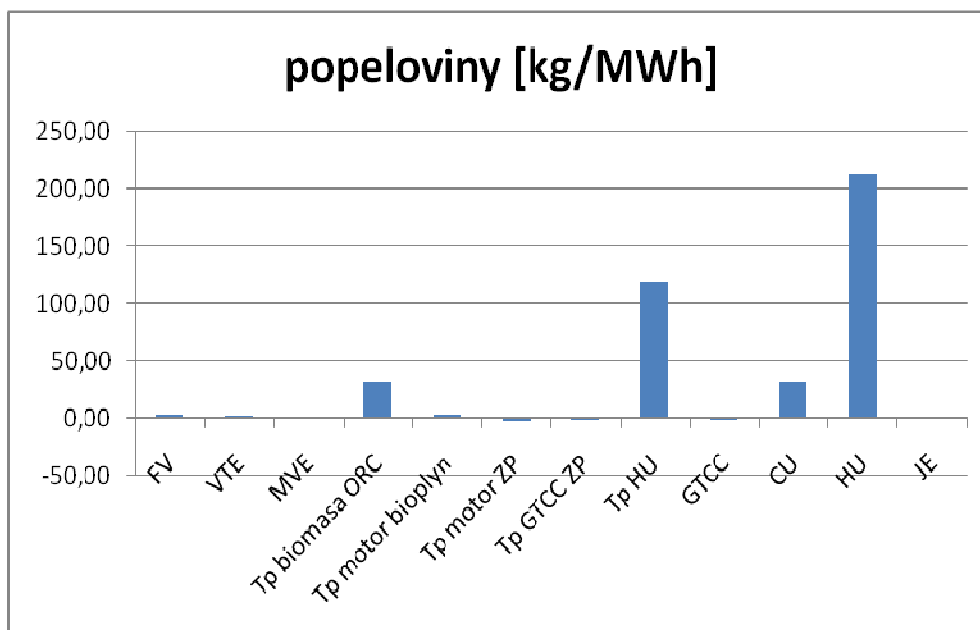


Tabulka 34: Jednotlivé zdroje, produkce plyných emisí

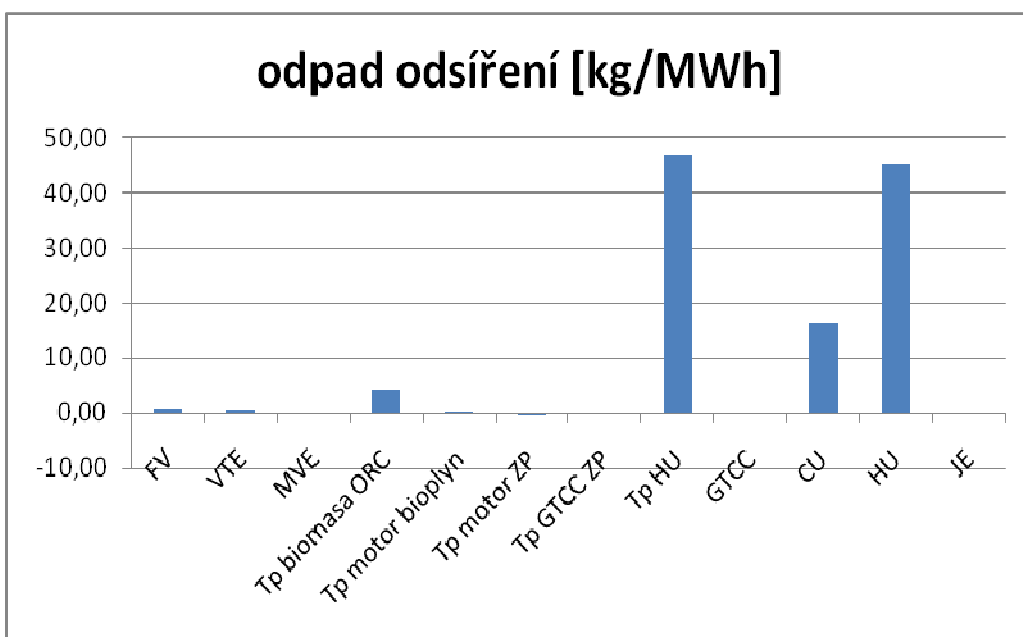
	zdroj	TOPP-ekvivalent [kg/MWh]	SO2-ekvivalent [kg/MWh]	SO2 [kg/MWh]	NOx [kg/MWh]	tuhé látky [kg/MWh]
plyn. Emise	FV	0,478	0,283	0,156	0,172	0,073
	VTE	0,047	0,039	0,018	0,031	0,004
	MVE	0,010	0,009	0,004	0,007	0,001
	Tp biomasa ORC	-0,723	0,057	0,275	-0,514	0,766
	Tp motor bioplyn	1,397	1,645	0,317	1,094	0,070
	Tp motor ZP	0,193	0,039	-0,001	0,058	0,022
	Tp GTCC ZP	0,175	0,066	0,006	0,086	0,011
	Tp HU	1,161	3,396	2,672	0,958	0,023
	GTCC	0,724	0,376	0,011	0,524	0,009
	CU	0,560	0,682	0,394	0,398	0,030
	HU	0,542	1,123	0,838	0,403	0,023
	JE	0,286	0,507	0,337	0,217	0,057

5.7.4 Základní pevné odpady

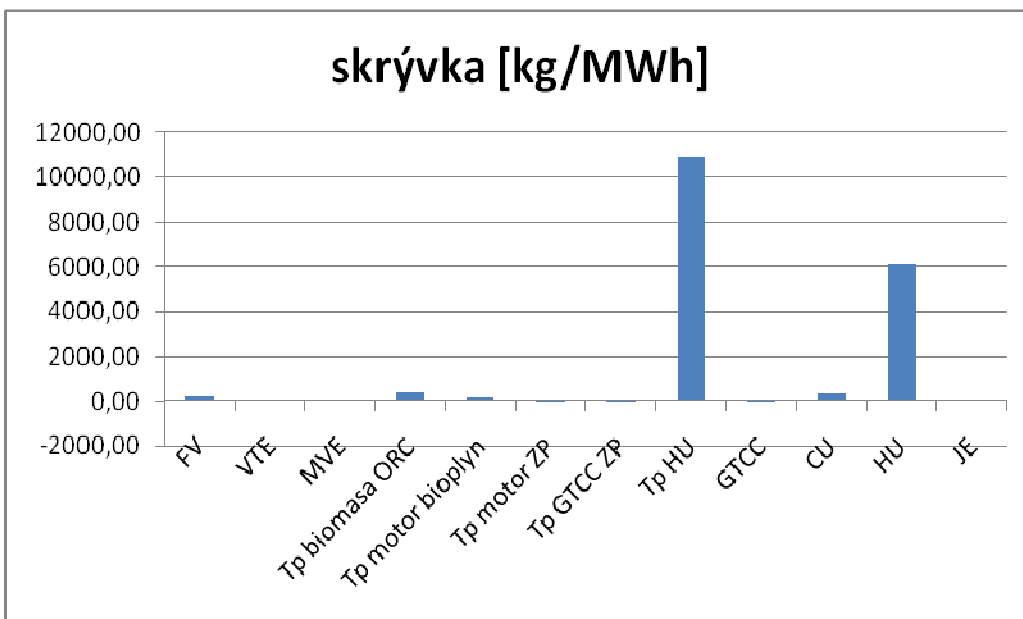
Obrázek 98: Jednotlivé zdroje, produkce popelovin



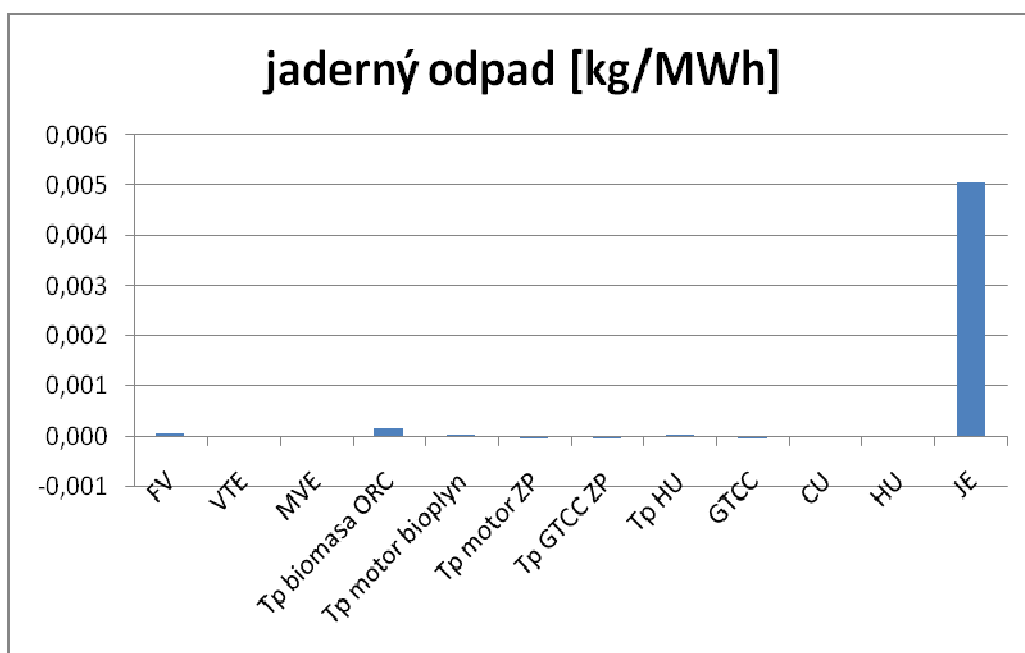
Obrázek 99: Jednotlivé zdroje, produkce odpadu po odsíření



Obrázek 100: Jednotlivé zdroje, produkce skřívky



Obrázek 101: Jednotlivé zdroje, produkce jaderného odpadu

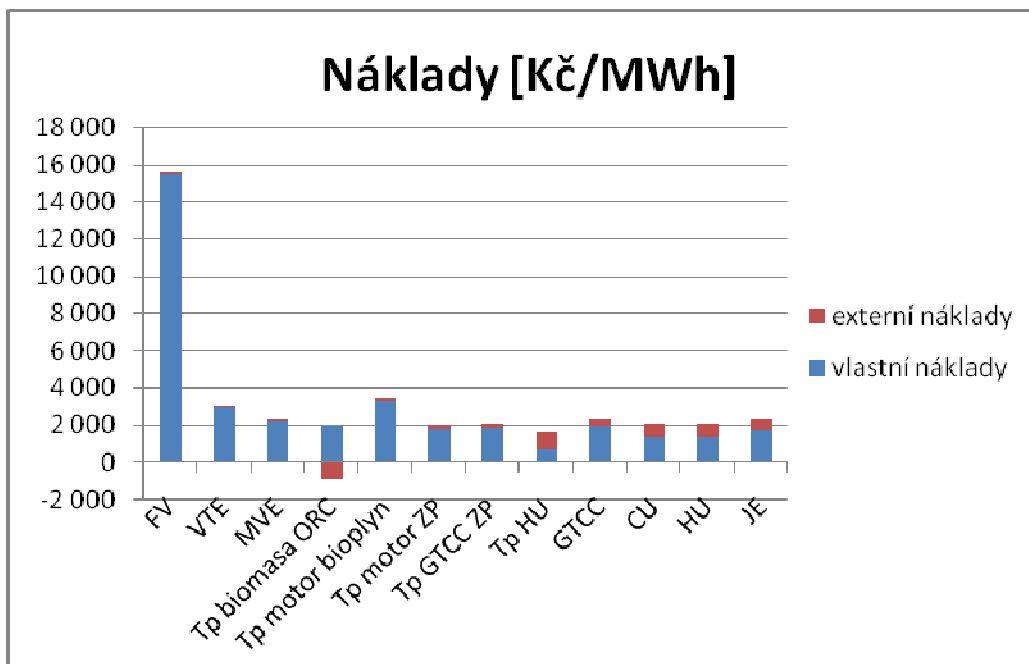


Tabulka 35: Jednotlivé zdroje, základní pevné odpady

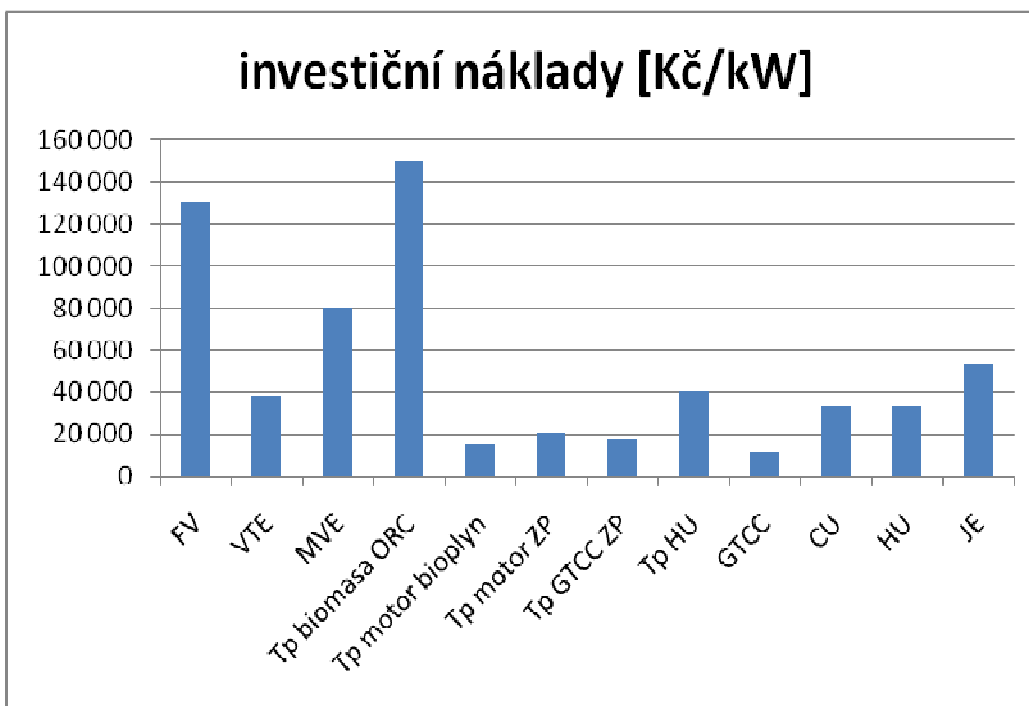
	zdroj	popeloviny [kg/MWh]	odpad odsíření [kg/MWh]	skrývka [kg/MWh]	jaderný odpad [kg/MWh]
pevné odpady	FV	3,58	0,71	252,34	0,000
	VTE	2,57	0,62	72,20	0,000
	MVE	0,62	0,15	17,11	0,000
	Tp biomasa ORC	31,61	4,06	415,26	0,000
	Tp motor bioplyn	3,58	0,29	144,12	0,000
	Tp motor ZP	-2,10	-0,52	-50,01	0,000
	Tp GTCC ZP	-0,78	-0,19	-17,24	0,000
	Tp HU	119,35	47,01	10929,14	0,000
	GTCC	0,08	0,01	6,78	0,000
	CU	32,62	16,32	344,25	0,000
	HU	212,51	44,99	6143,73	0,000
	JE	1,22	0,13	34,98	0,005

5.7.5 Náklady

Obrázek 102: Jednotlivé zdroje, výrobní náklady



Obrázek 103: Jednotlivé zdroje, investiční náklady



Tabulka 36: Jednotlivé zdroje, náklady – výrobní vlastní, externí, investiční

náklady	zdroj	vlastní náklady [Kč/MWh]	Externí náklady [Kč/MWh]	Celkové náklady [Kč/MWh]	investiční náklady [Kč/kW]
	FV	15 471	116	15 586	130 000
	VTE	2 981	18	2 999	38 000
	MVE	2 242	4	2 246	80 000
	Tp biomasa ORC	1 879	-939	939	150 000
	Tp motor bioplyn	3 276	83	3 359	15 000
	Tp motor ZP	1 729	209	1 938	21 000
	Tp GTCC ZP	1 797	223	2 020	17 100
	Tp HU	629	943	1 572	40 000
	GTCC	1 931	326	2 257	12 000
	CU	1 402	667	2 069	33 000
	HU	1 336	732	2 067	33 000
	JE	1 644	637	2 282	53 200

6 ZHODNOCENÍ

Využití kogeneračních technologií má ve všech oblastech použití nižší faktor neobnovitelné energie než fosilní a jaderné zdroje energie. Při výpočtu emisí je zohledněno bonusové teplo. To znamená, že od emisí kogeneračního zdroje jsou odečteny emise, které by vznikly při výrobě stejného množství tepla v samostatné kotelně. V některých případech tak mohou kogenerační zdroje vykazovat záporné emise (z globálního hlediska). A to v případě, kdy samostatná kotelná produkuje více emisí než kogenerační zdroj se stejným objemem výroby tepla.

Všechny parametry jsou vyhodnocovány z globálního hlediska. To znamená, že spotřebované energie a vyprodukované emise jsou počítány nejen v místě výroby energie, ale v celém životním cyklu toku energií a paliv. Například emise skleníkových plynů a jiných znečišťujících látek u jaderné elektrárny vznikají především při procesech těžby a obohacování uranu, u uhelných elektráren jsou započteny emise vznikající při transportu uhlí apod.

Decentralizované zdroje mají také význam z hlediska energetické bezpečnosti. Vhodně provozované distribuované zdroje elektrické energie mohou zvyšovat spolehlivost dodávek tím, že v případě výpadku nadřazené soustavy mohou fungovat v ostrovním provozu a zajišťovat energii pro svůj vlastní provoz, případně pro spotřebitele v okolí. Možnost ostrovního provozu má velký význam především pro průmyslové podniky s nepřetržitým provozem.

Při zvýšeném podílu obnovitelných zdrojů dochází ke zvýšení bezpečnosti vlivem menší závislosti na importu a diverzifikaci portfolia energetických zdrojů, některé obnovitelné zdroje však vykazují vysokou míru kolísavosti výkonu. Plynové technologie mají výborné vlastnosti z hlediska regulovatelnosti výkonu a jsou vhodné i pro „starty ze tmy“, nevýhodou plynu je téměř stoprocentní závislost České republiky na importu zemního plynu.

Decentralizace snižuje ztráty v přenosové a distribuční soustavě, snižuje se také možnost přetížení přenosové soustavy. Při výrobě ve velkých systémových elektrárnách jsou ztráty v rozvodech v průměru cca 7,5 %. V této studii jsou porovnávány jednotlivé zdroje podle výroby elektrické energie na patě elektrárny. Ztráty v rozvodech nejsou zohledňovány.

Ve výpočtu nákladů je uvažováno se současnými cenami. Tyto hodnoty se mohou při výhledu do roku 2040 výrazně změnit.