



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

PODZEMNÍ ZÁSOBNÍKY PLYNU

UNDERGROUND GAS STORAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Flodr

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Jan Flodr**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Podzemní zásobníky plynu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Podzemním zásobníkem plynu jsou dle definice veškerá podpovrchová a povrchová zařízení nutná pro skladování plynu. Ve většině případů se využívají přírodní, případně uměle vybudované prostory v podzemí, které jsou umístěny mezi geologicky nepropustnými vrstvami. Česká republika má několik specifických způsobů ukládání plynu.

Práce bude zaměřena na rešerši tématiky důvodů a způsobů dlouhodobého ukládání plynu.

Cíle bakalářské práce:

- Popsat situaci se zásobováním ZP v ČR a jeho význam pro českou energetiku.
- Stručně definovat důvody ukládání plynu.
- Zpracovat rešerši uložišť plynu v ČR.

Seznam doporučené literatury:

BURYAN, Petr. Zemní plyn - energetická a chemická surovina. Praha: VŠCHT, 2012. ISBN 978-8-7080-816-0.

FÍK, Josef. Zemní plyn: tabulky, diagramy, rovnice, výpočty, výpočtové pravítko. Praha: Agentura ČSTZ, 2006. ISBN 80-86028-22-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Zemní plyn je jedním z hlavních zdrojů energie na světě. Pro země bez vlastních zdrojů je velmi důležité, jak a odkud tuto surovinu dovážet a jak s ní efektivně nakládat. Cíl této práce je popsat zásobování České republiky zemním plynem a podzemní zásobníky plynu.

Klíčová slova

Podzemní zásobník plynu, plynovod, zemní plyn, energie, Česká republika

ABSTRACT

Natural gas is one of the main energy resources in the world. In case of countries without their own resources, it is very important how and where from they import this raw material and whether they utilize it effectively. The aim of this thesis is to describe the supply of the Czech Republic concerning natural gas and underground gas storage.

Key words

Underground gas storage, pipeline, natural gas, energy, Czech Republic

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FLODR, J. *Podzemní zásobníky plynu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Lisý, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Podzemní zásobníky plynu** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Martin Lisý Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl(a) při vypracování závěrečné práce.

podpis

OBSAH

Úvod	13
1 Zásobování České republiky zemním plynem.....	15
1.1 Způsoby přepravy plynu	15
1.1.1 Přeprava potrubím.....	15
1.1.2 Přeprava tankery.....	16
1.2 Plynovody v České republice	16
1.3 Alternativa dovozu plynu.....	17
2 Podzemní zásobníky plynu.....	19
2.1 Důvody ukládání plynu.....	19
2.2 Druhy podzemních zásobníků	19
2.2.1 Porézní zásobníky	19
2.2.2 Kavernové zásobníky	20
2.3 Parametry podzemního zásobníku	21
2.4 Podzemní zásobníky v České republice.....	21
2.5 Podzemní zásobníky plynu innogi Gas Storage	23
2.5.1 Podzemní zásobník Lobodice	23
2.5.2 Podzemní zásobník Dolní Dunajovice	24
2.5.3 Podzemní zásobník Štramberk	25
2.5.4 Zásobník plynu Třanovice.....	26
2.5.5 Podzemní zásobník Tvrdonice	26
2.5.6 Zásobník plynu Háje	28
2.6 Podzemní zásobník plynu SPP Storage, Dolní Bojanovice.....	29
2.7 Řídicí systém podzemního zásobníku.....	29
Závěr.....	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	32
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	35
SEZNAM OBRÁZKŮ	36
SEZNAM TABULEK	37

Úvod

Ačkoliv se v dnešní době klade důraz na obnovitelné zdroje energie (sluneční, větrná, vodní atd.) a jejich podíl na výrobě roste, tak stále hlavními zdroji jsou ropa, uhlí a zemní plyn. Zemnímu plynu, konkrétně jeho dovozu do České republiky a jeho skladování v podzemních zásobnících, se bude věnovat tato bakalářská práce. V České republice je primárním zdrojem energie uhlí, ale podíl zemního plynu je také velmi výrazný a zároveň je mnohem šetrnější k životnímu prostředí. Cílem je zhodnotit, na jaké úrovni se nachází česká plynárenská infrastruktura, odkud se může zemní plyn dovážet a jakým způsobem. Největší část práce je věnována podzemním zásobníkům plynu a jejich významu pro českou energetiku.

Zemní plyn, jakožto neobnovitelný zdroj energie, bude jednou vyčerpán. Otázkou zůstává – kdy. Podle prokázaných zásob plynu vydrží při současné těžbě do roku 2060. Když připočteme pravděpodobné zásoby, u kterých se předpokládá vysoká pravděpodobnost vytěžení, tak lze podle odhadů očekávat výdrž až do roku 2200. Posledním druhem jsou zásoby potenciální, a to především hydráty metanu, jejichž zásoby jsou obrovské. Problém je však v těžbě. Tyto hydráty se nacházejí v zemské kůře pod dnem oceánu. S rychlostí rozvoje technologií lze předpokládat, že i tyto zásoby budou případně zužitkovány. Díky tomu může zemní plyn hrát důležitou roli v oblasti energetiky ještě dlouhou dobu. [1]

1 Zásobování České republiky zemním plynem

Zemní plyn je pro Českou republiku nepostradatelným zdrojem energie. Patří do skupiny velmi výhřevných plynů a využívá se převážně jako zdroj tepelné energie (vytápění, ohřev vody, v elektrárnách, v teplárnách apod.), případně jako alternativa pro pohon automobilů a autobusů ve stlačené formě CNG. [2] Výhody zemního plynu spočívají v tom, že při správném spalování se do vzduchu uvolňuje značně méně zplodin (popílek, oxidy síry apod.) škodících životnímu prostředí, než je tomu u spalování uhlí. Oproti elektřině lze zemní plyn dovést ke spotřebitelům téměř beze ztrát, stejně jako odpadají ztráty z výroby. [3]

Podle výskytu se dělí na plyn naftový a karbonský. Naftový se vyskytuje společně s ropou, karbonský se nachází v uhelných ložiscích. Hlavní rozdíl mezi těmito dvěma druhy je v obsahu metanu, kde naftový obsahuje zpravidla metanu více než karbonský. Obsah metanu se liší i u každého druhu zvláště v každém ložisku. Podle obsahu vyšších uhlovodíků a dalších příměsí se liší technologie čištění před dálkovou přepravou. Česká republika má vlastní přírodní zdroje na Hodonínsku, ale ty pokryjí pouze 2 % roční spotřeby. Zbytek je dovážen ze zahraničí. [2]

1.1 Způsoby přepravy plynu

Hlavní nevýhodou zemního plynu je fakt, že jeho zdroje se ve většině případů nacházejí daleko od spotřebitelů a je nutné ho dopravovat na velké vzdálenosti. Plyn můžeme přepravovat pomocí potrubí nebo tankerů. Přeprava potrubím, respektive plynovody, je méně nákladná a provozní nároky nejsou tak vysoké. Nejdříve se ale musí plynovody postavit. V některých oblastech to může být neefektivní nebo nemožné z různých důvodů (politické, seismické, geologické apod.). [4]

1.1.1 Přeprava potrubím

Dálkové plynovody se vyrábí z ocele nebo mědi o vnitřních průměrech 0,8–1,4 m. [4] V Evropě se nachází hustá síť plynovodů. Provozní tlaky zde dosahují až 10 MPa a průměry často přesahují jeden metr (v ČR se nachází necelých 400 km potrubí o průměru 1400 mm). [5] V potrubí je pomocí kompresních stanic udržován potřebný tlak pro proudění plynu. [4] Podle maximálního přetlaku rozlišujeme plynovody [6]:

- nízkotlaké – do 5 kPa včetně
- středotlaké – do 400 kPa včetně
- vysokotlaké – do 4 MPa včetně
- velmi vysokotlaké – nad 4 MPa

Plynovody jsou vedeny jak po souši, tak po mořském dně. Plynovody položenými na mořském dně se do Evropy dopravuje plyn ze Severního moře nebo Afriky. [5] Potrubí je vedeno pod zemí. Pouze v místech, kde by to bylo nepraktické, neekonomické nebo je k plynovodu potřeba přístup, se volí potrubí nadzemní. [4]

1.1.2 Přeprava tankery

Tento způsob se využívá na přepravu plynu přes moře. Do Evropy je takto dovážen z Alžírsko, Nigérie, Austrálie nebo Ameriky. [5] Před načerpáním plynu do tankeru je nutné jej zkapalnit. Po zkapalnění, které je energeticky náročné¹, plyn zmenší svůj objem přibližně 600×. Kapacita tankerů se pohybuje v řádech sta tisíců m³. [4]

1.2 Plynovody v České republice

Přepravu plynu v České republice a mezinárodní přepravu přes Českou republiku zajišťuje výhradně společnost NET4GAS, s.r.o., která provozuje více než 3 800 km plynovodů se jmenovitými průměry DN 80–DN1400 a se jmenovitými tlaky 4,0–8,5 MPa. Udržování požadovaného tlaku v plynovodech zajišťují kompresní stanice (KS) Břeclav, Kralice, Kourim a Veselí nad Lužnicí. Celkový výkon pro přepravu je 243 MW. Objem a kvalita se měří na hraničních předávacích stanicích (HPS) Lanžhot mezi Českou republikou a Slovenskem, Hora Svaté Kateřiny, Brandov, Olbernhau a Waidhaus mezi Českou republikou a Německem a Těšín mezi Českou republikou a Polskem. V 94 předávacích stanicích je plyn rozdělován do domácích distribučních soustav, k přímo připojeným zákazníkům a do podzemních zásobníků. [7]

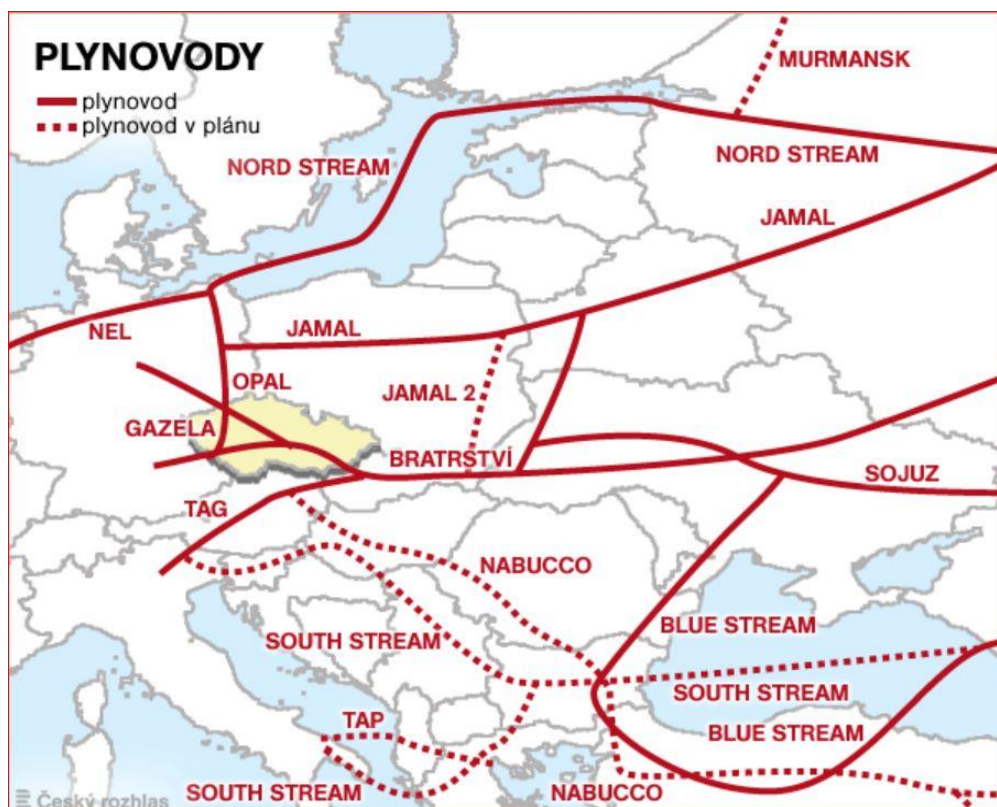


Obr. 1.1 Přepravní soustava České republiky [8]

Hlavní kostru plynovodů v České republice tvoří tranzitní plynovod, který přivádí plyn z Ruska přes Ukrajinu a Slovensko. V Jihomoravském kraji se rozděluje na dvě větve. Obě větve křížují Českou republiku a vedou do Německa. [10] Dalším důležitým plynovodem je plynovod Gazela, který je v provozu od ledna 2013. Začíná v Brandově, kde je napojen pomocí severoněmeckého plynovodu Opal na plynovod vedený po dně Baltského moře Nord Stream. Plyn je zde veden přes Ústecký a Plzeňský kraj potrubím o průměru 1,4 m. Na Tachovsku v Přimdě se plynovod napojuje na jihoněmeckou přepravní soustavu Megal. Plynovod Gazela je schopný přepravit 33,5 miliardy m³/rok a stal se strategickou výhodou v případě přerušení dodávek

¹ Při atmosférickém tlaku je teplota kapalného zemního plynu – 161 °C (může se lišit v závislosti na obsahu metanu) [9] Ve speciálně izolovaných nádržích se plyn udržuje při teplotě – 162 °C. [10]

plynu přes Ukrajinu. [12] Přes Českou republiku ročně přejde okolo 45 miliard m³ zemního plynu (z toho cca 15 miliard m³ pro domácí potřebu). [13] Zemní plyn se do České republiky dostává z ruských nebo norských nalezišť, případně z EU. Do roku 1997 byla Česká republika zcela závislá na dodávkách plynu z Ruska. V tomto roce byla podepsána smlouva s Norskem, která měla zajistit diverzifikaci dodávek plynu. [14] Norský import měl zajišťovat 25 % a zbylých 75 % pak mělo pocházet z Ruské federace. [15] Smlouva hlavně poskytovala jistotu českých odběratelů pro případ výpadku dodávek z Ruska. V roce 2009, kdy se zastavil plyn přes Ukrajinu, měla Česká republika dostatečnou alternativu. Ruský plyn proudí z jihu přes Ukrajinu a Slovensko tranzitním plynovodem. Ze severu proudí přes Bělorusko a Polsko plynovodem Jamal nebo přes Baltské moře plynovodem Nord Stream a Opal. [16]



Obr. 1.2 Evropská síť plynovodů [17]

1.3 Alternativa dovozu plynu

Alternativa zásobování Evropy, respektive České republiky, je dovážet zkapalněný plyn (LNG) z Ameriky, Kataru a dalších zemí. Spojené státy vyváží LNG do více než 20 zemí. Největší odběratelé amerického plynu jsou Mexiko, Chile a Čína. Do Evropy se dováží hlavně do Portugalska, Španělska a Itálie. [18] Americký plyn je levnější než ten ruský, ale musí se k němu přičíst náklady na přepravu, zkapalnění a zpětné zplynování. [19] Polsko se snaží nebýt zcela závislé na ruském plynu, tudíž je pro ně dovoz plynu přes Atlantský oceán zajímavou alternativou. [20] USA není schopno zásobovat plynem celou Evropu, ale vytváří evropským státům příležitost, jak se zbavit závislosti na ruském plynu nebo alespoň redukovat jeho cenu. [19] Na jižním i severním pobřeží Evropy jsou plánovány stavby dalších LNG terminálů, protože poptávka po zkapalněném plynu roste. V roce 2005 importovalo LNG 15 zemí, v roce 2018 je to

již 39 zemí. [21] Gazprom² má však v dodávkách plynu do Evropy velké výhody, a to jsou obrovské zásoby zemního plynu, nízké výrobní náklady a způsob přepravy. [19]



Obr. 1.3 Tanker se zkapalněným zemním plynem [22]

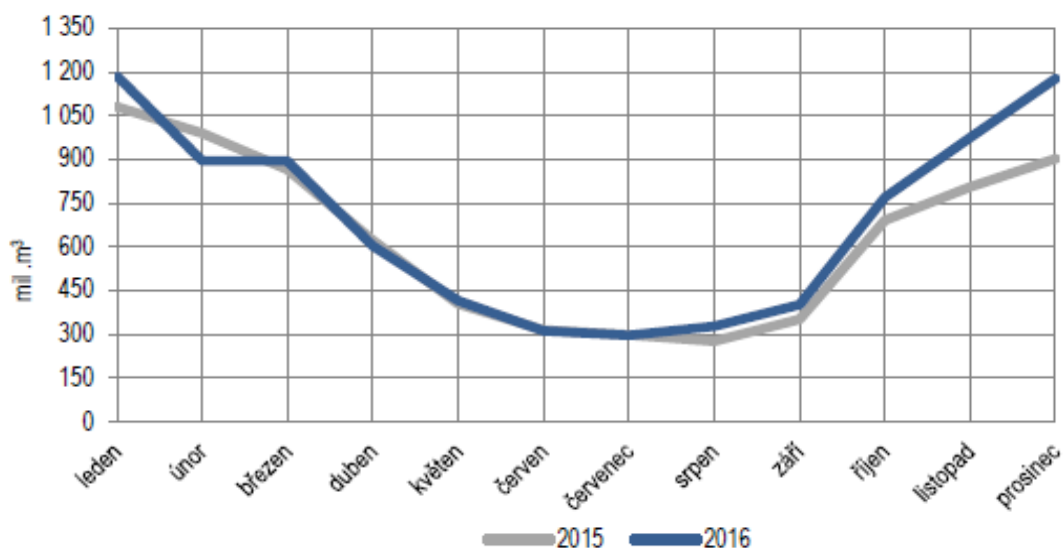
² Gazprom je ruská plynárenská společnost a největší exportér zemního plynu na světě. [23]

2 Podzemní zásobníky plynu

Podzemní skladování plynu se v České republice (ale i ve světě) stalo nejvhodnější metodou, jak reagovat na nepravidelný odběr jak sezónní, tak i špičkový denní. Podzemní zásobníky se v České republice staly palivoenergetickou nezbytností a velmi důležitou částí v problému ochrany životního prostředí. [6]

2.1 Důvody ukládání plynu

Plyn se v České republice ukládá z několika důvodů. Hlavními důvody jsou sezónní vyrovnání (dálková přeprava je nastavena tak, že dovoz je rovnoměrný po celý rok a vzhledem k tomu, že v letních měsících je spotřeba plynu menší než množství plynu dovezeného, vzniká přebytek, který je využíván v zimních měsících, kdy je spotřeba plynu několikanásobně vyšší), bezpečnostní zásoby (rezerva při přerušení nebo omezení dodávky plynu ze zahraničí), efektivita (nakupování plynu za nižší ceny a využití plynu v zásobnících při cenách vyšších), pokrytí špiček (možnost reagovat na překvapivé zvýšení spotřeby plynu) a další. [24]



Obr. 2.1 Meziroční spotřeba plynu v České republice [25]

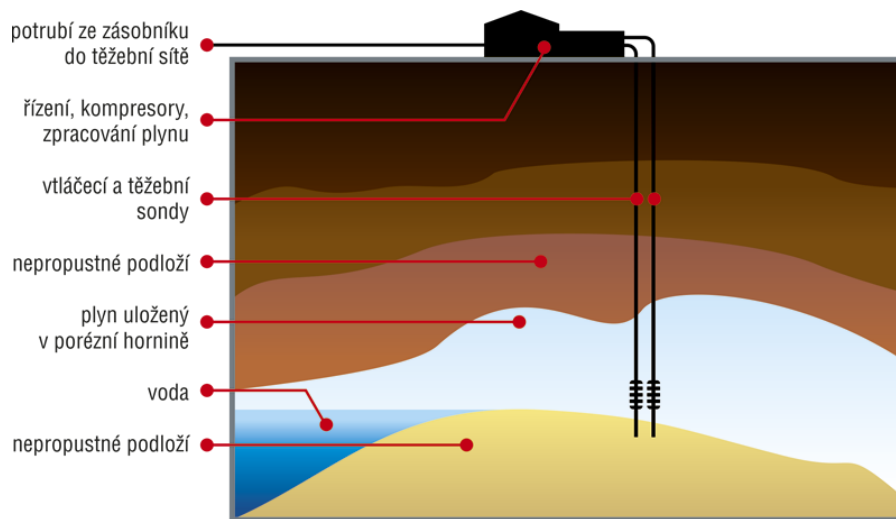
2.2 Druhy podzemních zásobníků

V České republice se využívají dva primární druhy podzemních zásobníků plynu, které se podle geologické struktury dělí na porézní a kavernové zásobníky a podle využití na sezónní a špičkové (případně přírodní a umělé). [26]

2.2.1 Porézní zásobníky

Porézní zásobníky jsou vytvořeny přírodou. Plyn se zde většinou skladuje ve vytěžených ložiscích ropy nebo zemního plynu či vytěžených naftových ložiscích. [27] Využívá se zde porézních hornin (horniny s velkým množstvím dutin), které jsou tvořeny převážně pískovcem a

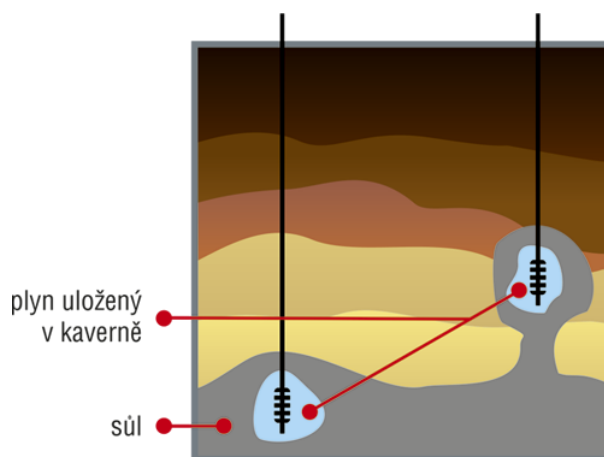
nepropustnými horninami, které brání úniku plynu. [28] Dále do této skupiny patří tzv. aquifer³. Tento typ zásobníků se většinou využívá jako sezónní (plní se během léta, kdy je spotřeba nižší a zpět se vyčerpává v zimě, kdy je spotřeba zvýšená). Zásobníky tohoto typu se vyznačují velkým uskladňovacím prostorem, ale menším těžebním výkonem. [29]



Obr. 2.2 Schéma porézního zásobníku [30]

2.2.2 Kavernové zásobníky

Kavernové zásobníky jsou uměle vytvořené. Plyn se zde skladuje v dutinách, které vznikly při těžbě hornin. Většinou se jedná o solné kaverny, opuštěné uhelné nebo jiné doly, kaverny vytvořené jadernými výbuchy, eventuálně prostor vytvořený rovnou pro uskladňování plynu. [27] Tento typ zásobníku se využívá jako špičkový (pokrytí dodávky plynu při neočekávaném zvýšení spotřeby). Špičkové zásobníky lze vyprazdňovat a znovu naplňovat vícekrát za rok. Zásobníky tohoto typu se vyznačují menším uskladňovacím prostorem, ale snadným řízením toku plynu (změna režimu vtlačení-těžba a opačně), vysokým vtlačecím a těžebním výkonem. [28]



Obr. 2.3 Schéma kavernového zásobníku [30]

³Aquifery jsou přirozené vodní rezervoáry neboli podzemní zásobníky vody tvořeny vhodnými horninami pro skladování plynu. Vlivem tlaku je voda vytlačována do větších hloubek a vytváří prostor pro uložení plynu. [27]

2.3 Parametry podzemního zásobníku

Podzemní zásobník plynu musí splňovat určitá základní vhodná kritéria, mezi které patří [6]:

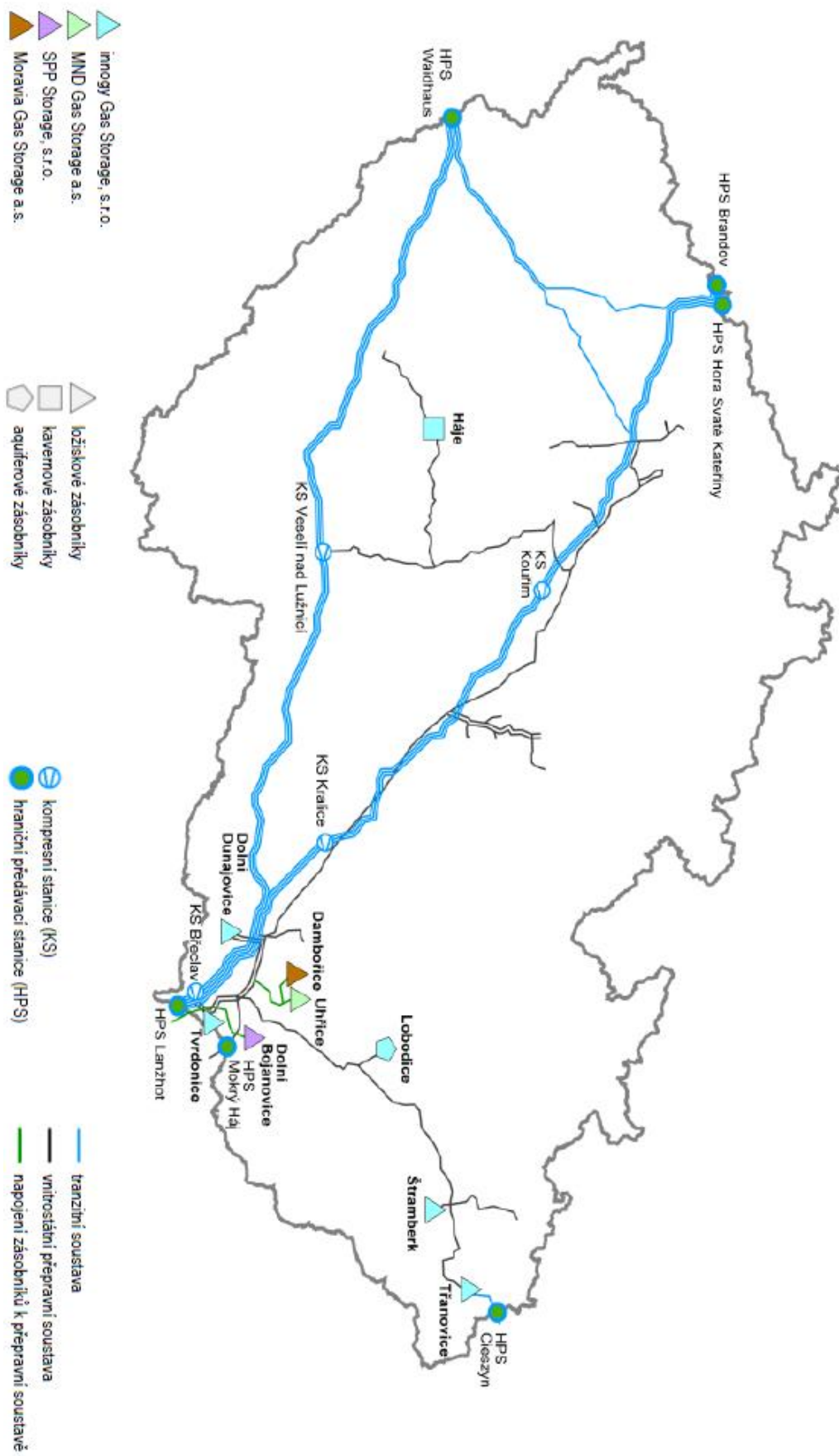
1. Pro zásobníky vytvořené ve vytěžených plynových ložiscích nebo aquiferového typu
 - svislá (vertikální) a boční (laterální) uzavřenost struktury: hermetičnost nad skladovacím prostorem (u bývalých ložisek už je zajištěna skutečností, že zde byl plyn zachován miliony let), laterální uzavřenost je dána těsníci zlomy nebo kontaktem plyn-voda
 - geologicko-ložisková stavba
 - hloubka skladování: doporučená minimální hloubka je 300 m a maximální se pohybuje do 2 000 m, což je dáno ekonomickou náročností
 - využitelný prostor
 - fyzikální parametry hornin: min. pórovitost by měla být větší než 16–17 % (u aquiferového typu větší než 20 %)
 - aktivita vodní základny
2. Pro zásobníky v umělých geologických formacích (kavernách), vyrubaných prostorech [6]
 - hloubka skladování: kvůli potřebě výhodného provozního tlaku musí být hloubka minimálně 500 m
 - strukturní vlastnosti hornin
 - fyzikálně chemické vlastnosti hornin (mohou mít negativní vliv na uložený plyn)
 - hydraulické vlastnosti: hydrodynamická analýza je důležitá pro určení maximálního tlaku v ložisku
 - regionální procesy ovlivňující stabilitu
 - hornina musí být propustná pro vodu (tvorba vodní bariéry)

Celkový objem podzemního zásobníku se skládá [6]:

1. Aktivní objem: provozní zásoby plynu. Tyto zásoby se mohou pohybovat od úplného vytěžení až po maximální naplnění kapacity zásobníku.
2. Pasivní objem: poduškový plyn. Poduška brání zatopení skladovacích prostorů vodou (většinou se množství poduškového plynu pohybuje kolem 50 % celkového objemu plynu v zásobníku).

2.4 Podzemní zásobníky v České republice

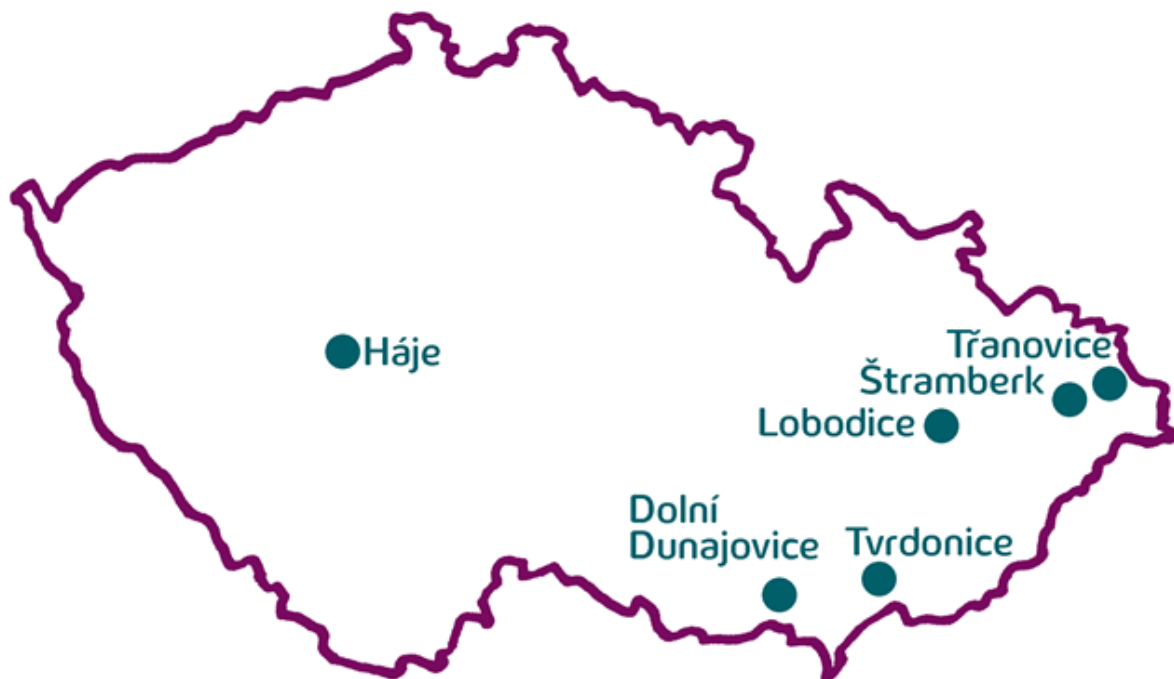
V České republice se nachází čtyři společnosti provozující devět podzemních zásobníků plynu. Většinu z nich (6) provozuje společnost innogi Gas storage (dříve RWE Gas Storage) a to konkrétně Dolní Dunajovice, Háje, Lobodice, Štramberk, Třanovice a Tvrdonice, které dohromady tvoří tzv. virtuální zásobník plynu o celkové kapacitě 2 707 milionů m³, maximálním vtláčecím výkonu 30 mil. m³/den a maximálním těžebním výkonu 40 mil. m³/den. Zbylé tři si rozdělují společnosti MND Gas Storage (Uhřetice), SPP Storage (Dolní Bojanovice) a Moravia Gas Storage (Dambořice). Celková kapacita všech zásobníků činí 3 733 mil. m³, což je necelá polovina roční spotřeby České republiky v roce 2016 (8 255 mil. m³). Spotřeba plynu v České republice se za posledních 10 let pohybuje mezi 7 000–9 000 mil. m³ ročně. [31]



Obr. 2.4 Schéma přepravní soustavy a zásobníků plynu v ČR [25]

2.5 Podzemní zásobníky plynu innogi Gas Storage

Innogi Gas Storage provozuje pět ze šesti svých zásobníků na jižní nebo severní Moravě a všechny využívají pro skladování plynu geologické struktury, které byly dříve vyplněny ropou nebo původním zemním plynem. Pouze zásobník Lobodice tvoří výjimku, protože je aquiferového typu. Pro zajištění spotřeby a vykrytí špiček dodávky zemního plynu do Středočeského kraje a hlavního města Prahy se využívá jediný uměle vytvořený zásobník kavernového typu Háje. [32]



Obr. 2.5 Podzemní zásobníky plynu innogy Gas Storage [33]

2.5.1 Podzemní zásobník Lobodice

Podzemní zásobník Lobodice je prvním zásobníkem a zároveň jediným aquiferového typu v České republice. Nachází se v Hornomoravském úvalu, 13 km jihozápadně od Přerova, nedaleko obce Lobodice. [34]



Obr. 2.6 Podzemní zásobník Lobodice [35]

Historie: V roce 1942 byly získány první poznatky o vhodné struktuře pro výstavbu zásobníků tohoto typu. Výstavba začala v roce 1962 za účelem uskladňování přebytečného kokosárenského plynu z Ostravska a od roku 1965 do roku 1989 sloužil jako zásobník ke skladování svítiplynu. [28] Vzhledem k rostoucímu importu zemního plynu se po odtěžení svítiplynu a výstavbě nových technologií začal v roce 1995 využívat jako zásobník zemního plynu. [6]

Geologická stavba: Podle geologického smyslu se nachází v Chropýňském úvalu, který je součástí vněkarpatské předhlubně. V oblasti kolektoru⁴ se nachází bádenská bazální klastika⁵, což je nejdůležitější skladovací hornina. [6] V místě uložení plynu (400–500 m) je průměrná mocnost klastik 12 m s pórovitostí kolem 24 %. Tato místa byla původně nasycená vodou, ale po odtlačení vznikl zásobník (aquifer). Nepropustnost shora zajišťují téměř 300 m mocné bádenské sedimenty, jež jsou tvořeny vápnitými jíly. [34]

Nadzemní část: Zásobník je napojen na plynovod DN 500 PN 63 Bezměrov–Lobodice. Nachází se zde jedno sběrné středisko. Řídicí systém je víceúrovňový a autonomně minimálně závislý. Zásobník Lobodice se s kapacitou 177 mil. m³, těžebním výkonem 5 mil. m³/den a vtláčecím výkonem 2,5 mil. m³/den řadí mezi menší zásobníky na našem území. [31]

2.5.2 Podzemní zásobník Dolní Dunajovice

Zásobník se nachází přibližně 6 km severně od Mikulova pod úpatím Pavlovských vrchů. Podzemní zásobník Dolní Dunajovice je s kapacitou 900 mil. m³, maximálním těžebním výkonem 17 mil. m³/den a maximálním vtláčecím výkonem 12 mil. m³/den největším zásobníkem plynu v České republice. [38]



Obr. 2.7 Zásobník Dolní Dunajovice [39]

Historie: Jedná se o porézní zásobník a v minulosti zde byla nalezena významná akumulace zemního plynu, který se od roku 1973 začal těžit. Již během původní těžby se rozhodlo, že se po odtěžení bude struktura využívat jako zásobník plynu. Zhruba 50 % plynu se zde nechalo jako poduška. Zásobník Dolní Dujanovice je v činnosti od roku 1988. [38]

⁴ Kolektor z geologického pohledu je vrstva, která je schopna akumulovat tekutinu v pórech. [36]

⁵ Klastika neboli Klastický sediment je hornina složená ze starších hornin, minerálů nebo organických zbytků (slepence, pískovce). [37]

Geologie: Porézní horninou je zde glaukonitický pískovec až prachovec v hloubce okolo 1 050 m. [31] Plyn je zde ukládán v hloubce kolem intervalu 1 030–1 120 m. Ložisko má protáhlý tvar a délku necelých 8 000 m a šířku 800 m. [6] Vrchní část struktury tvoří zhruba 150 m vysoký věstonický zlom, na který navazuje bazální klastika eggenburgu. Nepropustnou část nad plynem tvoří vápnité jílovce, jejichž tloušťka kolísá mezi 14–60 m. [38]

Nadzemní část: Zásobník je napojen na plynovod DN 700/500 PN 63 Uherčice–Dolní Dunajovice. Nachází se zde čtyři sběrná střediska. Pro vtláčení plynu se zde využívají čtyři boxerkompresory ČKD typ 4 JBK 240 s elektropohonem. Řídicí systém ovládá veškeré technologie, zajišťuje přehledné zobrazení stavu řízení technologického procesu a umožňuje ruční zásah do řízení včetně havarijních a varovných hlášení. [38]

2.5.3 Podzemní zásobník Štramberk

Zásobník se nachází přibližně 2 km od stejnojmenného města Štramberk. Skladovací kapacita činí 500 mil. m³ s těžebním výkonem 7 mil. m³/den a vtláčecím výkonem 7 mil. m³/den. [40]



Obr. 2.8 Zásobník Štramberk [41]

Historie: V jihozápadní části ostravské pánve byl v šedesátých letech nalezen vysoký obsah zemního plynu v oblasti Příbor-jih. Už při jeho primární těžbě v letech 1965–1975 se začalo uvažovat o využití plynového ložiska jako podzemního zásobníku plynu. Ložisko se nachází přibližně 35 km jihozápadně od Ostravy na ploše 30 km² v hloubce 500–690 m. V této hloubce také vznikl skladovací prostor zásobníku plynu. Zásobník plynu Štramberk je v činnosti od roku 1985. [40] Původní zásoby plynu se odhadovaly na 820 mil. m³. [6]

Geologie: Skladovací vrstvou jsou jemnozrné pískovce s jílovito-prachovitou hmotou nebo hrubozrný někdy až slepencovitý pískovec. [40] Tato vrstva se značně plošně rozpíná, ale pouze její nejvyšší části jsou vhodné pro skladování plynu. Efektivní mocnost kolektoru dosahuje od 2–10 m. Funkci krycí vrstvy plní nadloží skladovacího prostoru, které je tvořeno z velké části příkrovy karpátu zastoupeného pelitickými horninami s dobrými těsníci vlastnostmi. [6]

Nadzemní část: Zásobník je napojen na plynovod DN 500 PN 63 Libhošť–Štramberk a přírodní tlak se pohybuje mezi 4,5÷5,5 MPa. [40] Provozní tlak se pohybuje v rozmezí 2,2÷4,4 MPa, tudíž k uskladňování plynu není potřeba použití kompresorů, ale stačí tlak v

přívodním plynovodu. [6] Při těžbě plynu se využívá kompresor, který je poháněn spalovací plynovou turbínou. Po změření odebraného množství opouští areál zásobníku a pokračuje do plynovodů Severomoravské plynárenské směrem na Ostravu a Valašské Meziříčí. Řídicí systém je schopen automaticky ovládat jednotlivé členy, sondy a řídit samotné uskladňování, respektive těžbu plynu. [40]

2.5.4 Zásobník plynu Třanovice

Zásobník se nachází na severní Moravě nedaleko města Český Těšín. Kapacita zásobníku je 530 mil. m³ s maximálním těžebním výkonem 8,0 mil. m³/den a max. vtláčecím výkonem 6,0 mil. m³/den. [42]



Obr. 2.9 Zásobník Třanovice [43]

Historie: Původní plynové ložisko Žukov se skládá ze čtyř celků, a to konkrétně Západní pole, Nové pole, Staré pole a Čočky. Leží na styku geologických jednotek Českého masivu a karpatské soustavy. [6] Výstavbě předcházelo postupné přeskladňování plynu a samotná výstavba začala v roce 1994. Zásobník prošel řadou rekonstrukcí. Tou poslední byla v roce 2009–2012 rozsáhlá modernizace s finanční podporou EU. Zapojením dosud nevyužívané struktury se dosáhlo dnešní kapacity. [42]

Geologie: Kolektor tvoří převážně jemně až hrubě zrnité pískovce a slepence. Plyn je zde skladován v hloubce 445 m. [42] Jedná se o střední hodnotu, protože mocnost kolektoru je místy přes 100 m, ale místy se úplně vytrácí. [6] Horní těsnicí vrstva se skládá z bádenských jílu překrytých příkrovy Karpat. [42]

Nadzemní část: Zásobník je napojen na plynovod DN 500 PN 63, který vede na hraniční předávací stanici s Polskem Cieszyn a umožňuje napojení na terminál v polském přístavu Świnoujście. Areál se rozkládá na celkové ploše 2 ha a nejrozsáhlejší stavbou je kompresorovna s výkonnými turbokompresory Solar Turbines řady Taurus 60 a Taurus 70 o hmotnosti 40 tun dodané Spojenými státy americkými. [42]

2.5.5 Podzemní zásobník Tvrdonice

Komplex zásobníku se nachází na jihovýchodní Moravě nedaleko Břeclavi. Podzemní zásobník Tvrdonice (dříve Hrušky) je nejstarším zásobníkem na zemní plyn v České republice (dříve i v Československu), vybudován ve vytěženém ložisku plynu a ropy Hrušky (1972–1974). Jeho provozem byly získány cenné informace a zkušenosti pro stavbu dalších zásobníků. Kapacita zásobníku Tvrdonice je 535 mil. m³, maximální těžební výkon 8 mil. m³/den a maximální vtláčecí výkon 8 mil. m³/den. [44]



Obr. 2.10 Zásobník Tvrdonice [45]

Historie: První myšlenka na využití ložiskového prostoru naleziště Hrušky, který měl sloužit k ukládání přebytečného plynu z letních měsíců vznikla před rokem 1968. Prioritou byla potřeba pokrýt narůstající sezónní rozdíly mezi dovozem a spotřebou zemního plynu. Výstavba začala v roce 1971 a prošla několika etapami, jež byly zaměřeny na zvýšení denního výkonu a lepší využití skladovacího prostoru. Poslední etapa modernizace byla dokončena v roce 2005 s důrazem především na bezpečnost a spolehlivost. [44]

Geologie: Zásobník Tvrdonice se nachází ve Vídeňské pánvi, která patřila k nejbohatší naftové oblasti ve střední Evropě. [44] Plyn je zde ukládán v několika patrech (8. sarmatský obzor v hloubce 1 100 m, 12.–14. sarmatský obzor v hloubce 1 250 m a 9. bádenský obzor v hloubce 1 600 m), které se nachází v hloubkách od 1 050 do 1 600 m. [6] Hornina (kolektor), do které se plyn ukládá, má mocnost 7–30 m a je tvořena hlavně málo soudržnými jemnozrnnými písky, díky kterým je při těžení plynu nutno použít protipískové filtry. V zásobníku Tvrdonice je plyn uložen hlouběji než u ostatních PZP v ČR, a proto zde ložiskové tlaky dosahují hodnot až přes 15 MPa. Souběžně zde ještě v dalších ložiscích probíhá těžba ropy a zemního plynu. [44]

Nadzemní část: Zásobník je napojen na plynovod DN 500 PN 63 Hrušky–Tvrdonice–Mutěnice. Nachází se zde dvě sběrná střediska. Na čištění plynu se zde využívají multicyklony a prachové filtry. Na clonových měřicích tratích se měří množství plynu jak na vstupu, tak i výstupu. Pro vtlačení plynu se využívají tři kompresory ČKD 4 JBK 240 s elektropohonem. Sondy obsahují nástřiky metanolu k zabránění tvorby hydrátů. [44]

2.5.6 Zásobník plynu Háje

Kavernový zásobník Háje u Příbrami je jediný zásobník tohoto typu v České republice. Byl navržen na pokrytí špiček Středočeského kraje a hlavního města Prahy. Kapacita je 75 mil. m³ a maximální těžební i vtláčecí výkon je 6,0 mil. m³/den. [6]



Obr. 2.11 Zásobník Háje [46]

Historie: Volba kavernového zásobníku vychází z geologické pozice Středočeského kraje, kde se porézní ropo-plynové struktury ani plynotěsné aquifery nenachází a moravské zásobníky leží daleko. [6] V roce 1979 se začaly zkoumat geologické struktury a hledat nejvhodnější místa na vytvoření zásobníku. Nejvhodnější se jevila příbramská uranová oblast necházející se přibližně 70 km jihozápadně od Prahy. Zde byly zahájeny zkušební provozy dvou kaveren Bohutín a Milín. [47] V roce 1989, na základě zkušebních provozů, rozsáhlých průzkumů a útlumu těžby uranu v příbramské oblasti, bylo rozhodnuto vybudovat kavernový zásobník Háje. Vlastní výstavba začala v roce 1997. [6]

Geologie: Zásobník je situován do masivu středočeského plutonu. Prostor pro uskladnění plynu je vytvořen ražením a vytěžením horniny z podzemí. Je situován do hloubky od 961 m do hloubky 955 m při spádu 5 % ve vzálenosti 45 066 m. Vytvořené chodby mají průměr 12–15 m² a většina zůstala bez povrchových úprav. Pouze v méně stabilních částech byly vytvořeny výstuže, a místa, kde docházelo k průsakům, byla utěsněna. [47]

Spodní část: Důležitým prvkem ve spodní části je tlaková uzávěra, která uzavírá dva dopravní tunely, jež fungovaly jako přístupové chodby do zásobníku. Před definitivním uzavřením proběhlo několik pečlivých zkoušek a měření při zkušební zátce. Tlakovou uzávěru tvoří čtyři drátkobetonová tělesa o délce 10 m. Tedy na každý tunel dvě zátky. V prostoru mezi zátkami je vytvořena vodní tlaková clona. Zátky jsou dimenzovány na tlak 39 MPa. Dále se zde nachází odvodňovací vrt, kam stéká veškerá voda. Díky čerpacím trubkám a ejektorovému čerpadlu je možné tuto vodu odčerpávat pryč ze zásobníku. Součástí zásobníku je síť seismických stanic monitorujících seismické děje a síť plynometrická, která monitoruje obsah metanu v půdě. [47]

Nadzemní část: Zásobník je napojen na plynovod DN 500 PN 63 Zvěstov–Háje, a ten je napojen na plynovod DN 700 PN 63 Veselí nad Lužnicí–Praha. Plyn je možné dodávat do distribučních plynovodů Středočeské plynárenské, které vedou na Příbram a Kasejovice. Jestliže při ukládání nestačí vlastní tlak plynovodu nebo pokud již při těžbě nelze vytěžit plyn vlastním tlakem v zásobníku, je využita kompresorovna. Tlak v zásobníku klesá s množstvím vytěženého plynu. [47]

2.6 Podzemní zásobník plynu SPP Storage, Dolní Bojanovice

Zásobník se nachází na českém území nedaleko slovenských hranic, je však napojen pouze na slovenskou plynárenskou síť a plyn se zde skladuje pro potřeby Slovenské republiky. Kapacita je 576 mil. m³, max. vtláčecí výkon 7 mil. m³/den a max. těžební výkon 9 mil. m³/den. [48]

Podzemní skladovací objem je rozdělen do čtyř samostatných částí původního ložiska ropy a zemního plynu, které se nachází v hloubce 700–2 100 m. Zásobník je napojen na vysokotlaký plynovod DN 700 PN 80, který je propojen s měřicí stanicí Brodské vzdálené 30 km. Zde je měřeno množství plynu a jeho kvalita. Vtláčení se uskutečňuje díky třem kompresorům o výkonu 1,2–2,5 mil. m³/den. Vtláčecí tlak zde dosahuje hodnot až 21 MPa. [49]



Obr. 2.12 Zásobník Dolní Bojanovice [50]

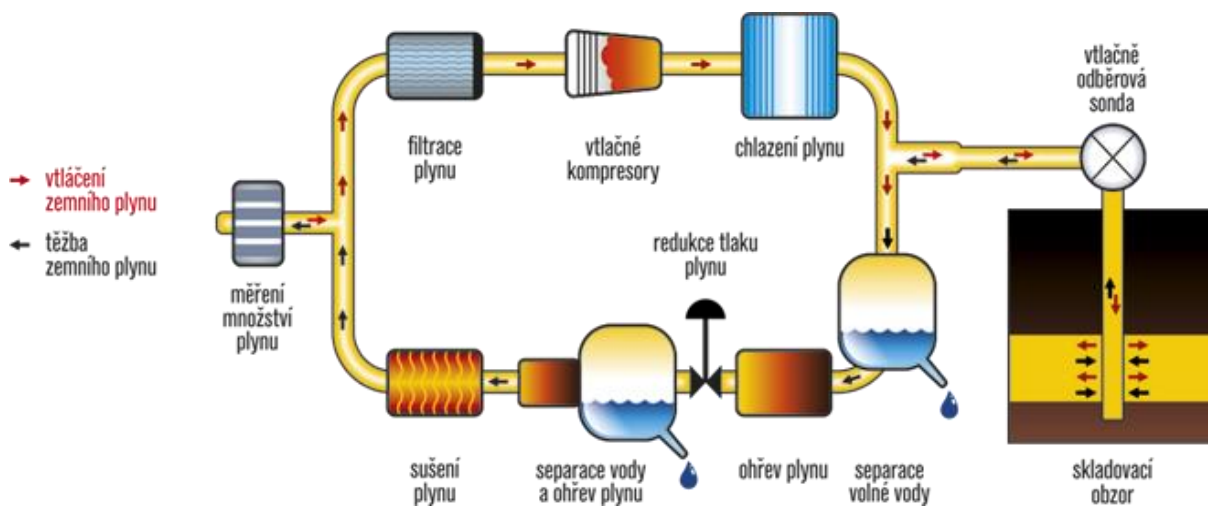
Ostatní zásobníky plynu

Tab. 2.1 Hlavní údaje zásobníků Uhřice a Dambořice [31]

Zásobník	Kapacita (mil. m ³)	Vtláčecí výkon (mil. m ³ /den)	Těžební výkon (mil. m ³ /den)
Uhřice	280	10,1	10,1
Dambořice	250	4,5	7,5

2.7 Řídicí systém podzemního zásobníku

Způsob ukládání, respektive těžení plynu, se liší u každého zásobníku. Zde je uveden zjednodušený popis technologií využívaných při úpravě plynu v podzemním zásobníku. Každý zásobník může využívat jiný postup nebo některé jednotlivé komponenty vynechat nebo naopak má přidáné nějaké navíc. Ke sledování a řízení všech používaných technologií se využívá řídicí systém (pokročilost a funkce systému se opět liší u každého zásobníku). [51]



Obr. 2.13 Řídicí systém zásobníku [50]

Technologie vtlačení: U plynu, který je přiveden do areálu zásobníku plynovodem dochází ke změření jeho množství. Poté nastává oddělení mechanických a kapalných nečistot pomocí vstupního filtračního zařízení (separátory, filtry, multifiltry, prachové filtry apod.). Vyčištěný plyn je možné dodat do distribučních plynovodů nebo dále pokračovat v jeho ukládání. Přestane-li stačit pro vtlačení tlak z plynovodu, je plyn veden do kompresorovny. Po kompresi a ochlazení je plyn dopravován potrubním systémem k sondám a ukládán v zásobníku. [51]

Technologie těžby: Ze zásobníku je plyn veden přes sondy, poté je sušen v různých zařízeních pro separaci vody, kde dochází k odvodnění ložiskové vody. Před snížením tlaku na tlak plynovodu se plyn přehřívá. Následuje sušení plynu, kde dochází k odstranění vodní páry z plynu. Na výstupních filtrech se plyn čistí a před expedicí do přepravního plynovodu dochází k měření jeho množství. [51]

Závěr

Plynárenská infrastruktura je v České republice na velmi dobré úrovni a v mnoha ohledech se může srovnávat s evropskou špičkou. Plynovody křížují zemi jak od východu na západ, tak i od severu na jih, což je velmi výhodné pro případné náhlé zastavení toku plynu jedním z plynovodů. Několik projektů nových plynovodů spojující Česko s Polskem nebo Rakouskem bylo kvůli politickým nebo ekonomickým problémům pozastaveno. Tyto projekty propojující sever a jih jsou důležité hlavně kvůli LNG terminálům v Polsku a Chorvatsku. Vzhledem k tomu, že Rusko je největším exportérem zemního plynu do Evropy, tak hraje Česká republika významnou roli díky svojí poloze pro západní země.

Další významnou částí jsou podzemní zásobníky plynu. Jejich celková kapacita je oproti nejnvyšejším evropským zemím v tomto měřítku nízká, ovšem při poměru kapacity k roční spotřebě patří k nejvyšším v Evropě. Největším problémem je, že většina zásobníků se nachází na severní a jižní Moravě. V Čechách je pouze zásobník Háje. Při plném naplnění zásobníků je možné při kompletním přerušení veškerých dodávek plynu přečkat mírnou zimu téměř bez omezení, což je na zemi, která nemá téměř žádné vlastní zdroje, velmi dobré.

V první kapitole je shrnuto zásobování České republiky zemním plynem. Konkrétněji způsoby přepravy, hlavní českou plynárenskou síť a alternativy dovozu. V druhé kapitole je pojednáno o podzemních zásobnících plynu. Konkrétně o typech zásobníků a jejich struktuře. Největší část je věnována konkrétním zásobníkům v České republice.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Zásoby zemního plynu. Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.innogy.cz/o-innogy/zasoby-a-tezba-zp/>
- [2] BUDÍN, Jan. Zemní plyn – těžba, vlastnosti a rozdělení. OEnergetice.cz [online]. OM Solutions, 2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni/>
- [3] ZEMNÍ PLYN [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/zempl_4.html
- [4] BUDÍN, Jan. Plynárenství v ČR – dodávka plynu a základní statistiky. OEnergetice.cz [online]. OM Solutions, 2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/plynarenstvi/plynarenstvi-v-cr-dodavka-plynu-zakladni-statistiky/>
- [5] Přeprava a distribuce zemního plynu. Innogy [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.innogy.cz/o-innogy/preprava-a-distribuce/>
- [6] SVOBODA, Alexandr. Plynárenská příručka: 150 let plynárenství v Čechách a na Moravě. Praha: GAS, 1997. ISBN 80-902-3396-1.
- [7] Převodní soustava. NET4GAS [online]. 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.net4gas.cz/cz/prepravni-soustava/>
- [8] Převodní soustava. In: NET4GAS [online]. 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.net4gas.cz/cz/prepravni-soustava/>
- [9] Přeprava: Dálková přeprava. Česká plynárenská [online]. 2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://www.ceskaplynarenska.cz/cs/preprava>
- [10] ZKAPALNĚNÝ PLYN [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/06/plyn_1.html
- [11] Plynovody. CenyEnergie [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/plynovody/#/promo-ele>
- [12] Plynovod Gazela. OEnergetice.cz [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/plynovod-gazela-rozsiril-cesty-pro-dodavky-plynu-do-cr-v-provozu-je-5-let/>
- [13] Pro zákazníky. NET4GAS [online]. 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.net4gas.cz/cz/pro-zakazniky/>
- [14] Před 20 lety přestalo být Rusko jediným dodavatelem zemního plynu do ČR. Oenergetice.cz [online]. 2017 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/pred-20-lety-prestalo-byt-rusko-jedinym-dodavatelem-zemniho-plynu-do-cr/>
- [15] BARTOVSKÝ, Tomáš. Zabezpečení dodávek zemního plynu do ČR. MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU [online]. c2005-2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/zabezpeceni-dodavek-zemniho-plynu-do-cr--41190/>
- [16] Spotřeba zemního plynu v Česku loni stoupla o 3,3 %. Oenergetice.cz [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/spotreba-zemniho-plynu-v-cesku-loni-stoupla-o-33/>
- [17] Zauzlené evropské plynovody. In: ENERGY HUB [online]. 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://cz.energyhub.eu/clanek/pro-energy/27316-zauzlene-evropske-plynovody>
- [18] Severozápadní Evropa obdrží první dodávku LNG z USA. Oenergetice.cz [online]. 2017 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/severozapadni-evropa-obdrzi-prvni-dodavku-lng-usa/>

- [19] Jaké vyhlídky má v Evropě dražší LNG z USA oproti levnějšímu ruskému plynu?. OEnergetice.cz [online]. 2017 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/jake-vyhličky-ma-v-evrope-drazsi-ling-z-usa-oproti-levnejsimu-ruskemu-plynu/>
- [20] První dodávka LNG z USA dorazí do Polska v červnu. Oenergetice.cz [online]. 2017 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/plyn/prvni-dodavka-ling-usa-dorazi-polska-cervnu/>
- [21] LNG terminály se zmenšují a stávají se flexibilnějšími. Oenergetice.cz [online]. 2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/zahranicni/ling-terminaly-se-zmensuji-stavaji-se-flexibilnejsimi/>
- [22] Význam zkapalněného zemního plynu globálně roste. In: Česká pozice [online]. 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: http://ceskapozice.lidovky.cz/vyznam-zkapalneneho-zemniho-plynu-globalne-roste-fs4-/forum.aspx?c=A160108_005904_pozice-forum_lube
- [23] Gazprom. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Gazprom>
- [24] Výhody: Skladování plynu. Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/vyhody/>
- [25] Roční zpráva o provozu plynárenské soustavy ČR za rok 2016. In: Energetický regulační úřad: Roční zprávy o provozu [online]. 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462888/Zprava_o_provozu_PS_2016.pdf/33a49730-e26c-4fda-b3f6-3a0dc58a750e
- [26] Podzemní zásobník plynu. LEXIKON TVARŮ RELIÉFU ČR [online]. c2010 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: https://geography.upol.cz/soubory/studium/e-ucebnice/Smolova-2010/lexikon/antropogenni/prumyslove/podzemni_zasobnik_plynu.html
- [27] Druhy zásobníků plynu. Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/druhy-zasobniku-plynu/>
- [28] DRUHY PODZEMNÍCH ZÁSObNÍKŮ PLYNU. Sppstorage [online]. [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://www.sppstorage.cz/pzp-dolni-bojanovice/druhy-podzemnich-zasobniku>
- [29] Skladování. Ceskaplynarenska [online]. c2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://www.ceskaplynarenska.cz/cs/skladovani>
- [30] Druhy zásobníků plynu. In: Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/druhy-zasobniku-plynu/>
- [31] Roční zpráva o provozu plynárenské soustavy ČR za rok 2016. Energetický regulační úřad: Roční zprávy o provozu [online]. 2016 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462888/Zprava_o_provozu_PS_2016.pdf/33a49730-e26c-4fda-b3f6-3a0dc58a750e
- [32] Podzemní zásobníky plynu innogy Gas Storage. Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/mapa-zasobniku/>
- [33] Podzemní zásobníky plynu innogy Gas Storage. In: Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/mapa-zasobniku/>

- [34] Naše zásobníky: Lobodice. Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-04].
Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/lobodice/>
- [35] Zásobník plynu v Lobodicích. In: Přerovský deník [online]. c2005-2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: https://prerovsky.denik.cz/zpravy_region/zasobnik-plynu-v-lobod-icich-slouzi-uz-50-let-ted-tam-ocenili-zachranare-20150609.html
- [36] Hydrogeologické poměry: Voda v horninovém prostředí [online]. 2002 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/inzgeol/sylaby/08%20Hydrogeolog-icke%20pomery/08%20kap.htm>
- [37] Klastika. Moravské-Karpaty.cz [online]. 2007 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/slovník-pojmu/klastika/>
- [38] Naše zásobníky: Dolní Dunajovice. Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/dolni-dunajovice/>
- [39] Naše zásobníky: Dolní Dunajovice. In: Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/dolni-dunajovice/>
- [40] Naše zásobníky: Štramberk. Innogy Gas Storage [online]. c2018 [cit. 2018-05-04].
Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/stramberk/>
- [41] PODZEMNÍ ZÁSObNÍK ŠTRAMBERK. In: ZAT [online]. c2018 [cit. 2018-05-04].
Dostupné z: <http://www.zat.cz/cz/podzemni-zasobnik-stramberk-r89.htm>
- [42] Naše zásobníky: Třanovice. Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/tranovice/>
- [43] Naše zásobníky: Třanovice. In: Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/tranovice/>
- [44] Naše zásobníky: Tvrdonice. Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/tvrdonice/>
- [45] Tvrdonice. In: <https://www.mapotic.com/logo.png> [online]. [cit. 2018-05-05].
Dostupné z: <https://www.mapotic.com/podzemni-zasobniky-plynu/17547-tvrdonice>
- [46] Naše zásobníky: Háje. In: Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/haje/>
- [47] Naše zásobníky: Háje. Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/haje/>
- [48] PZP Dolní Bojanovice: PODZEMNÍ ČÁST. SPP Storage [online]. [cit. 2018-05-04].
Dostupné z: <http://www.sppstorage.cz/pzp-dolni-bojanovice/podzemni-cast>
- [49] PZP Dolní Bojanovice: PROCES SKLADOVÁNÍ PLYNU. SPP Storage [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <http://www.sppstorage.cz/pzp-dolni-bojanovice/proces-skladovani-plynu>
- [50] PZP Dolní Bojanovice: PROCES SKLADOVÁNÍ PLYNU. In: SPP Storage [online]. [cit. 2018-05-04]. Dostupné z: <http://www.sppstorage.cz/pzp-dolni-bojanovice/proces-skladovani-plynu>
- [51] Naše zásobníky. Innogy [online]. c2018 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.innogy-gasstorage.cz/cs/mapa-zasobniku/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Význam
CNG	Stlačený zemní plyn
PN	Jmenovitý tlak
DN	Jmenovitá světlost
KS	Kompresní stanice
HPS	Hlavní předávací stanice
LNG	Zkapalněný zemní plyn
MND	Moravské naftové doly
PZP	Podzemní zásobník plynu

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 Přepravní soustava České republiky [8]
- Obr. 1.2 Evropská síť plynovodů [17]
- Obr. 1.3 Tanker se zkapalněným zemním plynem [22]
- Obr. 2.1 Meziroční spotřeba plynu v České republice [25]
- Obr. 2.2 Schéma porézního zásobníku [30]
- Obr. 2.3 Schéma kavernového zásobníku [30]
- Obr. 2.4 Schéma přepravní soustavy a zásobníků plynu v ČR [25]
- Obr. 2.5 Podzemní zásobníky plynu innogy Gas Storage [33]
- Obr. 2.6 Podzemní zásobník Lobodice [25]
- Obr. 2.7 Zásobník Dolní Dunajovice [39]
- Obr. 2.8 Zásobník Štramberk [41]
- Obr. 2.9 Zásobník Třanovice [43]
- Obr. 2.10 Zásobník Tvrdonice [45]
- Obr. 2.11 Zásobník Háje [46]
- Obr. 2.12 Zásobník Dolní Bojanovice [50]
- Obr. 2.13 Řídicí systém zásobníku [50]

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Hlavní údaje zásobníků Uhřice a Dambořice [31]