



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

POSOUZENÍ BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK ZÁSOBNÍKŮ PLYNU A BENZÍNU A POSTUPU PŘI JEJICH REVIZI

ASSESSMENT OF THE SAFETY RISKS OF GAS AND PETROL STORAGE FACILITIES AND THE PROCESS
OF THEIR REVISION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIKITA MIADZVEDZEU

VEDOUCÍ PRÁCE

doc. Ing. FRANTIŠEK VESELKA, CSc.

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Student: Mikita Miadzvedzeu

ID: 164878

Ročník: 3

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Posouzení bezpečnostních rizik zásobníku plynu a benzínu a postupu při jejich revizí

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznamte se s významem a problematikou provádění revizí u elektrických zařízení.
2. Vysvětlete existenci bezpečnostních rizik u zásobníků plynu a benzínu a způsob jejich eliminace.
3. Zpracujte postup revize u zásobníku plynu, případně ropných produktů.
4. Navrhněte příslušná opatření, včetně termínu provádění následující revize.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ČSN 33 1500, Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení

[2] Veselka, F., Huzlík, R.: Inspekční a revizní činnost, přednášky, cvičení.

[3] Honys, V.: Bezpečná Elektrotechnika. IN – EL Praha, 1998

Termín zadání: 4.2.2019

Termín odevzdání: 22.5.2019

Vedoucí práce: doc. Ing. František Veselka, CSc.

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou provádění revize u zásobníků plynu a ropných produktů. Úkolem práce je vysvětlit existence bezpečnostních rizik u zásobníků plynu a ropy, a vyznačit způsoby jejich eliminace. Dalším cílem je zpracovat postup revize vybraného druhu zásobníku, včetně termínu následujících kontrol a zkoušek. Vyhodnotit získané poznatky a navrhnout příslušná opatření.

Klíčová slova

Revize, zásobník, nádrž, rizika, ochranná zařízení, ČSN, technická norma.

Abstract

Bachelor's thesis deals with the issue of revision of gas and oil products storage tanks. The task of the thesis is to explain the existence of the safety risks of gas and oil storage tanks and indicate ways of their elimination. Next objective is to prepare the review process of the selected type of tank, including the date of the following inspections and tests. Evaluate the lessons learned and propose appropriate measures.

Keywords

Revision, storage, tank of gas, risks, protective devices, technical standard.

Bibliografická citace:

MIADZVEDZEU, M. *Posouzení bezpečnostních rizik zásobníků plynu a benzínu a postupu při jejich revizi*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2019. 72s. Vedoucí doc. Ing. František Veselka, CSc..

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma Posouzení bezpečnostních rizik zásobníků plynu a benzínu a postupu při jejich revizi jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne 22. května 2019

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Františkovi Veselkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 22. května 2019

.....
podpis autora(-ky)

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Revize elektrických zařízení	1
2.1	Rozdělení revizí podle účelu.....	3
3	Zásobníky plynu a ropy	4
3.1	Druhy podzemních zásobníků plynu.....	5
3.2	Způsoby skladování zemního plynu	8
3.3	Podzemní zásobníky plynu v ČR.....	9
3.4	Požadavky kladené na zásobníky plynu	11
3.5	Ocelové nádrže na skladování nafty a plynu.....	13
3.6	Konstrukce ropných nádrží.....	14
3.7	Údržba ropných nádrží.....	17
3.8	Čištění a revize nádrží na skladování ropných produktů.....	19
3.9	Vlastnosti zvolené nádrže na skladování ropy	21
3.9.1	Postup revize vybraného zásobníku ropy	24
3.10	Vyhodnocení získaných poznatků	35
4	Způsoby eliminace bezpečnostních rizik u zásobníků plynu a ropy	36
4.1	Ochrana před účinkem blesku	36
4.1.1	Ochrana před bleskem pro stanice na výrobu bioplynu.....	40
4.1.2	Ochrana před bleskem a přepětím pro čerpací stanice.....	45
4.2	Ochrana před účinky statické elektřiny	50
4.3	Ochrana proti korozi	53
4.3.1	Protikorozní nátěrový systém	56
4.4	Ochrana proti působení bludných proudů.....	61
5	Havárie spojené se zásobníky plynu a ropy	63
5.1	Přírodní pohromy	63
5.2	Příčiny některých technologických poruch.....	64
5.3	Historie havárií v podzemních zásobnících plynu	65
	Závěr	68
	Literatura	69
	Seznam symbolů, veličin a zkratk.....	72

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma porézního zásobníku s pozorovacími (P) a provozními (S) sondami [3]	6
Obrázek 2: Princip využití solné kaverny	7
Obrázek 3: Podzemní zásobníky plynu v ČR	10
Obrázek 4: Nádrž s ochrannou jímkou.....	15
Obrázek 5: První nádrž s pevnou, druhá nádrž s plovoucí střechou [8]	15
Obrázek 6: Víceválcové nádrže [8].....	16
Obrázek 7: Ukázka vnější vady ve svaru [10]	18
Obrázek 8: Ukázka vnitřní vady ve svaru [10]	19
Obrázek 9: Schematické zobrazení horizontální ocelové nádrži 5 m ³ [8]	23
Obrázek 10: Svodič přepětí třídy C, řada SPCT2 40 kA (8/20 μs)	39
Obrázek 11: Svodič přepětí třídy D, I _n =10 kA (8/20 μs) [19], [20]	40
Obrázek 12: Schematické zobrazení jiskřiště v provedení Ex [22]	41
Obrázek 13: Koncepce rozdělení zón ochrany před bleskem [22].....	43
Obrázek 14: Instalace vodiče HVI long v prostředí s nebezpečím výbuchu [22]	45
Obrázek 15: Instalace čerpací stanice s bleskosvodem, mřížovou zemnicí soustavou, ochranným a funkčním uzemněním a přepět'ovými ochranami	48
Obrázek 16: Protiexplozní pojistky na odvětrání nádrží na čerpací stanici	52
Obrázek 17: Mikrotrhliny v nátěrovém systému na „černé“ a pozinkované oceli... ..	58
Obrázek 18: Sandelinův diagram.....	59
Obrázek 19: Zásah na sondě v Lobodících, 2010	66

Seznam tabulek

Tabulka 1: Legenda k obrázku 1	6
Tabulka 2: Legenda k obrázku 2	8
Tabulka 3: Skladovací kapacita jednotlivých PZP, maximální denní těžební výkon a maximální denní vtláčecí výkon.....	10
Tabulka 4: Legenda k obrázku 7	18
Tabulka 5: Legenda k obrázku 8	19
Tabulka 6: Technické charakteristiky horizontální ocelové nádrži 5 m ³ nadzemního rozmístění [8]	22
Tabulka 7: Legenda k obrázku 9	23
Tabulka 8: Nátrubky zobrazení horizontální ocelové nádrži 5 m ³ [8].....	23
Tabulka 9: Postup revize u zásobníku ropy.....	34
Tabulka 10: Legenda k obrázku 13.....	43
Tabulka 11: Typy ochrany vhodné pro ochranné připojení na různá rozhraní a systémové komponenty čerpacích stanic.....	49
Tabulka 12: Dělení pevných látek z hlediska elektrizovatelnosti.....	50
Tabulka 13: Stupně korozní agresivity atmosféry a příklady typických prostředí podle ČSN EN ISO 12944, část 2.....	57

1 ÚVOD

Moje práce je věnovaná problematice provádění revizí u zásobníků plynu a ropy. Aby plnil svou bezporuchovou činnost, musí každý zásobník splňovat určité požadavky, které jsou stanovené v normách a předpisech. U každého zásobníku musí být provedena revize před jeho uvedením do provozu nebo během provozu pro ověření jeho stavu. Provedená revize posoudí, zda konstrukce zásobníku odpovídá technickým požadavkům příslušných norem a předpisům, což zaručí, že provoz zásobníku nezpůsobí škodu na zdraví člověka, hospodářským zvířatům nebo škody na majetku.

V práci jsou také popsány způsoby, kterými lze eliminovat rizika spojené s použitím zásobníku plynu a ropy.

Jedná z částí práce je zaměřena na zpracování postupu, podle kterého lze provádět revizi u vybraného druhu zásobníku ropy. Navrhl jsem příslušná opatření, včetně termínu provádění revize.

2 REVIZE ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Elektrická zařízení se před uvedením do provozu musí být zkontrolována. Během svého provozu pak musí být podrobena pravidelným kontrolám a revizím. Provozování elektrických zařízení upravuje norma ČSN 33 1500, která stanovuje lhůty revizí podle prostředí nebo druhu prostoru. Povinnost provádět revize určuje zákon č. 458/2000 Sb. tzv. energetický zákon. Kontroly elektrických zařízení jsou prováděny podle provozních řádů a návodů k obsluze předepsaných výrobcem. Technický stav kontrolovaného zařízení se zjišťuje různými způsoby jako například pravidelná prohlídka, ověření činnosti, měření atd.).

Tyto činnosti zajišťuje revizní technik na základě získaného oprávnění Technické inspekce České republiky. Prohlídkou, kontrolním měřením a přezkoušením celkového stavu ověřuje bezpečný a bezporuchový provoz elektrického zařízení. Ke každé revizi se vystavuje revizní zpráva, kde se zohlední veškeré provedené činnosti při revizi, zjištěné závady. V krajních případech se může stát, že vzniklé závady brání bezpečnému provozu, a proto v takových případech je potřeba tyto závady co nejdříve odstranit po domluvě s revizním technikem.

Závěr tvoří zpráva o revizi, která určuje bezpečnost provozu elektrického zařízení. Pro stanovení periody pravidelných revizí je nutné určit prostředí ve kterém je elektrické zařízení provozováno. Výstupem je protokol o určení vnějších

vlivů a o opatřeních, která určené vlivy podmiňují. Podmínky pro určení vnějších vlivů předpisu je norma ČSN 33 2000-5-51 ed. 3.

Důležité jsou také další technické normy, převážně z řady ČSN 33 2000 (Elektrické instalace nízkého napětí), ale i dalších, které se zabývají konkrétními dílčími částmi instalace a podrobněji definují postupy, podmínky a parametry pro měření a vyhodnocení zjištěných skutečností. Podle ČSN 33 2000-6 mezi důležité body, které jsou součástí revize patří:

- prohlídka (představuje kontrolu elektrické instalace, aby se zjistilo, zda je instalace provedena řádně),
- zkoušení (představuje testování a měření ochranných prvků pomocí určených k tomu přístrojů, tím se ověřuje účinnost a kvalita provedení elektrické instalace),
- vypracování zprávy (Představuje zaznamenání výsledků prohlídky a zkoušení),
- údržba (provádění všech potřebných technických a administrativních kontrol, které jsou zaměřené na zachování objektu ve stavu, v kterém daný objekt bude schopny vykonávat požadované funkce v plné míře [1]).

Zaměření současných revizí elektrických rozvodů a instalací

Dnešní revizní technik musí mít trvale na zřeteli následující bezpečnostní požadavky kladené na elektrické rozvody a instalace:

- aby revidované rozvody a instalace nemohly způsobit úraz elektrickým proudem nebo poškození zdraví bezdotykovým způsobem, či energií z cizích zdrojů,
- aby revidované rozvody a instalace nemohly svým provedením způsobit požár, či výbuch nebo vést k vytvoření podmínek příznivých k jejich vzniku,
- a to vše za předpokladu správného zacházení při používání revidovaného zařízení.

Zpráva o revizi elektrického zařízení obsahuje zejména následující údaje:

1. určení druhu revize, identifikaci a rozsah zařízení,
2. data zahájení, ukončení, vypracování a předání revizní zprávy,
3. jméno, popřípadě jména a příjmení, podpis a evidenční číslo revizního technika,
4. soupis provedených úkonů, použitých přístrojů a zjištěných závad nebo neshod,
5. další údaje z hlediska stavu bezpečnosti zařízení,
6. závěrečné zhodnocení bezpečnosti zařízení [2].

2.1 Rozdělení revizí podle účelu

Výchozí revize

Provádí se vždy před uvedením nových elektrických zařízení do provozu nebo po jejich rekonstrukci, za účelem posouzení stavu nově vybudované elektrické instalace během a/nebo po jejím dokončení především z hlediska bezpečnosti. Prakticky to znamená ověření shody s požadavky legislativních předpisů a norem tak, aby elektrické zařízení během svého provozu nezpůsobilo úraz člověku, zvířatům nebo škodu na majetku. Podle platných předpisů v době provádění revize u nových instalací nebo u instalací, kde došlo k významným změnám po rekonstrukci, kdy se provádí nové posouzení stavu elektrického zařízení.

Pravidelná revize

Pravidelné revize se provádějí v pravidelných intervalech ve lhůtách stanovených podle ČSN 33 1500 u zařízení, které je již v provozu, za účelem ověření a zajištění bezpečného stavu po celou dobu jeho životnosti. Během provozu může dojít ke znehodnocení některých bezpečnostních prvků instalace (porušení ochranných prvků, poškození izolací, apod.), proto je nutné v předepsaných intervalech provádět opakované ověření bezpečnosti elektrické instalace. Mimo jiné, výchozím podkladem k provedení pravidelné revize slouží zpráva o výchozí revizi. Porovnáním změřených (zjištěných) hodnot se vyhodnotí, zda nedochází k jejich zhoršování. Jestliže se prokáže významná degradace některých parametrů v instalaci, je nutné hledat příčinu. Pokud by na zhoršující se parametry nebylo reagováno, mohlo by dojít k nebezpečnému stavu i přes jeho pravidelnou kontrolu.

Mimořádná revize

Dle ČSN 33 1500 Z4 se jedná o revizi, kterou se provádějí na základě mimořádného požadavku, např. při uzavírání nových smluv s dodavatelem elektrické energie. Revize, která se po opravě výměnou nebo doplněním částí stávající elektroinstalace provádí v rozsahu výchozí revize a to především, pokud zpráva o výchozí revizi ani poslední pravidelné revizi není k dispozici. Jestliže tyto doklady k dispozici jsou a je mimořádná revize prováděna v termínu kratším, než byl stanoven pro následující pravidelnou revizi, provádí se revize v rozsahu pravidelné revize. [2]

3 ZÁSObNÍKY PLYNU A ROPY

Každý stát si vytváří určité rezervy strategických surovin pro různé nepředvídané události nebo válečný konflikt. Plyn a ropa (ropné produkty) pochopitelně patří mezi velmi důležité suroviny, proto se určité množství plynu a ropy, předepsaných pohonných hmot a mazacích prostředků ukládá v zásobnících jako státní hmotné rezervy. Zásobníky plynu jsou důležitou součástí plynárenské infrastruktury, jelikož vyrovnávají i sezónní rozdíly ve spotřebě zemního plynu. V průběhu léta se plyn především uskládá a následně v zimním období se spotřebovává. Zásobníky plynu také zvyšují energetickou bezpečnost země.

Pro zajištění plynulosti výroby i odbytu musí mít každá rafinérie určité zásoby suroviny pro případ, že by došlo k nepředvídaným okolnostem a dodávka suroviny by byla zastavena. Tak všechny kapalné a plynné produkty zpracování suroviny musí být v určitém množství uloženy v zásobnících jednotlivých produktů, než budou dodány ke spotřebitelům. Zásobníky také vyrovnávají různé výkyvy ve spotřebě produktů.

Podzemními zásobníky můžeme chápat jako veškerá povrchová a podpovrchová zařízení, která jsou nezbytná k uskladnění zemního plynu. Pro samotné skladování zemního plynu se využívají přírodní, nebo uměle vytvořené prostory v podzemních strukturách. Několik těchto podpovrchových skladovacích horizontů nebo kaveren může být technologicky propojeno do jednoho společného skladovacího objektu, který bývá označen jako podzemní zásobník plynu. Podzemním zásobníkem plynu tak může být například starý vytěžený důl, nebo cíleně vybudovaný prostor, do kterého se po část roku plyn vtlačuje, aby se v případě potřeby mohl opět vytěžit zpět a pustit do plynovodní sítě.

Vzhledem k důležitosti podzemních zásobníků plynu a ropy je pro splnění bezpečného provozu nutné tyto objekty patřičně zabezpečit. Zejména je třeba chránit provozní technologie a části areálu, které jsou potřebné k samotnému provozu podzemního zásobníku. Vzhledem k neustále vysokému rozsahu kriminality, jako je například vandalismus, krádeže a v neposlední řadě také terorismus je nutné přijmout bezpečnostní opatření, která by znesnadnila, či úplně eliminovala výše jmenované hrozby.

Z vlastností zemního plynu vyplývá i možné nebezpečí při jeho úpravách a následném skladování pod vysokým tlakem. V areálech podzemních zásobníků plynu je i přes jejich automatizaci (jež je na vysoké úrovni) velký pohyb osob. Jedná se především o pracovníky areálu provádějící údržbové a kontrolní práce spojené s provozem objektu. Je zde i zvýšený pohyb osob z dodavatelských firem, apod. Proto

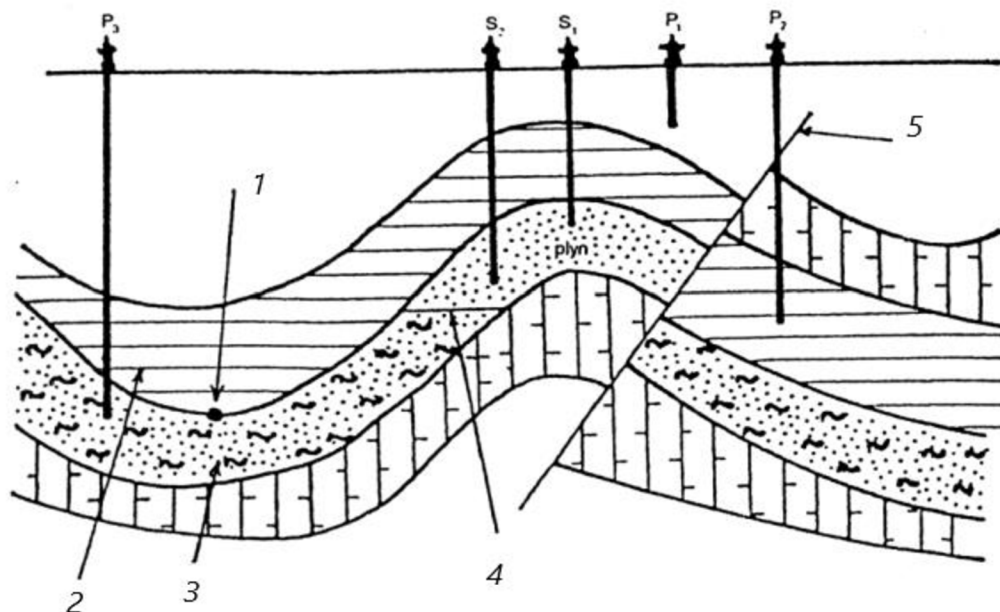
je nutné k bezpečnému provozu areálu provozovat na místě fyzickou ostrahu, která významně přispívá ke všem ostatním přijatým opatřením. [2]

3.1 Druhy podzemních zásobníků plynu

Podzemní zásobníky dělíme do dvou základních typů:

1. **Porézní zásobníky** – Jsou to zásobníky, využívající především již vytěžená plynová či ropná ložiska. Vždy se jedná o horninové vrstvy tvořené nejčastěji pískovcem a různě zpevněnými písky s dostatečnou propustností, které mohly být původně zaplněny ropou, či plynem a po jejichž vytěžení je možné je nadále využít k uskladnění zemního plynu. Těsnící vrstvou celé struktury ložiska jsou tzv. nepropustné horniny. Výhodou těchto zásobníků je velký pracovní objem, vyznačují se středním těžebním výkonem. Mezi porézní zásobníky patří také tzv. aquifery, které jsou méně často využívaným typem pro uskladnění plynu. Jedná se o přírodní rezervoáry, původně vyplněné vodou, která je vytlačena plynem do spodních vrstev a vzniklé prostory jsou využity k ukládání plynu. Skladování zde probíhá v drobných pórech a trhlinách pevných hornin. Při ukládání tedy jde o navrácení plynu do míst, kde, již původně byl. Výhodou je jejich velký pracovní objem a nevýhody jsou v menším těžebním výkonu, ten je omezen geologickou strukturou skladovacího prostoru. Jeden zásobník tohoto typu se nachází v ČR u obce Lobodice.

Na obr. 1 je schéma porézního zásobníku, jenž vznikl ve strukturní pasti. Během těžebního cyklu je plyn z ložiska těžen těžebními sondami (S). Stejnými sondami je plyn do ložiska vtlačěn při zatlačecím cyklu. Součástí zásobníku jsou rovněž pozorovací sondy (P), které monitorují, zda nedochází k úniku plynu mimo prostor zásobníku.



Obrázek 1: Schéma porézního zásobníku s pozorovacími (P) a provozními (S) sondami [3]

Legenda	Popis
1	Kýlový bod
2	Překryvná vrstva
3	Skladovací obzor
4	Kontakt voda-plyn (případně plyn-ropa)
5	Porucha
S1, S2	Provozní sondy
P1, P2, P3	Provozovací sondy

Tabulka 1: Legenda k obrázku 1

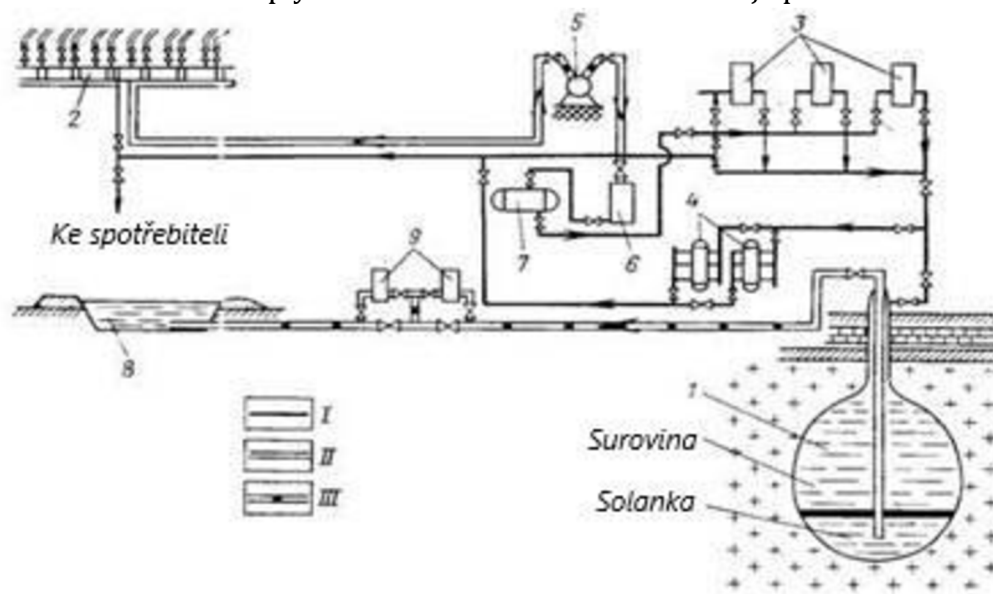
Nezbytným předpokladem pro vybudování zásobníku v porézních strukturách je existence vhodné geologické vrstvy. Skladovací vrstva musí být dobře propustná pro skladovaný plyn, dále musí být překryta nepropustnou vrstvou a mít dostatečný objem. V podstatě se musí jednat o typ tzv. geologické pasti (strukturní, stratigrafické nebo litologické).

2. **Kavernové zásobníky** – Nejčastěji jsou zřizovány v solných dutinách vzniklých vyloužením části solného ložiska vodou. Solné kaverny představují uměle vyloužené prostory v solných ložiscích. Solné kaverny byly původně vyvinuty pro uskladňování zkapalněných uhlovodíkových plynů (LPG), protože solná struktura je dokonale nepropustná pro plyn. V současné době jsou rovněž rozsáhle používány k uskladnění zemního plynu.

K vytvoření efektivní kaverny pro skladování zemního plynu v solném ložisku musí ložisko soli splňovat určité předpoklady:

- mít dostatečnou mocnost,
- být uloženo v hloubce do 2000 m,

Na obr. 2 je ve schematickém pohledu zobrazen princip využití solné kaverny. Kaverna se vytváří tak, že nejprve dochází k navrtání vhodného ložiska solných usazenin přibližně do hloubky plánovaného dna kaverny. Následně je do vrtu vtlačena voda, která rozpouští sůl a stejným vrtem je vznikající solanka odčerpávána. Vhodného tvaru kaverny je dosahováno regulací čerpané tekutiny. Kaverny ve skalních masivech většinou tvoří síť chodeb, která vznikla opuštěním důlního díla nebo byla pro tento účel vybudována. Nejdůležitější pro provoz je dokonalé utěsnění kaverny, což se v praxi řeší několika způsoby. Prvním možným způsobem je opatření kaverny vnitřním těsnicím materiálem (např. plechy z korozivzdorné oceli). Druhou možností je hydrodynamické těsnění, kdy jsou případné pukliny a propustné horniny nad kavernou těsněny vodou, která je vtlačena do vodních injektážních štol umístěných nad kavernami. Tyto kaverny jsou většinou používány pro uskladnění LPG, či stlačeného vzduchu. Technologie skladování zemního plynu v kavernách skalních masivů je poměrně nová.



Obrázek 2: Princip využití solné kaverny

Legenda	Popis
1	Podzemní nádrž
2	Železniční nadjezd
3	Čerpadlo na suroviny
4	Zařízení pro odvodnění plynu
5	Kompresor
6	Kondenzátor
7	Sborník kondenzátu
8	Solné skladiště
9	Čerpadlo pro přečerpávání solanky
I	Potrubí kapalné fáze
II	Potrubí parní fáze
III	Potrubí pro solanku

Tabulka 2: Legenda k obrázku 2

Kavernové zásobníky (uměle vytvořené dutiny) jsou vhodné pro vyrovnávání krátkodobých odběrových nerovností, protože u těchto typů zásobníků je doba potřebná pro změnu provozního režimu relativně krátká. Kapacitu zásobníku lze pak využít několikrát během roku. Dále jsou k těmto potřebám využívány také opuštěné uhelné nebo rudné doły či uměle vytvořené kaverny. Rozdíly oproti porézním zásobníkům jsou v tom, že je možné je i v zimním období opět doplnit na maximální kapacitu. Jsou schopny do sítě dodat velké množství zemního plynu za krátkou dobu díky snadnému řízení i toku plynu a jejich výkon je omezen pouze povrchovou technologií. V České republice se nachází jeden podzemní zásobník tohoto typu u obce Háje [3].

3.2 Způsoby skladování zemního plynu

Základním principem skladování zemního plynu spočívá v přivedení plynu přepravním plynovodem do objektu podzemního zásobníku plynu (PZP), kde se plyn dále upravuje a pomocí vyššího tlaku v soustavě je dále odeslán do provozní sondy, pomocí níž putuje do skladovacích prostor v podzemí. V případě, že nastane sjednocení tlaků distribuční soustavy s tlakem v PZP je uveden do provozu výkonný turbokompresor. Pro celý proces vtláčení nebo těžby zemního plynu v zásobníku se využívá diference ložiskových a přípojních plynovodních tlaků. Po dosažení stejného tlaku v ložisku a tlaku přívodního plynovodu se jak při vtláčení i těžbě využívají výkonné turbokompresory, které pohání plynová turbína, popř. elektromotory. Přebytky zemního plynu lze uskladňovat mnoha různými způsoby. Mezi nejčastější možnosti skladování patří:

- a) uskladnění zemního plynu v plynné formě:

- klasické plynojemy (pouze lokální význam),
 - podzemní zásobníky kavernové,
 - podzemní zásobníky v porézních strukturách,
 - využití akumulace v tranzitním plynovodu.
- b) uskladnění zemního plynu ve zkapalněné formě:
- kryogenní skladování,
 - rozpouštění v rozpouštědle (propan, butan).
- c) uskladnění zemního plynu v chemicky transformované formě (methanol) [4].

3.3 Podzemní zásobníky plynu v ČR

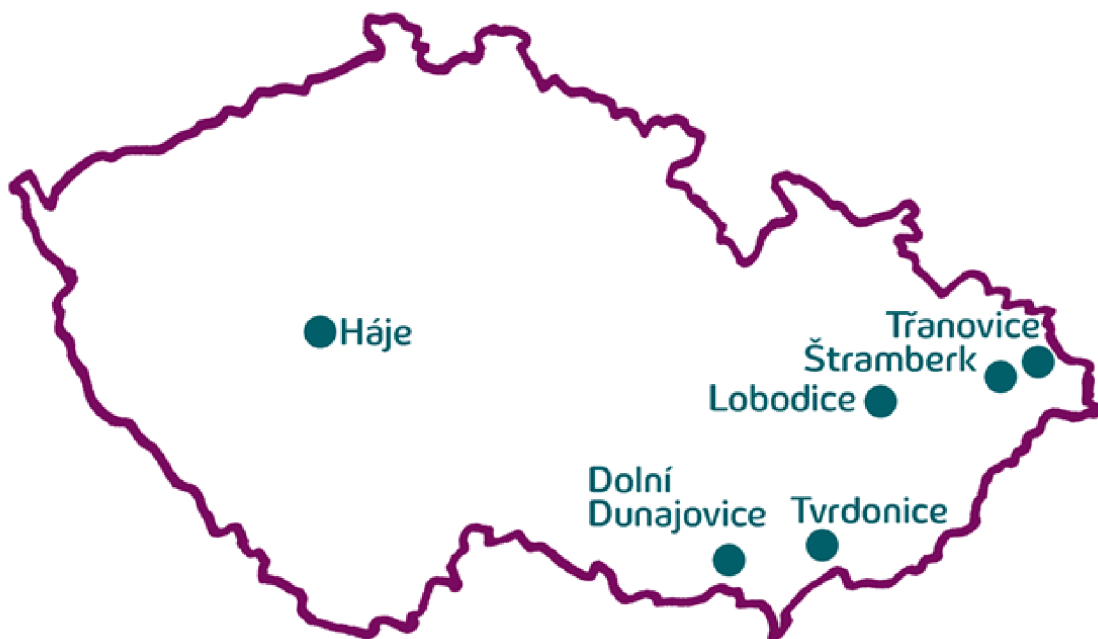
Primárním účelem zásobníků je optimalizace využití plynárenské soustavy. Spotřeba plynu je totiž v roce proměnná a pokud by byla infrastruktura dimenzována na maximální spotřebu (v zimním období), tak by po dlouhou část roku nebyla celá síť plně využívána a docházelo by k neefektivitě. Zásobníky tedy mají primárně vyrovnávat sezónní rozdíly ve spotřebě plynu.

V posledních letech se ovšem často kromě optimalizace využívají i jako „pojistka“ energetické bezpečnosti, pro případ přerušení dodávek plynu do ČR. Další podstatnou výhodou je i možnost využití plynu v zásobníku pro vykrývání špiček, kdy není třeba nakupovat krátkodobě drahý plyn na spotovém trhu.

V současné době je v ČR v provozu osm podzemních plynových zásobníků o celkové skladovací kapacitě 3457 mil.m³. Provozovány jsou společnostmi RWE Gas Storage (6 zásobníků) s celkovou skladovací kapacitou přesahující 2600 mil. m³, což představuje přibližně dvou měsíční spotřebu pro Českou republiku. Čtyři z těchto zásobníků se nacházejí na Moravě a patří mezi tzv. porézní zásobníky. Konkrétně se jedná o PZP Štramberk, Dolní Dunajovice, Tvrdonice, Třanovice. RWE Gas Storage s.r.o. je také provozovatelem jediného zásobníku aquiferového typu a zároveň prvního zásobníku na území České republiky situovaného poblíž obce Lobodice.

Dalšími provozovateli PZP v České republice je MND Gas Storage a.s a SPP Storage s.r.o., kteří provozují zásobníky Uhřice a Dolní Bojanovice. Podzemní zásobník plynu Dolní Bojanovice je propojen pouze s plynárenskou soustavou Slovenské republiky a dodává tak plyn pouze na Slovensko.

Konkrétní rozmístění zásobníků v České republice je zobrazeno níže.



Obrázek 3: Podzemní zásobníky plynu v ČR

Každý podzemní zásobník plynu se vyznačuje jiným množstvím skladovací kapacity, vtláčecím, či těžebním výkonem. Tyto hodnoty jsou závislé buď na geologické struktuře PZP nebo na možnostech nadzemních technologických částí systému. Konkrétní hodnoty pro všechny PZP v České republice vyobrazuje tabulka níže.

Podzemní zásobník plynu / vlastník	Skladovací kapacita (mil. m ³)	Maximální denní těžební výkon (mil.m ³ /den)	Maximální denní vtláčecí výkon (mil.m ³ /den)
PZP Háje/ RWE	64	6	6
Dolní Dunajovice/ RWE	900	16	12
Tvrdovice/ RWE	510	7,8	7,5
Lobodice/ RWE	177	3,6	2,5
Štramberk/ RWE	480	7	7
Třanovice/ RWE	530	8	6,5
Virtuální zásobník	Celkem: 2601	Celkem: 40	Celkem: 30
Uhřetice/ MND	280	12	2,6
Dolní Bojanovice/ SPP	576	9	2,5

Tabulka 3: Skladovací kapacita jednotlivých PZP, maximální denní těžební výkon a maximální denní vtláčecí výkon

PZP Lobodice je jediným aquiferovým a současně i prvním zásobníkem na území České republiky. Nachází se cca 13 km jihozápadně od Přerova. PZP Lobodice

sloužil v letech 1965 až 1990 ke skladování svítiplynu, v roce 1990 začala jeho konverze na zemní plyn. Jedná se o aquiferový zásobník vytvořený v původně zvodnělé struktuře artézského systému. Se skladovací kapacitou 177 mil m³ je nejmenším porézním podzemním zásobníkem v České republice.

PZP Tvrdonice se nachází na jihovýchodní Moravě nedaleko Břeclavi. Jedná se o první podzemní zásobník plynu využívající ke skladování zemního plynu primární ložiska ropy a zemního plynu, které byly částečně odtěženy.

PZP Štramberk se nachází v okrese Nový Jičín, je vybudován z bývalého ložiska zemního plynu Příbor-jih. Ložisko bylo objeveno v šedesátých letech dvacátého století při provádění uhelného průzkumu. V letech 1965 až 1975 se prováděla primární těžba ložiska Příbor-jih.

PZP Třanovice se nachází na severní Moravě, jihozápadně od města Český Těšín. Zásobník je vybudován v prostorách bývalého ložiska plynu, na kterém se těžilo od roku 1949. Celé ložisko se skládá ze čtyř samostatných celků – Nového pole, Západního pole, Čočky a Starého pole. Výstavba PZP byla zahájena v roce 1994.

PZP Dolní Dunajovice se nachází severozápadně od města Mikulov. Se skladovací kapacitou 900 mil m³ je největším podzemním zásobníkem plynu v ČR. Zásobník je vybudován v částečně vytěženém ložisku zemního plynu, které bylo objeveno v 70. letech 20. století. Již během primární těžby zemního plynu bylo rozhodnuto, že po odtěžení cca 50 % zásob bude ve struktuře ložiska vybudován podzemní zásobník plynu. V současné době jsou vybudovány nové sondy s cílem podstatně zvýšit jeho kapacitu.

PZP Háje se nachází cca 70 km jihozápadně od Prahy u Příbrami. Jedná se o kavernový zásobník, jenž byl navržen pro krytí tzv. superšpiček pro Prahu a přilehlou oblast Středočeského kraje. Volba kavernového zásobníku vyplynula z geologické situace Středočeského kraje, kde nejsou k dispozici klasické porézní zásobníkové struktury. První výzkumné práce byly zahájeny již v roce 1979. Výstavba zásobníku byla započata v roce 1991. Zásobník je tvořen sítí propojených chodeb, které byly raženy ze stávajícího důlního pole uranových dolů do prostoru středočeského plutonu bez staré hornické činnosti v hloubce 950 m. Zásobník s plánovanou kapacitou 60 mil m³ byl uveden do provozu v roce 1998 [5].

3.4 Požadavky kladené na zásobníky plynu

Mezi základní legislativu vztahující se k provozu podzemních zásobníků plynu patří:

- a) horní zákon č.44/1988Sb. Ve znění pozdějších změn,
- b) zákon č.61/1988 Sb. O hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě,

- c) zákon č.62/1988 Sb. O geologických pracích,
- d) energetický zákon č.458/2000 Sb. O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Jedná se především o udělování licencí provozovateli,
- e) zákon č.133/1985 Sb. O požární ochraně – k provozu PZP se vztahují mimo jiné veškeré všeobecné požadavky o požární ochraně,
- f) prováděcí předpisy k výše uvedeným zákonům [6].

Je potřeba vědět, že ke skladování plynů potřebujeme mnohem větší místo než v případě tuhých těles, nebo kapalin. Proto nejnáročnějším úkolem je najít hermetické nádrže, zásobníky pro skladování hořlavých surovin. Příroda v dané situaci slouží jako pomocník a již vybuďovala takové zásobníky. Přírodními zásobníky jsou v našich podmínkách porézní vrstvy pískovců v zemské kůře, které jsou hermeticky ucpané kupolem z vrstvy hlíny. V pórech pískovce lze najít vodu, stejně se tam mohou shromažďovat i uhlovodíky. Aby bylo možné posoudit, jestli daný plást-kolektor naleziště plynů nebo nafty je potřeba původně zkontrolovat, jestli se v něm uhlovodík. Takovým způsobem soustředění uhlovodíků ukazuje na hermetizaci této struktury.

Získávání plynů je souhrn dějů zaměřených na zaplnění plynem umělých plynových nalezišť. Plyn, který vychází z plynovodu, jde na místo očištění od mechanických příměsí a potom přichází do stanice měření a účtování. Teprve pak je přiváděn do plynárny.

Zabezpečení uhlovodíkové suroviny je docela složité, stejně tak i vytvořit ideální podmínky skladování různého druhů nafty a přírodního plynu. Spojeno je to s tím, že takové látky se vyznačují zvláštnostmi, které komplikují proces svého získávání, dopravy a skladování. Při tom se tyto látky se charakterizují jako:

- hořlavé – při skladování je potřeba brát na vědomí všechna rizika spojená s tím. Bránit podmínkám pro vznik a rozšiřování ohně,
- výbušné (což vede organizace činit nejrůznější ochranné opatření),
- vysoce citlivé (při znečištění suroviny se zhoršuje její kvalita).

Bohužel nelze změnit vlastnosti uhlovodíkové suroviny, ale právě na kvalitě nafty a plynů je založen velký zájem na nejlepší druh paliva. Umělé a přírodní zásobníky nafty a plynů dovolí vyloučit velký počet rizik. Nafta a plyn je nejenom drahá surovina, ale i docela velký zdroj nebezpečných rizik, který:

- musí vyvolávat odpovídající velký zájem ze strany požární služby,
- hrozí nebezpečím výbuchu ve výrobě,
- hrozí nebezpečím z ekologických hledisek,
- rozšiřuje paří nebezpečné pro živé organizmy [5].

3.5 Ocelové nádrže na skladování nafty a plynu

Při skladování ve speciálních konstrukcích je potřeba zdůraznit aspekt ekologické bezpečnosti. Podobné zásobníky se projektují s respektováním ochrany produktů proti znečištění a rizikem zásahu kapaliny různými materiály. Zásobníky pro skladování nafty a plynu musí být optimálně zabezpečené proti procesu koroze a vyznačovat se vysokou odolností. Hermetizace výrobků je potřeba pro plnohodnotnou ochranu. Sama nádrž může být vyráběná z vysoce legované oceli i syntetických materiálů.

V současné době se používají převážně ocelové zásobníky pro skladování plynu a ropy. Nejčastěji je to vertikální typ vybavený plovoucím můstkem. Často se používají válcovité zásobníky se střechou sférické nebo kónické formy.

Všechny oblasti dobývání, skladování a dopravy uhlovodíkové suroviny nejsou schopny fungovat bez takových konstrukcí. Každý rok se zvětšuje objem zásobníků a jejich výbava se pořád zlepšuje. Z vnějšího pohledu vypadají nádrže pro průmyslové účely podobně až shodně mezi sebou, ale není tomu tak. Každé provedení zásobníku je potřeba používat přesně k jejím určení, protože neuvážlivé a nesprávné skladování při nepříznivých podmínkách může mít za následek poškození produktů, nádrží a technologickou havárii. Současné měkké zásobníky se realizují v různém objemu a geometrii. Skládají se z nejrůznějších směsí. Určité typy provedení jsou určeny pro skladování vody, jiné pro různé uhlovodíkové suroviny. Zásobníky plynu a ropy jsou určeny jenom pro konkrétní druh produkce. Rozdělují se na zásobníky benzínu, oleje, dieselového paliva, mazutu a jiných druhů.

Klasifikace zásobníků nafty a ropných produktů lze provést na:

- jednostěnné provedení,
- vicestěnné provedení,
- horizontální konstrukce,
- vertikální tára,
- podzemní stavba,
- pozemní variace.

U velkých průmyslových objektů se používá především dvoustěnná varianta, protože jsou pevné, odolné proti korozi a poškození. Mezi stěny konstrukce se nachází inertní plyn. To dovoluje vytvořit nejprůzračnější podmínky pro jejich skladování.

Horizontální konstrukce je častější (podle výskytu), než vertikální provedení zásobníků. Nejrozšířenějšími v současné době jsou podzemní nádrže. Hlavní požadavek, který musí splnit je odolnost materiálu proti atmosférickým jevům.

Podzemní provedení se staví na zámraznou hloubku, což zajišťuje neporušený stav paliva v zimním období, neohřívá se, nádrž se nachází mimo zóny případných

atmosférických jevů. Před umístěním do země se podzemní rezervoáry pokrývají dodatečnou vrstvou izolace [7].

3.6 Konstrukce ropných nádrží

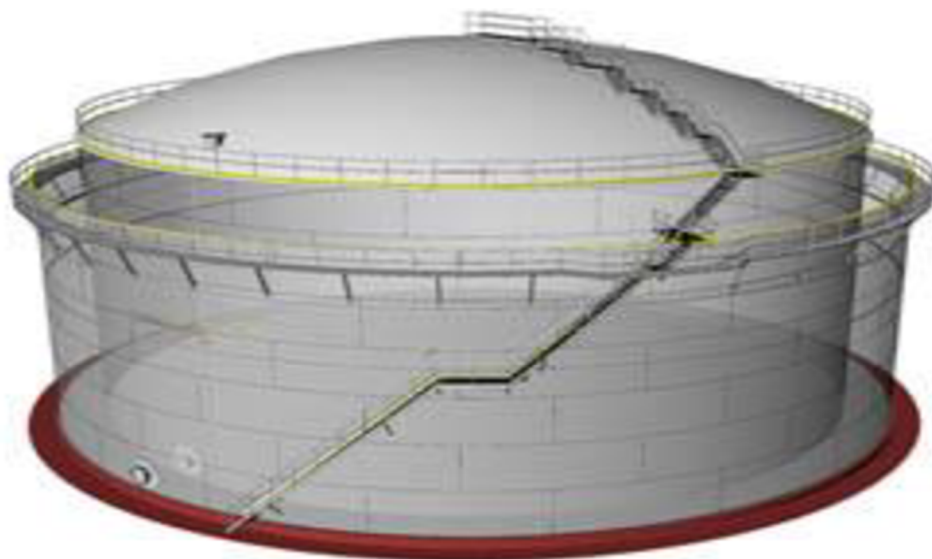
K uskladnění ropy se používá více typů nádrží, jejichž konstrukce je ovlivněna rokem výstavby a s ní souvisejícími dostupnými technologiemi, legislativou, provozními potřebami, klimatickými podmínkami, investiční a údržbovou politikou provozovatele. Tak jak se vyvíjely technologie a zpracování materiálů, měnil se i způsob konstrukce nádrží. První ocelové nádrže byly nýtované. Dodnes jsou některé z nich i po více než 60 letech v provozu především v Severní Americe. Významným posunem bylo zavedení procesu svařování při konstrukci nádrží. Svařované ocelové nádrže dominují dodnes.

Do konstrukce nádrží vstupovaly i další aspekty než jen vývoj technologií a materiálů. Z vojensko-strategických důvodů byla snaha o ukrytí skladovacích nádrží do podzemí během studené války, proto byly konstruovány podzemní zakryté nádrže. V tektonicky aktivních oblastech jsou nádrže z bezpečnostních důvodů umístěny do speciálních betonových sil, která chrání nádrž v případě zemětřesení, nebo jsou uloženy ve formě plovoucích terminálů na moři. Významnou roli při konstrukci nádrží hrají i klimatické podmínky především v arktických oblastech nebo v tropech s extrémním množstvím srážek.

V současnosti lze sledovat trend nástupu nových materiálů, jako jsou lamináty a speciální hmoty, které mohou zlepšit provozní vlastnosti ocelové nádrže nebo i v některých případech zcela ocel nahradit. Dále samozřejmě zesiluje tlak na bezpečnost a provozování nádrží, aby byly co nejšetrnější k životnímu prostředí.

Základní dělení v současnosti provozovaných ropných nádrží:

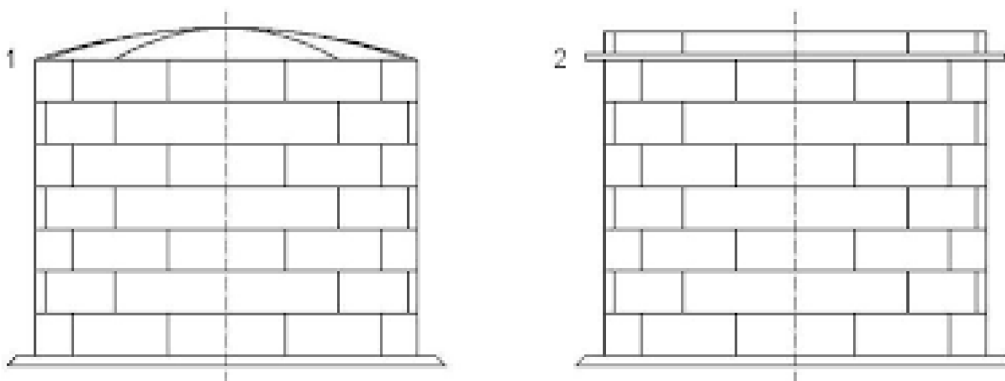
- a) podle pláště
 - jednoplášťová nádrž v ochranném valu nebo betonovém dvoře,
 - dvouplášťová nádrž (nádrž umístěná v ochranné jímce).



Obrázek 4: Nádrž s ochrannou jímkou

b) podle konstrukce střechy

- s pevnou střechou,
- s plovoucí střechou,
- s pevnou střechou a s vnitřní plovoucí střechou.



Obrázek 5: První nádrž s pevnou, druhá nádrž s plovoucí střechou [8]

c) podle dna

- s jednovrstevným dnem,
- s dvojitým dnem,
- s dvojitým dnem s detekčním systémem úniku media.

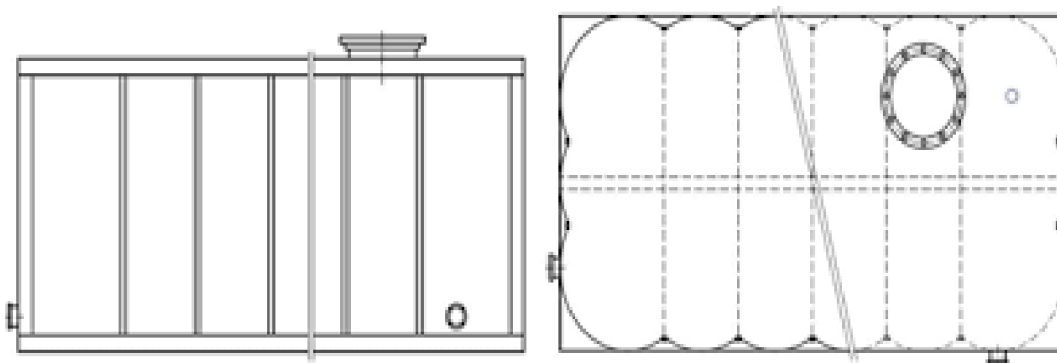
d) dle umístění

- nadzemní nádrž,
- částečně zakrytá nádrž,
- podzemní nádrž,
- plovoucí nádrž.

Kromě výše uvedeného dělení lze nádrže kategorizovat podle technické, ekologické a bezpečnostní úrovně, která je kromě základních konstrukčních parametrů uvedených výše odvozena od konkrétního vybavení nádrže, instalovaných bezpečnostních prvků, požárního zabezpečení, protikorozní ochrany a řídicího systému tankoviště nebo terminálu.

Prostor, kde má být umístěna nádrž někdy nedovoluje používat klasické válcové nádrže. V tomto případě je žádoucí, aby nádrž měla tvar kvádru, který lépe využívá prostor. Rovná stěna takové nádrže je namáhána pouze hydrostatickým tlakem. Ten způsobuje, že se stěna začíná prohýbat. Proto se využívají na stěny těchto nádrží tvary válcové plochy – válcové panely, které při stejném zatížení mají menší tloušťku plechu. Tyto víceválcové nádrže jsou pak převážně namáhány membránovým napětím. Nádrže se skládají z množství válcových panelů, plochého dna i víka. Vše je umístěno do obdélníkového rámu, svařeného z běžných válcovaných profilů. Rám nádrže může mít i rozměry běžných přepravních kontejnerů, pokud chceme nádrže převážet.

Pro lepší schopnost pláště nádrží odolávat hydrostatickému tlaku, je plášť uvnitř nádrže v místě spojů válcových panelů vyztužen táhly. Táhla nám zajistí další úsporu materiálu. Táhla lze taky zaměnit za prolamované přepážky, které mohou umožnit skladování více druhů kapalin v jedné nádrži, protože nádrž je tvořena více navzájem oddělenými objemy. Řešení nachází význam např. u skladování pohonných hmot [8].



Obrázek 6: Víceválcové nádrže [8]

Současné moderní nádrže bývají vybaveny automatickým měřením hladiny na mechanickém či radarovém principu, obvykle s dalším nezávislým prvkem zabraňujícím přeplnění nádrže. Dno nádrží i venkovní plochy jsou opatřeny ochrannými protikorozními nátěry, aby nedocházelo k nežádoucímu úbytku materiálu a tím pádem i ke jejich zkrácení životnosti. Povrchovou korozní ochranu doplňuje aktivní katodická ochrana či pasivní anody instalované dovnitř nádrže.

Plovoucí střechy s kvalitním dvojitým těsněním minimalizují množství uhlovodíků odpařených do okolí a eliminují jejich nebezpečné úniky. Prvky požárního systému tvoří speciální termosenzitivní, či optická čidla, která zajišťují

online monitoring a mohou spustit v případě iniciace požáru do několika minut poplach nebo zcela automatický požární systém. Půda a spodní vody jsou maximálně ochráněny v případě nádrží s dvojitým dnem, jehož těsnost může být online monitorována. Všechny tyto moderní prvky musí být doplněny správným a bezpečným provozováním a vhodným systémem údržby.

Základní požadavky na systém jímek

Záchytná jímka je vyhrazena k zachycení kapalin běžně uniklých v důsledku netěsností nádrže. Kapalina ze záchytné jímky je zpravidla svedena do havarijní jímky. Havarijní jímka, určená k zadržení kapalin při havarijních stavech, je dimenzována nejméně na užitný objem největší nádrže technologického zařízení, kontejneru nebo přepravního obalu, v nichž se vyskytuje hořlavá kapalina, která je sváděna do havarijní jímky, nejméně však na 10 % objemu všech nádrží do jímky sváděných. Dno havarijní jímky musí být vyspádováno do sběrné jímky [9].

3.7 Údržba ropných nádrží

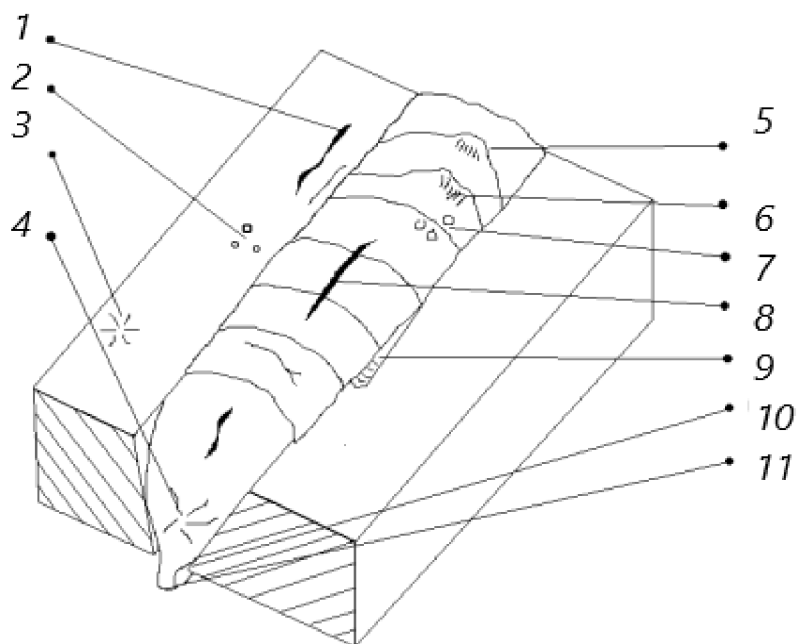
Ropné nádrže představují klíčovou a významnou hodnotu pro provozovatele. I přesto někteří provozovatelé vyčkávají na výskyt závady a ty pak teprve následně odstraňují, namísto preventivního systému inspekce a údržby.

Progresivní způsoby údržby zavádí systém preventivní inspekce a údržby od samého počátku provozování skladovacích zařízení. K dispozici je celá řada nedestruktivních metod ke zjištění aktuálního stavu zásobníku. V posledních letech se v metodice preventivní údržby v petrochemickém průmyslu přejímají postupy z leteckých a jaderných technologií, zabývající se rizikem plynoucím z případné poruchy, pokud by nebyla provedena preventivní údržba. V zahraničí se tento způsob údržby nazývá PPM (Probabilistic Preventive Maintenance – preventivní údržba na základě pravděpodobnosti výskytu poruch) a jeho nedílnou součástí je metoda RBI (Risk Based Inspection).

Nový systém údržby je založen na komplexním hodnocení okamžitého stavu neboli integritě každé jednotlivé nádrže, kdy se posuzují její technické, ekonomické, ekologické, bezpečnostní a jiné parametry a z nich vyplývající potenciální rizika. Pomocí moderních nedestruktivních metod se zjišťují tloušťky materiálu, necelistvosti a anomálie, kontroluje se stav svárů, stanovují korozní úbytky a prověřují registrované vady. Komplexní stav zařízení na základě výstupů dílčích měření a kontrol, stanovení korozní rychlosti pak hodnotí tým složený z projektantů, výpočtářů, pracovníků údržby, inspekce provozu a dalších specialistů.

Metoda preventivní údržby na základě rizikového posouzení skutečného stavu zařízení přispívá k pružnému plánování odstávek nádrží s důrazem na bezpečný a ekologický provoz, které pak mají menší vliv na výrobní procesy a na

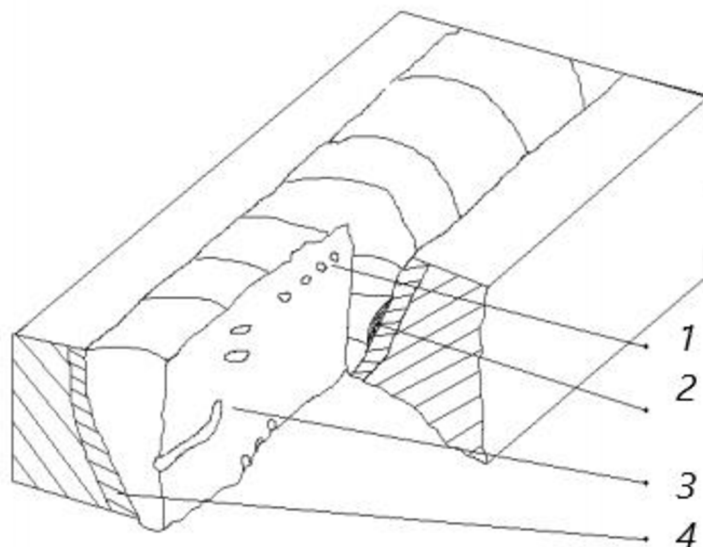
ekonomiku provozu, případně i na dostatek petrochemických výrobků a prodloužení životnost zařízení [9].



Obrázek 7: Ukázka vnější vady ve svaru [10]

Legenda	Popis
1	Trhliny
2	Rozstřík
3	Stopy po zapalování
4	Kráterová trhlina
5	Velké převyšení svaru
6	Sklo
7	Póry
8	Trhliny ve svaru
9	Zápal, vrub
10	Neprůvar
11	Propadlý kořen

Tabulka 4: Legenda k obrázku 7



Obrázek 8: Ukázka vnitřní vady ve svaru [10]

Legenda	Popis
1	Řady pórů
2	Chyby v napojení "studený spoj"
3	Černovitá dutina
4	Závar

Tabulka 5: Legenda k obrázku 8

3.8 Čištění a revize nádrží na skladování ropných produktů.

Provoz skladů ropných látek musí být zajišťován podle schváleného provozního řádu. Provozovatel je povinen mít k dispozici:

- dokumentaci skutečného provedení,
- plán opatření v případě havárie,
- záznamy o provedených zkouškách těsnosti a kontrolách zařízení,
- záznamy o odstranění zjištěných závad.

Při provádění kontrol v oblasti skladovacích nádrží na ropné látky je nutné vycházet z ČSN 75 3415 (objekty pro manipulaci s ropnými látkami a jejich skladování). Norma platí pro navrhování a provoz objektů sloužících pro skladování a manipulaci s ropnými látkami z hlediska ochrany jakosti podzemních a

povrchových vod. Neplatí pro ropné látky v pohyblivých strojích, pro přepravní zařízení na ropné látky, pokud nejsou součástí skladů a pro doplněné letadel pohonnými hmotami, pro dálkovody, pro lodní přepravu ropných látek a pro těžbu ropy. Z hlediska hygieny práce významné zejména tyto údaje: objekty, v nichž se ropné látky přijímají, skladují, vydávají nebo používají, nebo kde se s ropnými látkami manipuluje, musí být zabezpečeny tak, aby nemohlo dojít k úniku ropných látek do povrchových nebo do podzemních vod, nebo k nepřípustnému znečištění terénu spojenému se znečištěním podzemních i povrchových vod. Pohotovostní uložení ropných látek v nádržkových vozech a cisternách se zřizuje jen v nezbytně nutném rozsahu.

Po vyčištění nádrže lze provést vizuální kontrolu vnitřního pláště nádrže. Vlastní revize nádrže a potrubních rozvodů je prováděna podle požadavků ČSN 75 3415 a obsahuje:

- vizuální kontrolu sváru,
- kontrolu technického stavu nádrže metodou defektoskopie (měření tloušťky stěn nádrže ultrazvukovým tloušťkoměrem),
- tlakovou těsnostní zkoušku nádrže a potrubních rozvodů,
- kontrolu svárů nedestruktivním ultrazvukovým měřením.

ČSN 65 0201 (všeobecné zásady provozu skladů ropných látek). Provoz skladů ropných látek musí být zajišťován podle schváleného provozního řádu. Pozorovatel skladu ropných látek musí mít k dispozici dokumentaci skutečného provedení stavby (vč. technického vybavení objektů, plánu opatření pro případ havárie, záznamů o provedených zkouškách těsnosti a kontrolách zařízení a o odstranění zjištěných závad) [11].

ČSN 65 0202 platí pro projektování nových plnicích a stáčecích stanovišť hořlavých kapalin a topných olejů, výdejních čerpacích stanic s výdejními stojany nebo stáčecími a výdejními bloky, např. letištních tankovacích stanic a tankovacích stanic pro vnitrozemská plavidla a stanoví základní konstrukční požadavky pro nově konstruované výdejní stojany. Platí dále pro projektování změn staveb nebo technologických zařízení plnicích a stáčecích stanovišť čerpacích a tankovacích stanic, a to pro měněné části objektů nebo technologických zařízení. Požadavky uvedené v této normě se týkají především požární bezpečnosti, bezpečnosti osob a technických zařízení. Nicméně v kap. 3 (všeobecně) se stanoví, že plnění nebo stáčení hořlavých kapalin smí být prováděno jen na místech vybavených a zajištěných podle příslušných vodohospodářských, dopravních a hygienických předpisů. Rozsáhlá a podrobná norma stanoví zejména požadavky na plnění a stáčení (kap. 4). V této kap. v čl.4.1.7 je zajímavé ustanovení o nutnosti provádět zpětné odvádění par při plnění a stáčení kapalin, jejichž tlak sytých par při teplotě 20 °C je roven 0,13 kPa nebo vyšší, nebo kapalin silně toxických, s NPK-P nižší než

50 mg. m⁻³. Dále norma stanoví technické požadavky (stavební a dispoziční řešení- kap. 6), zvláštní požadavky na čerpací stanice (kap. 7) a konečně požadavky na provozní podmínky (kap. 8) [12].

Zákon 254/2001 Sb. (vodní zákon). Účelem tohoto zákona je chránit povrchové a podzemní vody, stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod, vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha a zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství. Účelem tohoto zákona je též přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů a na nich přímo závisících suchozemských ekosystémů. Zákon upravuje právní vztahy k povrchovým a podzemním vodám, vztahy fyzických a právnických osob k využívání povrchových a podzemních vod, jakož i vztahy k pozemkům a stavbám, s nimiž výskyt těchto vod přímo souvisí, a to v zájmu zajištění trvale udržitelného užívání těchto vod, bezpečnosti vodních děl a ochrany před účinky povodní a sucha. V rámci vztahů upravených tímto zákonem se bere v úvahu zásada návratnosti nákladů na vodohospodářské služby, včetně nákladů na související ochranu životního prostředí a nákladů na využívané zdroje, v souladu se zásadou, že znečišťovatel platí [13].

3.9 Vlastnosti zvolené nádrže na skladování ropy

Podle právních norem je provádění kontroly jen činností autorizovaných osob, které disponují všemi k tomu technickými prostředky nutnými pro plnohodnotné splnění činnosti a také určitým souhlasem na provedení takové kontroly. Kontrola předpokládá dodržování předepsaných norem spojených se zásobníky zkapalněných plynů a také různých vnějších zařízení. V rámci takové kontroly se provádí kontrola různého druhu, které jsou popsány v další kapitole.

V této části je uveden rozbor horizontální ocelové nádrže o objemu 5 m³. Jsou popsány vlastnosti této nádrže a zpracován postup, kterým lze provést revize vybraného zásobníku na skladování ropy.

Vyrábí se podle normy ČSN EN 12285-2 (69 8235) Dílensky vyráběné ocelové nádrže – Část 2: Horizontální válcové nádrže s jednoduchou a dvojitou stěnou pro nadzemní uskladňování hořlavých a nehořlavých kapalin znečišťujících vodu. Určena je pro nadzemní a podzemní skladování ropných surovin s konstrukčním přetlakem 0,4 MPa a 0,7 MPa. U horizontálních ocelových nádrží s konstrukčním přetlakem 0,4 MPa se používá plochá forma dna, s konstrukčním přetlakem 0,7 MPa – kuželová forma dna. Pro nadzemní rozmístění nádrží se využívají při teplotách od -65 °C do +90 °C. Kostra nádrže je vyráběna z nerezavějící oceli, aby se zmenšil účinek koroze. Během výroby se všechny svary podrobují

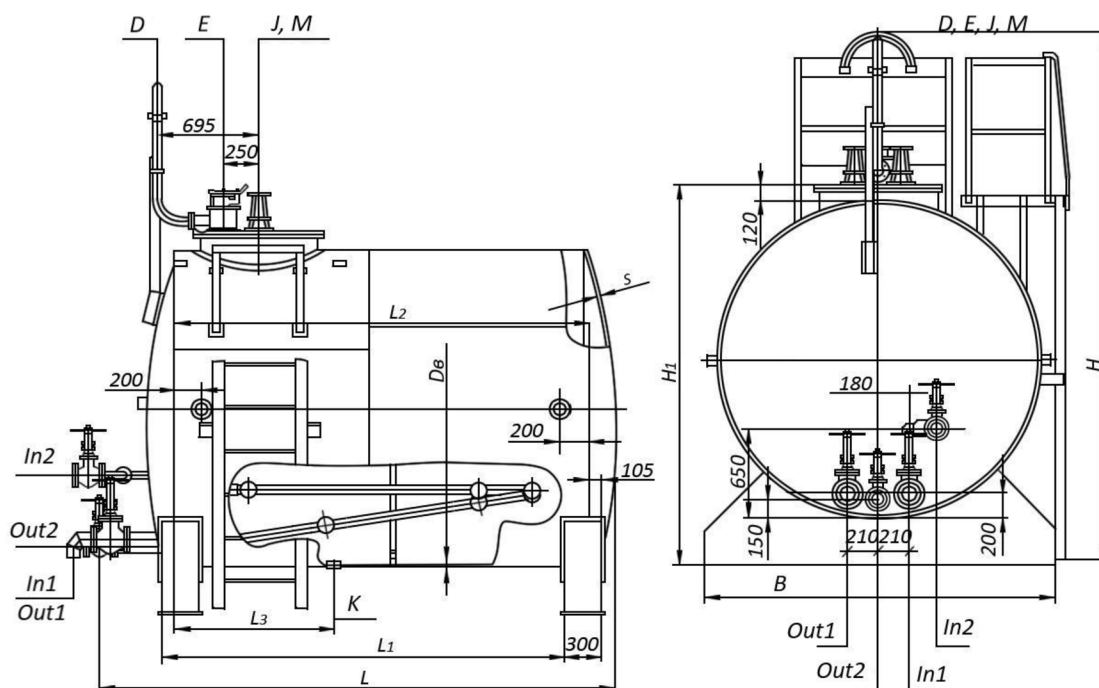
kontrole kvality. Po ukončení výroby se celá nádrž se zkouší na vzduchotěsnost a pokrývá se ochranným povlakem. Kompletace takové nádrže záleží na podmínkách využití a technických požadavcích.

Nadzemní zásobníky jsou povoleny pouze při splnění určitých podmínek, mezi kterými dominují tepelná ochrana proti požáru v okolí zásobníku, konstrukce zásobníku typu tzv. integrated secondary containment v kombinaci s ochrannými a havarijními jímkami (se záchytnými valy – liquid tight vault). Dále musí být sklad vyráběn násobným (nezávislým) systémem pro měření polohy (výšky) hladiny s výstrahou na úrovni maximálně 90 %, s omezením průtoku na úrovni maximálně 95 % a s automatikou odstavení na úrovni maximálně 98 % celkového objemu nádrže. [8]

Parametry		Jednotka	Velikost
Pracovní tlak		MPa	0,4
Pracovní tlak ve výměníku		MPa	0,4
Pracovní teplota		°C	od 0 do 90
Minimální přípustná teplota stěny nádrže	Ст3пс4	°C	-40
	09Г2С-8		-60
Vnitřní průměr nádrže, Db		mm	1600
Délka nádrže, L		mm	2785
Délka mezi podpěry, L1		mm	2410
Délka cylindrické části nádrže, L2		mm	2500
Délka do drenáže, L3		mm	1830
Tloušťka kostry nádrže, s		mm	4
Šířka nádrže, B		mm	1800
Výška nádrže, H		mm	2050
Výška nádrže při přepravě, H1		mm	2835
Plocha šíření tepla		m ²	2
Hmotnost nádrže		kg	1540
Životnost		rok	10
Seismická odolnost		Stupeň Richterovy škály	do 6

Tabulka 6: Technické charakteristiky horizontální ocelové nádrži 5 m³ nadzemního rozmístění [8]

Pozn. Ст3пс4 a 09Г2С-8 jsou zkratky pro určité druhy oceli podle normy GOST. V Česku je to jsou oceli třídy 11 podle ČSN 11375 a 11378.



Obrázek 9: Schematické zobrazení horizontální ocelové nádrži 5 m³ [8]

Legenda	Popis
B	Šířka nádrže
Db	Vnitřní průměr nádrže
H	Výška nádrže
H1	Výška nádrže při přepravě
L	Délka nádrže
L1	Délka mezi podpěry
L2	Délka cylindrické části nádrže
L3	Délka do drenáže
s	Tloušťka kostry nádrže

Tabulka 7: Legenda k obrázku 9

Legenda	Popis	Počet	Průměr [mm]	Tlak [MPa]	Druh těsnícího povrchu
D	Otvor pro větrační kanál	1	50	0,6	Hladký
E	Otvor pro měření	1	150	-	
In1	Vstup pro surovinu	1	80	1,6	
Out1	Výstup pro surovinu	1	80	1,6	
In2	Vstup ro chladící médium	1	50	1,0	
Out2	Vývod kondenzátu	1	50	1,0	
J	Mechanism řízení havarijní jímky	1	150	0,6	Závit
K	Drenáž	1	G3/4-B	-	
M	Víko	1	800	0,1	Hladký

Tabulka 8: Nátrubky zobrazení horizontální ocelové nádrži 5 m³ [8]

3.9.1 Postup revize vybraného zásobníku ropy

Pro uvádění do provozu a provoz zásobníků platí ČSN 69 0012, ČSN 75 3415, ČSN 65 0201, ČSN 65 0202, zákon 254/2001 Sb. a další související předpisy. Pro zásobníky musí mít jejich provozovatel předepsanou provozní technickou dokumentaci (provozní pokyny) podle vyše uvedených norem a zákona. Do pasportu zásobníku se zapíše všechny provedené zkoušky na zařízení. Inspektorát bezpečnosti práce nařídí s přihlédnutím k ČSN 69 0012 a dalším normám vyřazení zásobníků z provozu ohrožují-li životy a zdraví pracovníků zejména tím, že:

- a) provozovatel nemůže prokazatelně doložit provedení předepsané stavební a první tlakové zkoušky a revizí zásobníku s úspěšným výsledkem,
- b) jejich výstroj a příslušenství nejsou v souladu s platnými předpisy,
- c) byla zjištěna netěsnost zásobníků, je nefunkční bezpečnostní výstroj,
- d) zásobník není identifikovatelný,
- e) jsou negativní výsledky provozních a vnitřních revizí.

Toto odborné stanovisko platí do doby nabytí účinnosti nařízení vlády ČR vydaném podle zákona č.22/1997 Sb., kterým se zavede do právního řádu ČR Směrnice Evropského parlamentu a rady. Proto revize zásobníku spočívá v pravidelné kontrole, v plánování a včasném provedení potřebných oprav nádrží, potrubí a zařízení spojených se zásobníkem ropy.

Podle ČSN 69 0012 (tlakové nádoby stabilní, provozní požadavky). Tato norma platí pro provoz, obsluhu a údržbu a provádění revizí a zkoušek tlakových nádob stabilních a jejich výstroje, pro které platí ČSN 69 0010, ČSN 69 0711 a ČSN 69 0712. Rozsáhlá technická norma je v podstatě jedním bezpečnostním předpisem. Jsou normalizovány požadavky na provoz nádob, jejich obsluhu a speciální požadavky na nádoby i na kapalný chlór. Ve všech těchto kapitolách jsou zvláštní požadavky na bezpečnost provozu, a to jak technické, tak organizační. Provozní řád skladu obvykle obsahuje:

- a) titulní list s udáním označení a umístění skladu, pozorovatele, údajů o schvalování s platností provozního řádu,
- b) základní popis jednotlivých částí skladu včetně přehledného technologického schématu,
- c) údaje o vlastnostech skladovaných ropných látek,
- d) pokyny pro obsluhu a údržbu,
- e) plán zkoušek těsnosti, kontrol a prověřování jednotlivých nádrží a potrubí rozvodu,
- f) postup při odstraňování poruch,
- g) požadavky bezpečnosti a hygieny práce,
- h) vedení provozních záznamů,

i) postup v případě havárie [11].

Před samotným provedením fyzických úkonů revize jako jsou prohlídka, zkoušení a měření, je nejprve nutné provést přípravu. To znamená nashromáždit informace a dokumenty, vztahující se k revidovanému zásobníku ropy. Příprava je velmi důležitá součástí revize, jelikož bez dokonalého pochopení topologie stavby, znalosti prostředí, použitých komponent a materiálů, nelze zodpovědně provést ani prohlídku, ani měření. Při provádění revize je nutno dbát nejen na bezpečnost práce samotného revizního technika, ale i ostatních přítomných osob a v neposlední řadě také revidované stavby a spotřebičů k ní připojených.

Prohlídka revidovaného zásobníku musí být provedena před. Účelem prohlídky je provedení vizuální kontroly, zda ustanovená nádrž a připojené elektrické předměty:

1. vyhovují bezpečnostním požadavkům příslušných ČSN,
2. jsou řádně zvoleny a instalovány v souladu s předpisy a návody výrobců,
3. nejsou viditelně poškozeny takovým způsobem, který by mohl ohrozit bezpečnost.

Prohlídka by měla odhalit bezpečnostní nedostatky zásobníku ropy, které jsou zjevné při vizuální kontrole, to jsou například praskliny ve svaru, deformace nádrže, mikrotrhliny v nátěrovém povlaku, apod.

Některé ochranné prvky v stavbě zásobníku nelze zkontrolovat pouze vizuálně a je tedy nutno přistoupit k dalším metodám ověření jejich správné funkce, a ty jsou měření a zkoušky.

Podle zákona č. 254/2001 Sb. je nutno zajistit 1x za 6 měsíců – kontrolu skladů a skládek, včetně výstupů kontrolního systému pro zjištění úniku závadných látek. Na základě výsledků se stanoví termín další kontroly. Nádrže, u nichž je zjištěn nevyhovující technický stav, musí být opraveny nebo vyřazeny z provozu.

Hlavní druhy nedestructivních kontrol zásobníků:

- vizuální a měřicí,
- radiografická,
- ultrazvuková,
- rentgenová (radioskopická),
- spektrální analýza (defektoskopie),
- měření pevnosti,
- hydraulické zkoušky,
- pneumatické zkoušky.

Při destructivní kontrole se provádějí zkoušky mechanických vlastností, kovografické zkoumání a zkouška odolnosti proti mezikrystalické korozi [7].

Postupy revize výbraného zásobníku ropy lze seřadit do těchto kategorií:

1. Zkoušky těsnosti a kontrola technického stavu nádrže

V rámci kontrol nádrží a potrubních rozvodů se provádí zkoušky těsnosti (případně tlakové zkoušky) a kontroly technického stavu. Na základě normy ČSN 75 3415 je předepsáno:

- 1x za 5let – zajistit zkoušku těsnosti pro zevně nekontrolovatelné skladovací nádrže (mimo dvouplášťové) a podzemní rozvody. Před každou zkouškou těsnosti je potřeba provést vyčištění nádrže,
- 1x za 10let – prověřit další způsobilost pro zevně nekontrolovatelné nádrže,
- 1x za 20let – prověřit další způsobilost pro zevně kontrolovatelné nádrže.

Dle výsledků se stanoví termín další kontroly. Nádrže, u nichž je zjištěn nevyhovující technický stav, musí být opraveny nebo vyřazeny z provozu.

Je doporučeno v pravidelných intervalech provádět kalibraci nádrží. Tímto se zaručí, že majitel má přesný přehled o skladovaných hmotách v nádržích. Z měření vznikne digitální model nádrže, který charakterizuje měřenou nádrž včetně jejich parametrů, deformací a kalibrační tabulka, v níž je v naměřené výšce hladiny přiřazený přesný objem.

Před provedením revize je potřeba provést:

- demontáž víka a poklopů,
- vyčerpat skladovanou látku z nádrže do kontejnerů (po ukončení revize vrácení látky zpět do nádrže),
- odvětrat nádrž,
- vyčistit nádrž od sedimentů z ropných látek (na vytěžené množství jsou vystaveny doklady dle zákona o odpadech),
- vysušit nádrž do sucha.

Kontrola technického stavu nádrže se provádí pomocí metody defektoskopie. Tady jde o měření tloušťky stěn nádrže ultrazvukovým tloušťkoměrem. Kontrola tloušťky dává základní představu o stavu jednotlivých lubů (to jsou ta mezikruží, z nichž je sestaven plášť tanku). Tloušťka plechů, z nichž jsou jednotlivé luby svařeny, se mění s výškou – tedy vyšší luby mají z konstrukčního hlediska menší tloušťku stěny. Vnitřní koroze není stejnoměrná a v různé výšce může být různá, za provozu samozřejmě zrakem nezjistitelná. Poškození vnější korozí, pokud není tank izolován, je samozřejmě identifikovatelné vizuální kontrolou.

V zásadě se provádí měření bodové. Toto měření tlouštěk dna, stěn, stropů, hrdel a dalších částí skladovacích nádrží patří k základním metodám, jak z hlediska zjišťování okamžitého stavu nádrže, tak z pohledu dlouhodobého sledování. Rozložení jednotlivých měřících bodů je v souladu s inspekčními plány provozovatele nádrže, případně je provozovateli navrženo na základě praxe a v souladu s jeho požadavky.

Pod kontrolou těsnosti rozumí, že se u zařízení nebo systému zjišťují úniky pomocí metod přímého nebo nepřímého měření a zvláštní pozornost se věnuje těm částem zařízení nebo systému, kde je největší pravděpodobnost vzniku úniku. Metody přímého nebo nepřímého měření kontroly těsnosti jsou specifikovány ve standardních požadavcích na kontroly těsnosti. V případě zjištěné netěsnosti je potřeba sjednat nápravu co nejdříve, nejpozději do 14 dnů. Poté je potřeba do 1 měsíce po opravě úniku provést kontrolu, kvůli ověření účinnosti opravy. Kontroly těsnosti nádrží a potrubí jsou požadovány zákonem č. 254/2001 Sb. v periodě nejméně 1x za pět let, pokud nestanoví výrobce nebo technická norma četnost větší.

- a) Podzemní dvouplášťové nádrže a potrubní rozvody s přetlakovou indikací netěsnosti (např. zařízení ASF Thomas). Těsnost obou plášťů je trvale indikována tlakem plynu. Tato zařízení nejen indikují případné netěsnosti vizuálně i akusticky, ale v případě výskytu netěsnosti i aktivně zabraňují úniku tím, že tlak plynu působí proti toku kapaliny. Ustanovení zákona je plněno dle ČSN 65 0202 provedením roční kontroly technologie, která zahrnuje i kontrolu funkčnosti indikačního zařízení. Ve vodním zákoně není stanovena metodika provádění zkoušek těsnosti. Tento výklad je v současné době akceptován i orgány životního prostředí.
- b) Podzemní dvouplášťové nádrže a potrubní rozvody s jiným typem indikace netěsnosti. V takových případech je třeba provádět těsnostní zkoušky nejméně 1x za pět let.

Na základě naměřených hodnot je vystaven protokol o technickém stavu nádrže a potrubních rozvodů [13], [14].

2. Kontrola svarů a svarových spojů

Vizuální kontrola svarů je obecně popsána v normě ČSN EN ISO 17637 (51180). Vyhodnocení vad a stupně jejich přípustnosti či nepřípustnosti se provádí podle ČSN EN ISO 5817 (ocel, nikl, titan), ČSN EN 30042 (hliník a jeho slitiny) a dalších norem třeba pro odlitky a jiné. Tyto normy poměrně podrobně stanoví, jak se má taková kontrola provádět, aby měla odpovídající vypovídací hodnotu. Katalog přípustných a nepřípustných vad obsažený v normě ČSN EN ISO 6520-1 je skutečně obsáhlý a usnadňuje správné vyhodnocování. Vizuální kontrola vychází z předpokladu, že i vnitřní vady svarů se nakonec projeví nějakým způsobem na jeho povrchu. Na základě těchto norem a zákona je potřeba provádět pravidelné revize s četností minimálně 1x za 10 let.

Vizuální a měřicí kontrola se realizuje pro odhalení následujících vad svarových spojů zásobníků a jejich prvků:

- prasklin všeho druhu a směru,
- dutin a pórovitosti vnějšího povrchu spoje,
- nánosu, propálení, nezatavených kráterů,
- posunování společných okrajů svařených prvků,

- nerovnost spojujících prvků,
- nesouhlas formy a rozsahu spojů podle požadavku technické dokumentace.

Významnou část vizuální zkoušky svarů také tvoří posouzení makrostruktury svarů. Zároveň se posoudí rozměry makroskopicky zkoumaných svarů. Základem této zkoušky je několik předpokladů dobře očištěný povrch svaru od strusky, rozstříku apod. a zkouška by měla být provedena před dalšími technologickými operacemi (např. nátěry), dobře přístupný povrch svaru pro vizuální prohlídku, dobré osvětlení prohlíženého místa přirozeným nebo umělým světlem a ostrý zrak zkoušejícího, který je schopen rozeznat požadované drobné detaily i blízké drobné detaily od sebe odlišit.

Závěry a výsledky této zkoušky jsou velmi důležité a mají vždy předcházet všem ostatním kontrolám. Zkušený defektoskopický pracovník již podle vzhledu povrchu jednotlivých vrstev svaru posuzuje jakost práce svářeče a bývá schopen předložit správné závěry o možnosti výskytu vnitřních vad (povrch svaru je nepravidelný, jsou zřetelně vidět místa napojování housenek, je různá šířka krycí housenky, je velmi odlišný povrch svaru v různých polohách). Vizuální hodnocení má následovat po každé dílčí části svařovacího procesu, jehož provedení je spojeno s určitými těžkostmi. V případech dílčí pochybnosti může být vizuální zkouška účelně doplněna magnetickou nebo např. kapilární zkouškou.

Občas při svařování komponentů zásobníku se objeví vnitřní vady (např. praskliny, dutiny a jiné). Pro odhalení takových vad se využívá radiografická kontrola a ultrazvuková defektoskopie. Předběžné svarové spojení kontrolovaného dílu se značkuje takovým způsobem, aby je bylo možno najít na radiografických mapách a kontrolních snímkách.

Ke kontrole svarových spojů se kromě ultrazvukové kontroly ještě používají metody kapilární a magnetická metodou prášková. Oba typy uvedených povrchových metod zkoušení se používají především ke kontrole svarových spojů dna. Základní podmínkou pro provedení je příprava povrchu, a to bývá v některých případech problém, především pokud se týká metody kapilární. Také z důvodu rychlosti zkoušky a jednoduššího řešení se preferuje především magnetická kontrola prášková fluorescenční. Povrch se ke kontrole připravuje broušením nebo opískováním [10], [15].

3. Kontrola protikorozních povlaků a nátěrů

Provádí se c souladu s normou ČSN EN ISO 12944-3. Na základě této normy je potřeba provádět pravidelní revizní kontrolu s četností minimálně 1x za 7 až 10 let v závislosti na korozní agresivity atmosféry a typu prostředí, ve kterém se nachází ocelová nádrž.

Provést korozní průzkum je nezbytným krokem před prováděním údržbových, obnovovacích prací na protikorozní ochraně. Při korozním průzkumu se provede vizuální posouzení stavu protikorozní ochrany dané konstrukce (lesk, těsnost, barevný odstín), proměří se tloušťky nátěru, jeho přilnavost, korozní úbytky oceli a v případě nutnosti se provede statické posouzení ocelové konstrukce. V rámci základní kontroly se kontroluje, zda je povlak čistý, provedený rovnoměrně po celé ploše, neobsahuje nečistoty nebo mechanická poškození (stečené kapky, bubliny nebo jiné zjevné vady). Přesto, že na provádění vizuální kontroly jsou stanovené normy (ČSN 03 8510, ČSN 03 8153, ČSN 03 8221), je hodnocení subjektivní. Na základě výsledků z korozního průzkumu se navrhne opatření a systém protikorozní ochrany odpovídající zjištěnému stavu, požadavkům na životnost, atd.

Kontrola tloušťky povlaku se probíhá pomocí destruktivních a nedestruktivních zkoušek. Mezi destruktivní zkoušky patří snímací metoda, kapková metoda, metoda výbrusu a metoda mokré stopy. Nedestruktivní zkoušky jsou: magnetická metoda, elektromagnetická metoda, metoda vířivých proudů a izotopová metoda.

Životnost nátěrového systému závisí na konstrukčním uspořádání, zvoleném nátěrovém systému, na stavu povrchu ocelového podkladu, atmosférických podmínkách, úrovni mechanického namáhání, podmínkách při aplikaci, úrovni aplikace. Na to všechno je nutno dbát při posuzování životnosti protikorozní ochrany.

Metodiky hodnocení protikorozního nátěrového systému:

- kontrola aplikované mokré tloušťky nátěrového filmu dle ČSN EN ISO 2808,
- nedestruktivní kontrola suché tloušťky aplikovaných nátěrů dle ČSN EN ISO 2808,
- destruktivní kontrola tlouštěk a zjišťování podpovrchových vad jednotlivých vrstev nátěrů dle ASTM D 4138,
- stanovení odstínů barev nátěrů,
- zjišťování odolnosti nátěrů a nástřiků k oddělení od povrchu dle ČSN EN ISO 2409, ASTM D 3359 a ČSN EN ISO 16276-2,
- zjišťování odtrhové pevnosti povlaků dle ČSN EN ISO 4624 a ČSN EN ISO 16276-1,
- zkoušení přilnavosti elektrolyticky vyloučených povlaků dle ČSN ISO 2819,
- hodnocení žárově stříkaných povlaků Zn, Al a jejich slitin dle ČSN EN ISO 2063,

- hodnocení zinkových povlaků nanášených ponorem do roztavených kovů dle ČSN EN ISO 1461 [16].

4. Revize zařízení spojených se zásobníkem

Pravidelnou revizi těchto zařízení se provádí podle ČSN 69 0012. Revize obsahuje detailní kontrolu, zkoušku a měření elektrického zařízení z hlediska jeho bezpečnosti. Tyto zařízení lze pojmenovat jako bezpečnostní výstrojí, a to jsou zařízení na sledování stavu hladiny, tlakoměry, pojistné zařízení, teploměry, uzávěry, odvodnění, odkalení a odvzdušňování nádob. Pro bezpečný provoz tlakových nádob je třeba tyto komponenty pravidelně kontrolovat a udržovat v provozuschopném stavu.

A. Zařízení pro sledování stavu hladiny

Aby nebyl překročen celkový přípustný stav u zařízení pro sledování pracovní hladiny tekutiny v soustavě je potřeba provádět kontrolu:

- a) u dálkových ukazatelů stavu hladiny, regulátorů a registračních přístrojů stavu hladiny porovnáním s přímým stavoznakem nebo jiným způsobem stanoveným provozními pokyny 1x za 6 měsíců,
- b) u signalizačních zařízení mezních stavů a při každém zjištění nesprávné funkce přístrojů nejméně 1x za měsíc,
- c) u nádob s pracovní tekutinou působící agresivně, u tekutiny způsobující nánosy vnitřního povrchu nádob, 1x za týden,
- d) u přímých stavoznaků, pokud jsou vybaveny příslušnou armaturou, 1x za rok.

U nádoby, kde může dojít změnou hladiny k podchlazení nebo přehřátí nádoby, musí být kontrola provedena jednou za směnu.

B. Tlakoměry

Tlakoměry musejí být čitelné, umístěny tak, aby byly dobře přístupné a chráněné proti poškození. Musí být sledovány, pro potřeby regulačních zásahů v případě poklesu nebo převýšení tlaku. Kontrola má být provedená:

- a) u tlakoměrů umístěných přímo na nádobě, minimálně 1x za 3 měsíce,
- b) u tlakoměrů umístěných na nádobě, která je vybavena dálkovým přenosem tlaku, minimálně 1x za 6 měsíců,
- c) u tlakoměrů umístěných na nádobě, která je součástí pojízdných hasicích přístrojů, ve které není v pohotovostním stavu přetlak, minimálně 1x za 6 měsíců.

Provozní tlakoměry se kontrolují porovnáním s kontrolním tlakoměrem nebo přezkoušením na pístovém tlakoměru 1x za 2 roky a 1x za 5 let u tlakoměrů umístěných na hasicích přístrojích, ve kterých není v pohotovostním stavu přetlak. Je-li odchylka mezi provozním a kontrolním tlakoměrem větší než 5 % na uvedené stupnici, musí být provozní tlakoměr nahrazen jiným správným

tlakoměrem. Není-li to možné je třeba provést korekci. Kontrolní tlakoměr je nutno přezkoušet (kalibrovat) 1x za 2 roky. O provedení této činnosti je nutné mít k dispozici doklad. Dálkový tlakoměr, signalizační tlakoměr, automatický regulátor a dálkový registrační přístroj se kontroluje s tlakoměrem umístěným přímo na nádobě nejméně 1x za měsíc.

C. Pojistné zařízení

Průchodnost pojistných ventilů, jejichž konstrukce to umožňuje, se zkouší nadlehčením kuželky v těchto termínech:

- a) u nádob s pracovním přetlakem do 4MPa nebo s teplotou pracovní tekutiny do 300 °C minimálně 1x za měsíc,
- b) u nádob, které obsahují jedovaté a žíravé nebo jinak nebezpečné tekutiny a u nádob s pracovním přetlakem nad 10MPa, minimálně 1x za rok,
- c) u ostatních 1x za 4 měsíce,
- d) u nádob, kde je před pojistným ventilem osazena průtržná membrána, 1x za rok nebo po každém protržení membrány.

U nádob, které jsou součástí hasicích přístrojů, ve kterých není v pohotovostním stavu přetlak se kontrola provádí 1x za 6 měsíců. U pojistných ventilů, kterým konstrukce neumožní nadlehčení kuželky, se zkouší ve lhůtách dle provozních pokynů, nejméně 1x za rok.

D. Teploměry

Údaje na provozních teploměrech se kontrolují porovnáním s kontrolními teploměry, nejméně 1x za 2 roky, nebo při každém podezření na nesprávnou činnost. Kontrolní teploměr je nutno přezkoušet (kalibrovat) 1x za 2 roky. O provedení této činnosti je nutné mít k dispozici doklad. Signalizační teploměry se kontrolují porovnáním s provozními teploměry minimálně 1x za měsíc. Činnost dálkových teploměrů se kontroluje s teploměrem umístěným přímo na nádobě minimálně však 1x za měsíc.

E. Uzávěry, odvodnění, odkalení a odvzdušnění nádob

Veškeré uzavěry nacházející se na tlakovém celku nádoby se musí otevírat a uzavírat pozvolna tak, aby se předešlo tlakovým rázům a náhlým změnám teplot. Odkalování se provádí při pracovním přetlaku. Při otevření se přesvědčíme o průchodnosti a po uzavření o těsnosti

Provoz a obsluhu nádob zajišťují pracovník zodpovědný za bezpečný a hospodárný provoz nádob (pracovník, prokazatelně (písemně) určený provozovatelem nádob) a obsluha nádob (pracovník pověřený provozovatelem obsluhy nádob) [17].

5. Revize požárně bezpečnostních zařízení

Pod činnost revize patří kontrola požární bezpečnosti. Požárně bezpečnostní zařízení v pojetí zákona č. 133/1985 Sb. o požární ochraně představují širokou skupinu zařízení, na jejichž funkčnosti závisí např. signalizace požáru, únik osob při požáru a omezení šíření požáru. Tyto zařízení při své správné funkci musejí vytvářet podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví a ochranu majetku.

Provozoschopnost požárně bezpečnostních zařízení se kontroluje nejméně 1x za rok, pokud výrobce, ověřená projektová dokumentace anebo posouzení požárního nebezpečí nestanoví lhůty kratší (§ 8 odst. v § 7 vyhlášky č. 246/2001 Sb., o požární prevenci). Kontroly provozuschopnosti je nutno provádět u všech instalovaných požárně bezpečnostních zařízení, tzn. i těch, která byla instalována nad rámec požadavků platných předpisů a která na základě dobrovolnosti zvyšují úroveň požární bezpečnosti u konkrétního subjektu.

Ustanovení ze zákona ukládá právnickým osobám a podnikajícím fyzickým osobám mimo jiné obstarávat a zabezpečovat v potřebném množství a druzích požárně bezpečnostní zařízení (PBZ) a udržovat je v provozuschopném stavu.

Za vyhrazené druhy požárně bezpečnostních zařízení se považují:

- a) elektrická požární signalizace,
- b) zařízení dálkového přenosu,
- c) zařízení pro detekci hořlavých plynů a par,
- d) stabilní a polostabilní hasicí zařízení,
- e) automatické protivýbuchové zařízení,
- f) zařízení pro odvod kouře a tepla,
- g) požární klapky.

U elektrické požární signalizace se kromě pravidelných ročních kontrol provozuschopnosti provádějí zkoušky činnosti elektrické požární signalizace při provozu: jedenkrát za měsíc u ústřední a doplňujících zařízení, dále jednou za půl roku u samočinných hlásičů požáru a zařízení, které elektrická požární signalizace ovládá.

Podrobnější požadavky na provoz, kontroly, údržbu a opravy PBZ jsou obsaženy v § 7 vyhlášky č. 246/2001 Sb., o požární prevenci. Při provozu se postupuje podle normativních požadavků a průvodní dokumentace výrobce, popř. podle ověřené projektové dokumentace nebo podrobnější dokumentace. Postup kontroly provozuschopnosti je u některých PBZ upraven právními předpisy, normativními požadavky nebo průvodní dokumentací výrobce.

Pokud výrobce, ověřená projektová dokumentace anebo posouzení požárního nebezpečí nestanoví lhůty kratší (§ 8 odst. 7 vyhlášky o požární prevenci) provozuschopnost požárně bezpečnostní zařízení

se kontroluje nejméně jedenkrát za rok. Kontroly provozuschopnosti je nutno provádět u všech instalovaných PBZ, tzn. i těch, která byla instalována nad rámec požadavků platných předpisů a která na základě dobrovolnosti zvyšují úroveň požární bezpečnosti u konkrétního subjektu.

Odbornou způsobilost osob zpravidla zajišťuje výrobce daného zařízení, pokud je takto vyžadováno v průvodní dokumentaci výrobce. V zásadě se taková osoba musí prokázat oprávněním od výrobce, že může tuto činnost vykonávat a je k ní náležitě proškolen. V ostatních případech může kontroly provozuschopnosti provádět jakákoliv osoba, která postupuje podle právních a normativních předpisů.

Obsahové náležitosti dokladu o kontrolách provozuschopnosti upravuje § 7 odst. 10 vyhlášky o požární prevenci; jedná se zejména o údaje potřebné k prokázání funkčnosti daného zařízení a odbornosti osoby, která kontrolu provedla. Systém provádění těchto kontrol a formální zpracování dokladu o kontrole provozuschopnosti si právnická osoba a podnikající fyzická osoba může stanovit způsobem, který bude nejlépe vyhovovat jejím podmínkám. Forma zpracování není právním předpisem blíže upravena. Z toho lze odvodit, že není nutné, aby na každé PBZ byl zpracován samostatný doklad. Organizačně lze zjednodušit zpracovávání dokladů o kontrole provozuschopnosti, např. je možné mít zpracovány seznamy instalovaných PBZ, na které je možné se odvolat v konkrétním dokladu o provedené kontrole [18].

Náhledný postup revise u zásobníku ropy je ukázán v tabulce níže.

Termín	Zkouška	Zákon/norma
Před uvedením do provozu	Výchozí revize	ČSN 69 0012, ČSN 75 3415
	Stavební zkouška	Vyhláška 18/79 Sb. §5
	Tlaková zkouška	ČSN 69 0010
Do 14 dnů po uvedení do provozu	Provozní revize	ČSN 69 0012, ČSN 75 3415
Jedenkrát za pul roku	Kontrola skladů a skládek	zákon č. 254/2001 Sb.
	Kontrola výstupů kontrolního systému pro zjištění úniku závadných látek	
1x za rok	Provozní revize	ČSN 69 0012, ČSN 75 3415
	Zkouška pojistných zařízení (ventilu)	
	Kontrola stavoznaku	
	Kontrola ovzduší	ČSN 38 6405 čl.61
	Kontrola požárně bezpečnostních zařízení	Zákon č. 133/1985 Sb.
1x za dva roky	Kontrola bezpečnostního výstroje (hladinoměry, tlakoměry, atd.)	ČSN 69 0012, ČSN 75 3415
1x za pět let	Vnitřní revize	ČSN 69 0012, ČSN 75 3415
	Zkouška těsnosti	ČSN 75 3415
1x za 10 let	Kontrola svaru a svarových spojů	ČSN EN 17637 (51180)
	Kontrola protikorozních povlaků a nátěrů	ČSN EN ISO 12944-3
	Zkouška těsnosti	ČSN 75 3415

Tabulka 9: Postup revize u zásobníku ropy

Po dokončení revize nové objektu nebo doplnění, či změny stávající instalace zásobníku musí být vypracována zpráva o výchozí revizi. Revizní zpráva musí obsahovat podrobnosti o rozsahu instalace, kterého se zpráva týká, záznamy o prohlídkách a záznamy o provedených zkouškách a jejich výsledky. Forma revizní zprávy není pevně stanovena. Zpráva tedy může být přizpůsobena revidované instalaci a zvyklostem revizního technika, avšak za předpokladu, že bude obsahovat povinné položky a bude přehledně a jasně informovat o výsledcích provedené revize.

Často používaná skladba revizní zprávy:

Na první stránce by měly uvedené základní údaje o provedené revizi. Většinou se jedná o následující informace:

- druh revize (výchozí, pravidelná, mimořádná),
- jméno a příjmení revizního technika,

- evidenční číslo osvědčení,
- název objektu, údaje provozovatele, adresu umístění,
- stručné vymezení rozsahu revidovaného,
- použitá ochranná opatření,
- datum zahájení a ukončení revize,
- datum vypracování revizní zprávy,
- celkový posudek,
- podpis revizního technika a provozovatele (objednatele revize).

Na dalších stranách bude pak uváděno:

1. popis revidovaného objektu (umístění, objednateli revize, technická informace o objektu, seznam připojených zařízení, apod),
2. prohlídka (buď slovní popis výsledků, anebo tabulky s předdefinovaným seznamem úkonů podle ČSN a jejich výsledkem),
3. zkoušení a měření (tabulky rozdělené podle instalovaných zařízení, jejich parametry a změřené hodnoty),
4. seznam použitých přístrojů (jde o přístrojích použitých k měření a zkoušení, včetně uvedení sériových čísel a kalibračních listů),
5. vyhodnocení (slovní popis výsledků prohlídky, měření a zkoušení, výsledky kontroly ovládacích a bezpečnostních prvků, apod.),
6. soupis zjištěných vad (pokud byly zjištěny závady během provádění revize, uvede se jejich seznam, závažnost, doporučený způsob a termín jejich odstranění),
7. závěr (je obecně uvedeno, kdy je doporučeno provést další (periodickou) revizi zásobníku, kdo může provádět úkony údržby a oprav, případně další legislativní doporučení nebo informace, vztahující se k objektu).

3.10 Vyhodnocení získaných poznatků

Zásobníky ropy a plynu jsou velmi složité technologické zařízení. I když máme k dispozici spoustu norem a zákonů, které popisují správné bezpečnostní předpisy a technologické postupy, nelze úplně eliminovat všechny rizika, které mohou způsobit škodu na zdraví člověka, hospodářským zvířatům, životného prostředí nebo škodu na majetku. Škodu může způsobit nejenom porucha zásobníku či selhání některého z bezpečnostních prvku, ale i sam člověk. Příčina může být v neopatrnosti, chybném zmačknutí tlačítka, komunikační chybě, anebo v nedodržování bezpečnostních předpisů při manipulaci se zařízením.

Je-li třeba charakterizovat nejdůležitější konkrétní nástroje umožňující zmenšit pravděpodobnost nehod ve skladech kapalných plynu či ropy, lze je rozdělit do těchto skupin:

- pečlivá analýza rizik s analýzou úrovně integrity bezpečnosti a analýzou vrstev ochrany,
- analýza vlivu lidského činitele na zařízení,
- automaticky odstavující sklad při dosažení kritických hodnot vybraných parametrů,
- systém sledování hodnot klíčových parametrů (především polohy hladiny) s dostatečnou redundancí klíčových měřících obvodů,
- zálohování napájení klíčových měřících obvodů a galvanické oddělení měřicího systému,
- ochranné prvky pro omezení eskalace nehody (detektory, skrápění, kamery),
- bezpečné odvedení kapaliny při přeplnění nádrže,
- druhý a třetí kontejnment, dostatečně dimenzované jímky,
- dostatečná jímací kapacita pro hasební vodu,
- dostatečné odstupové vzdálenosti mezi nádržemi,
- vybavení velínů a pracovišť obsluhy,
- dobrá kultura bezpečnosti a motivace zaměstnanců.

4 ZPŮSOBY ELIMINACE BEZPEČNOSTNÍCH RIZIK U ZÁSObNÍKŮ PLYNU A ROPY

Zásobníky plynu nebo ropy musejí být vyráběny tak, aby nemohly způsobit úraz elektrickým proudem nebo poškození zdraví bezdotykovým způsobem, či energií z cizích zdrojů (úraz člověku či zvířatům), požár či výbuch, škodu majetku.

Vzhledem k důležitosti podzemních zásobníků plynu a ropy je pro splnění bezpečného provozu nutné tyto objekty patřičně zabezpečit. Zejména je třeba chránit provozní technologie a části areálu, které jsou potřebné k samotnému provozu podzemního zásobníku.

Proto je důležité eliminovat všechny rizika spojené se zásobníky plynu a ropy. V další části jsou popsány způsoby, kterými lze ochránit zásobníky a prostředí kolem nich.

4.1 Ochrana před účinkem blesku

Blesk je silný přírodní elektrostatický výboj produkovaný během bouřky. Bleskový elektrický výboj je provázen emisí světla. Elektřina procházející kanály výboje rychle zahřívá okolní vzduch, který díky expanzi produkuje charakteristický zvuk hromu. Energie, uvolněná při úderu blesku, je obrovská a dosahuje i několika stovek kWh, soustředěných do velmi krátkého časového okamžiku. Proto mohou mít blesky tak ničivé účinky, a proto je tak důležitá důkladná ochrana proti nim.

Norma ČSN EN 62305-3 ed. 2 obsahuje požadavky na ochranu staveb před hmotnými škodami pomocí systému ochrany před bleskem (LPS-lightning protection system) a pro ochranu před úrazem živých bytostí dotykovým a krokovým napětím v blízkosti LPS. Tato norma platí pro: projektování, instalaci, revizi a údržbu LPS pro stavby bez omezení s hledem na jejich výšku a dosažení ochranných opatření před úrazem živých bytostí dotykovými a krokovými napětími.

Měření zemního odporu je dnes v podstatě jediný způsob kontroly kvality uzemnění bleskosvodu. Zaznamenávání naměřených hodnot v průběhu provozu může poskytnout cenné informace o stavu uzemnění, například prudší změny odporu mohou znamenat, že se uzemnění něco stalo (např. Přerušení vodiče v zemi, nebo v místě přechodu ze vzduchu do země). Při měření zemního odporu uzemnění se používá můstková metoda nebo metoda proud-napětí. Je dovoleno použití i jiných metod, avšak musí být zaručena požadovaná přesnost měření.

1. Vnější ochrana před účinkem blesku

Vnější ochrana před účinkem blesku – bleskosvod je to zařízení, které slouží k ochraně objektu a jejího obsahu před účinkem statické elektřiny. Vytváří umělou svodovou cestu k přijetí a svedení bleskového výboje do země. Používá se jakožto ochrana budov a dalších objektů před poškozením tepelnými a mechanickými účinky blesku, tj. před jejich požárem nebo mechanickým poškozením. Bleskosvod je jiný název pro vnější systém ochrany před bleskem. Je to ta část LPS, která se skládá z jímací soustavy, soustavy svodů a uzemňovací soustavy. Jímač zajišťuje zachycení blesku. Jímače mohou být provedeny v podobě jímací tyče, jímacího vedení nebo mřížového jímače. Svod je elektrický vodič, který vodivě spojuje jímač blesku s uzemněním. Svody mohou být strojené, vodiči vedenými na povrchu objektu, či v omítce, nebo náhodné (využití stávajících prvků konstrukce objektu – ocelových sloupů, výztuže, atd.) Uzemnění může být provedeno zemnicími tyčemi, deskami, dráty, či pásy, uloženo v zemi, nebo v základovém betonu. Svodové vodiče jsou se zemniči spojeny rozpojitelnými šroubovacími svorkami. Samotný bleskosvod může být buď spojený s konstrukcí budovy, nebo izolovaný od chráněné budovy.

2. Vnitřní ochrana před bleskem

Vnitřní ochranu před bleskem tvoří souhrn opatření zaměřených na snižování účinků elektromagnetických impulsů, způsobených bleskovým proudem uvnitř chráněného objektu (zařízení). Mezi opatření patří odstínění budov a místností, potenciálové vyrovnání, odstranění nebezpečných přiblížení k částem vnější ochrany. Účinná přepěťová ochrana je dodatečné ochranné opatření. Jádrem vnitřní ochrany před bleskem je potenciálové vyrovnání, v rámci kterého se všechny kovové instalace připojí

k ekvipotenciální přípojnicí. U menších objektů postačí jedna ekvipotenciálová přípojnice, ve větších objektech se doporučuje realizovat okružní ekvipotenciálové přípojnice. Veškerá vstupující a vystupující elektrická (silová a sdělovací) vedení se k systému potenciálového vyrovnání připojí nepřímo přes svodiče.

3. Zemniče

Účinnost jakéhokoli zemniče závisí na místních půdních podmínkách a obvykle je třeba pro dané půdní podmínky a požadovaný zemní odpor vybrat vhodný zemnič. Pro uzemnění mají být využité zemniče náhodné. Strojené zemniče se zřizují, jen když:

- náhodné zemniče nevyhoví požadavkům normy,
- zemní odpor náhodných zemničů nevyhovuje,
- použití náhodných zemničů nevyhovuje,
- použití náhodných zemničů z důvodu požární ochrany není přípustné nebo pokud to jiné předpisy nedovolují,
- nelze zajistit, že spojení s náhodným zemničem nebude přerušeno,
- jiné předpisy vyžadují jejich zřízení.

4. Svodiče přepětí

Propojují se paralelně ke chráněným zařízením a mají zajistit, aby na těchto zařízeních nevzniklo napětí vyšší než dovolené. Přepětíové ochrany slouží k ochraně elektrických zařízení a přístrojů proti nepřipustně vysokým přepětím a k vyrovnání potenciálů.

Úkolem svodičů přepětí je:

- snižování zbytkové energie přepětí a s ní spojené amplitudy zbytkového napětí za svodiči bleskových proudů na hodnoty přípustné pro elektrická zařízení a připojená koncová zařízení,
- omezování přepětí vzniklých při blízkých a vzdálených úderech blesku,
- omezování přepětí indukovaného v zónách bleskové ochrany 1 a vyšších na hodnoty přípustné na svorkách chráněného koncového zařízení (podle IEC 1000-4-5),
- omezování spínacích přepětí (tj. přepětí vzniklých spínacím v sítích) na hodnotu bezpečnou pro připojená zařízení.

Nejjednodušším svodičem přepětí je ochranné (koordinační) jiskřiště, které mění svou impedanci elektrickým výbojem mezi elektrodami jiskřiště. Při napětí nižším, než je zapalovací napětí, má jiskřiště impedanci danou jeho svodem, který je praktický zanedbatelný. Po překročení zapalovacího napětí je impedance dána malým odporem elektrického oblouku hořícího mezi

elektrodami. Nevýhodou jiskřiště je, že má malou impedanci i po odeznění přepětí, neboť oblouk mezi elektrodami je po zapálení udržován vyšším než jmenovitým napětím soustavy. Jiskřištěm prochází následný proud ze soustavy, který představuje pro soustavu zkrat.

Podle norem VDE svodiče přepětí se dělí na:

- svodiče přepětí třídy **A** určené k instalaci na venkovním vedení,
- svodiče přepětí třídy **B** určené k vyrovnání potenciálu pro kategorii přepětí IV (vliv atmosférických přepětí) a schopné svou zvláštní konstrukcí svádět bleskové proudy i při přímých úderech blesku,
- svodiče přepětí třídy **C** určené k ochraně elektrických zařízení pro kategorii přepětí III – možný vliv atmosférických a spínacích přepětí (elektrické předměty pevného rozvodu – jističe, proudové chrániče, stykače, vypínače, zásuvky). Schopné svádět přepětí vzniklá blízkými případně vzdálenými údery blesku nebo spínacími pochody,



Obrázek 10: Svodič přepětí třídy C, řada SPCT2 40 kA (8/20 μ s)

- svodiče přepětí třídy **D** určené pro kategorii přepětí II (potlačený vliv atmosférických a spínacích přepětí – elektrické zařízení s elektronickými obvody). Slouží k ochraně jednotlivých spotřebičů nebo skupin spotřebičů před přepětím. Obvykle konstruované pro instalaci k zásuvkám [19], [20].



Obrázek 11: Svodič přepětí třídy D, $I_n=10 \text{ kA}$ (8/20 μs) [19], [20]

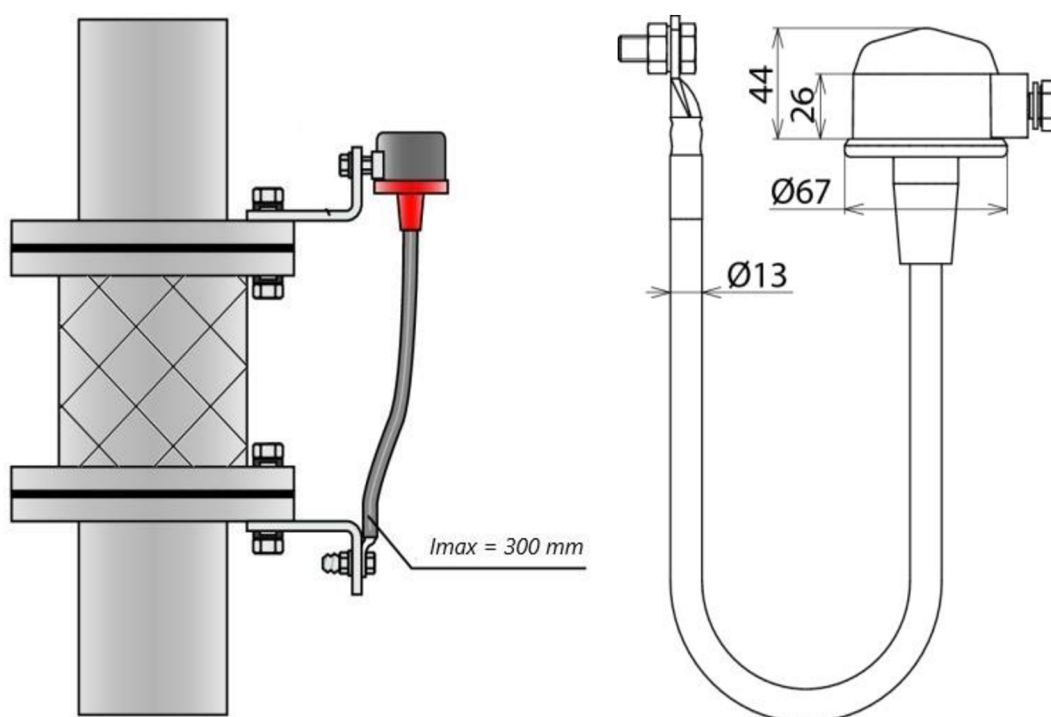
4.1.1 Ochrana před bleskem pro stanice na výrobu bioplynu

Zdroj (reaktor) je ve své podstatě nádoba, kde se díky hnilobnému procesu vytváří bioplyn, který se dále jímá a zpracovává. Bioplyn obsahuje především metan, který nepatří mezi netečné plyny, a přestože má vysoký bod samozážehu, k explozi stačí i malá jiskra. Některá zařízení jsou bohužel postavena tak, že by zřejmě první zkoušku bleskem neabsolvovala úspěšně.

Základem úspěšné ochrany před bleskem je uvést vše v areálu na jeden potenciál. Zlevněním celé zemnicí soustavy může být využití armování v železobetonových žlabech, kterými jsou vedeny energetické systémy. Pouhým provařením (ovšem vyhovujícím požadavkům normy ČSN EN 62305-3) či sesvorkováním armovacích želez lze docílit velmi kvalitní a levné soustavy. Veškerá zařízení, tanky, budovy, podpěry apod. jsou téměř vždy postaveny na mohutných železobetonových základech, takže je jen třeba pečlivě je mezi sebou propojit, a to na více místech a vodivě. Objekty a zařízení související s výrobou bioplynu jsou obecně většinou zařazeny do LPL II (Lightning Protection Level, hladina ochrany před bleskem). Nic ovšem nebrání toto zařízení zařadit do vyšší hladiny LPL I, obzvláště jsou-li okolí nebo vnitřní obsah budovy výjimečně citlivé na účinky bleskového výboje. Je proto nutné zkontrolovat ekvivalentní délku zemniče, popř. ji doplnit pásy nebo tyčovými zemniči. Kovová potrubí, tažená mezi jednotlivými celky, se uzemní na co nejvíce místech (na každé patce), zároveň je třeba dbát na dokonale vodivé spoje mezi jednotlivými díly trubek. V tomto případě rozhodně

nelze doporučit jako spoj pouhé sešroubování přírub, ale vložení pásku nebo lanka s pospojováním proti sobě pod šrouby, a to minimálně na dvou místech, jak to uvádí norma (ČSN EN 62305-3 d.5.1.2).

Jestliže je určitá část potrubí katodicky chráněna proti korozi, je třeba pro pospojování použít jiskřiště, ovšem pravděpodobně v provedení Ex (obr. 12). Nacházejí-li se tato potrubí v areálu budovy, postupuje se při jejich ochraně v podstatě stejně jako u ostatních (normálních) budov. Jsou-li však v těchto budovách instalována zařízení určená k dalšímu zpracování plynu, je navíc třeba brát v úvahu, že všechny součásti, které jsou používány k zachycení blesku – tzn. jímače, komínky (vybavené pomocnými jímači), ocelové konstrukce – musí být mimo prostředí s nebezpečím výbuchu, tj. mimo zóny Ex (vyskytují-li se tam).



Obrázek 12: Schematické zobrazení jiskřiště v provedení Ex [22]

Tyto nádoby lze rozdělit do několika základních skupin podle jejich konstrukce na:

- celokovové s pevnou střechou,
- celokovové s expanzivní fóliovou střechou,
- železobetonové.

Pokud jde o zásobník, který obsahuje výbušnou směs, bylo by možné jednoduše doporučit využít celé zařízení jako náhodný jímač (to by ve většině případů byla i ta nejlevnější alternativa při realizaci stavby).

Pro ideální stav platí důsledné vyrovnání potenciálů. Což znamená, že mezi sebou budou vodivě pospojovány všechny kovové díly a toto pospojování bude

vyhovující i z hlediska větší energie bleskových proudů tak, aby se tyto spoje nepřetavily v okamžiku, kdy jimi bude protékat bleskový proud.

Základy nádrže je nejlepší využít jako základové zemnicí desky, tzn. využít armovací železa v betonu pro zřízení co nejlepší zemnicí soustavy. V tomto případě je vhodné spojení mezi jednotlivými pruty realizovat svařením nebo svorkováním.

Nádrže pro uskladnění hořlavých plynů s průměrem větším než 20 m musí být dvakrát uzemněny. Zkontrolovat zemnič, popř. doplnit jeho délku, je třeba v případě, že je zemnič uložen v neznámém prostředí (myšleno vzhledem k rezistivitě prostředí). Po vyzrání betonu se musí vykonat závěrečná kontrola hodnoty zemního odporu. Ta by neměla přesáhnout 10 Ω .

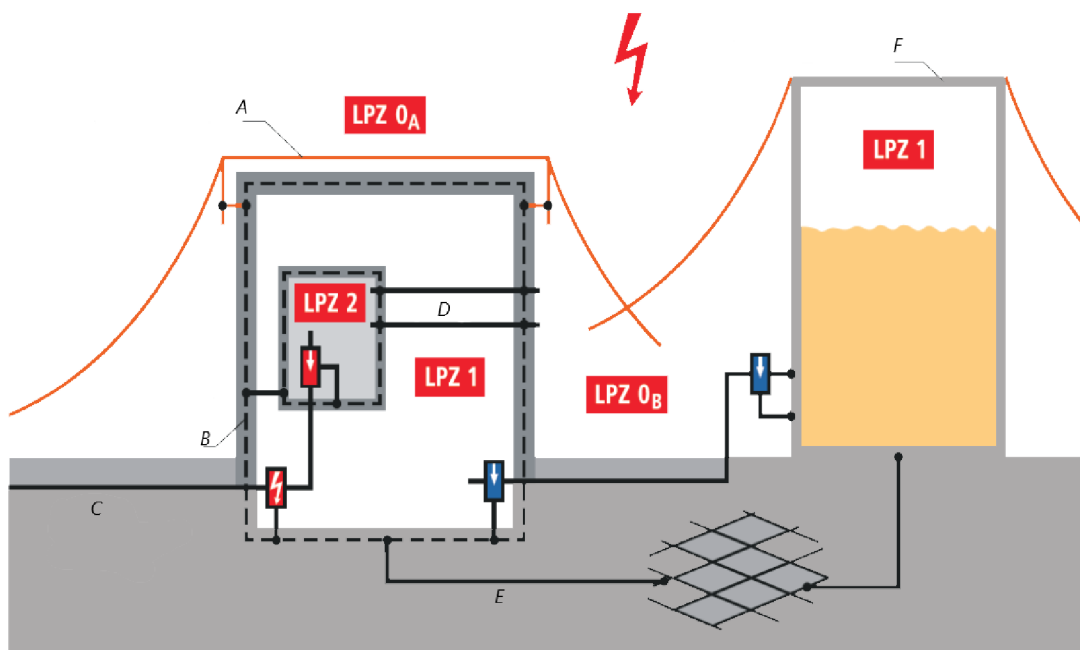
Každopádně je lepší na vývody z uzemňovací soustavy použít nerezový materiál s ohledem na větší kyselost prostředí v rámci této produkce. Na tyto vývody se připojí celá kovová konstrukce tanku, jejíž jednotlivé díly jsou mezi sebou vodivě propojeny. Díly se opět přednostně propojí svařováním. Na vrcholu chráněného zásobníku se vztyčí jímací tyče, a to vždy tak, aby se celé zařízení nacházelo v ochranném prostoru (podle ČSN EN 62305-3 metoda ochranného úhlu či valivé koule).

Výhodné je, aby se jímací tyče (resp. místo, kde do celého systému bude vnikat bleskový proud) nacházely nad zónou Ex 2. Výjimečně je možné instalovat hroty jímacích tyčí do této zóny, tedy v místě, kde se výbušná atmosféra vyskytuje pouze občas a krátce.

V prostorech s nebezpečím výbuchu se často používají jiskrově bezpečné měřicí obvody. Obrázek 13 ukazuje principiální skladbu takového systému a přiřazení do zón ochrany před bleskem. Z důvodu požadované vysoké dostupnosti systémů a pro vyhovění značným nárokům na bezpečnost v zónách Ex byly následující prostory rozděleny na zóny ochrany před bleskem LPZ 1 a LPZ 2:

- vyhodnocovací elektronika v řídicí místnosti (LPZ 2),
- vysílače teploty u zásobníku (LPZ 1),
- vnitřní prostor zásobníku (LPZ 1).

Podle koncepce ochranných zón podle ČSN EN 62305-4 ed. 2 [19] musí být na hranicích zón všechna vedení vybavena dostatečnými ochranami proti přepětí.



Obrázek 13: Koncepte rozdělení zón ochrany před bleskem [22]

Legenda	Popis
A	Jímací soustava
B	Stínění budovy (např. kovové armování)
C	Vedení ke vzdálenému potenciálu
D	Ventilace
E	Zasmyčované potenciálové vyrovnání
F	Kovový zásobník o dostatečné tloušťce stěn

Tabulka 10: Legenda k obrázku 13

Popis zón

- zóna 0 – prostor, ve kterém je přítomna výbušná plynná atmosféra tvořená směsí hořlavých látek plynu, par, nebo mlhy se vzduchem, a to trvale nebo po dlouhá časová období nebo často,
- zóna 1 – prostor, ve kterém je za normálního provozu pravděpodobnost vzniku výbušné plynné atmosféry tvořené směsí hořlavých látek v podobě plynu, par nebo mlhy se vzduchem příležitostná,
- zóna 2 – prostor, ve kterém není vznik výbušné plynné atmosféry tvořené směsí hořlavých látek v podobě plynu, par nebo mlhy se vzduchem za

normálního provozu pravděpodobný, avšak při případném výjimečném vzniku této atmosféry bude tato přetrvávat pouze po krátké časové období.

Z toho vyplývá, že k úderu blesku, popř. nebezpečnému jiskření, by nikdy nemělo dojít v zónách 0 a 1; u zóny 2 tomu tak může být, protože její vznik není za normálního provozu pravděpodobný (jenže při bouřce může právě nastat jiná než normální provozní situace).

Zásobníky, které jsou zhotoveny z kovových materiálů dostatečné tloušťky (u železa 5 mm, u hliníku 7 mm), nemusí být vybaveny dodatečnou jímací soustavou. Ovšem vzhledem k riziku nedodržení technologické kázně, ale také vlivem používání nových materiálů pro co nejjednodušší konstrukci a izolační vlastnosti tanků je velmi obtížné zabezpečit dobré vodivé propojení jednotlivých částí tak, aby při úderu blesku nedošlo působením jiskření k iniciaci explozivní směsi. Proto se v současné době i u kovových konstrukcí raději volí izolovaná jímací soustava – oddálený hromosvod.

Ten je možné postavit několika způsoby:

1. Prostým vztyčením jímacích tyčí tak, že se celý chráněný objekt nachází v takto vytvořeném ochranném prostoru a zároveň je dodrženo prostorové oddálení pro zachování dostatečné vzdálenosti.
2. Použitím základních prvků lze tohoto oddálení také dosáhnout za předpokladu, že výsledná dostatečná vzdálenost nedosahuje takových hodnot, aby nastal problém se stabilitou této oddálené jímací soustavy.
3. Vytvořením oddáleného hromosvodu s izolovanými svody pomocí vodičů HVI, není-li dostatečná vzdálenost větší než 0,75 m. V některých případech je možné použít i paralelně vedené sondy HVI. Toto řešení má také nejmenší dopad na vzhled celého zařízení; ale u takovýchto zařízení asi nebude estetické hledisko na prvním místě.

Instalace oddáleného hromosvodu je ale jen jednou částí problematiky potenciálového vyrovnání. Nedílnou součástí celé ochrany je i potenciálové vyrovnání mezi jednotlivými vodiči, které jsou do zařízení zavedeny.

Svodiče přepětí je výhodné umístit co nejbližší k chráněnému zařízení (např. k měřiči hladiny směsi) tak, aby díky impedanci vodiče a takto vytvořenému rozdílu potenciálu nevznikla sice malá a energeticky chudá, ale jinak stejně nebezpečná iniciační jiskra. Místo instalace svodičů se bude pravděpodobně nacházet v zóně 2, nebo dokonce v zóně 1.



Obrázek 14: Instalace vodiče HVI long v prostředí s nebezpečím výbuchu [22]

Návrh na uzemnění stanic plynu

Bleskosvod je spojen při kabelovém přívodu, pokud možno nepřímo s tyčovým zemničem minimální délky 3 m. K tomu se položí zemnicí pás minimálního průřezu 20 mm^2 do hloubky minimálně 1 m a ve vzdalenosti 1 m od základu konstrukce nádrže kolem celé stanice. Nalevo a napravo od kabelu se zakopou rovněž zemnicí pásy do vzdálenosti cca. 50 m a spojí se na straně stanice se zemnicím zařízením. Tím se ještě sníží zemnicí odpor, a kromě toho se sníží potenciálový spád v blízkosti kabelu [20], [21], [22].

4.1.2 Ochrana před bleskem a přepětím pro čerpací stanice

Čerpací stanice pohonných hmot řadíme mezi zařízení pro plnění a stáčení hořlavých hmot. Podle platného předpisu ČSN smí být plnění a stáčení hořlavých kapalin prováděno pouze na místech k tomu vybavených a zajištěných podle příslušných vodohospodářských, dopravních a hygienických předpisů. Především

musí být všechny manipulační plochy, kanalizace, sběrné a havarijní jímky nepropustné a chemicky odolné proti kapalinám, se kterým se na nich manipuluje. Provoz čerpacích stanic definuje předpis ČSN 65 0202 Hořlavé kapaliny, plnění a stáčení výdejní čerpací stanice, který ukládá provádět kontrolu, pracovníkem znalým v oboru, technologických zařízení jedenkrát za rok, pokud výrobce zařízení nebo provozní řád nestanoví jinak.

Vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování stanovuje provádět:

- kontrolu funkčnosti systému rekuperace benzinových par etapy II u výdejních stojanů jedenkrát za směnu,
- kontrolu provozní účinnosti systému rekuperace benzinových par etapy II jednou za rok pracovníkem servisní organizace, která je oprávněna k montážím a opravárenským zásahům výrobcem těchto zařízení.

Provádění pravidelných prohlídek a revizí elektrických zařízení čerpacích stanic podléhají zařízení a technologie na čerpacích stanicích bez rozdílu, jde-li o veřejné a neveřejné stanice. Pravidelné prohlídky se provádějí 1x za rok a zahrnují kontrolu:

1. technického stavu elektroinstalace,
2. funkce signálu naplnění nádrže (max. 95 % jmenovitého objemu),
3. funkce plovákových ovladačů,
4. stavu ovládacích a signál. prvků,
5. stavu rozváděčů, osvětlení, pospojení kovových částí, šroubových spojů uzemnění, vějířových podložek,
6. funkce bezpečnostního vypínání.

Při návrhu vnější ochrany je nutné dodržovat tyto podmínky:

- **Jímací soustava**

Jímací soustava by měla zabránit přímému úderu blesku do stavby či budovy. Na základě určení nebezpečných zón 0, 1, 2 z přechodí kapitoly se stanoví zóny ochrany před bleskem. V nebezpečných zónách 1, 0 nesmí nastat přímý úder blesku. Hrot jímací tyče musí být umístěn mimo nebezpečné zóny 1, 0.

- **Soustava svodů**

Soustava svodů by měla svést nejprve blesk do země. V opačném případě může stát, že bleskový proud vnikne nekontrolovanými přeskoky dovnitř objektu přes nepospojované sádkartonové kovové konstrukce či metalická vedení. Tomuto lze zabránit použitím vysokonapěťových vodičů umístěných v zónách 1, 2.

- **Dostatečná vzdálenost s**

Dostatečná vzdálenost je základní bezpečnostní parametr, který je spjatý s požární bezpečností staveb (vyhláška č. 268/2009 Sb.). Konkrétní výpočet

musí být proveden podle ČSN EN 62305-3 ed. 2, čl. 6.3. Pro všechny typy bleskosvodu je nutné vypočítat dostatečnou vzdálenost s .

- **Uzemňovací soustava**

Prioritou je použití základového zemniče. Obvodový vodič v základech by měl být spojen každých 5 až 10 m s ocelovým armováním základů. Toto je předpokladem docílení co nejnižšího zemního odporu. Při zpochybňování hodnoty zemního odporu je nutné měřit zemní odpor v každém ročním období. Norma ČSN EN 62305-3 ed. 2 doporučuje, aby zemnicí soustava měla zemní odpor $< 10 \Omega$. Pro spojení zemnicí soustavy s nádržemi s katodickou protikorozní ochranou lze použít pouze jiskřiště v Ex provedení (obrázek 12).

- **Pospojování**

Je důležité, aby všechny kovové konstrukce (např. potrubí, pláště čerpacích stojanů, nádrže) byly pospojovány a spojeny se zemnicí soustavou budovy čerpací stanice. Také je třeba zkontrolovat vodiče hlavního a místního pospojování, zda nejsou uvolněné, nebo dokonce rozpojené.

Při návrhu vnitřní ochrany je nutné dodržovat tyto podmínky:

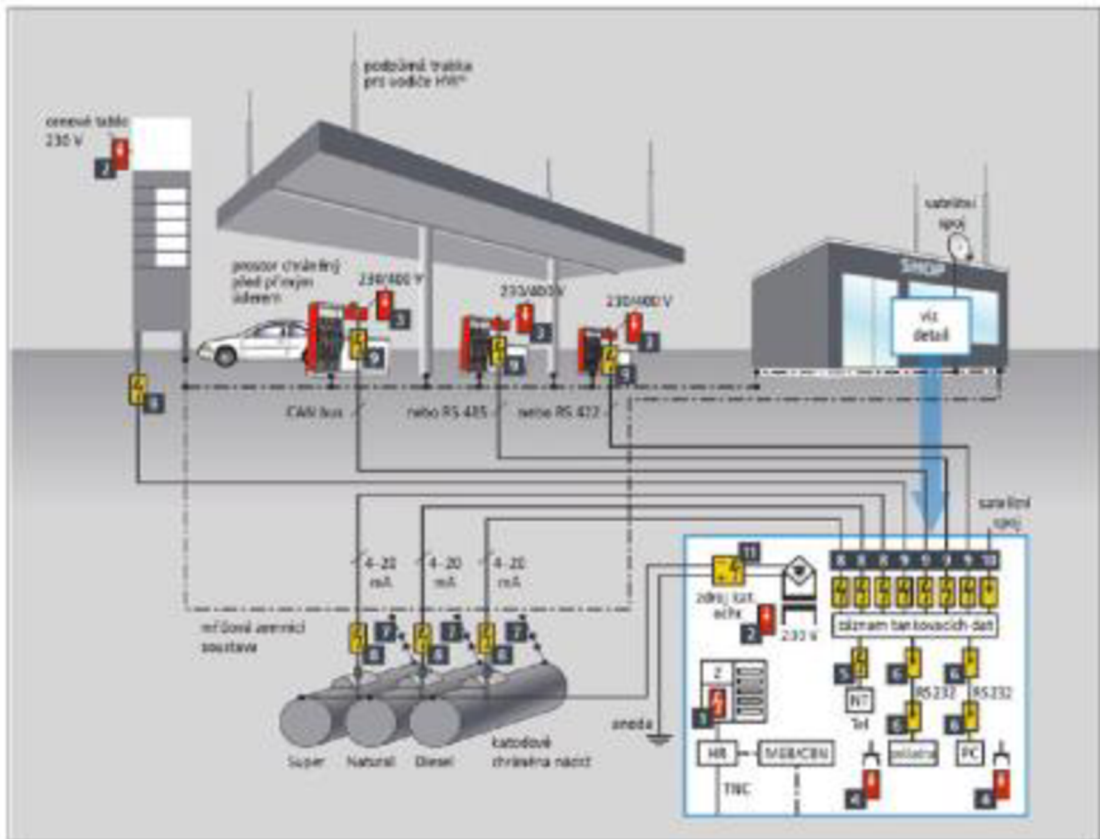
Vyrovnaní potenciálů

Zařízení instalovaná vně budovy čerpací stanice (např. ukazatel cen) jsou ohrožena přímým úderem blesku, a jsou tedy na vstupu do budovy připojena na svodiče bleskových proudů SPD typu 1. To platí i pro vedení elektrické distribuční sítě přicházející zvenčí.

Dále je nutné vyrovnat rozdíl potenciálu také pro tyto obvody:

- měření a regulace MaR (kontroly teploty, hladiny, tlaku atd.),
- elektronická požární signalizace (EPS) a elektronická zabezpečovací signalizace (EVS),
- kamerové a dohlížecí systémy CCTV,
- katodická chráněná potrubí,
- telefonní vedení a datová síť.

Je nutné zajistit energetickou koordinaci přepětových ochranných SPD – zamezit instalaci svodičů přepětí od několika výrobců. Pro jiskrově bezpečné obvody je třeba použít výhradně přepětové ochrany, které jsou k tomu účelu vyrobeny.



Obrázek 15: Instalace čerpací stanice s bleskosvodem, mřížovou zemnicí soustavou, ochranným a funkčním uzemněním a přepětovými ochranami

Sběrníkové systémy, senzory a připojení IT popsané na obr. 15 byly uvedeny jako příklad a bez nároku na úplatnost. Pro instalaci jsou určující výhradně údaje z detailní projektové dokumentace a požadavky a informace od zadavatele projektu.

	Instalace	Typ	Kat. č.
1	síť T ..., 3-fáz. síť T ...	DV MT ... 255 alternativně DV ZP T	951 ... 900 3 ...
2	síť TN, 1-fáz. síť TT 1-fáz.	DG MTN 275 DG MTT 2P 275	952 200 952 110
3	síť TN, 3-fáz. síť TT 3-fáz.	DG MTNS 275 DG MTT 275	952 400 952 310
4	1-fáz.	DPRO 230	909 230
5	telefony	BXT ML2 BD 180 +BXT BAS	920 247 920 300
6	25-pol. D-Sub	FS 25E HS 12	924 018
7	zóna 1 nebo 2	EXFS 100	923 100
8	4-20 mA: 2p. 4-20 mA: 4p.	BXT ML2 BE S 24 BXT ML2 BE 24 +BXT BAS	920 224 920 324 920 300
9	CAN, RS 485, RS 422: 2p. CAN, RS 485, RS 422: 4p.	BXT ML2 BE HFS 5 BXT ML2 BE HF 5 +BXT BAS	920 270 920 370 920 300
10	SAT	DGA FF TV	909 703
11	obvod katodické ochrany	BVT KKS ALD 75	918 420

Tabulka 11: Typy ochran vhodné pro ochranné připojení na různá rozhraní a systémové komponenty čerpacích stanic

Jímací soustava pro nádrže uložené v zemi

Určité typy staveb, v kterých jsou uskladněny hořlavé plyny, je možno využít jako náhodné jímače (dokonale uzavřené kovové nádrže s tloušťkou stěny minimálně pro ocel 5 mm nebo pro hliník 7 mm bez připojení jiskřišť) a není nutná žádná další ochrana. Podobně nádrže a potrubí uložená v zemi nevyžadují instalaci jímací soustavy. Vybavení a elektrické přístroje, které jsou uvnitř těchto zařízení, by měly být schváleny pro tyto prostory. Opatření pro ochrany před bleskem by měla být přijata podle typu stavby.

Samostatně stojící nádrže nebo kontejnery by měly být uzemněny v závislosti na největším vodorovném rozměru (průměru nebo délce):

- do 20 m: jednou
- do 30 m: dvakrát

Pro nádrže v areálu s nádržemi (např. V rafineriích a skladovacích nádržích), je dostatečné uzemnění každé jedné nádrže na jednom místě nezávislé na jejím největším vodorovném rozměru. Nádrže v tomto areálu musí být spolu vzájemně spojeny [19], [23].

4.2 Ochrana před účinky statické elektřiny

Statická elektřina není pouze záležitostí elektrotechniky, ale principy a zákonitosti elektrostatického pole jsou využívány nebo naopak potlačovány v celé řadě oborů a činností. Každý materiál s nadbytkem negativních atomů se stává negativně nabitý a obráceně, materiál s nadbytkem pozitivních atomů se stává pozitivně nabitý. Velikost a polarita nábojů závisí na tlaku, rychlosti dotyku a oddělování nebo tření, relativní vlhkosti, typu ploch a druhu materiálu. Při zvyšování tlaku nebo rychlosti dotyku a oddělování nebo tření dvou materiálů se napětí elektrostatického náboje zvyšuje. Rozhodující vliv na vznik a hromadění elektrických nábojů má elektrický odpor materiálu. Aby došlo k nabíjení, musí být jedna ze zúčastněných látek schopna k elektrizace.

Pevné látky se podle ČSN 33 2030: 1984 z hlediska elektrizovatelnosti rozdělují podle hodnot povrchového odporu R_0 a kapaliny podle hodnot měrného odporu ρ :

	u pevných látek	u kapalin
antistatické	$R_0 \leq 10^9 \Omega$	$\rho \leq 10^8 \Omega m$
omezeně elektrizovatelně	$10^9 < R_0 < 10^{11} \Omega$	$10^8 \Omega m < R_0 < 10^{10} \Omega m$
elektrizovatelně	$R_0 \geq 10^9 \Omega$	$\rho \geq 10^{10} \Omega m$

Tabulka 12: Dělení pevných látek z hlediska elektrizovatelnosti

U antistatických látek a kapalin se znikající náboje stačí současně vyrovnávat natolik, že nejsou z hlediska tvorby elektrostatických nábojů nebezpečné. Látky a kapaliny omezeně elektrizovatelné mohou být nebezpečné při vysoké rychlosti oddělování dvou látek nebo kapalin od stěn nádob či potrubí. U elektrizovatelných látek a kapalin dochází k hromadění nábojů, a jsou tedy z tohoto hlediska velmi nebezpečné. Elektrostatické náboje vznikají na elektrizovatelných látkách zejména při:

- vzájemném tření látek,
- odvalování materiálů,
- oddělování materiálů, hnětění, sušení, atd.,
- přesypávání a vysypávání materiálů,
- pneumatické dopravě sypkých materiálů,
- expanci, kompresi, změnách skupenství,
- ohřívání,
- odkapávání,
- proudění kapalin a plynů,
- výtoku, odstředování a rozprašování kapalin.

Vady vlivem elektrostatického výboje závisí na velikosti náboje a na oblasti nebo cestě na výrobku, kterým náboj prochází.

Vznikla jiskra může mít dostatečnou energii k iniciaci hořlavých par a plynů nebo hořlavého oblaku prachu. Nevodivé kapaliny, jako jsou například benzíny, mohou vytvářet statický náboj mnohem snadněji, svůj náboj vybíjí mnohem pomaleji v porovnání s vodivými kapalinami, jako jsou voda a aceton. Nepříznivé působení se vyskytuje všude tam, kde dochází k tření, oddělování, řezání, přesypání, rolování materiálů nebo kde elektrický výboj může ohrozit zdraví lidí nebo způsobit výbuch hořlavých par či plynů.

U plynů a par hořlavých kapalin existuje reálné riziko vznícení výbušné atmosféry vlivem výboje statické elektřiny. Během čerpání nebo stáčení hořlavých kapalin dochází i u nich vlivem tření látky o stěnu potrubí ke vzniku elektrostatického náboje, který je schopen páry vznítit. Existují případy vzniku požáru na čerpacích stanicích vlivem vybití náboje mezi vozidlem a tankovacím stojanem při kontaktu výdejní pistole s vozidlem nebo řidičem. Proto je potřeba zasunout výdejní pistoli co nejvíce do hrdla nádrže, aby bylo odsávání par nejúčinnější a nedocházelo ke vzniku oblaku par v okolí hrdla nádrže. Je třeba dát pozor na případy, kdy kapalina vytéká z potrubí do nádrže. V takových případech může dojít k přeskoku jiskry mezi nabitou kapalinou a uzemněnou stěnou nádrže, zejména je-li trubka ústící do nádrže opatřena těsněním. V takových případech se doporučuje potrubí zaústit tak, aby kapalina stékala po stěně nádrže, popř. do proudu kapaliny vložit uzemňovací měděné pásky nebo dráty. V běžných aplikacích se nedoporučuje přemostovat v kovovém potrubí všechny spoje vodivou propojkou a toto propojení má být použito pouze tam, kde není z důvodu konstrukce zajištěn styk kovu na kov.



Obrázek 16: Protiexplozní pojistky na odvětrání nádrží na čerpací stanici

U technologických zařízení spojených s nádrží (například hladinoměry, teploměry, atd.) je nutné zajistit uzemnění všech vodivých součástí. Jeden z rizikových bodů je odvětrávací potrubí, které slouží pro vyrovnání tlaku uvnitř nádrže během plnění a vyprazdňování. Toto potrubí je nutné zakončit ochranným systémem – neprůbojnou pojistkou (též zvaná plamenojistka). Podle ČSN EN ISO 16852 (389671) v systému se instalují tak, aby v případě vznícení média v jednom prostoru, oddělily tento prostor od prostoru chráněného. Chráněným prostorem může být pokračující potrubní trasa, zásobníky, či jiné technologie, nebo u koncového potrubí okolní atmosféra. Zejména je též žádoucí opatřit potrubí ventilem, který se otvírá pouze při určité hodnotě přetlaku nebo podtlaku. Nádrž tak zůstává po většinu času oddělena od atmosféry, což zvyšuje bezpečnost před zavlečením iniciačních zdrojů a také chrání obsah nádrže před vnikáním např. prachu, pylu apod.

Člověk je z hlediska elektrostatiky charakterizován jako vodič s určitou kapacitou proti zemi. Velikost kapacity závisí na rozměrech a materiálu obuvi, na poloze těla v prostoru a na vzdalenosti od jiných objektů. Lidské tělo dokáže akumulovat statickou elektřinu v suchém prostředí o hodnotě napětí až několik stovek voltů. Jelikož se pohybujeme v prostředí citlivém na statickou elektřinu, musí

všechny osoby pracující na stanicích se zásobníky používat výhradně antistatické oděvy a pracovní ochranné pomůcky. To vyplývá z normy ČSN EN 1149. Mezi ochranné prostředky patří: antistatické oblečení (obuv, oblečení a rukavice), ochranné pracovní pomůcky (antistatický náramek) a antistatické prostředí (uzemnění, technické opatření). Elektrostatické náboje lze odstraňovat také zvyšováním vnitřní vodivosti zařízení, zvyšováním relativní vlhkosti vzduchu, antistatickými úpravami, ionizací vzduchu a podobně.

I když prakticky nemožné zamezit elektrostatického nabíjení částic, ale se dá zabránit iniciací buď vyloučením výbušné atmosféry nebo zabráněním vzniku zápalných výbojů. Ochranná opatření, která je možno aplikovat pro vyloučení zápalných výbojů jsou následující:

- před manipulací s jakoukoliv hořlavou látkou se vždy řídit postupy a předpisy pro uzemnění a vodivé propojení,
- ujistit se, že uzemněné a vodivě propojené zařízení je pravidelně kontrolováno a testováno,
- zkontrolovat, zda je uzemnění a vodivé propojené zařízení před každým jeho použitím v dobrém stavu a napevno se dotýká kontejneru (kov na kov),
- vyloučení používání vysoce nevodivých materiálů,
- snížení hustoty náboje omezením rychlosti proudění nebo vhodnou konstrukcí výtokových trysek,
- kontrolovat hadice před každým použitím. Poškozená hadice může mít zlomeny vnitřní zemnicí vodiče. U hadic by měla být pravidelně kontrolována elektrická vodivost [28], [29], [30].

4.3 Ochrana proti korozi

Korozi se rozumí samovolné vzájemné působení mezi prostředím a materiálem, které má za následek znehodnocení materiálu. Kovová zařízení, která jsou v kontaktu s půdou, jsou soustavně ohrožována korozi. Při korozi je kov přeměňován na látky podobající se půdě, ze které byl vyroben. Koroze ohrožuje úložná zařízení, jako potrubí plynovodu, vodovodu a podobně a také kovové výztuže železobetonu uložené v zemi. Poškození těchto objektů může vést ke ztrátě jejich funkčnosti a následně ekonomickým škodám, v horším případě k haváriím tragickými následky (unik a výbuch plynu, zřícení staveb atd.). Jedná se o korozi chemickou, jejíž podstatou je slučování kovu s kyslíkem a elektrochemickou, při níž probíhají procesy jako v galvanickém článku. V takovém případě tvoří půda spolu s půdní vlhkostí elektrolyt. Nejčastějším případem jsou ocelové konstrukce, např. potrubí. Elektrochemické korozi je možné zabránit zamezením styku kovového materiálu s půdou, tedy vhodnou povrchovou úpravou pomocí nátěru, povlaku a podobně, nebo úpravou elektrického potenciálu kovového zařízení.

Objevuje se také u jiných anorganických materiálů (sklo, beton, atd.) i u materiálů organických (pryž, plasty, atd.). Způsob znehodnocování materiálu může být různý, od nežádoucí změny vzhledu, až po úplný rozpad. Koroze představuje značné ekonomické ztráty. Odhaduje se, že v ČR způsobí koroze ztrátu ve výši asi 25 miliard korun ročně. Rozlišují se dvě skupiny ztrát způsobených korozi: přímé a nepřímé. Do přímých ztrát se započítávají náklady na opatření zabraňující korozi, náklady na opravy poškozených zařízení a náklady spojené s úplným vyřazením zařízení poškozeného korozi. Nepřímé ztráty jsou ztráty způsobené snížením nebo zastavením výroby v důsledku poškození zařízení korozi. V některých případech mohou být nepřímé ztráty mnohonásobně větší než ztráty přímé.

Nejčastější vnější činitelé urychlující korozi

Průběh koroze není závislý pouze na chemickém složení prostředí a druhu materiálu. Koroze je urychlována dalšími vlivy, kterými jsou zejména:

- mechanické namáhání,
- únava materiálu,
- nevhodné tepelné zpracování,
- působení bludných elektrických proudů, atd.

Způsoby ochrany před korozi

Volba způsobu ochrany materiálu před korozi musí být založena na komplexním rozboru daného problému. To znamená, že je nutno sledovat:

- vlastnosti různých materiálů, přicházejících pro dané užití v úvahu,
- vlastnosti prostředí, kterému bude zařízení vystaveno,
- funkci zařízení,
- hledisko hospodárnosti a řadu dalších hledisek.

Hlavními způsoby, kterými se dosahuje potřebné ochrany před korozi jsou:

- A. volba vhodného materiálu,
- B. vhodné konstrukční řešení,
- C. optimální technologie výroby,
- D. úprava prostředí,
- E. elektrochemická ochrana,
- F. povrchové úpravy.

A. Volba vhodného materiálu

Při výběru materiálu vhodného pro dané prostředí platí zásada volby takového materiálu, který splňuje funkční požadavky a u kterého jsou dlouhodobé náklady na pořízení a údržbu zařízení nejnižší. Řešení tedy nespočívá ve volbě materiálu, který by danému prostředí odolával absolutně. Takový požadavek by samozřejmě byl nesplnitelný. Odolnost materiálu vůči určitému prostředí závisí na:

- vlastní povaze materiálu, například jeho elektrodovém potenciálu (čím vyšší elektrodový potenciál materiál má, tím lépe odolává elektrochemické korozi),

- složení materiálu a jeho struktury (kovy s vyšší chemickou čistotou lépe odolávají korozi, heterogenní slitiny bývají málo odolné proti selektivní korozi),
- schopnosti materiálu vytvářet na svém povrchu pasivní vrstvy (příkladem jsou vrstvy oxidů u Al, Ti, Cr nebo Mg, které zabraňují dalšímu pokračování koroze),
- schopnosti materiálů vytvářet stabilní korozní vrstvy, které zabraňují pronikání korozních činidel k materiálu.

B. Vhodné konstrukční řešení

Podstata vhodného konstrukčního řešení spočívá v předcházení chybám, které korozi podporují. Jsou to zejména

- dlouhodobý styk materiálu s agresivním prostředím (navržení tvaru součástí a zařízení tak, aby nikde nedocházelo k usazování agresivních látek a aby plocha styku materiálu s agresivním prostředím byla co nejmenší),
- koncentrace namáhání v určitých místech součástí (rovnoměrné rozložení namáhání),
- vibrace (konstrukční řešení pro její zabránění nebo alespoň tlumení),
- nerovnoměrné tepelné zatížení součástí (dostatečný odvod tepla),
- vytváření korozních makročlánků (zabránění vzniku makročlánků vzájemnou izolací),
- nerespektování požadavků spojených s aplikací povrchových úprav.

C. Optimální technologie výroby

Technologické operace mohou nežádoucím způsobem ovlivnit odolnost materiálu vůči korozi. Nejčastějšími nepříznivě působícími faktory jsou:

- vznik pnutí v důsledku použité technologie (svařování, tváření, tepelné zpracování),
- změny původní struktury na strukturu méně odolnou,
- vznik elektrických makročlánků (svařování, při kterém má svar odlišné složení než okolní materiál),
- hrubý povrch po obrábění,
- setrvávání korozních produktů vzniklých při zpracování materiálu na povrchu, což má za následek snadnější usazování agresivních látek na povrchu.

D. Elektrochemická ochrana

Podstata spočívá v záměrném vytvoření galvanického makročlánku s požadovanou polarizací. Elektrochemická ochrana se provádí dvěma metodami:

- katodická ochrana, při které se chráněný předmět stává katodou a je vůči působení korozních činidel imunní,
- anodická ochrana, při které se chráněný předmět stává anodou a je vůči působení korozních činidel pasivní.

Katodická ochrana se provádí dvěma způsoby. Buď pomocí obětované elektrody, která je zhotovena z materiálu s nižším elektrodovým potenciálem, než má chráněný materiál (například pro ochranu oceli se užívá obětovaná elektroda zhotovená ze Zn, Al, Mg), nebo pomocí stejnosměrného elektrického zdroje, kdy chráněný předmět je připojen na katodu a anoda je zhotovena z relativně málo rozpustného vodivého materiálu (tím bývá grafit, olovo, titan, korozivzdorné oceli).

Anodická ochrana je použitelná pouze u materiálů snadno vytvářejících pasivní vrstvu. Chráněný předmět se připojuje na anodu a silnou polarizací se posune jeho elektrodový potenciál do oblasti pasivity.

E. Povrchové úpravy.

Ochrana materiálu povrchovou úpravou je založena na některém z následujících principů:

- vytvořená povrchová vrstva je souvislá a nepropustná a tím dokonale izoluje chráněný materiál od okolního prostředí,
- na povrchu chráněného materiálu je uměle vytvořena slitina s lepší odolností proti korozi,
- na povrchu chráněného materiálu je uměle vytvořena sloučenina s lepší odolností proti korozi,
- povrchová vrstva chrání základní materiál elektrochemicky metodou katodické ochrany,
- povrchová vrstva obsahuje složky, které svým účinkem zmírňují agresivitu korozního prostředí [16], [24].

4.3.1 Protikorozní nátěrový systém

Tato oblast se řídí normou ČSN EN ISO 12944-1. Protikorozní nátěry ocelových konstrukcí jsou používány v nejrůznějších oblastech, například na stožárech, věžích, halách, nádržích, u strojů a zařízení, podpěrných a nosných konstrukcí, na mostech, fasádách atd. a jsou podle okolních podmínek vystaveny zcela specifickým korozním zatížením. Tato zatížení jsou v ČSN EN ISO 12944 definována jako stupně korozní agresivity atmosféry od C1 až po C5-M. Volba optimálního ochranného nátěrového systému s ohledem na technické a ekonomické aspekty není proto jednoduchá. Existuje velké množství nabízených systémů a možností kombinací jednotlivých nátěrových vrstev (základních nátěrů, mezivrstev a vrchních nátěrů).

Stupně korozní agresivity	Úbytky hmotnosti na jednotku plochy/ úbytky tloušťky (po prvním roce expozice)				Příklady typických prostředí mírných klimatických pásem	
	uhlíková ocel		zinek		venkovní	vnitřní
	úbytek hmotnosti g/m ²	úbytek tloušťky μm	úbytek hmotnosti g/m ²	úbytek tloušťky μm		
C1 velmi nízká	≤10	≤1,3	≤0,7	≤0,1		výtapění budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, obchody, školy, hotely
C2 nízká	>10 až 200	>1,3 až 25	>0,7 až 5	>0,1 až 0,7	atmosféry s nízkou úrovní znečištění, převážně venkovské prostředí	nevýtapěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C3 střední	>200 až 400	>25 až 50	>5 až 15	>0,7 až 2,1	městské a průmyslové atmosféry s mírným znečištěním oxidem siřičitým, přímořské oblasti s nízkou salinitou	výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výroby potravin, prádelny, pivovary
C4 vysoká	>400 až 650	>50 až 80	>15 až 30	>2,1 až 4,2	průmyslové a přímořské prostředí s mírnou salinitou	chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C5-I velmi vysoká (průmyslová)	>650 až 1500	>80 až 200	>30 až 60	>4,2 až 8,4	průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
C5-M velmi vysoká (přimořská)	>650 až 1500	>80 až 200	>30 až 60	>4,2 až 8,4	přimořské prostředí s vysokou salinitou	budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Tabulka 13: Stupně korozní agresivity atmosféry a příklady typických prostředí podle ČSN EN ISO 12944, část 2.

I. Protikorozní ochrana s aktivovaným zinkem

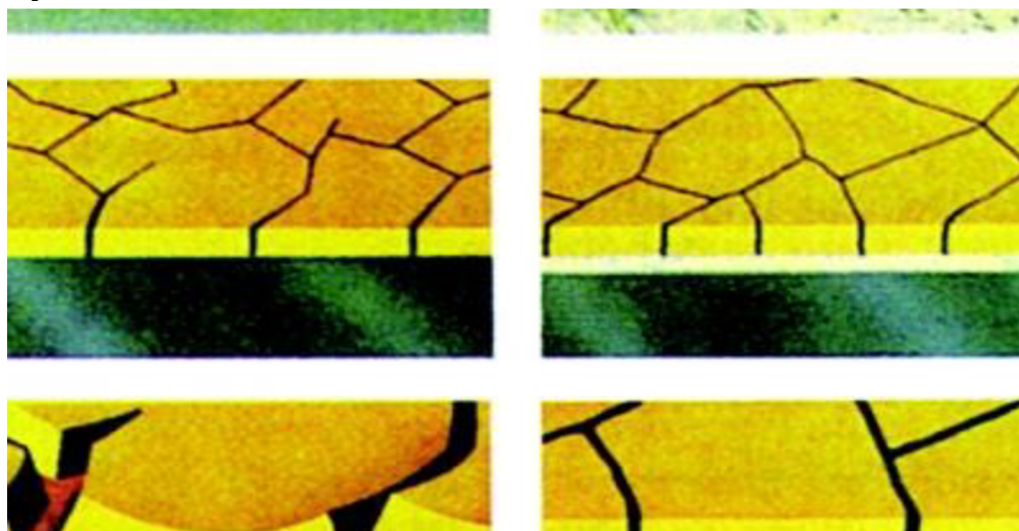
Zinkové nátěry mají širokou škálu využití, včetně ochrany technologických ocelových konstrukcí a průmyslových zařízení v náročném prostředí třídy C4 a C5. Vlivem působení slané vody a vyšší vlhkosti dochází v těchto prostředích k rychlejší korozi nechráněné oceli. Od představení zinkových nátěrů v 60. let 20. století, kdy byly poprvé zinkové nátěry představeny, se však v této oblasti událo jen málo změn. Ochrana s aktivovaným zinkem může být mimořádně přínosná pro mnoho průmyslových odvětví, od větrné energetiky, až po ropný a plynárenský průmysl. Zinek je méně ušlechtilý kov než železo a v zinkovém nátěru funguje jako „obětní“ prvek. Je-li vystaven

korozivním vlivům, jako je voda nebo kyslík, koroduje místo železa, díky čemuž zůstává ocel netknutá. Tento proces, známý jako galvanický efekt, však vyžaduje elektrický kontakt mezi částicemi zinku. Protikorozi ochrana s aktivovaným zinkem je to kombinace prvků, používaných v tradičních zinkových epoxidových nátěrech, se dvěma novými složkami – dutými skleněnými kuličkami a interně vyvinutými aktivátory.

II. Duplexní povlaky ocelových konstrukcí

Protikorozi ochrana je nedílnou a velmi důležitou součástí výrobního procesu jakékoliv ocelové konstrukce. Kromě dekorativní funkce je jejím hlavním účelem ochrana ocelového povrchu před působením korozních stimulátorů a následnou degradací povrchu. V praxi existuje celá řada metod, resp. technologií, které poskytují ocelovému povrchu dostatečnou protikorozi ochranu.

Duplexní nátěrové systémy jsou systémy skládající se z žárově zinkovaného povlaku ponorem a povlaku nátěrových hmot. Tato kombinace poskytuje ocelovému povrchu vysokou protikorozi ochranu i v oblastech s nejvyšším stupněm korozní agresivity prostředí. Abychom ale docílili takto vysoké protikorozi ochrany, je nutné dodržovat technologické postupy, doporučení norem apod. jak v procesu zhotovení povlaku žárového zinku, tak v procesu zhotovení nátěru.



Obrázek 17: Mikrotrhliny v nátěrovém systému na „černé“ a pozinkované oceli

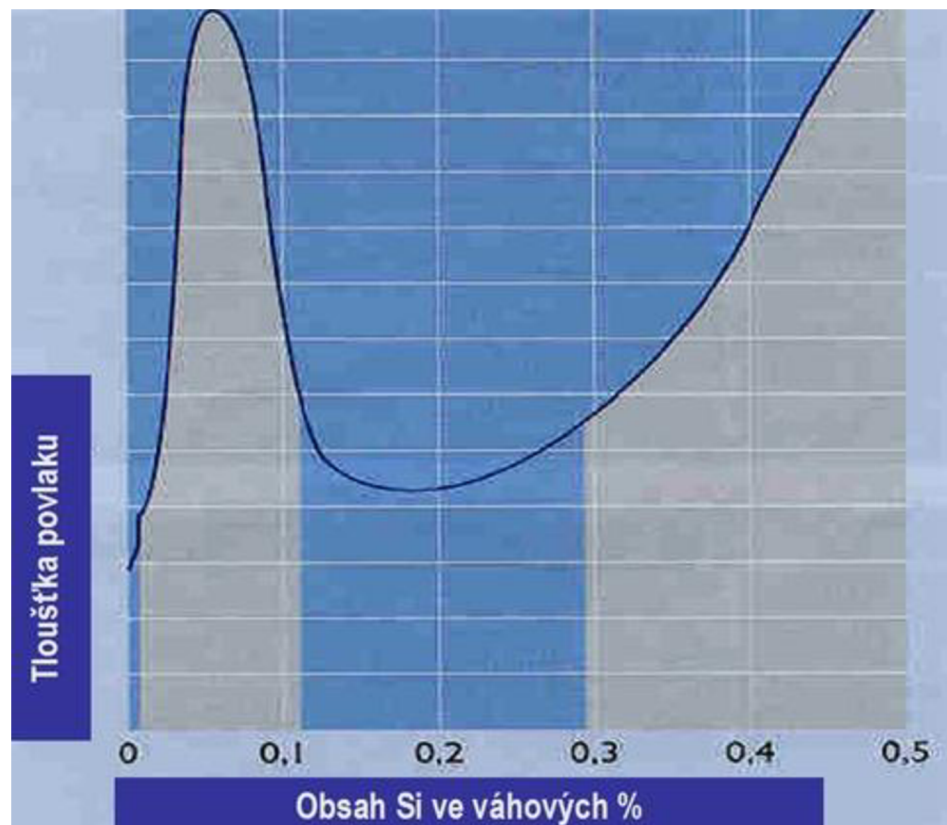
III. Zhotovení povlaku žárově zinkovaného ponorem

- *Volba materiálu a konstrukční řešení výrobku*

Žárové zinkování kromě dodržování technologických postupů a norem, potřebuje ještě „technickou“ přípravu, která zajistí celému procesu bezproblémový průběh a výsledek. Tou „technickou“ přípravou se rozumí

volba vhodného materiálu k zinkování, ocel s odpovídajícím chemickým složením, a dodržení určitých konstrukčních zásad.

Chemické složení oceli má podstatný vliv na konečnou tloušťku, vlastnosti a vzhled povlaku žárového zinku. Chemické složení oceli významně ovlivňuje reaktivitu železa se zinkem. Do uklidněných konstrukčních ocelí je jako dezoxidační činidlo přidáván křemík, který (někdy za spolupůsobení fosforu) významně zvyšuje vzájemnou reaktivitu železa a zinku. Ze Sandelinová diagramu je zřejmé, že kritické obsahy křemíku jsou v intervalech mezi 0,03 až 0,12 % a dále nad 0,30 %. Tyto obsahy křemíku mají za následek zvýšenou reaktivitu železa se zinkem a tloušťky povlaků žárového zinku u takových ocelí nabývají extrémních hodnot. Při volbě oceli pro žárové zinkování je nutné sledovat obsah křemíku v oceli a používat oceli s obsahem křemíku do 0,03 % nebo z intervalu 0,12 až 0,30 % Si.



Obrázek 18: Sandelinův diagram

Provedení konstrukce pro žárové zinkování se do značné míry shoduje s tím, co platí pro praxi z hlediska přípravy výroby, svařování a konstruování obecně. Určité detaily při žárovém zinkování však vyžadují zvláštní pozornost: velikost zinkovací vany, hmotnost konstrukce a otvory pro přívod a odvod kapalin a vzduchu u součástí s vnitřními dutinami.

Rozměry zinkovací vany omezují velikost konstrukce. Hmotnost konstrukce je limitována nosností manipulační techniky zinkovny. Žárové zinkování je druh protikorozní ochrany kovů, který chrání výrobky nejenom na jejich povrchu, ale také uvnitř. Aby bylo možné tyto plochy pozinkovat, je nutné zabezpečit přístup všech lázní, včetně zinkovací, na všechny plochy výrobku a také jejich úplné vytečení. Ještě důležitější funkcí technologických otvorů je zabezpečení odvětrání dutých částí výrobků, aby nedošlo k jejich roztržení a ohrožení bezpečnosti obsluhy zinkovací vany a poškození zařízení. Směrnice a doporučení týkající se všeobecných zásad navrhování výrobků pro žárové zinkování uvádí norma ČSN EN ISO 14713-2 Zinkové povlaky – Směrnice a poroučení pro ochranu ocelových a litinových konstrukcí proti korozi – Část 2: Žárové zinkování ponorem. Pro dosažení co nejlepšího výsledku při zinkování je vhodné ve fázi navrhování konstrukce konzultovat konstrukční řešení se zinkovnou.

- *Technologie žárového zinkování*

Povrch ocelových výrobků je nutno před samotným zinkováním upravit. Při znečištění barvou, struskou po svařování, tuky, oleji, okujemi je třeba v první řadě tyto nečistoty mechanicky odstranit, například tryskáním nebo broušením. Tuky a oleje se obvykle odstraňují v alkalických odmašťovacích roztocích. Rzi a okují je povrch zbavován mořením ve zředěné kyselině chlorovodíkové nebo sírové. Kyselina chlorovodíková je v tomto procesu používanější zejména z ekonomických důvodů, jelikož její účinnost moření je vysoká i při nižší teplotě (25 až 35 °C) a jejím použitím se snižují náklady na ohřev (moření v kyselině sírové probíhá za teplot 45–60 °C). Před zanořením výrobků do lázně s roztaveným zinkem, které teplota se nejčastěji pohybuje na hodnotě 450 °C, je nezbytné použít tavidlo. Účinkem tavidla dochází k rozpuštění oxidů, nejen na ocelovém povrchu součásti, ale i na povrchu roztaveného zinku. Tím je umožněn přímý kontakt čistých kovových povrchů obou kovů. V zásadě se používají dvě různé metody nanášení tavidla: mokrý a suchý způsob. Obě metody jsou z pohledu kvality a protikorozní ochrany povlaku rovnocenné. Více je využíván suchý způsob, jenž umožňuje vyšší stupeň hygieny práce a mechanizace procesu při žárovém zinkování.

IV. **Příprava povrchu žárově zinkovaného ponorem před zhotovením nátěrů**

Velmi důležitou operací před zahájením přípravy povrchu je převzetí povrchu žárově zinkovaného ponorem. Účelem je posouzení, resp. kontrola povrchu, zda odpovídá všem parametrům kladených na jeho jakost. Hovoříme zde zejména o tom, zda se na povrchu nevyskytují nepřijatelné

vady, zda tloušťka povlaku žárového zinku odpovídá specifikaci apod. Všechny tyto parametry lze nalézt v příslušných normách. Pokud je povrch žárového zinku v souladu s doporučením normy, popř. s doporučením technické kvalitativních podmínek, lze přistoupit k operaci přípravy povrchu před aplikací nátěru duplexního systému. Pro dosažení co nejvyšší životnosti nátěrového systému se jako přípravu povrchu volí lehké abrazivní otryskání, tzv. sweeping. Účelem je odstranění korozních produktů zinku (bílá rez) a umožnění ukotvení následujících vrstev nátěru. Aby v průběhu tryskání nedošlo k poškození zinkového povlaku, je nutné správně zvolit technologii tryskání, parametry tryskání, použitá abraziva a v neposlední řadě zde velkou roli hraje také zkušenost pracovníka provádějícího tryskání. Povrch po lehkém abrazivním otryskání by měl vykazovat stejnoměrný matný vzhled.

V poslední době vzrůstají požadavky investorů na zvýšenou protikorozní ochranu zajišťující delší životnost ocelových konstrukcí v různých odvětvích průmyslu. Kombinace povlaku žárového zinku a povlaku nátěrového systému může být jednou z nejvýhodnějších a cenově nejpřístupnějších metod. I když se v počáteční fázi investic může zdát cena za duplexní systém příliš vysoká, praxe a doba životnosti povlaku bez nutnosti dalších investic do údržbových nátěrů, nás přesvědčí o opaku. Také ochrana životního prostředí je zřejmá, kdy podíl použitých rozpouštědel za dobu životnosti výrobku chráněným duplexním systémem je daleko nižší než při použití běžných nátěrových hmot s pravidelně prováděnými údržbovými nátěry [16], [25].

4.4 Ochrana proti působení bludných proudů

ČSN EN 50162 (341521) se zabývá korozi způsobenou bludnými proudy ze stejnosměrných proudových soustav a jejich účinky na kovové konstrukce uložené v zemi a ve vodě. Norma popisuje způsoby měření a vhodná opatření, která mohou být použita na odstranění vlivu interference DC soustav na konstrukce, které jsou nebo mohou být ohroženy korozi bludným proudem.

Stejnoseměrné bludné proudy velmi silně přispívají ke korozi kovových zařízení uložených v zemi. U vozidel elektrické trakce, jako jsou elektrické vlaky, tramvaje a metro, slouží kolejnice jako vodič elektrického proudu. Protože kolejnice nejsou nikdy dokonale odizolované od země, část proudu unika do země a vytváří bludné proudy. Pokud bludný proud narazí na kovové předměty uložené v zemi, prochází skrze ně a v místě, kde z nich vystupuje, silně podporuje elektrochemickou korozi, toto místo se nazývá anodická oblast. Koroze způsobená bludnými proudy bývá

mnohonásobně intenzivněji než prostá půdní koroze. Tyto problémy vznikají, je-li elektrická trakce stejnosměrná, což je případ tramvají, metra a přibližně poloviny železničních tratí. Střídavá elektrická trakce bludné proudy způsobuje také, spíše větší než stejnosměrná, ale korozivní účinky střídavého proudu jsou mnohem menší než proudu stejnosměrného. Střídavé bludné proudy mají tendenci držet se trasy kolejové tratě, což je způsobeno elektromagnetickou vazbou. Proto není takové nebezpečí, že by napadly úložné zařízení nepatřící k železnici, ale mohou napadat úložna zařízení patřící k trati, např. kovové části mostu a podobné.

Pro omezení vlivu bludných proudů na kovové konstrukce je žádoucí, aby trasa elektrizované tratě a úložného zařízení, pokud možno nevedly souběžně, případně křížovaní, aby bylo kolmé. To bohužel není v praxi vždy možné, trasy tratí i produktovodů jsou často ovlivněny charakterem terénu (údolí) a zástavbou.

Z hlediska elektrochemické koroze působené bludnými proudy je nejkritičtější místem anodická oblast úložného zařízení. Proud z povrchu úložného zařízení odnáší kationty kovu – dochází k zeslabování materiálu, případně k bodovému proděření kovu. Primo v takovém místě kov je čistý, bez rzi. Tato oblast je z pohledu elektrochemické koroze problematická.

Kromě dříve změřených ochranných povlaků na úložných zařízeních a vhodné volby jejich trasy je možné omezení bludných proudů zvýšením odporu mezi kolejnicemi a zemí a zvětšením vodivosti kolejí zpětného vedení. Tam kde je to možné je dobré použít příčných propojek mezi oběma kolejnicemi téže koleje, případně u vícekolejných tratí i s kolejemi sousedními. Ovšem tyto propojky nemohou být tam, kde jsou použity zabezpečovací kolejové obvody. Proto se na železnici obvykle nedělají, u městských drah ano. Co se týká zvětšení odporu mezi kolejnicemi a zemí, vysokého svodového odporu lze dosáhnout čištěním kolejového lože a prostoru mezi ložem a kolejnicemi a účinným odvodněním. Často používaným řešením je dále elektrická drenáž nebo katodická ochrana.

Elektrická drenáž

Jedná se o odvádění bludného proudu z úložného zařízení ke zdroji pomocí vodivého spojení. Bludný proud pak nevystupuje z povrchu úložného zařízení do okolního elektrolytického prostředí a nezpůsobuje korozi. V případě že na trati jsou instalovány kolejové obvody, může použití drenáží někdy negativně ovlivňovat jejich činnost, spojuvat úložné zařízení lépe přímo se záporným pólem měničny, nebo se středním vývodem stykového transformátoru. Existuje několik variant elektrické drenáže:

- přímá drenáž (Úložné zařízení nebo kolejnice jsou spojené přímo se záporným pólem měničny. Do spoje může být vložen spínač, měření proudu a také omezovací rezistor. Zapojení vhodné tam, kde je potenciál záporného pólu měničny vždy zápornější než potenciál úložného zařízení. Dnes se již téměř nepoužívá.),

- polarizovaná drenáž (Do spoje mezi úložným zařízením a záporným pólem měničny vložena dioda (s pojistkou). Při případné změně polarity nedojde k nežádoucímu toku proudu drenáží v opačném směru. Při průtoku proudu drenáží v propustném směru dojde k poklesu potenciálu úložného zařízení oproti půdě.),
- Regulovaná polarizovaná drenáž (Plní stejnou funkci jako polarizovaná drenáž. Zabraňuje vzniku elektrolýzy, vývinu vodíku a následnému vodíkovému křehnutí oceli tím, že při poklesu potenciálu úložného zařízení na příliš zápornou hodnotu (cca. < -2 V) anebo při příliš vysokých proudech reguluje velikost protékajícího proudu.),
- zesílená polarizovaná drenáž (Jde o jistý způsob katodické ochrany. Ve spoji úložného zařízení a záporného pólu je zařazen stejnosměrný zdroj, který udržuje potenciál záporného zařízení trvale dostatečně záporný oproti okolí.) [26].

5 HAVÁRIE SPOJENÉ SE ZÁSOBNÍKY PLYNU A ROPY

5.1 Přírodní pohromy

Vzhledem k povaze a rozsahu přírodních pohrom mohou být narušeny dodávky plynu mezi provozovateli zásobníků plynu a provozovateli přepravní a distribuční soustavy i koncovými uživateli. Ohroženy jsou především nadzemní technologické části, které musí odolávat těmto nepříznivým přírodním vlivům. Ochrana těchto kritických částí výrazně snižuje riziko. Přírodní pohromy mohou společnosti způsobit škody, nejen poškozením nebo zničením zařízení, ale i škody v následné neschopnosti těžby, či vtlačení plynu. V České republice se vyskytuje pouze několik živelných pohrom, které by mohly mít negativní vliv na provozování PZP. Mezi tyto patří bouřky, povodně, bleskové povodně a požáry.

- bouřky mohou v krajních případech nepříznivě ovlivnit fungování zásobníků plynu. Jejich výskyt doprovází většinou velké množství srážek, kroupy, výboje mezi oblakem a zemí a silné poryvy větru. V minulosti se již stalo, že blesk při silné bouřce zasáhl strom nedaleko provozní sondy, jehož část se následně zřítila na technologické zařízení a způsobila jeho poškození a tím i následně nekontrolovatelný únik plynu. Viz. Historie havárií níže.
- povodně jsou přírodním jevem, který je způsoben rozlitím nadměrného množství vody v krajině mimo koryta toků. Jejich následky mohou ovlivnit provoz zásobníků plynu, které se nacházejí v záplavových územích. Zejména

v nedostupnosti částí PZP. Zaplavení technologických částí a možné zničení, či poškození elektroinstalace spojené s provozem těchto systémů. V nynější době byla přijata opatření, která by měla zamezit těmto vlivům.

- požáry zejména lesního typu mohou být nebezpečné pro provoz PZP zejména pro tzv. sondy umístěné v lesní části. Lesní požár je označován jako oheň, který vypukne a šíří se v lese. Jeho příčinou může být přírodní jev, ale nejčastěji se jedná o lidskou nedbalost. I přesto, že lesní požáry nejsou v ČR příliš časté, je třeba pro maximální snížení tohoto rizika prostory kolem sond zbavit přírodních hořlavých částí lesa jako jsou stromy, keře, apod.

5.2 Příčiny některých technologických poruch

„Vznik poruchy nebo havárie technologického zařízení a podstatné změny provozního režimu plynárenské soustavy, který může vést k ohrožení, omezení nebo přerušení dodávky a přepravy zemního plynu, dále události ohrožující zdraví nebo život zaměstnanců, obyvatel a majetek se nazývají mimořádnými událostmi.“

V objektech podzemních zásobníků se jedná především o:

- havarijní stav kompresoru a tím způsobené odstavení kompresní stanice v objektu,
- požár jakékoliv technologické části zásobníku plynu, která je potřebná pro provoz PZP,
- poruchy protipožárního systému, které znemožní uvést systém do provozu,
- ohrožení kvality plynu zjištěním přítomnosti jiných plynů než zemního plynu,
- přerušení dodávky elektrické energie potřebné k provozu zařízení spolu s poruchou v systému zajišťující náhradní dodávky energie,
- havarijní porušení jakékoliv části plynárenského zařízení vylučující další provoz,
- porucha na řídicím systému PZP,
- selhání mechanického detektoru horní mezní polohy hladiny nebo hladinoměru, což může vést k následnému vzniku rozsáhlého požáru kvůli přeplnění zásobníku.

Při běžném provozu lze míru těchto rizik eliminovat důsledným dodržováním bezpečnostních předpisů, technologických postupů, preventivními kontrolami zařízení a pravidelným školením obsluhujícího personálu.

Každé zařízení, ve kterém jsou jakékoliv nebezpečné látky, musí být vyrobeno tak, aby nedošlo k úniku této látky. Tudíž musí splňovat řadu kritérií. Příčinami poruch mohou být:

- špatné zajištění proti vnitřnímu přetlaku, vnějším vlivům, korozivním látkám a teplotě,
- mechanické porušení nádob a potrubí v důsledku koroze nebo vnějšího rázu,
- poruchy pomocných zařízení (čerpadel, kompresorů, mýchadel),
- poruchy řídicích systému (tlakových a teplotních čidel, sledování hladiny, průtokoměrů, procesních počítačů),
- poruchy bezpečnostních systémů (bezpečnostních ventilů, pojistných ventilů a membrán, inertizačních systémů),
- poruchy svárů a přírub.

Samozřejmě porucha nebo havárie může vzniknout z důvodu organizační chyby, anebo chyby člověka. V této skupině nelze přesně definovat příčiny, které zavíní člověk svou hloupostí či neopatrností, protože každý člověk je jiný. Ale i přesto zde vyjmenuji ty nejběžnější:

- chyby operátora (jiné tlačítko, jiný ventil),
- vypnutý bezpečnostní systém,
- záměna nebezpečných látek,
- komunikační chyby,
- špatná oprava nebo údržba,
- neodborné svařování.

Tyto chyby se mohou projevit z třech různých důvodů. Prvním důvodem bývá to, že personál si není vědom nebezpečí. Může to být spojeno s tím, že dělá stejnou práci již po několikáté a domnívá se, že už ho nemůže nic překvapit. Druhým důvodem je nedostatečné proškolení personálu pro daný druh práce. Zaměstnavatel zanedbá vyškolení z důvodu finanční náročnosti, aniž by si uvědomoval to, že v případě havárií zaplatí víc. Posledním důvodem je přílišné očekávání od personálu. V této skupině lze celkem levně a efektivně zabránit vzniku neplánované události. Stačí jenom dbát na správný výběr personálu a jeho pravidelný výcvik. Nepřetěžování personálu v tom smyslu, aby jedinec dělal přesčasů či práci, na kterou nebyl vyškolen.

5.3 Historie havárií v podzemních zásobnících plynu

Se vzestupem hornické činnosti v 50. a 70. letech, kdy byla velká intenzita vrtných prací zaměřených na hledání plynných uhlovodíků a zároveň tehdejší méně vyspělá technika přispěla k tomu, že docházelo k častým haváriím, konkrétně se jednalo o podzemní erupce, které vznikly především špatným technologickým postupem hloubení vrtu. Celkem bylo zaznamenáno 32 havárií v průběhu let 1949-2010, které si vyžádaly celkem 4 lidské životy. Část z nich se odehrála na podzemních

zásobnících plynu. Například na slovenském podzemním zásobníku Láb v roce 1982 vznikla erupce s požárem na vrtu. Plamen zde zlikvidoval až upravený tryskový motor, který dokázal oddělit přísun plynu k ohnivé části. Na místě dnes významného zásobníku plynu Dolní Dunajovice došlo při počátečním hloubení průzkumného vrtu k havárii. Z vrtu eruptoval plyn o vysoké intenzitě, který následně explodoval se vznikem rozsáhlého požáru. Vysokým žářem došlo ke zborcení vrtné soustavy. Po odtěžení plynu bylo ložisko v Dolních Dunajovicích přebudováno na podzemní zásobník plynu.



Obrázek 19: Zásah na sondě v Lobodicích, 2010

Na podzemním zásobníku Lobodice byly zaznamenány dvě havárie. První se odehrála v roce 1969, kdy se zde ještě skladoval svítiplyn, který obsahuje nebezpečný oxid uhelnatý. Při erupci sondy došlo k otravě několika zúčastněných zaměstnanců a záchranářů. Další havárie se zde stala roku 2010, kdy se při bouři po zásahu blesku odlomila část stromu, která následně zasáhla nadzemní technologii sondy a způsobila nekontrolovatelný výron zemního plynu.

Synthesia – výbuch zásobníku 21. 8. 2012

V areálu firmy Synthesia vybuchl hodinu po poledni zásobník, do kterého se ukládá kyselina. Do ovzduší se poté dostaly nitrózní plyny, které mohou poškodit zdraví člověka. Zásahující hasiči ihned ochlazovali zbylé zásobníky, aby nedošlo k dalším výbuchům. Příčinou havárie byly pravděpodobně vysoké okolní teploty, které vedly k přehřátí nádoby a její následné explozi. Obyvatelé Pardubic byli o nebezpečí informováni HZS kraje a poté také městským rozhlasem. Nehoda si nevyžádala žádné oběti na životech. Vedení společnosti přijalo okamžitě opatření a přerušilo část výroby.

Ostrava – výbuch havarijního zásobníku 2002

V areálu podniku BorsodChem-MCHZ s.r.o. došlo dne 26. prosince 2002 k havárii v jedné výrobně nitrobenzenu, a to výbuchem havarijního zásobníku. Výbuch způsobil poškození výrobního zařízení. Havarijní zásobník o objemu 25,65 m³ sloužil k odvodu směsi z drenáží při odstavení výroby a k zachycování nitrační směsi. V době výbuchu se uvnitř zásobníku nacházelo 15-20 m³ kyseliny sírové a nitrobenzenu. Odborná komise, která vedla vyšetřování této havárie, konstatovala, že postupy firmy byly v souladu s vnitřním havarijním plánem podniku. Operační středisko firmy ihned po výbuchu, přivolalo na místo hasičskou jednotku podniku a současně vyrozuměli o nehodě složky IZS. Základní kroky havarijní komise BorsodChem – MCHZ byly směřovány do:

- zabezpečení území proti únikům látek do vod (podzemních i povrchových),
- zahájení sanace ploch a zařízení mimo záchytné prostory,
- zahájení základních oprav,
- obnova provozu na adiabatické lince výroby nitrobenzenu.

Téměř veškerý kapalný obsah ze zásobníku byl zachycen v ochranné vaně, pouze cca 1 m³ se dostal na sníh, kde zmrzl. Výbuchem bylo poškozeno strojní zařízení, doprovodné potrubí, elektrorozvody a zařízení měření a regulace. Výbuchem také došlo k odmrštění částí zařízení a vlivem tlakové vlny k rozbití oken a poškození oplechovaných fasád. Podle závěrů komise nehodu zavinilo zamrzlé drenážní potrubí sloužící k odvodu zkondenzované páry z paroproudé vývěvy. To způsobilo přehřívání zásobníku, které vedlo až k rozkladu nitrobenzenu. Nehoda si nevyžádala žádné oběti, ani zraněné osoby. [27].

ZÁVĚR

Problematika revizí zásobníků plynu a ropy představuje sebou docela složitý a relativně rozsáhlý systém norem a předpisů, které je nutno respektovat při instalaci, rekonstrukci a před uváděním zásobníků do provozu. Aby se zajistil bezporuchový stav při provozu a plná ochrana nejenom zásobníku a všeho kolem něho, je potřeba posoudit jestli z technického, ekonomického, ekologického a bezpečnostního hlediska, neexistují žádné potenciální rizika.

V moji bakalařské práci jsem popsal způsoby, kterými lze eliminovat bezpečnostní rizika u zásobníků plynu a ropy.

Další část je zaměřena na zpracování postupu revize u zásobníku ropných produktů a návrhu příslušných opatření. Ke zpracování postupu revize jsem zvolil horizontální ocelovou nádrž o objemu 5 m³. Ve zpracovaném postupu byl udušen i termín provádění následující revize.

Návržená příslušná opatření umožňují zmenšit pravděpodobnost nehod ve skladech kapalných zásobníků plynu a ropy. Ale bohužel v dnešní době si nelze být úplně jist, že při existujících bezpečnostních prvcích zásobníků a při provádění včasných revizí zkušenými a znalými elektrotechniky, které by měly být zárukou správné implementace legislativních a technických požadavků, nedojde k poruše nebo havarii. Protože zásobníky ropy a plynu jsou zvláště nebezpečná zařízení a nelze eliminovat úplně všechny rizika spojené s nimi.

Literatura

- [1] ČSN 33 2000-6: *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize*. Praha: Český normalizační institut, 2007
- [2] ČSN 33 1500 ZMĚNA Z4: *Elektrotechnické předpisy – Revize elektrických zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [3] Zásobování České republiky. In: *Zemní plyn: Přeprava a uskladnění* [online]. 2007–2010 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/doprava/>
- [4] HROMADA, Jiří. *Návrh zabezpečení objektů plynárny a podzemních zásobníků plynu*. 2015. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [5] RWE Gas Storage – Spolehlivý provozovatel podzemních zásobníků plynu. In: *Letak_rwe_gs_cz* [online]. [2012] [cit. 2019-03-13]. Dostupné z: http://www.rwegasstorage.cz/cs/prezentace/rwe_gs_provozovatel_pzp/files/letak_rwe_gs_cz.pdf
- [6] *Podzemní zásobníky plynu - role v rámci plynárenské soustavy ČR a legislativní rámec jejich provozování*. Týden výzkumu a inovací. Hustopeče, 2015. Dostupné také z: www.odpadoveforum.cz/TVIP2015/prispevky/110.pptx
- [7] Nádrže na skladování ropy a plynu. [Www.neftegaz-expo.ru](http://www.neftegaz-expo.ru) [online]. Rusko, 2016 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/articles/2016/rezervuary-nefti-i-gaza/>
- [8] Průmyslová plynová zařízení. Gazovik-gas.ru [online]. Rusko, 2017 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://gazovik-gas.ru/katalog/articles/proverka_rezervuarov/
- [9] SCHNEIDER, Petr. *Základy konstruování procesních zařízení*. Vyd. 1. Brno: PC-DIR Real, 1999, 169 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-1483-9.
- [10] DULA, JAN. *Sbližování teorie s praxí: Kontrola svárů*. Uherské Hradiště. 2012 Dostupné z: <http://www.uh.cz/szesgsm/files/sblizovani/pdf/kontrola-svaru.pdf>

- [11] ČSN 65 0201: *Hořlavé kapaliny – Prostory pro výrobu, skladování a manipulaci*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [12] ČSN 65 0202: *Hořlavé kapaliny. Plnění a stáčení výdejní čerpací stanice*. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [13] Zákon č. 254/2001 Sb.: *Zákon o vodách*. Praha, 2001.
- [14] ČSN 75 3415: *Ochrana vody před ropnými látkami. Objekty pro manipulace ropnými látkami a jejich skladování*. Českoslovesko, 1992.
- [15] ČSN EN ISO 17637 (051180): *Nedestruktivní zkoušení svarů – Vizuální kontrola tavných svarů*. Praha, 2018.
- [16] ČSN EN ISO 12944-3 (038241): *Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 3: Navrhování*. Praha, 2018.
- [17] ČSN 69 0012: *Tlakové nádoby stabilní. Provozní požadavky*. Praha, 1986.
- [18] Vyhláška č. 246/2001 Sb. *Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*. Praha, 2001.
- [19] ČSN EN 62305-3 ed. 2 (341390): *Ochrana před bleském – Část 3: Hmotné škody na stavbách a ohrožení života*. Praha, 2012.
- [20] TĚŽKÝ, Jiří. *Ochrana před účinky blesku, zemniče*. Inspekční a revizní činnost. Brno, 2005.
- [21] ŠALANSKÝ, Dalibor. *Typy a triky při instalaci přepětových ochran*. Elektro. 2008 (4), 42-45.
- [22] KUTÁČ, Jiří. *Ochrana před přepětím: Ochrana před bleskem v prostředích s nebezpečím výbuchu*. Elektroinstalatér. 2017 (2), 8-11.
- [23] KUTÁČ, Jiří. *Exceletní znalosti v oblasti decentralizace: Ochrana před bleskem a [23] přepětím pro čerpací stanice*. Elektro. 2019(3), 20-21.
- [24] *Koroze a ochrana před korozí*. [Http://jhamernik.sweb.cz](http://jhamernik.sweb.cz) [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Koroze.htm>

- [25] Duplexní povlaky ocelových konstrukcí. *Www.konstrukce.cz* [online]. 2011, 12.3.2012 [cit. 2019-05-15]. Dostupné z:
<http://www.konstrukce.cz/clanek/duplexni-povlaky-ocelovych-konstrukci/>
- [26] KOLÁŘ, Václav a PLÁČEK, Jiří: *Bludné proudy a koroze kovových úložných zařízení*. Elektrotechnika v praxi.
- [27] KARNŮFEK, Jiří. *Sanace a dekontaminace životního prostředí po průmyslových haváriích*. Univerzita Tomáše Bati v Zlíně, 2017.
- [28] Nebezpečí výbuchu – petrochemie, čerpací stanice, sklady hořlavých kapalin. www.bezpecnostprace.info [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z:
<https://www.bezpecnostprace.info/dokumentace/nebezpeci-vybuchu-petrochemie-cerpaci-stanice-sklady-horlavych-kapalin/>
- [29] ČSN CLC/TR 60079-32-1 (332320): Výbušné atmosféry - Část 32-1: Návod na ochranu před účinky statické elektřiny.
- [30] HONYS, Václav. *Bezpečná elektrotechnika*. Praha, 1998.

Seznam symbolů, veličin a zkratk

ČSN	-	Česká technická norma
LPG	-	Zkapalněný uhlovodíkový plyn (Liquified Petroleum Gas)
PZP	-	Podzemní zásobník plynu
PPM	-	Preventivní údržba na základě pravděpodobnosti výskytu poruch (Probabilistic Preventive Maintenance)
LPS	-	Ochrana před bleskem (Lighting Protection System)
LPL	-	Hladina ochrany před bleskem (Lighting Protection Level)
LPZ	-	Lighting Protection Zone
IZS	-	Integrovaný záchranný systém
PBZ	-	Požárně bezpečnostní zařízení
EPS	-	Elektronická požární signalizace
EZS	-	Elektronická zabezpečovací signalizace