



# АНАЛИЗ НА РИСКА

## 9. Анализ на риска на подземни газови хранилища/ рамка за оценка и методи

1

# 1. РАМКА ЗА ОЦЕНКА И МЕТОДИ

- Обобщаване на различните идентифицирани рискове или опасностите при подземни газови хранилища;
- Да се даде основа за оценката на рисковете по време на оценка на бъдещи приложения;
- Естеството на тази хранилища е използването на сондажи, с помощта на които се нагнетява газ в дълбочина и в двата вида изчерпани петролни/газови полета или солни каверни
- Има значително припокриване на различните установени рискове.
- Те са опростени и обобщени.
- Анализът и оценката на риска изискват идентификация на основните опасности.

## 2. ОБЩИ УСЛОВИЯ ВАЛИДНИ ЗА ВСИЧКИ ПОДЗЕМНИ ХРАНИЛИЩА

- Има някои категории риск и опасност, които са общи за изчерпани петролни / газове, водоеми или солни каверни съоръжения. Те включват:
- Пробив в кладенеца
- Теч в резултат от проблеми в запечатващата скала
- Освен за изчерпани петролни и газове полета, които обикновено не бива да се експлоатират при налягания над първоначалното налягане на хранилището, един от основните рискове и причини за теч се дължи на действието на подземен водоносен хоризонт и солна каверна за съхранение на газ при налягания, по-големи от това, което е изпитвала скалата преди това (свърхналягане). Това е свързано с увеличаване на обема на работния газ, за да се постигнат по-високи нива на доставка до консуматорите при необходимост.
- Неточно определяне на съхранявани или инжектирани продукти - претоварване и т.н.
- Лоша оперативна поддръжка

## 2. ОБЩИ УСЛОВИЯ ВАЛИДНИ ЗА ВСИЧКИ ПОДЗЕМНИ ХРАНИЛИЩА

- 2.1 пробив в кладенеца в непосредствена близост
- Опитът от предишни инциденти в подземните хранилища на гориво показва, че най-големите рискове и в двата вида изчерпани петролни/газови съоръжения и солни каверни възникнат при:
  - скъсвания/повреди в корпуса, връзките, дефектно или с лошо качество бетониране на инжектиращия кладенец, което води до:
    - течове през системата за инжекция или стареене на компоненти
    - изтичане през изоставени кладенци
  - Неадекватно характеризиране на площадката – не са описани всички съществуващи кладенци, стареенето на елементите се разпространява в дълбочина и може да засегне:
    - Хоризонта на съхранение
    - По-плитко ниво на събирателна зона, в която мигриралният газ от хранилището се събира

## 2. ОБЩИ УСЛОВИЯ ВАЛИДНИ ЗА ВСИЧКИ ПОДЗЕМНИ ХРАНИЛИЩА

- 2.2 Сценарии на повреда при солни каверни
- В допълнение към потенциалните проблеми с кладенци в двата вида съоръжения за съхранение - изчерпани петролни/газови полета и солни каверни редица други потенциални проблеми са свързани с необходимостта да се гарантира целостта на пещерата и газа.
- Основните фактори, които допринасят за нестабилността, нарушаването на целостта и разрушаването на солния разтвор в пещерите и потенциалното освобождаване на съхранявания продукт са:
  - Пълзене на солта
  - Неконтролирано излужване при:
    - по време на строителството на съоръжението
    - по време на експлоатация на съоръжението

## 2. ОБЩИ УСЛОВИЯ ВАЛИДНИ ЗА ВСИЧКИ ПОДЗЕМНИ ХРАНИЛИЩА

- 2.2 Сценарии на повреда при солни каверни
- Наличие на аномални зони (висока разтворимост или пори) в слоеве, които са били приети за хомогенна сол. Това включва напукани слоеве или нехомогенни зони.
- Солното тялото е твърде плитко и е засегнато от циркулиращи подземни води.
- Изпускане на газ през запечатаната част на каверната.
- Освобождаване на съхранявания продукт през пукнатини в пещерните стени.
- Частична повреда на пещерен покрив, което води до изтъняване на "защитна" покривна сол.
- Срив на вътрешни елементи, образувани от отделни несолни прослойки.
- Потенциал за газа да присъства (естествено) в солните легла.
- Газ (или въздух) абсорбиращ концентриран солен разтвор в каверната, който е силно разяждащ и вреден за стомана и обшивки.

## 3. ПОВРЕДИ ПРИ СОЛНИ КАВЕРНИ

- 3.1 Неконтролирано излужване
- Неконтролираното излужване може да доведе до проблеми с конструкцията на пещера, създавайки нестабилни или зле оформени и неефективни кухни за съхранение на газ.
- Проблеми могат да възникнат, ако например по-разтворими хоризонти (например калий), са налични в рамките на леглото от сол.
- Наличието на слой калиев карбонат може евентуално да доведе до неконтролирано излужване, което води до по-бързо от очакваното хоризонтално разтваряне на солта.
- Неконтролираното излужване също може да доведе до незабелязано разтваряне на покрива от сол, която ще бъде по-тънка от очакваното, или дори може да липсва.
- Потенциално опасни условия могат да възникнат, включително срутване на покрива на пещерата и в крайна сметка може да създадат повърхностно потъване.
- Изтъняване на солни стени между каверни и свързване на куполите им.

## 3. ПОВРЕДИ ПРИ СОЛНИ КАВЕРНИ

- 3.2 Нерегламентирано проникване
- Включва проучвателен кладенец, който прониква през хипотетична каверна с газ. Предупредителната система на кладенеца отказва, което води до отделяне на газ към повърхността и възможност за възникване на експлозия/струен огън.
- Свързани с този сценарий са следните случаи:
  - Предишно сондиране, което води до образуване на каверни, пресичащи стари кладенци
  - Нови газови кладенци за съхранение в области на предишни мини, където кладенците пресичат стари мини
  - Съхранение в изоставени солни мини с непознати или неправилно разположени стари кладенци, където, например, проникване на вода може да доведе до повреда на запечатването на пещерата и освобождаване на газ до повърхността



## 3. ПОВРЕДИ ПРИ СОЛНИ КАВЕРНИ

- 3.3 Проникване през запечатана каверна
- Този сценарий предполага провала на запечатването, което поддържа газа в рамките на каверната и позволява освобождаването на съхранявания газ към повърхността или в по-плитки хоризонти.
- По-голям риск възниква по време на непрекъснатата работа на каверната за съхранение по време на циклите на нагнетяването и изтеглянето на газа.
- Обшивките на кладенеца са обикновено от стомана и с времето те са склонни да корозират (дължи се на присъствието на солна луга), което в крайна сметка води до повреда на корпуса на кладенеца.
- Мерки за избягване на корозия: включени са инжектиране на сух въздух между стомана и обшивки. Установено е, че солевият разтвор в кухината става силно концентриран и се абсорбира лесно от сгъстен въздух.

## 3. ПОВРЕДИ ПРИ СОЛНИ КАВЕРНИ

- 3.3 Проникване през запечатана каверна
- Газът от пещерата също може да се движи странично в прилежащи формации, ако корпусът на кладенеца се повреди. Корпусът обикновено се прави от обикновена стомана и има висока степен на вероятност, че ще претърпи повреда, когато е изложен в подпочвените води, съдържащи луга с течение на времето. Два възможни случая могат да се случат при този сценарий:
  - Корпусът се проваля в дълбочина на пещерата и се отделя газ до дълбок водоносен хоризонт
  - Корпусът се проваля на малка дълбочина и освобождава газ във водоносен хоризонт близо до повърхността

### 3. ПОВРЕДИ ПРИ СОЛНИ КАВЕРНИ

- 3.4 Освобождаване на газ през пукнатини в стените на каверната.
- Пукнатини в стените на солна каверна, които могат да се развият, ако минимални налягания в пещерата не се поддържат, в резултат на което се разширяват солите (микрупукнатини) и се отделя газ през стените и покрива в околните солни каверни.
- Такава повредена зона може да пресича прослойки без сол и да позволи транспортирането на газа далеч от пещерата.
- Щетите може да възникнат по време на повишаване на налягането на пещерата или поради комбинираното въздействие на топлината и пълзене на солта.
- Обемът на освободения газ ще бъде функция от налягането в кухината, обемът на пукнатините и налягането на пукнатината.

### 3. ПОВРЕДИ ПРИ СОЛНИ КАВЕРНИ

- 3.5 Освобождане на газ през пукнатини и нехомогенни зони.
- 3.6 Частично пропадане на тавана на пещерата
- Загуба на цялост чрез частично разрушаване на покрива на каверната в съчетание с повреда на запечатването може да доведе до изпускане на газ.
- Ако пропадането не е забелязано, то освобождането на газ може да е в серия от кратки импулси, разделени от периоди на малко или никакво изпускане, когато налягането в пещерата се увеличава, поради инжектирането.
- Частично покривно разрушение в съчетание с освобождане чрез напукани прослойки или нехомогенни зони на по-висока пропускливост се проявява като дълго, бавно освобождане.
- Циклично редуване на високо и ниско налягане на газа в каверната, ако минималните налягания не се следят стриктно може да доведе до напукване и срутване на покрива и стените.

## 4. СПЕЦИФИКА НА ИЗЧЕРПАНИ ПЕТРОЛНИ/ГАЗОВИ ПОЛЕТА

- От потенциално значение за специфичните сценарии за газови полета за съхранение е механизма по време на експлоатация. Изчерпване на газови полета оставя пространства в голяма степен пълни с газ, докато водата нахлуе в резервоара. Съхранение в последния сценарий ще изисква по-голямо налягане при инжектиране, за да се накара водата от пространствата за порите. Това може да повиши риска от свръхналягане в района около сондажа и да причини раздробяване на скалата на хранилището. По същия начин, инжектирането и съхранението в изчерпани петролни находища с петрол оставащ, в пространствата на порите (+нахлуване на вода) може да се наложи повишени налягания от инжектирането и съхранението в газовите полета.

## 5. ПАРАМЕТРИ ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА

- Сравнение на основните сценарии за възникване на теч;
- Два основни типа на съхранение:
  - Изчерпани газови/петролни находища
    - Ниска пропускливост на геосферата – хоризонт на съхранение основно от седименти с ниска пропускливост (+/- други солни легла)
    - Смесена пропускливост на геосферата – хоризонт на съхранение основно представен от относително тънка запечатваща скала от седимент, последвана от седиментни скали със смесена пропускливост от Юра и Креда, пясъчници, варовик и гипс
  - Солни каверни:
    - Ниска пропускливост на геосферата – хоризонт на съхранение основно от седименти с ниска пропускливост и други солни легла
    - Смесена пропускливост на геосферата – хоризонт на съхранение основно от от седименти и скали от Юра и Креда

## 6. ОГРАНИЧАВАНЕ НА РИСКА

- Няколко основни точки и проблеми, които биха могли да се разглеждат като първоначална отправна точка за всички проучвания или проектиране.
- Следва да се разработят методи за смекчаване на риска, причинен от изтичане на газ от хранилища.
- Намаляване на налягането на съхранение в рамките на хранилището/каверната, за да:
  - Предотврати изтичане или повреда на запечатващата скала
  - Подобряване незабавно безопасността и да се изготви подход за последващи етапи
  - Да се проектират отдалечени вторични кладенци или (с повече риск) пробиването на нови кладенци за достъп; да се даде възможност на безопасен достъп до тях и отнемане на останал съхраняван продукт
  - В случай, че се е появил теч на газ, който се е натрупал в плитки участъци може да се изпомпва, за да предотврати по-нататъшни миграцията и повърхностен теч
  - Мониторинг на инжектиране / производството /изоставени кладенци за откриване на повреда или изтичане – използване на сонар

## 6. ОГРАНИЧАВАНЕ НА РИСКА

- Няколко основни точки и проблеми, които биха могли да се разглеждат като първоначална отправна точка за всички проучвания или проектиране.
  - Ремонт на течове при инжектиране /изтегляне / изоставени кладенци
  - За солни пещери, извършването на редовни сонарни сканирания, за да се картографира точно пещерата, стените и покривната част - вече са разработени инструменти, които се движат в пещерата, дори когато пещерата съдържа газ

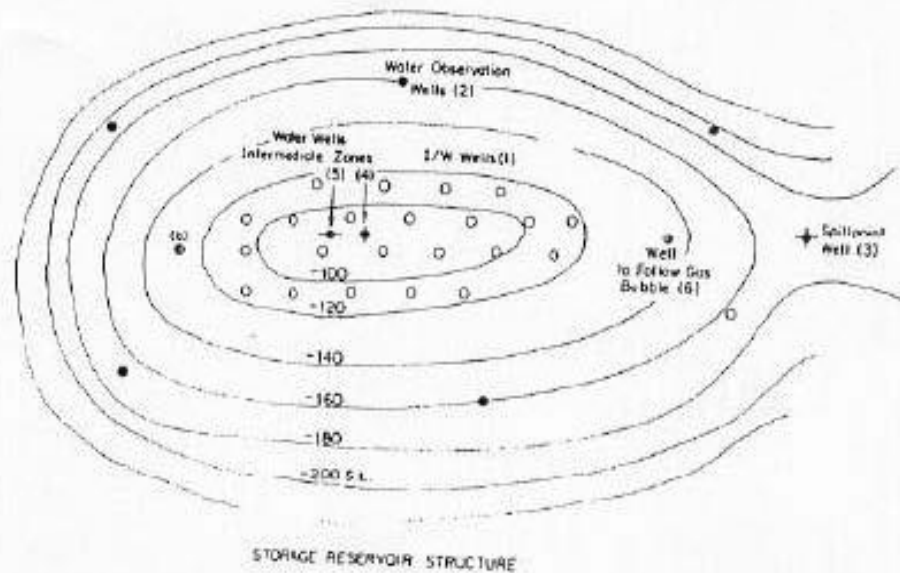
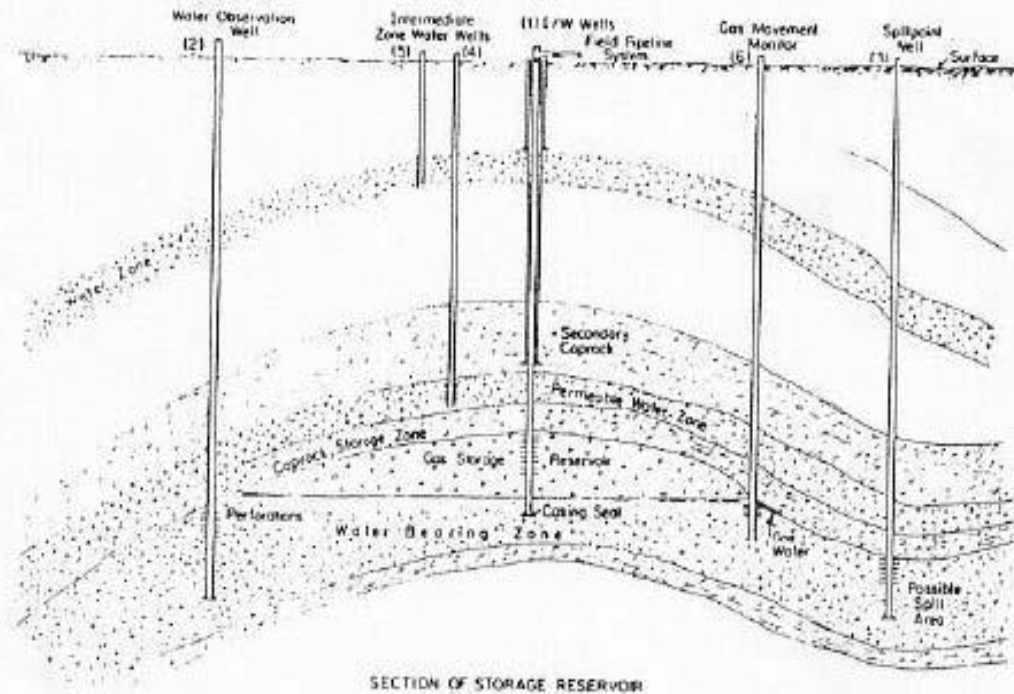


## 6. ОГРАНИЧАВАНЕ НА РИСКА

- **Случай на изоставено хранилище**
  - Изтегляне на останалата съхранява газ
  - Остава се да изгори
  - Нагнетателните кладенци и тези, които изтеглят газ от хранилището се демонтират по строг регламент
  - Особено трудно е при солни каверни. При изоставяне, закриване и мониторинг на солна каверна стабилността и вътрешното налягане да се предотврати свръхналягане и евентуално разрушване на стените или покривен пласт и кладенците/ клапаните
  - При изоставяне на изчерпаните газови/нефтени полета (или хоризонти), отнемане на инжектиран и съхраняван газ от по-долно ниво на газа се извършва чрез демонтажни съоръжения.

# 7. ПГХ

- Схема на подземно газово хранилище



## 7. ПГХ

- Създаване на солни каверни

