

UNIVERSITATEA “OVIDIUS” DIN CONSTANȚA
INSTITUTUL STUDIILOR DOCTORALE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE
DOMENIUL INGINERIE CIVILĂ ȘI INSTALAȚII

TEZA DE DOCTORAT

REZUMAT

*CONTRIBUȚII PRIVIND COMPORTAREA CONSTRUCȚIILOR SPECIALE DIN
INDUSTRIA PETROLULUI ȘI MĂSURI DE CREȘTERE A DURABILITĂȚII ACESTORA*

STUDENT DOCTORAND

ing. Corina Ramona GRIGORAȘ (SAFTA)

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

Prof. univ. dr. ing. Ana Maria GRĂMEȘCU

2024

**CONTRIBUȚII PRIVIND COMPORTAREA
CONSTRUCȚIILOR SPECIALE DIN
INDUSTRIA PETROLULUI ȘI MĂSURI DE
CREȘTERE A DURABILITĂȚII ACESTORA
REZUMAT**

Cuvânt înainte

Absolventă a programului de licență în domeniul Ingineriei Civile și masterat în domeniul ingineriei și managementul lucrărilor de construcții, cu o aprofundare a domeniului de management a proiectelor de construcții, și cu o pregnantă influență pentru studiul și dezvoltarea profesională dăruită de către cadrele didactice din cadrul Facultății de construcții a Universității Ovidius din Constanța, în anul 2019 doamna **prof. univ. dr. ing. Ana Maria GRĂMESCU** aflând că lucrez într-un domeniu de top al industriei, și anume industria petrolieră, domeniu de prelucrare, depozitare și transport mi-a orientat preocupările științifice către construcțiile speciale destinate acestei industrii în scopul dezvoltării unui domeniu de cercetare care viza materialele de construcții performante, tehnologiile performante și sistemele de protecție performante, aplicabile construcțiile speciale utilizate în această industrie. Recunosc că era domeniul meu de activitate, de preocupare profesională și totodată are un deziderat al unui întreg system de management implementat în platforma Petromidia.

Luând act de cerențele și exigențele politicii europene în domeniul industrial în ansamblu și în special în industria petrolieră, apreciind că sunt la maturitatea gândirii și a unui bogat bagaj de cunoștințe în domeniul ingineriei civile am primit cu bucurie sugestia doamnei **prof. univ. dr. ing. Ana Maria GRĂMESCU**, ca în cadrul programului de cercetare doctorală să mă ocup de construcțiile speciale din industria petrolului, de comportarea în timp a acestora sesizând deficiențe, inadecvențe, dar și aspecte de optimizare menite adoparii unor măsuri de creștere a durabilității.

Structurarea acestui proiect de cercetare după îndrumarea conducătorului de doctorat, alături de comisia de îndrumare, mi-au insuflat pe parcursul celor 5 ani de studiu doctoral, pasiunea, ambiția, dăruirea, rezultatele cercetării fiind efectiv aplicabile în domeniul meu de activitate.

Acum după parcurgerea programului de cercetare, al satisfacției rezultatelor obținute, al modului de interpretare și diseminare a cercetării aduc încă o dată mulțumiri doamnei **Prof. univ. dr. ing. Ana Maria GRĂMESCU**, alături de înalte semtinemate de recunoștință pentru susținerea în totalitatea pe acest parcurs. Totodată adersez sincere mulțumiri pentru îndrumarea acordată, domnilor profesori din comisia de îndrumare, **prof univ dr ing Maftei Carmen**, **Conf. univ. dr. ing. Anca Constantin**, **s.l. dr ing Sunai Gelmambet**, întregului colectiv de

cadre didactice al Facultății de Construcții din cadrul Universității Ovidius din Constanța, precum și **dl cert dr ing. Ionescu Marcel**, director SC EUROPLASTIC SRL București.

În mod deosebit aduc mulțumiri, apreciere și recunoștință, colectivului de lucru unde îmi desfășor activitatea, compania CIRASICO SRL, conducerii acesteia **dl. dir. general Serghei Antonevici**, pentru înțelegerea manifestată în tot parcursul derulării procesului de cercetare, pentru susținerea în acest parcurs și totodată pentru cazuistica atribuită luând măsuri de intervenție și decizii în întreținerea și soluționarea lor.

Toate aceste aspecte consemnate mai sus au contribuit la consolidarea cunoștințelor ingineresti și m-au făcut să îmbrac aceasta profesie în haina corectitudinii, a demnității și înaltului profesionalism.

Înainte de a încheia acest cuvânt de început, mărturisesc că am avut un suport excepțional alături de soț, copii, părinți și de întreaga familie care m-au susținut, m-au încurajat pe parcursul întregului program de cercetare doctorală și mi-au înobilat sufletul și speranța succesului înconjurându-mă cu susținere, dăruire, iubire în tot acest drum spre finalizare, spre succes și cărora le aduc sincere mulțumiri exprimându-mi înaltul meu respect și recunoștință.

02.09.2024

Drd ing Corina Ramona Grigoraș

REZUMAT
TEZĂ DOCTORAT
**CONTRIBUȚII PRIVIND COMPORTAREA CONSTRUCȚIILOR
SPECIALE DIN INDUSTRIA PETROLULUI ȘI MĂSURI DE
CREȘTERE A DURABILITĂȚII ACESTORA**

Prezenta teză de doctorat reprezintă rezultatele cercetării, metodologie și interpretarea cercetării efectuate pe parcursul proiectului având următoarele obiective:

- Corecta diagnosticare a construcțiilor speciale, a materialelor și tehnologiilor de realizare cu identificarea factorilor de risc;
- Identificarea tehnicilor și metodelor de creșterea a durabilității acestora;
- Analiza unor materiale și tehnologii moderne aplicabile la construcțiile din industria petrolului, respectiv a construcțiilor speciale de stocare și transport;
- Diseminarea rezultatelor cercetării;
- Dezvoltarea cunoașterii și identificarea unor noi direcții de cercetare.

În cadrul programului de cercetare doctorală am urmărit în mod deosebit construcțiile aferente industriei petroliere amplasate pe platforma Midia Navodari, analizând modul de comportare atât a construcțiilor din beton armat, cât și a celor din metal, precum și importanța naturii lichidelor stocate asupra duratei de exploatare. Scopul acestei cercetări a fost de a identifica factorii distructivi care conduc la degradarea prematură a construcțiilor, precum și cercetarea unor materiale și tehnologii moderne capabile să crească durabilitatea construcțiilor, prin urmare durata în exploatare. Un factor defavorizant al acestor construcții îl are, pe lângă condițiile de exploatare și mediul ambient, pentru cele poziționate suprateran, precum și agresivitatea mediului marin coroborat cu efectele schimbărilor climatice.

Întreaga cercetare am efectuat-o ținând cont și de importanța pe care o are industria petrolului în România, dar și cu programele europene care vizează reducerea noxelor, optimizarea proceselor de fabricație. În etapa actuală guvernului României, îi revine obligația de a moderniza și securiza sistemul național de transport produse petroliere, de a

efecta investiții capabile să crească siguranța în exploatare și să diminueze consumurile specifice.

O alta misiune importantă în politica României revine dezvoltării capacității de stocare, modernizarea construcțiilor aferente stocării, eliminarea problemelor de mediu prin realizarea unor investiții în ecologizare.

În acest context, tematica proiectului de cercetare, a dezvoltat conceptul de protecție a materialului de construcție concomitent cu creșterea calității materialului pentru a obține atât materiale cu rezistențe sporite, cât și tehnologii moderne aplicabile în mentenanța construcțiilor existente.

Programul de cercetare a evidențiat factorii care conduc la diminuarea capacității în exploatare a construcțiilor industriei petroliere și totodată a identificat soluții de intervenție, soluții noi care pot conduce la rezultate deosebite.

Rezultatele cercetării au fost diseminate în prezentarea a doua rapoarte de sinteză a cercetării, a trei articole publicate în reviste recunoscute și al patrulea fiind în curs de publicare, în publicarea unui capitol de carte intitulat “Construcțiile în fața schimbărilor climatice”, precum și în prezentări susținute, un cadrul workshop-urilor, în cadrul Facultății de Construcții. Totodată, în cadrul concursului XGEN 100, ediția a VII, am obținut premiul III cu tema “ Adaptarea sistemului calității construcțiilor la cerințele și exigențele industriei petroliere”.

Cercetarea a identificat noi direcții care pot fi continuate de alți tineri în cadrul programelor de cercetare doctorală viitoare.

O aplicație experimentală deosebită a constituit-o analiza efectuată în cadrul EUROPLASTIC SRL care a identificat soluții tip membrane, colore sau incolore capabile a proteja construcțiile metalice, atât de temperaturi înalte, cât și de coroziune. Cercetarea a aratat faptul că în analiza structurală a acestor construcții elementul dominant îl constituie diagnosticarea corectă și reală a stării de degradare. Bazat pe diagnostic, teza de doctorat evidențiază grade de vulnerabilitate funcție de care specialistul poate decide soluția de intervenție necesară.

Din multitudinea construcțiilor industriei petroliere, cercetarea a abordat construcțiile necesare stocării și transportului produselor prelucrate (produselor de sinteză rezultate în urma rafinării).

În cadrul proiectului de cercetare, pornind de la aspectele mai sus menționate, am studiat nivelul cunoașterii pe plan național și internațional. Studiile efectuate au evidențiat faptul că România are o veche tradiție în prelucrarea țițeiului fiind prima din lume care la

începutul secolului al XIX-lea a descoperit procedura industrială de prelucrare a petrolului. Tot în cercetările efectuate, am constatat că România deține un patrimoniu industrial de excepție în domeniul industriei petrolului (Rafinăria Cămpina), fapt care dovedește nivelul ridicat de pregătire în acest domeniu.

Cercetarea efectuată în cadrul programului doctoral a demonstrat faptul că industria petrolului a avut un parcurs evolutiv, astfel că dintr-o industrie mică și localizată în câteva regiune, astăzi este o industrie globală, complexă și importantă pentru economia mondială. Cercetarea efectuată coroborată cu politica europeană a demonstrat faptul că direcția principală în acest domeniu o constituie promovarea competitivității, a autonomiei și a rezilienței sectorului care în viitor se va baza pe neutralitate climatică și o poziție de lider în domeniul digital.

În Uniunea Europeană se promovează tehnologiile moderne care conduc la procese neutre fără emisii de CO₂. Acest deziderat se bazează pe:

- Consolidarea rezilienței
- Abordarea dependenței strategice
- Accelerarea tranziției verzi și a celei digitale.

Reziliența, se referă la existența unei piețe unice, capabile să răspundă situațiilor de criză.

Autonomia strategică se bazează pe sprijinirea unor alianțe industriale în domeniul petrolului și monitorizarea factorilor dependenți.

Planul industrial al pactului verde se referă la promovarea unor politici industriale cu zero emisii, respective neutralitate climatică.

Pornind de la aceste misiuni, programul de cercetare s-a axat pe principalele componente care revin României, în actualul context.

Teza de doctorat este structurată pe 9 capitole.

CAPITOLUL 1 prezintă tema programului de cercetare, importanța acestuia și obiectivele proiectului, totodată de prezentarea stadiului cunoșterii pe plan internațional, cât și pe plan național, doctorandul având posibilitatea de a analiza detaliat elemente atât cunoscute, cât și mai puțin cunoscute.

În prezent, industria petrolului este una dintre cele mai mari și mai complexe industrii din lume, ajutând la alimentarea cu energie a structurilor economice globale și la satisfacerea cererii crescânde de combustibili fosili. Cu toate acestea, în actuala perioadă, industria

petrolului se confruntă cu numeroase provocări, precum schimbările climatice, epuizarea resurselor naturale și instabilitatea politică în regiunile producătoare de petrol.

Guvernul României în etapa imediat următoare și-a propus realizarea unor investiții în companii importante pentru gestionare durabilă și eficientă a resurselor minerale sens în care reglementările stocării geologice a dioxidului de carbon devine o obligație.

Având în vedere aceste aspecte cât și aplicațiile existente în România în transportul și depozitarea petrolului, comportarea structurilor din beton sau metal capătă importanță majoră. Necesitatea studierii comportării betoanelor, protecția acestora cât și al metalelor, precum și aplicarea celor mai adecvate protecții reprezintă o măsură deosebit de importantă.

Pornind de la aceste aspect mai sus prezentate cât și de la faptul că doctoranda își desfășoară activitatea în domeniul construcțiilor speciale pentru industria petrolului cu referire la construcții de depozitare, stocare și transport produse petroliere, proiectul de cercetare și-a propus efectuarea studiilor privind comportarea construcțiilor destinate depozitării și transportului produselor petroliere, măsuri pentru creșterea durabilității acestor construcții prin:

- Materiale cu rezistențe sporite;
- Sisteme constructive cărora se aplică protecții durabile.

Cercetările efectuate în cadrul programului doctoral au vizat sintetizarea rezultatelor cercetării în două rapoarte:

- Analiza comportării construcțiilor din industria petrolului.
- Materiale și tehnologii moderne aplicabile construcțiilor din industria petrolului în vederea îmbunătățirii condițiilor de exploatare.

Programul de cercetare a avut ca obiective:

- Corecta diagnosticare a construcțiilor speciale, a materialelor și tehnologiilor de realizare cu identificarea factorilor de risc;
- Identificarea tehnicilor și metode de creșterea durabilității acestora;
- Analiza unor materiale și tehnologii moderne aplicabile la construcțiile din industria petrolului, respective a construcțiilor speciale de stocare și transport;
- Diseminarea rezultatelor cercetării;
- Dezvoltarea cunoașterii și identificarea unor noi direcții de cercetare.

În cadrul programului de cercetare doctorală am urmărit construcțiile existente în platforma Midia-Năvodari, am aplicat diferitele tehnici și proceduri de lucru, am efectuat un stagiu de cercetare la una din firmele de profil cu activitate de cercetare în domeniul industriei chimice

cu analiza materialelor care pot proteja cl.2.construcțiile speciale din industria petrolului de temperature ridicate. In funcție de starea de degradare a acestor construcții am cercetat modalitățile de reabilitare, protejare și exploatare în condiții de siguranță. Peliculele de protecție studiate a fi dispuse pe exteriorul rezervoarelor care stochează produse petroliere vâscoase sunt de natura a proteja temperature optima de păstrare, produse care au fost testate în cadrul SC EUROPLAST SRL de catre cercetător dr ing Ionescu Marcel împreună cu prof univ dr. ing. Ungureanu Valentin din cadrul Universității Transilvania din Brașov și conducătorul de doctorat prof univ dr. ing. Grănescu Ana Maria, rezultatele cercetării fiind prezentate in cadrul proiectului EUREKA. Totodată metodologia de cercetare a inclus și analiza SCIA de studiu a deprecierii structurii unui rezervor de produse petroliere în vederea stabilirii celor mai eficiente măsuri de reabilitare. Metodele de cercetare aplicate s-au finalizat cu propuneri concrete de intervenții prin utilizarea unor materiale noi, eficiente și prin diseminarea acestora.

Guvernul României în etapa imediat următoare și-a propus realizarea investițiilor în companiile importante cum sunt:

- modernizarea și securizarea sistemului național de transport țiței și derivate, investiții destinate creșterii siguranței în exploatare și diminuării consumurilor specifice;
- dezvoltare capacității de stocare în depozite, extinderea și creșterea capacității de încărcare/descărcare țiței, produse petroliere, produse chimice și petrochimice precum și alte produse finite și materii prime lichide, modernizarea construcțiilor aferente stocării și transportului, rezervoare, rețea conducte, eliminarea problemelor de mediu prin realizarea investițiilor în ecologizare;
- realizarea unor acțiuni în parteneriat pentru noi capacități de producție a energiei electrice;
- realizarea unei Centrale Termoenergetice în cogenerare, parc de panouri fotovoltaice;
- realizarea unei centrale electrice fotovoltaice,

După cum se poate observa unul din programele prioritare ale României este legat de dezvoltare capacității de stocare în depozite, extinderea și creșterea capacității de încărcare/descărcare țiței, produse petroliere, produse chimice și petrochimice precum și alte produse finite și materii prime lichide, modernizarea construcțiilor aferente stocării și transportului rezervoare, rețea conducte, eliminarea problemelor de mediu prin realizarea investițiilor în ecologizare.

Proiectul de cercetare doctorală vine în tematica acestui program prin modernizarea construcțiilor aferente stocării și transportului rezervoare, rețea conducte, eliminarea problemelor de mediu prin realizarea investițiilor în ecologizare.

Capitolul 2, în capitolul 2 se prezintă un scurt istoric al industriei petrolului

Industria petrolului a fost una dintre primele industrii care au revoluționat lumea modernă. Descoperirea și exploatarea petrolului au avut un impact major asupra economiei, societății și politicii globale.

Începuturile industriei petroliere pot fi urmărite înapoi în secolul al XIX-lea, când primele exploatații petroliere comerciale au fost dezvoltate în Statele Unite ale Americii și în Europa. Descoperirea primului zăcămint de petrol la Titusville, Pennsylvania, în 1859, a marcat începutul exploziei industriei petrolului, transformând petrolul în una dintre cele mai importante resurse naturale din lume. În secolul al XIX-lea petrolul era extras manual din sol cu ajutorul unor instalații rudimentare. În anii următori, procesele de extracție și rafinare s-au îmbunătățit semnificativ, iar industria petrolului a devenit una dintre cele mai profitabile din lume.

Exploatarea petrolului în România, datează din perioada romană, iar rafinarea începe odată cu apariția necesității produselor distilate. Primele distilerii din România au apărut în 1840, în județul Bacău, la Lucăcești. Prelucrarea se făcea exclusiv artizanal, în cazane rudimentare, iar producția era foarte scăzută. În a doua jumătate a secolului al XIX-lea au intrat în funcțiune primele rafinării dotate cu instalații moderne.



Fig. 2.2.1 Atelierele Moreni la începutul secolului al XX-lea

Prima rafinărie a fost construită în 1857 la Rafov, lângă Ploiești, de către Teodor Mehedințeanu.

În anul 1857 Mehedințeanu a pornit prima fabrică de gaz la Ploiești care a fost prima din România, dar și din lume. La început a fost o rafinărie cu dotare și construcții simple, dar care a însemnat un mare pas către civilizație.

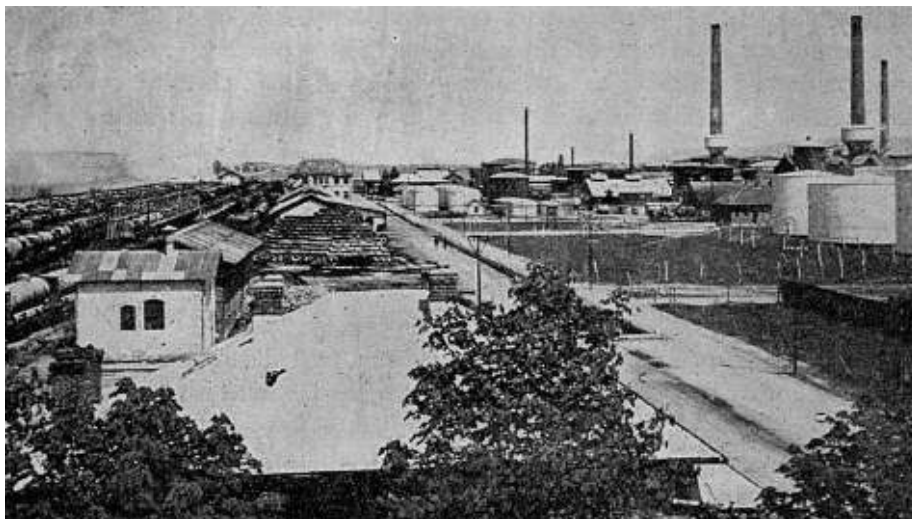


Fig. 2.2.2 Rafinăria Rafov¹ în partea dreaptă se observă rezervoarele pentru stocare



*Fig. 2.218 Rafinării în zona Ploiești după cel de-al Doilea Razboi Mondial
Rezervoare de stocare produse*

Această rafinărie a obținut, în baza unui contract încheiat în octombrie 1856 cu primăria Bucureștiului, dreptul de a furniza energia electrică capitalei.

România detinea în 1989 zece rafinării, dintre care 5 concentrau 85% din capacitatea totală de rafinare a țării: Petrobrazi Ploiești, Arpechim Pitești, Petrotel Ploiești, Petromidia și

¹

RAFO Onesti. Restul de 15% din productie revenea Astra Ploiesti, Vega Ploiesti, Steaua Română Câmpina, Rafinăria Dărmănești.

În prezent cea mai mare rafinărie este Petromidia Năvodari.



Capitolul 3 este destinat prezentării construcțiilor specifice industriei petroliere, conformarea structural a acestora, precum și de clasificarea lor.

Construcțiile aferente industriei petrolului cuprind: construcții specifice extracției, construcții de prelucrare (rafinăriile), construcții specifice depozitării, construcții specifice transportului. Din categoria construcțiilor destinate extracției petrolului fac parte: platforme marine și structuri extractive terestre.

3.1. Construcții destinate extracției

3.1.1 Platformele offshore sau marine - acestea sunt structuri mari care sunt amplasate pe fundul oceanului pentru a extrage petrol și gaze naturale din adâncurile mării.

Platformele offshore sunt structuri construite pentru a desfășura activități de explorare și producție a resurselor marine, precum petrol și gaze naturale, în largul mării. Aceste platforme sunt realizate din oțel și beton și sunt proiectate pentru a rezista la condițiile dificile ale mediului maritim, cum ar fi vânturi puternice, valuri mari și coroziune.

Din punct de vedere constructiv, platformele offshore sunt proiectate pentru a rezista la sarcini mari de exploatare și condițiile extreme ale mediului maritim. Aceste structuri sunt realizate din oțel sau beton și sunt construite astfel încât să fie cât mai rigide și stabile posibil.

Piloții sunt folosiți pentru a fixa platformele offshore la fundul mării și pentru a asigura stabilitatea acestora în fața forțelor naturale precum vânturile puternice și valurile mari. În plus, platformele sunt echipate cu sisteme de control și siguranță pentru a preveni incidentele și a asigura protecția personalului și a mediului înconjurător.

Structurile de beton ale platformelor marine sunt in general considerate ca fiind acele structuri expuse mediului marin. Ele sunt proiectate și executate sa ramana permanent sau semipermanent fixate de fundul mării prin gravitație, piloni, sau ancore sau plutitoare.

3.1.2. Tipuri de structuri de platforme marine din beton

Structurile marine folosite pentru explorarea hidrocarburilor pot in general fi grupate ca fiind fie fundate pe fundul mării, fie plutitoare. Multe dintre structurile fundate pe fundul mării sunt concepute să plutească în diverse stadii ale exploatare lor.

Structurile bazate pe gravitație, denumite si GBS, isi mentin pozitia pe fundul mării datorită greutateii mari. Forța de alunecare și momentul de răsturnare datorate încărcărilor maxime date de mediul înconjurător sunt compensate de greutatea structurii, de încărcările utile ale structurii. Acest tip de structura este aplicabil in situația în care petrolul extras trebuie depozitat temporar pentru ca apoi să fie preluat de un tanc petrolier sau o conducta petroliera. Adâncimea practică pentru soluția unei astfel de platforme este între 40 – 350 m. Aceste structuri sunt construite la uscat sau la cheu și apoi transportate prin plutire la amplasamentul proiectat.

Platformele marine moderne de beton sunt proiectate cu suficienta redundanta pentru a rezista încărcărilor accidentale majore. Betonul are o rezistență excepțională la impact și doar unele cazuri izolate de defecțiuni structurale datorate impactului cu nave au fost raportate. Se impune o ductilitate suficientă în structura de beton pentru a elimina problema colapsului progresiv. Rezistența la foc a betonului este bine cunoscută, betonul fiind folosit des pentru a proteja oțelul în multe construcții majore.

Structurile plutitoare de beton sunt proiectate pentru stabilitatea la defecțiunea unui compartiment, ceea ce înseamnă ca orice defecțiune locală care cauzează infiltrații în carcasa nu vor cauza vreun risc structurii plutitoare.

Chiar dacă acestea sunt asociate cu explorarea și producerea de hidrocarburi, pot avea multe alte folosințe specializate.

Majoritatea platformelor marine au o durată de viață de 20 de ani. Datorită locației, ele sunt complicate de reabilitat dacă apar probleme. Pentru a elimina eventuale costuri ridicate de reparare, materialele folosite, betonul utilizat trebuie să aibă calități superioare.

Durabilitatea betonului pentru structuri marine este definită ca abilitatea unui material de a rezista acțiunilor climei, a schimbărilor climatice, agresivității chimice, abraziunii precum și oricărui alt proces de deteriorare în timp ce se mențin forma, calitatea și capacitatea originală

ca urmare a supunerii la condițiile de mediu. Aceasta include rezistența la deteriorare datorată înghețului și dezghețului, la agresivitatea chimică a mării, la forța valurilor, corpurilor plutitoare sau deșeurilor, ghetii plutitoare, la coroziunea oțelului sau a altor metale incluse în beton și la reacțiile chimice asociate cu agregatele betonului. Când se iau în considerare toate aceste deteriorări, se deduce ușor că cea mai agresivă expunere la care este supus betonul în mod curent este apa înghețată din forța valurilor. Pentru majoritatea structurilor marine, cea mai importantă acțiune distructivă este coroziunea.

Cimenturile Portland ar trebui să conțină cât mai puțin aluminat tricalcic (C3A) pe cât este posibil. Aceasta ajută la reducerea posibilității atacului sulfatilor. Alcalinitatea totală a cimentului, calculată ca oxid de sodiu nu ar trebui să depășească 0.60% pentru a minimiza orice reactivitate potențială cu agregatele. Aceasta include cenușa de termocentrală, zgura granulată sau praful de silice. Aceste produse contribuie la formarea unui amestec mai dens, crește impermeabilitatea și împiedică migrarea apei în beton.

3.2. Construcții pentru prelucrarea produselor petroliere

Rafinăriile de petrol sunt instalații industriale mari care procesează țițeiul brut pentru a produce produse petroliere, cum ar fi benzina, motorina și kerosenul.

Structurile din beton și metal dintr-o rafinărie sunt esențiale pentru asigurarea stabilității, siguranței și eficienței operațiunilor din cadrul acesteia. Aceste structuri sunt proiectate și construite cu atenție și expertiză pentru a asigura funcționarea corespunzătoare a rafinăriei și pentru a minimiza riscurile asociate activităților petroliere.

Structuri din beton și metal într-o rafinărie

3.3. Construcții pentru depozitare

3.3.1 Construcții din beton armat:

Pentru clădirile administrative sau de control din rafinărie, precum clădirile de laborator sau de comandă a proceselor, se utilizează structuri din beton armat pentru a asigura stabilitatea și rezistența acestora.

Construcțiile din beton armat sunt proiectate și construite conform standardelor de siguranță și de mediu, asigurându-se că acestea sunt capabile să reziste la diferite condiții de exploatare și la posibile incidente sau accidente.

După cum se cunoaște, în industria petrolului, construcțiile sunt atât subterane, cât și supraterane. În acest referat îmi propun a detalia toate categoriile de construcții supuse factorilor agresivi.

Fundații pentru rezervoare sunt elemente din beton care preiau solicitările transmise atât de greutatea efectivă a rezervoarelor, cât și de lichidul stocat în acestea. Este necesar, ca la proiectarea fundațiilor pentru rezervoare să se acorde o atenție deosebită tipului de fundație.

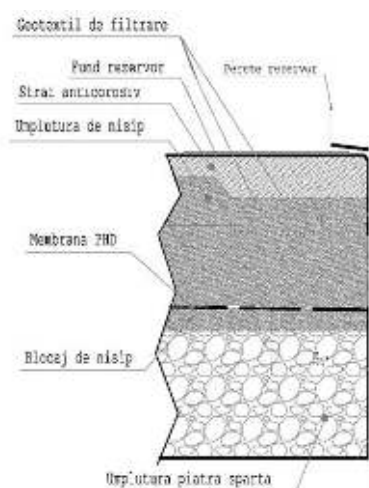


Fig. 3.1 – Fundație pe pat elastic normal

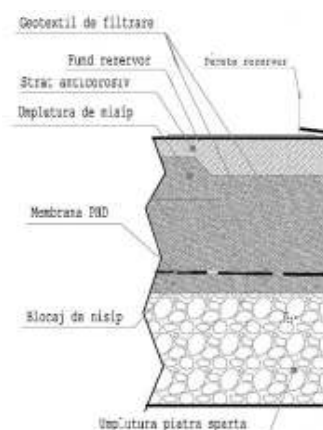


Fig. 3.2 – Fundație pe pat elastic înalt

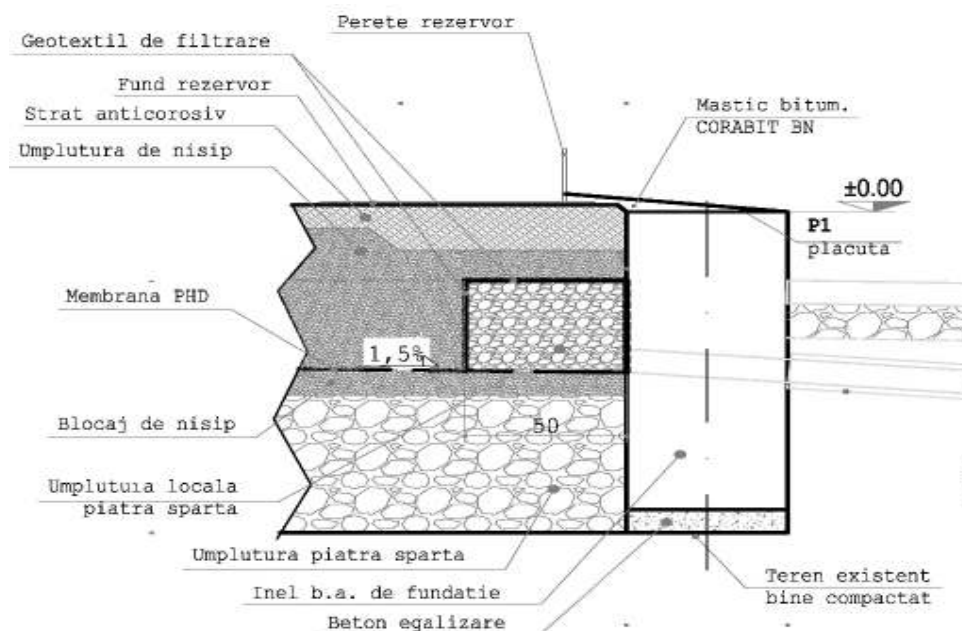


Fig. 3.3 - Fundații pe pat elastic cu inel de beton

3.3.2. Stațiile de depozitare / platforme de depozitare

Platformele de depozitare sunt spații amenajate cu construcții adecvate destinate titeiului și produselor petroliere în vederea stocării și a transmiterii ulterioare către platformele de prelucrare. Instalațiile în care se depozitează produsele petroliere se numesc rezervoare sau depozite petroliere. Acestea sunt de obicei construite din oțel, beton armat sau alte materiale rezistente la coroziune și sunt echipate cu sisteme de siguranță și control pentru prevenirea scurgerilor sau a incendiilor.

Rezervoarele de stocare a titeiului sunt, în general, construcții de mari dimensiuni, din oțel sau beton, care sunt folosite pentru a păstra titeiul extras din zăcămintele înainte de a fi prelucrat în rafinării sau de a fi transportat. Aceste rezervoare trebuie să fie proiectate și construite pentru a rezista la coroziunea produsă de substanțele chimice agresive din titei, la acțiunea hidrocarburilor care pot deteriora structura rezervorului și la mediul agresiv în general.

În timp, construcțiile din industria petrolului pot fi supuse uzurii și deteriorării din cauza expunerii la factori externi precum apă, coroziunea, temperaturile extreme și acțiuni mecanice. De aceea, mentenanța periodică și inspecțiile regulate sunt esențiale pentru a asigura buna funcționare a echipamentelor și a preveni accidente sau defectiunile. Pentru a preveni uzura și deteriorarea echipamentelor din industria petrolului, este necesar să se efectueze operațiuni de mentenanță periodică, care să cuprindă verificarea și înlocuirea elementelor uzate sau afectate de coroziune, lubrifierea pieselor mobile, curățarea filtrului și a sistemului de răcire, precum și monitorizarea indicatorilor de temperatură și presiune.

3.4. Construcții pentru transport

Construcțiile pentru transport sunt sisteme de tipul conductelor care transportă titei, sau alte produse derivate și gaze naturale. Acestea asigură transportul de la locurile de extracție la rafinării, precum și spre terminalele de încărcare. Ele pot fi montate vizibil, pe estacade sau pot fi îngropate.

- Conductele din industria petrolului sunt componente esențiale pentru transportul eficient și sigur al combustibililor din punctele de extracție sau rafinare către locurile de distribuție sau de consum. Aceste conducte sunt construite din materiale rezistente la coroziune și presiune, precum oțelul sau aluminiul, și sunt proiectate să reziste la condiții extreme de temperatură și presiune.

- Construcția conductelor din industria petrolului implică mai multe etape, inclusiv proiectarea, fabricarea, instalarea și întreținerea. Proiectarea conductelor este crucială pentru asigurarea unei funcționări eficiente și sigure, iar aceasta include stabilirea traseului, diametrului și a altor specificații tehnice.

- Fabricarea conductelor implică producerea și asamblarea pieselor componente, urmată de testarea și inspecția acestora pentru asigurarea calității. Instalarea conductelor se realizează de obicei prin săparea unei șanțuri sau prin folosirea unor tehnici de foraj pentru a introduce conductele în sol sau în apă. Acestea sunt fixate cu ajutorul diverselor elemente de ancorare și sunt supravegheate în permanență pentru prevenirea scurgerilor sau altor probleme de siguranță.

- Întreținerea conductelor din industria petrolului este esențială pentru prelungirea duratei lor de viață și prevenirea accidentelor. Acest lucru implică verificarea periodică a integrității conductelor, repararea sau înlocuirea pieselor uzate sau deteriorate, curățarea și degresarea acestora și alte măsuri de prevenire a coroziunii sau a altor daune.

- Conductele din industria petrolului sunt construite cu mare atenție la detalii și sunt supravegheate în permanență pentru a asigura un transport eficient și sigur al combustibililor. Proiectarea, fabricarea, instalarea și întreținerea acestora sunt aspecte esențiale pentru funcționarea corectă a întregului sistem.

3.5. Stațiile de pompare sunt specific rafinăriilor și sunt instalații care pompează țițeiul și gazele naturale asigurând transportul spre rafinării.

Stațiile de pompare din rafinării sunt componente esențiale ale procesului de rafinare a petrolului, deoarece ele sunt responsabile pentru transferul fluidelor în timpul diferitelor etape ale procesului. Aceste stații de pompare sunt proiectate cu o serie de caracteristici cheie din punct de vedere al ingineriei în construcții, cum ar fi:

- Fiabilitatea
- Eficiența energetică
- Siguranța
- Facilități de întreținere și service

Stațiile de pompare din rafinării reprezintă un element vital al infrastructurii industriale și sunt proiectate cu atenție pentru a asigura fiabilitatea, eficiența energetică, siguranța și ușurința în întreținere.

CAPITOLUL 4 se referă la conceptul de durabilitate al construcțiile speciale aferente industriei petroliere, la capacitatea acestora de a-și menține proprietățile și performanțele funcționale pe parcursul întregii durate de exploatare, în condiții de mediu și utilizare specificate.

Durabilitatea reprezintă cerința de bază a unei construcții în care aceasta își menține exigențele necesare funcționării normale. Actuala politică a Uniunii Europene de reducere la zero a emisiilor impune schimbări industriale, economice și geopolitice la nivel mondial. În contextual în care Uniunea Europeană trebuie să răspundă acestor evoluții, statelor membre le revine obligația de a lua măsuri în domeniul schimbărilor climatice, tranzițiilor energetice care vor influența în mod considerabil, durabilitatea construcțiilor.

În ultima perioadă se discută despre durabilitate atât la materiale, la tehnologii, cu referire la mediu. Durabilitatea mediului este asigurată prin procedurile suvenite aferente industrializării.

În prezenta lucrare autorul își propune să detalieze durabilitatea ca fenomen propriu materialelor utilizate pentru construcțiile industriei petroliere cu referire la construcții de stocare și construcții de transport. După cum se cunoaște cele două materiale des folosite sunt construcțiile din beton armat și construcțiile din metal, iar pentru construcțiile de mică capacitate se folosesc și materiale compozite.

Această noțiune este strâns corelată cu alți indicatori esențiali, precum siguranța și calitatea, ambele având un impact semnificativ asupra practicilor de construcție. Siguranța se referă la ansamblul cerințelor care trebuie respectate în procesul de proiectare și execuție a unei construcții, pentru a preveni avariile cauzate de diverse acțiuni externe sau interne. Pe de altă parte, calitatea este definită ca nivelul de excelență dorit, referindu-se la caracteristicile specifice pe care un proiect vizează să le îndeplinească.

În cadrul ingineriei și construcțiilor, siguranța construcțiilor este indisolubil legată de conceptul de calitate, iar măsurarea acesteia se face de obicei prin probabilitatea de funcționare fără defecte sau avarii pe o anumită perioadă. Durabilitatea, având în vedere factorul timp, devine un aspect fundamental al calității, subliniind importanța menținerii performanțelor unei construcții de-a lungul vieții acesteia.

De asemenea, durabilitatea poate fi interpretată ca fiind legată de durata de serviciu a construcțiilor, care variază în funcție de materialele utilizate, condițiile de mediu și întreținerea regulată. O construcție durabilă nu este doar rezistentă și capabilă să reziste provocărilor timpului, ci include și aspecte de sustenabilitate, eficiență energetică și impact asupra mediului, contribuind astfel la dezvoltarea urbană responsabilă. Astfel, durabilitatea devine un pilon

central în ingineria civilă, angajând proiectanții și inginerii să creeze soluții inovatoare care să asigure o utilizare pe termen lung și un impact minim asupra mediului.

În funcție de gravitatea și de complexitatea lor deprecierile pe care un rezervor le poate suferi în timp, pot fi sesizate/depistate, prin observare directă și prin deducție. Astfel, prin intermediul simțurilor se poate auzi zgomotul. Se pot vedea corodarea și fisurile, deformările, rupturile și desprinderile. Se poate simți mirosul unor emanații de gaze. Se pot pipăi și/sau vedea asperitățile apărute pe suprafețe și se pot simți vibrațiile. Sesizarea fenomenelor este însă subiectivă, iar aprecierea calitativă a acestora este descriptivă. Pentru aprecierea cantitativă a deprecierilor constatate, în funcție de natura și de specificul fenomenelor sesizate, se folosesc mărimi. adică dimensiuni în plan și în spațiu, volum, umiditate, viteză, masă, greutate, temperatură, frecvență, etc. Prin măsurarea mărimilor se pot realiza comparații mai exacte decât simpla apreciere calitativă a fenomenelor sesizate, care este, în general, subiectivă. Oricărui fenomen fiindu-i proprii cel puțin două mărimi. Mărimile care au importanță determinantă în definirea fenomenelor se numesc parametri.

În esență, interacțiunea dintre un rezervor și mediul său exterior constă în apariția și dezvoltarea anumitor fenomene cărora li se atribuie mărimi. Cele care sunt importante în definirea fenomenului poartă numele de parametri. Astfel, comportamentul unui rezervor se apreciază prin intermediul fenomenelor, al mărimilor și al parametrilor de comportament.

Proprietăți și performanțe de comportament

În cadrul urmăririi comportării in situ a oricărui rezervor, se utilizează proprietățile de comportament. Proprietatea fiind atributul unei entități materiale, fie că ea se află în repaus ori în mișcare, de a scoate în evidență acele elemente prin care se poate caracteriza, în vederea cunoașterii ei. Proprietățile de comportament ale oricărui rezervor se evidențiază la interacțiunea rezervor-mediul ambiant, dar și prin conexiunea dintre materialele din care rezervorul este alcătuit, adică prin el însuși. De exemplu, permeabilitatea și/sau porozitatea se pot remarca la interacțiunea cu un lichid. Proprietățile de comportament pot viza, atât anumite părți fizice-materiale ale rezervorului, cât și funcțiunile ale lui. Practic, proprietățile de comportament se pot referi și la funcțiune și la structură.

Durata de existență

Intervalul de timp cuprins între începerea lucrărilor de execuție a unui rezervor și distrugerea lui voluntară/accidentală este numit durata de existență a respectivului rezervor. Pe durata sa de existență orice rezervor trece prin următoarele faze:

- realizare,
- exploatare în conformitate cu funcțiunea lui declarată,
- conservare, după caz,
- dezafectare, care este însoțită de recuperarea părților refolosibile/reciclabile sau nu,
- demolarea/distrugerea voluntară.

Cea mai importantă fază este exploatarea, întrucât acesta este rostul pentru care rezervorul este construit. În esență comportarea in situ a unui rezervor reprezintă expresia performanțelor sale de comportament.

Aptitudinea pentru exploatare

Rostul oricărei lucrări de construcție este să satisfacă nevoia pentru care a fost gândită și realizată, în condițiile și pentru perioada/momentul pentru care ea a fost gândită și realizată. Capacitatea unui rezervor de a satisface, prin comportarea sa în exploatare, cerințele utilizatorului, reprezintă aptitudinea lui pentru exploatare. Satisfacerea în exploatare a cerințelor utilizatorului este practic aspectul primordial al calității în construcții.

În esență un rezervor funcționează bine dacă sunt îndeplinite cerințele de siguranță și cerințele privind eficientizarea costurilor. Cerințele de siguranță sunt esențiale și imperativ necesare. Acestea se referă/au legătură directă cu minimizarea riscului în ceea ce privește pierderile de vieți omenești, afectarea sănătății-integrității și corporale a oamenilor și degradarea-distrugerea bunurilor materiale. Rezervoarele și dotările-echipamentele aferente trebuie să fie gândite-realizate-exploatate, în așa fel încât să existe din partea utilizatorului încrederea, preferabil chiar siguranța, că ele nu sunt și nu vor deveni o posibilă amenințare și că au fost luate toate măsurile posibile de minimizare a riscurilor de producere a accidentelor-incidentelor-degradărilor. Cerințele privind eficientizarea costurilor au ca obiect minimizarea tuturor tipurilor de cheltuieli, pe tot parcursul perioade de utilizare.

Deteriorarea aptitudinii pentru exploatare

Deteriorarea aptitudinii pentru exploatare a unui rezervor poate avea drept cauză agravarea unui defect inițial, deci o cauză preexistentă, ori poate avea drept cauză uzura fizică, degradarea în timp, accidente, incidente, disfuncționalități tehnice sau de altă natură. Astfel, un rezervor se poate:

- Defectul. Defectarea este consecința unei erori. Menirea oricărei lucrări de construcție fiind ca în final să se creeze o structură, care prin funcțiune-funcțiunile ei să fie capabilă să satisfacă ansamblul tuturor nevoilor-necesităților-solicitărilor utilizatorului. În cadrul etapelor de identificare a necesității de gândire, proiectare și realizare a oricărei lucrări de construcție pot interveni incertitudini și/sau necunoscute, care se pot manifesta sau nu, la un moment dat. Comportamentul construcției pe perioada de exploatare este condiționat și determinat de factorii aleatorii, care intervin în timpul etapelor fundamentale de gândire și de realizare a ei. Acestora li adaugă și factorii aleatorii care intervin în perioada exploatării, monitorizării și întreținerii ei, cu tot cu posibilele riscuri în ceea ce privește menținerea calității construcției.

- Degradarea este un proces lent prin care performanțele rezervorului se alterează în timp. Cauza sunt modificările de natură fizico-chimică. În timpul exploatării unui rezervor aceste modificări apar din cauza interacțiunii rezervorului cu mediul exterior. Orice rezervor în timp se degradează în orice parte a sa/ în orice punct al său. Degradarea fiind un proces firesc și continuu, pe toată durata de existență, a oricărui lucru material. Degradarea poate fi mai accelerată sau mai lentă. Practic, în timp, are loc deteriorarea stării tehnice a oricărui rezervor, care se manifestă în mod concret prin deprecierea calităților sale. Degradarea unui rezervor, în majoritatea cazurilor, poate fi anticipată pe baza cunoașterii evoluției fenomenelor și cauzelor, a legilor după care se dezvoltă acestea și a experienței. De exemplu, degradarea cea mai frecventă a rezervoarelor metalice este corodarea lor, care este consecința coroziunii. Alte exemple de degradare frecvent întâlnite în cazul rezervoarelor metalice sunt erodarea, oboseală, modificarea formei, modificarea geometriei, pătarea metalului și chiar fisurarea.

- Disfuncționalități. Disfuncționalitățile în exploatarea-funcționarea unui rezervor, adică disfuncții ale calităților funcționale. De exemplu, obturări parțiale sau totale ale unor orificii de evacuare sau de comunicare.

- Accident. Accidentul este prin definiție un eveniment imprevizibil, care întrerupe cursul firesc al lucrurilor. În cazul rezervoarelor accidentele tehnic reprezintă deteriorarea în mod subit a uneia ori a mai multora dintre părțile și/sau componentele lui sau chiar a întregului rezervor și/sau a instalațiilor și amenajărilor care îl deservesc. Există și situații excepționale în care un rezervor sau mai multe rezervoare pot fi implicate în accidente de diferite naturi. Însă,

în cea ce privește accidentele tehnice ale rezervoarelor, situațiile sunt previzibile și ele se previn prin realizarea activității de monitorizare corectă și regulată, conform normativelor și conform indicațiilor proiectanților, prin cunoașterea defectelor ori a unor stări avansate de degradare și nu în ultimul rând datorită experienței în exploatare. De exemplu, spargerea unei vane, pierderea stabilității, tasări diferențiate, fisurarea peretelui.

- Avaria este prin definiție o deteriorare însemnată, chiar importantă, care și ea întrerupe cursul firesc al exploatării respectivului rezervor. Accidentele constructive, tehnice ori funcționale pot fi cauzele unei avarii tehnice. De cele mai multe ori este necesară, de cele mai multe ori, scoaterea din funcțiune, pentru o perioadă limitată de timp, a unei părți sau a mai multora ori chiar a întregului rezervor. ca urmare a unor accidente constructive, tehnice ori funcționale. Astfel, apare diminuarea progresivă sau rapidă a calităților de comportament ale unui rezervor.

În esență deteriorarea aptitudinii pentru exploatare diminuează semnificativ durata de exploatare, mai ales în cazul în care nu se realizează activitatea de monitorizare și/sau nu se realizează intervențiile necesare prin măsuri de menținere și/sau refacere a calităților și aptitudinilor inițiale ale unui rezervor, și chiar prin aducerea de îmbunătățiri. Astfel, intervențiile sunt de mentenanță și de reabilitare.

Mecanismele deteriorării **betonului armat** sunt:

- coroziunea betonului,
- coroziunea armăturilor din beton,
- gelivitatea betonului,
- oboseala elementelor din beton,
- eroziunea suprafeței betonului.

În CAPITOLUL 5 fac referire la comportarea în timp a construcțiilor destinate industriei petrolului, aspect atent cercetat și analizat, ținând cont de condițiile extreme de exploatare, expunere la substabte corozive și solicitări mecanice intense care pot accelera procesele de degradare.

5.1 Elemente generale

Construcțiile și infrastructura joacă un rol important în dezvoltarea și creșterea economică a fiecărei țări. Industria petrolului este un sector care contribuie la creșterea PIB-ului României. Investițiile din acest sector se efectuează pe termen lung, atunci când se dorește

o creștere a capacității de producție sau stocare/depozitare, sunt necesare lucrări de reabilitare și construcții noi pentru modernizarea sau menținerea capacităților de stocare pentru produsele obținute în rafinării. Aceste investiții sunt corelate cu evoluția parametrilor de procesare a materiei prime din rafinărie și ajută la creșterea gradului de siguranță în exploatare. Comportarea în timp a construcțiilor din domeniul industriei petrolului este influențată de o gamă largă de factori, inclusiv mediul înconjurător, materialele folosite, proiectarea și întreținerea. O atenție constantă în managementul și monitorizarea acestor structuri este crucială pentru asigurarea siguranței și eficienței operațiunilor industriale.

5.2 Comportarea în timp a construcțiilor destinate industriei petrolului

Comportarea în timp a construcțiilor destinate industriei petrolului este legată de condițiile specifice în care aceste structuri operează. Aspecte esențiale legate de acest subiect sunt:

1. Factori de Întreținere și Durabilitate (coroziunea, oboseala materialelor)
2. Evaluarea Performanțelor Structurale (monitorizare, inspecții periodice)
3. Impactul mediului și deformări (alunecări de teren, deformări termice,
4. Proiectare și Materiale
5. Reglementări și Norme
6. Provocări Specifice (degradarea materialelor, fenomene naturale)

Construcțiile de rezervoare noi sunt proiectate cu manta dubla, rezervor hidrostatic vertical în construcție sudată. Mantaua dubla are rol de cuva de retenție. Rezervoarele vor fi construite cu toate măsurile necesare pentru funcționarea în condiții de siguranță și sunt prevăzute cu toate facilitățile necesare pentru integrarea lor în fluxul tehnologic al unei rafinării pentru funcționarea normală sau în condiții de urgență, incluzând conductele de proces și de utilități, echipamente de automatizare, sisteme de siguranță, utilități și intervenție în caz de incendiu, sisteme de monitorizare. Conductele noi au rolul de a reduce pierderile.

Betonul utilizat la aceste construcții trebuie să fie rezistent la acțiunea agresivă a hidrocarburilor/petrolului în diferitele stadii de descompunere care atacă compoziția betonului.

Betonul rezultă în urma amestecului realizat între următoarele materiale: ciment, agregate de diferite dimensiuni și apă. În anumite situații se pot adăuga aditivi și/sau adaosuri pentru a aduce îmbunătățiri amestecului omogen numit beton prin hidratarea cementului.

Sunt admise urmatoarele defecte privind aspectul și integritatea elementelor de beton armat:

- defectele de suprafață (pori, segregari superficiale sau denivelari locale)
- defectele din stratul de acoperire a armăturilor (loviri locale, segregări),

Durabilitatea betonului este influențată de gradul de expunere și de conținutul de ciment. În contextul exploatarei, construcțiile din beton armat sunt supuse acțiunilor substanțelor lichide, gazelor și substanțelor solide. Substanțele alcaline au un impact negativ asupra durabilității betonului, de aceea se recomanda utilizarea unui beton cu o densitate mai mare, acesta va rezista mult mai bine efectelor penetrării umezelii. Să nu uităm faptul că betonul este un material poros, care absoarbe repede umiditatea din aer, de aceea inclusive elementele componente (barele de armare din beton) pot fi supuse la randul lor, unei posibile coroziuni dacă nu sunt luate măsuri de siguranță.



Fig 5.1 Stâlp estacadă cu o console cedată
explulzat



Fig 5.2. Stâlp cu beton de acoperire



Fig. 5.3 Protecție tabla corodată (sursă autor)

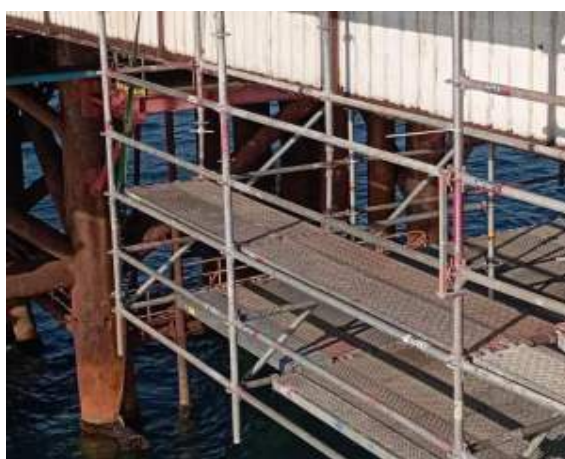


Fig. 5.4 Structură metalică platforma marină Marea Neagra (sursă autor)



Fig.5.5. Structura metalica platforma marina Marea Neagra (sursă autor)



Fig 5.6, 5.7 stare tehnică precară a conductelor (sursă autor)



Fig 5.8 stare tehnică precară a conductelor (sursă autor)



Fig 5.9 Recondiționarea conductelor (sursă autor)

Suprafețele de beton în contact direct cu pământul sau aerul se vopsesc cu slam de ciment - aracet. Compoziția va fi 96 procente ciment și 4 procente aracet, iar consistența va fi plastic fluid.

Stratul suport de regulă este din beton de clasa minim C20/25, vechi de cel puțin 14 zile, neted, curat fără pete de grăsime sau ulei, fără părți neaderente. Zonele segregate din beton se vor repara în prealabil și se sigilează cu mortar de ciment.

Amestecarea se realizează cu un mixer electric, cu turatie mică până la obținerea unei consistente plastic fluide.

Rezervorul

După validarea probei hidraulice, rezervorul se va pregăti pentru aplicarea protecției anticorozive la exterior și interior.

1. Exteriorul rezervorului

La exterior se vor proteja următoarele elemente ale rezervorului:

- mantaua;
- învelitoarea capacului;
- racordurile și gurile de vizitare.

Pentru realizarea protecției anticorozive la exteriorul rezervorului se va avea în vedere categoria de corozivitate (conform SR EN ISO 12944): C5-M.

Sistemul de vopsire al rezervorului consta în:

- sablare – Sa 2 1/2;
- 2 straturi (de 60 μm fiecare) – Grund epoxidic cu fosfat de zinc (strat final uscat 120 μm);
- 2 straturi email epoxidic (grosime strat uscat 60 μm). Grosime totală strat uscat – 240 μm.

După aplicarea protecției anticorozive la exteriorul îmbinării fund –manta, aceasta se va proteja suplimentar (la exterior) prin aplicarea unui material de protecție tip mastic, hidrofug, cu rezistență la UV, respectiv la diferențele de temperatură. Masticul va fi compatibil cu protecția anticorozivă aplicată.

2. Interior rezervor

La interior se vor proteja următoarele elemente ale rezervorului:

- Fund rezervor;
- Fund rezervor + 1.5m din manta (la baza rezervorului);
- Sablare – Sa 2 1/2;

- 2 straturi de grund (de 60 μm fiecare) – grund epoxidic (strat final uscat 120 μm) – grundul trebuie sa fie rezistent la produsul depozitat;

Vopsea epoxidica (grosime 100 μm) – calitatea vopselii sa fie in concordanta cu cea a grundului si sa prezinte rezistenta la produsul depozitat. Grosime totala strat uscat – 220 μm .

- Capac:

- Sablare capac + 1.5m din manta (la partea superioara, interioara a rezervorului) - (se includ si elementele de constructie metalica de rezistenta a capacului)

- Sablare – Sa 2 1/2

- 2 straturi de grund (de 60 μm fiecare) – grund epoxidic (strat final uscat 120 μm) – grundul trebuie sa fie rezistent la produsul depozitat

- Vopsea epoxidica (in strat gros 100 μm) – calitatea vopselii trebuie sa fie in concordanta cu cea a grundului si sa prezinte rezistenta la produsul depozitat. Grosime totala strat uscat – 220 μm

Stalpul central se protejeaza anticoroziv (inclusiv la baza interior);

3. Construcția metalică de acces și deservire

Construcția metalică de acces și deservire (scara elicoidală, platforma de acces pe capac, platforma de deservire gura de lumină) se va grundui și vopsi după cum urmează:

- Sablare: grad Sa 2 1/2 conform SR EN ISO 8501-1;

- Degresare;

- 1 strat grund G 3282 (grosime 80 μm);

- 2 straturi vopsea culori convenționale, grosime 50 μm /strat.

CONSTRUCȚII METALICE

Construcții metalice (suporturi conducte, console etc) structuri metalice susținere (afară de cele de pe manta)

Mana curenta balustrade, grinzi metalice sustinere podete si scari, afara de cele verticale.

Vopseaua trebuie sa respecte prevederile RAL.

5.3 Protecția construcțiilor metalice

La execuția și montajul confecției metalice, vor fi respectate prevederile din GP 121-2013 “Ghid de proiectare și execuție privind protecția împotriva coroziunii”.

Protecția împotriva coroziunii se stabilește în funcție de clasa de agresivitate a mediului și de modul de acțiune al agentului corosiv. Alegerea soluției este condiționată și de modul în care mediul corosiv acționează asupra materialului: imersarea continuă în soluții corozive; stropiri cu soluții corozive; vapori, aerosoli, picături cu caracter coroziv, antrenate de aer.

Înainte de aplicarea fiecărui strat de vopsea, se va verifica dacă sunt îndeplinite condițiile de aplicare specificate în documentația tehnică a produsului, temperatura obiectului, punctul de rouă și umiditatea.

Pentru aplicarea straturilor de protecție, există doi factorii importanți ce trebuie avuți în vedere, și anume: starea substratului și temperatura suprafeței.

Din punct de vedere al condițiilor termice și higrometrice în timpul procedurilor de aplicare nu se vor efectua proceduri de aplicare dacă:

- Temperatura efectivă a aerului este sub limita inferioară de uscare sau tratare a stratului de acoperire
- Sunt condiții iminente de ceață, ploaie sau ninsoare
- Dacă suprafața ce urmează a fi vopsită este umedă din cauza condensului sau dacă se produce condens în timpul perioadei inițiale de uscare a vopselei.

Alegerea tehnicilor de aplicare utilizate se efectuează conform cerințelor proiectului, geometria pieselor de lucru, durabilitatea necesară a sistemului de protecție anticorozivă etc.

Prin proiectul de cercetare mi propun a studia și calitatea unor materiale adecvate realizării acestor construcții, cu referire la betoanele speciale, care prin compoziția lor să poată asigura o durabilitate mai mare acestei categorii.

Protecția anticorozivă la beton și metal a apărut în urma procesului de coroziune. Coroziunea este un proces de alterare datorat factorilor externi precum umezeala, oxigenul, etc. Aceasta atacă stratul superficial de la suprafața estacadelor/fundațiilor/stâlpilor. Protecția anticorozivă reprezintă totalitatea măsurilor care se iau pentru a proteja suprafața betonului care intră în contact cu factorii agresivi.

Pregătirea unui beton de calitate constă în folosirea unor materiale conforme și de calitate, dar și acordarea atenției asupra cantităților. Utilizarea unui beton de calitate potrivită reprezintă cea mai simplă metodă de protecție.

Betonul poate fi protejat împotriva acestei influențe dăunătoare acoperindu-l, în primele 24 de ore după turnare, cu o peliculă.

În cazul în care betonul este afectat trebuie să intervenim cu măsuri de protecție.

Vulnerabilitatea construcțiilor reprezintă un factor important care influențează direct capacitatea structurilor de a rezista diferitelor tipuri de solicitări, factor detaliat în CAPITOLUL 6 intitulat “Vulnerabilitatea și criterii de apreciere a gradului de vulnerabilitate a construcțiilor aferente industriei petrolului”

6.1. Elemente generale

Industria petrolului joacă un rol esențial în economia globală, dar construcțiile aferente acesteia sunt expuse la diverse riscuri care pot afecta atât siguranța personalului, cât și integritatea infrastructurii. Vulnerabilitatea acestor construcții se referă la capacitatea lor de a rezista la amenințări externe, cum ar fi dezastrele naturale, atacurile teroriste sau accidentele industriale. În acest referat, vom explora conceptul de vulnerabilitate în contextul construcțiilor din industria petrolului și criteriile utilizate pentru a evalua gradul de vulnerabilitate al acestora.

6.2. Definirea vulnerabilității

Vulnerabilitatea se referă la gradul în care un sistem sau o structură este susceptibil la daune în urma unor evenimente adverse. În cazul construcțiilor din industria petrolului, vulnerabilitatea poate fi influențată de mai mulți factori, inclusiv:

- Tipul de construcție: Construcțiile din oțel, beton sau alte materiale
- Locația geografică: Zonele expuse la cutremure, inundații sau furtuni sunt mai vulnerabile.
- Proiectarea și întreținerea: O proiectare adecvată și o întreținere regulată pot reduce semnificativ vulnerabilitatea.

6.3. Criterii de apreciere a gradului de vulnerabilitate

Pentru a evalua vulnerabilitatea construcțiilor din industria petrolului, se pot utiliza următoarele criterii:

- Analiza riscurilor: Identificarea și evaluarea riscurilor potențiale, inclusiv cele naturale și antropice.
- Evaluarea structurii: Examinarea stării fizice a construcției, inclusiv a materialelor utilizate și a tehnicilor de construcție.
- Studii de impact: Analiza impactului potențial al diferitelor amenințări asupra funcționării și siguranței construcției.

- Norme și reglementări: Respectarea standardelor de construcție și a reglementărilor de siguranță specifice industriei petrolului.

6.4. Exemple de vulnerabilitate în industria petrolului

- Dezastre naturale: Inundațiile și cutremurele pot provoca daune semnificative instalațiilor petroliere, cum ar fi rafinăriile și platformele de foraj.
- Accidente industriale: Exploziile și scurgerile de petrol pot avea consecințe devastatoare, atât pentru mediu, cât și pentru comunitățile din jur.
- Atacuri teroriste: Infrastructura critică din industria petrolului poate fi o țintă pentru atacuri, ceea ce subliniază necesitatea unor măsuri de securitate adecvate.

Vulnerabilitatea construcțiilor din industria petrolului este un aspect crucial care necesită o atenție deosebită. Evaluarea corectă a gradului de vulnerabilitate, prin utilizarea criteriilor menționate, poate contribui la îmbunătățirea siguranței și la protejarea resurselor esențiale. Este esențial ca industria să investească în tehnologii avansate și în strategii de management al riscurilor pentru a minimiza impactul amenințărilor și a asigura o operare sigură și eficientă.

6.5. Construcții aferente industriei petrolului și vulnerabilitatea acestora

Toate aceste industrii de la extracția petrolului la rafinare, stocare, transport prin conducte ridică probleme deosebite care, în principal vizează factorii care asigură durabilitatea, rezistența mecanică, siguranța, protecția la foc, etc.

În acest context construcțiile din industria petrolieră fie de extracție, rafinare sau transport realizate din metal sau beton trebuie să răspundă unor cerințe și exigențe. Evenimentele produse în istoricul construcțiilor demonstrează importanța utilizării unor materiale și tehnologii avansate, compatibile condițiilor de exploatare.

Într-un moment în care problemele legate de energie și problemele de sustenabilitate sunt prioritare pe agendele internaționale, rolul betonului este primordială. Versatilitatea și disponibilitatea globală a betonului îl fac prima alegere din lume în multe aplicații, atât onshore, cât și offshore, supraterane și subterane. Este, de asemenea, unic, fiind singurul material anorganic, modelabil, care poate fi utilizat pe o scară inginerescă semnificativă. Cu toate acestea, pentru ca betonul și alți derivați de ciment să fie utilizați în continuare, trebuie să dezvoltăm utilizarea materialelor active hidraulic alternative realizate cu sau fără ciment

Portland simplu, impactul utilizării agregatelor secundare, a proprietăților tehnice, a problemelor de durabilitate.

În ultima perioadă cantitatea de contaminare cu petrol a solului și a mediului înconjurător a crescut continuu și în prezent constituie o fracțiune semnificativă a materialelor reziduale din mediu.

Contaminanții din agregate sau constituenți din beton nu afectează numai aspectul betonului în ceea ce privește culoarea și putrezirea, ci și rezistența, durabilitatea, abraziunea, etanșeitatea la apă, stabilitatea volumului, rezistența la îngheț și dezgheț și rezistența la degivrarea substanțelor chimice.

Efectul țițeiului asupra anumitor proprietăți tehnice ale betonului într-o zonă contaminată cu țiței cercetată de unii autori a evidențiat reducerea rezistenței la compresiune cu aproximativ 11%, reducerea rezistenței la rupere-la tracțiune a betonului la îmbibarea cu țiței.

Deteriorarea și fisurarea betonului în mediul marin este mai severă decât în orice alt mediu terestru, prin urmare s-a observat că deteriorarea are loc ca urmare a unor factori precum caracteristicile fizice și chimice ale compusului de reparare, perioadele inițiale de întărire, condițiile de mediu, printre alți factori, în lucrarea sa privind unele proprietăți ale țițeiului, betonul îmbibat expus la temperatura ambiantă a observat variații ale proprietăților mecanice în timp.

Cu toate acestea, studiile efectuate au arătat că factorii care afectează în mod semnificativ proprietățile betonului includ condițiile de întărire înainte de expunere, starea de umiditate a betonului în momentul expunerii, temperatura de depozitare a țițeiului, precum și tipul de ciment. Apariția deteriorării betonului și a fisurilor ca urmare a scurgerii de țiței a rămas o zonă verde în literatura de specialitate.

6.6 Metodologie de cercetare efectuată

Cercetările s-au concentrat pe contaminarea artificială a probelor de beton constituite în termeni de agregat fin în procente diferite și probă de apă contaminată cu țiței și supunerea acestor probe atunci când sunt constituite ca concrete pentru investigarea efectului contaminărilor asupra proprietăților betonului, atât în stare proaspătă, cât și în stare întărită, care modelează de fapt multe din situațiile apărute din cauza defecțiunii instalației de petrol, deversării de țiței sau vandalism, deoarece majoritatea materialelor de construcție sau a componentelor din beton sunt extrase din corpurile fluviale contaminate sau apa cea mai

contaminată este folosită pentru construcție.

Hidrocarburile nu reacționează chimic cu betonul de înaltă rezistență pentru a-și modifica proprietățile fizice. Probele de testare a betonului au prezentat modificări minore ale proprietăților datorită efectelor hidrocarburilor sub presiune asupra umidității interne din beton. Apa de mare sub presiune nu a avut niciun efect negativ asupra proprietăților probelor de beton. Proprietățile studiate au fost rezistența la compresiune, viteza de fluaj, durata de oboseală și permeabilitatea, deoarece ar putea afecta proiectarea unei structuri de stocare / producție a petrolului bazată pe gravitație în Marea Nordului.

Structurile din beton precomprimat, bazate pe gravitație, pentru aplicații de depozitare a producției de petrol sunt proiectate, construite și instalate în Marea Nordului. Efectele hidrocarburilor asupra mediului asupra proprietăților betonului pentru această aplicație relativ nouă nu sunt bine cunoscute.

Pe scurt, rezistența potențială finală a betonului este obținută printr-un raport scăzut apă- ciment în amestecul inițial, apă maximă disponibilă în timpul etapei de întărire și apă liberă minimă în momentul testului. Inundarea hidrocarburilor în timpul etapei de întărire ar putea modifica rezistența și proprietățile conexe ale betonului.

Rezervoarele în industria petrolului pot fi executate din beton sau metal. Acestea se utilizează pentru stocarea produselor petroliere, a uleiurilor fapt pentru care trebuie să aibă o impermeabilitate ridicată. După cum se cunoaște în cursul operațiilor de umplere, golire, se produce evaporarea hidrocarburilor. Evaporarea se produce chiar și prin pereții rezervoarelor. Practica arată ca aceste pierderi sunt în mod normal 5% din cantitatea înmagazinată. Un rezervor pentru stocarea hidrocarburilor trebuie să aibă 2 calități: etanșitate ridicată și înmagazinarea produselor să asigure o suprapresiune de 0,2 ats. Pentru a elimina pierderile prin evaporatie. Dacă pentru produsele grele se poate realiza o impermeabilitate bună numai prin structura betonului completată cu o protecție superficială a acestuia la produse ușoare sunt necesare măsuri speciale. Produsele petroliere grele ridică o altă problemă legată de nevoia încălzirii în timpul umplerii sau a golirii iar aceasta încălzire produce eforturi importante în pereți și necesită izolații termice care să atenueze efectul încălzirii asupra materialului constitutiv.

Cercetările efectuate au condus la materiale noi bazate pe produși poliuretani.

În societatea actuală, se utilizează tot mai mult construcțiile metalice. Metalul poate fi considerat unul din materialele versatile cu rezistențe variate, permițând o mare varietate de produse și aplicații. Cu toate acestea, toate piesele metalice sunt susceptibile la un anumit grad de deteriorare (coroziune). Prin urmare, este important ca acestea să fie tratate corect pentru

a se asigura că durabilitatea lor este compatibilă cu funcția lor intenționată. Metalele se corodează în timp din cauza reacțiilor chimice care apar între metal și mediul înconjurător. Această deteriorare cauzează în mod normal modificări vizuale și poate avea, de asemenea, un efect negativ asupra rezistenței generale a componentelor sau construcției în ansamblu. Un exemplu de coroziune cea mai frecventă este oxidul de fier (rugină), care apare în mod normal ca urmare a reacției chimice dintre fierul și oxigenul din aer. Coroziunea poate apărea cu propagare rapidă sau lentă în funcție de calitatea și tratamentul metalului, de modul în care este acoperit și de condițiile de mediu în care este plasat.



Fig 6.1

Testele de rezistență la coroziune ale metalelor sunt teste care evidențiază zonele vulnerabile de unde se poate iniția coroziunea și cum poate fi evaluată rezistența lor la coroziune.



Fig 6.2 detaliu coroziune

Există mai multe modalități de protecție împotriva coroziunii. Cea mai comună dintre acestea este aplicarea unui strat suplimentar care protejează metalul de expunerea la mediu. Acest lucru se face în mod normal prin vopsirea sau acoperirea dispozitivului, de exemplu folosind zinc sau cadmiu. O altă metodă comună utilizată în mod normal în aliajele de aluminiu este anodizarea. Acest tratament de suprafață conferă metalului un strat de suprafață mai dur, făcându-l mult mai rezistent la intemperii și coroziune. Chiar și cu această protecție suplimentară, se recomandă inspecții periodice ale metalelor pentru a vă asigura că problemele sunt identificate într-un stadiu incipient.



Fig 6.3, 6.4 Intrados capac rezervor



Fig 6.10 Construcțiile din metal sunt supuse degradării prin coroziune.

6.7. Clasificarea tipurilor de coroziune după aspectul distribuției atacului

Pentru aprecierea rezistenței la coroziune a metalelor și aliajelor, pe lângă viteza de coroziune este importantă și distribuția zonelor de atac pe suprafața sau în masa metalului. Astfel, dacă o cantitate mică de metal este distrusă pe o porțiune mică, poate scoate din funcțiune o piesă sau un utilaj. Dacă aceeași cantitate de metal distrus este uniform repartizată pe suprafața piesei, aceasta nu va fi afectată timp îndelungat.



Fig 6.10

În funcție de distribuția atacului există câteva zeci de tipuri de coroziune care pot fi grupate în două categorii: coroziunea uniformă și coroziunea localizată.

Coroziunea uniformă

Acest tip de coroziune cuprinde cazul în care distrugerea metalului este repartizată pe toată suprafața piesei sau utilajului. Viteza cu care metalul este corodat, numită în acest caz viteză de pătrundere, depinde de natura metalului, de mediul în care se găsește, de natura și aderența produșilor de coroziune.

Coroziunea uniformă este cel mai puțin periculos tip de coroziune, întrucât prin măsurători făcute pe probe se poate prevedea comportarea utilajului respectiv.

Viteza coroziunii uniforme se exprimă prin viteza de penetrație (mm/an) sau prin pierderea de metal pe unitatea de suprafață și în unitatea de timp (g/m²h). Pentru oțelul obișnuit, de exemplu, în apă de mare, viteza de coroziune este de 0,125 mm/an, ceea ce înseamnă 25 mg/dm² zi. La specificarea vitezelor de coroziune trebuie dat și timpul la care se referă, deoarece, cu mici excepții, viteza de coroziune este mare la început, scăzând apoi în timp.

Scăderea în timp a vitezei de coroziune se datorează formării produșilor de coroziune pe suprafața metalului.



Fig 6.11 Coroziune uniformă – rezervor

Cazuri tipice de coroziune uniformă sunt coroziunea oțelului în atmosferă sau coroziunea metalelor în medii puternic agresive (fier în HCl, Al în baze tari, Cu în HNO₃).

Fiind tipul de coroziune cel mai puțin periculos, de multe ori se iau măsuri pentru a transforma alte tipuri de coroziune în coroziune uniformă. Una dintre aceste metode aplicate constă în inserția incluziunilor catodice în aliaje.

Coroziunea localizată

Coroziunea localizată se caracterizează prin marea varietate a formelor în care se manifestă. Aceste forme de manifestare pot fi împărțite în două categorii: (i) coroziune localizată concentrată și (ii) coroziune localizată intercristalină.

Coroziunea localizată concentrată poate fi prezentă pe suprafețe foarte mici (coroziune în puncte), pe suprafețe de ordinul mm² (coroziune în pete) și pe suprafețe mai mari (coroziune în zone).



Fig 6.12 Detaliu rezervor la interior



Fig 6.13



Fig 6.14

Coroziunea în puncte (pitting) sau pete este caracteristică construcțiilor metalice pasivate. Din diferite motive stratul protector de pe suprafața metalului poate fi străpuns, astfel încât în

locurile de străpungere se produce coroziunea. Străpungerea stratului protector se poate datora unor cauze fizice sau prezenței în mediul înconjurător a unor ioni, cum ar fi Cl⁻. Un astfel de tip de coroziune este întâlnit la fier, crom sau oțel inox în prezența ionilor de Cl⁻. În punctele în care pelicula protectoare este străpunsă apar mici cratere profunde.

Acest tip de coroziune devine cu timpul foarte periculos, cantități mici de metal distrus duc la scoaterea din funcțiune a unor utilaje întregi. De asemenea acoperirea acestor porțiuni cu produși de coroziune – fenomen des întâlnit - face dificilă aprecierea gradului de corodare a metalului.

Coroziunea în zone se referă în special la cazurile în care sunt create condiții pentru funcționarea unor macroelemente, de exemplu atunci când unele componente sunt realizate din alte materiale, din table diferite. Metalul cu proprietăți inferioare va fi corodat în vecinătatea contactului cu metalul mai bun. Acest tip de coroziune este mai puțin periculos deoarece este vizibil și poate fi anticipat.

Coroziunea localizată intercristalină cuprinde cazurile de distrugere la interior, în materialul constitutiv, localizate în masa metalului sau aliajului.

Coroziunea intercristalină selectivă se referă la distrugerea metalului la limita dintre cristale. În funcție de coroziunea preferențială a unui component sau a unei structuri, vorbim de coroziune selectivă de component, respectiv coroziune selectivă de structură.

Coroziunea selectivă de structură se regăsește uneori la oțelurile slab aliate.

Coroziunea intercristalină sub tensiune (fisurare corozivă) este întâlnită în cazul construcțiilor care lucrează în mediu agresiv și sunt supuse unor solicitări mecanice variabile. La metalele pure nu se întâlnește acest tip de coroziune.

Protecția împotriva coroziunii

Pe baza modului de acțiune metodele de protecție împotriva coroziunii se clasifică în următoarele categorii:

- Protecția prin tratarea mediului pentru a-i micșora agresivitatea
- Protecția prin mărirea rezistenței la coroziune a metalelor și aliajelor
- Protecția prin metode electrochimice
- Protecția prin acoperirea suprafețelor

Industria petrolului se bazează pe o varietate de construcții specializate pentru a extrage, transporta și stoca petrolul și produsele petroliere. Cele mai importante dintre aceste construcții

sunt rezervoarele, conductele și platformele marine, realizate predominant din metal sau beton datorită rezistenței și durabilității acestor materiale.

Rezervoarele sunt structuri esențiale pentru stocarea petrolului brut și a produselor petroliere rafinate. Acestea pot fi clasificate în funcție de utilizare, cum ar fi rezervoarele de stocare pentru perioade lungi sau cele temporare pentru depozitarea pe termen scurt.

În general, rezervoarele sunt fabricate din metal, de obicei oțel, datorită capacității acestuia de a rezista la presiuni interne mari și la coroziune, mai ales când sunt tratate cu diverse acoperiri protectoare. În anumite cazuri, pentru o mai mare durabilitate și izolare, se folosesc și rezervoare din beton armat, mai ales pentru depozitarea produselor în subteran sau în zone cu condiții extreme.

Conductele joacă un rol vital în transportul petrolului și al gazelor naturale de la locurile de extracție la rafinării și ulterior la punctele de distribuție. Acestea sunt realizate predominant din metal, în special oțel, datorită rezistenței sale la presiune și capacității de a transporta fluide la temperaturi variate și pe distanțe mari. Conductele moderne sunt adesea acoperite cu straturi de protecție pentru a preveni coroziunea și sunt echipate cu sisteme de monitorizare pentru a detecta eventualele scurgeri sau avarii. În unele cazuri, pentru aplicații specifice, se pot folosi și conducte din beton, mai ales în medii subacvatice sau în zone cu soluri instabile.

Platformele marine sunt construcții complexe utilizate pentru extracția petrolului și gazelor naturale din zăcămintele submarine. Acestea sunt realizate fie din structuri metalice, fie din beton, în funcție de adâncimea apei și condițiile de mediu. Platformele din metal, de obicei realizate din oțel, sunt preferate pentru adâncimi mari datorită flexibilității și rezistenței lor structurale. Platformele din beton sunt frecvent utilizate în ape mai puțin adânci și în zone cu condiții marine mai dure, deoarece oferă o stabilitate mai mare și sunt mai rezistente la coroziune marină. Aceste structuri sunt proiectate să reziste la forțe naturale extreme, cum ar fi furtuni, valuri și cutremure, și sunt dotate cu echipamente sofisticate pentru foraj, extracție și procesare a hidrocarburilor.

În concluzie, rezervoarele, conductele și platformele marine sunt esențiale pentru funcționarea eficientă a industriei petrolului, iar alegerea materialelor precum metalul și betonul pentru construcția acestora asigură durabilitatea și eficiența necesară pentru operarea în condiții variate și adesea extreme. Aceste structuri sunt concepute pentru a maximiza siguranța și fiabilitatea în exploatarea resurselor petroliere, contribuind la furnizarea continuă de energie la nivel global.



Fig 6.17 Interior rezervor studiu de caz 2



Fig 6.19-6.21 Conducte Inainte de reabilitare și după

CAPITOLUL 7 este dedicat studiilor de caz.

7.1 Studiul de caz 1 – structură beton armat

În urma controlului vizual efectuat structurii din beton armat, s-au constatat următoarele:

- stâlpii din beton armat (10 buc.) prezintă fisuri și crapături, în special în lungul muchiilor, porțiuni umflate, neaderente și expulzate, cu armatura corodată expusă mediului;
- grinzile longitudinale din beton armat, desfășurate pe două niveluri de înălțime (+3.60m și +5.80m), prezintă fisuri și crapături, în special în lungul muchiilor, porțiuni sparte și expulzate, cu armatura corodată expusă mediului;
- se observă porțiuni de beton crapate și expulzate și în zona îmbinărilor stâlpilor și grinzilor;
- protecția anticorozivă a betonului este degradată în totalitate;
- există riscul producerii de accidente;



Fig 7.1

Propuneri:

- îndepărtarea betonului neaderent prin hidrosablare și buciardare beton degradat
- curățare prin desprăfuire, pasivarea și protejarea anticorozivă a tuturor armăturilor expuse mediului;
- refacerea acoperirii cu beton a armăturilor stâlpilor, grinzilor și îmbinărilor acestora;
- protejarea anticorozivă a betonului.

Materiale folosite

- Amorsă – produs monocomponent pe bază de ciment cu conținut de silica fume, modificat polimeric, utilizat ca strat de acoperire cu rol de punte de aderență și de protecție anticorozivă pentru armături.
- Mortar de reparații monocomponent, modificat polimeric, armat cu fibre sintetice, cu contracții reduse, având în componență inhibitori de coroziune
- Mortar modificat sintetic, pe baza de ciment, aditivat, folosit ca masa de spaclu, pentru umplere goluri, reparatii minore
- Rasină acrilică monocomponentă, având în compoziție solvenți, folosită pentru protecția betonului împotriva carbonatării și a infiltrațiilor de apă, realizând un efect de auto-curățare al suprafeței tratate. Materialul nu influențează textura caracteristică a betonului.

Exemplu 2

În urma controlului vizual efectuat structurii grinzilor din beton armat, s-au constatat următoarele:

- protecția antifoc (realizată din plăci din beton (C12/15) și armături a grinzilor metalice aflate între două axe ale instalației, prezintă beton crăpat, în special la intradosul grinzilor, local expulzat, cu profile metalice expuse și corodate, fiind favorizate hidroinfiltrațiile și accelerarea procesului de degradare a acestora.



Fig 7.2

Propuneri:

- îndepărtarea protecției antifoc degradate din zone identificate

- curatarea profilelor metalice, inspectarea acestora, verificarea sudurilor si imbinarilor cu stalpii din beton armat si cu grinzile longitudinale;
- pasivarea si protejarea anticoroziva a tuturor elementelor metalice;
- protejarea grinzilor prin aplicarea unui sistem de protecție antifoc cu vopsea termopsumanta rezistenta la foc de hidrocarburi, grosimea stratului va asigura o rezistență la foc de 120 minute.

Materiale folosite

- Grund epoxydic anticoroziv care are o aderență buna la metal si oțel, prezinta rezistenta buna la apă și coroziune
- Vopsea termosumanta conceputa pentru a rezista celor mai severe pericole de hidrocarburi, atât în medii onshore, cât și în offshore din industria petrolului.
- Plasă din fibră de carbon
- Strat sigilant din vopsea poliuretanică

7.2 Studiu de caz 2. Structură rezervor metalic

Prezentul studiu de caz se referă la soluția de execuție a unui rezervor nou cu capacitatea geometrică de 12720 mc pentru stocare component motorină și motorină Euro 5. Rezervorul este destinat depozitării de component motorină și motorină Euro 5.

Caracteristici tehnice principale ale rezervorului

Din punct de vedere constructiv rezervorul este un rezervor hidrostatic, cilindric vertical, în construcție sudată, de tip tablă cu tablă, cu capac fix sferic autoportant.

CARACTERISTICI CONSTRUCTIVE ȘI TEHNICE		
Tip rezervor		cilindric vertical, cu capac sferic fix autoportant, construcție sudată
Dimensiuni: diametrul interior V1 x înălțime manta		32,408 x 15,43
Capacitate geometrică		12720 mc
Capacitate utilă		11700 mc
Presiune maximă mm col apă	admisibilă de lucru	hidrostatică
	admisibilă de calcul	suprapresiune 65 / -40
	Minimă	-25

Temperatura mediului ambiant ($^{\circ}\text{C}$)	Maximă	+40
Temperatura admisibilă de lucru ($^{\circ}\text{C}$)	Minimă	-5
	Maximă	+40

Condiții climatice rafinărie

Rafinăria este amplasată la Nord de orașul Constanța, în apropierea orasului Năvodari, la o distanță de aproximativ 100 m de malul Mării Negre. Clima zonei Navodari, în întregul și ansamblul ei este influențată de prezența bazinului Mării Negre. Clima zonei Năvodari se caracterizează printr-un regim termic moderat. În zilele de vară, stratificarea termică verticală a aerului este mai stabilă și are ca rezultat formarea curenților verticali descendenți care împiedică formarea norilor, deci nebulozitatea este mai redusă, iar durata expunerii la temperaturi ridicate este mai mare decât în restul țării.

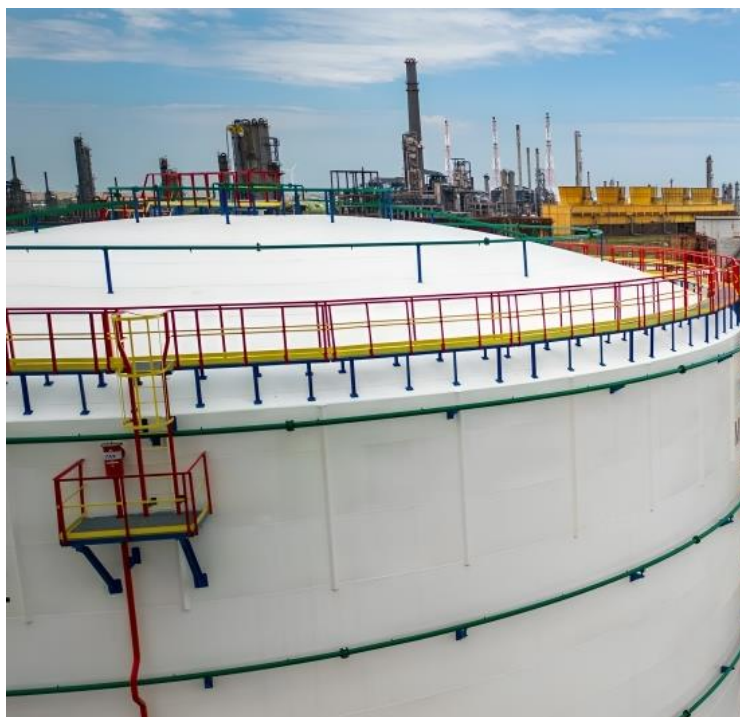


Fig. 7.1. Rezervor calculat

În decursul timpului au fost înregistrate următoarele valori de umiditate ale aerului:
Umiditatea medie anuală 80%;

Se menționează că numărul zilelor cu umiditate de 80% este de 129 zile/an.

Precipitațiile au un caracter torențial în semestrul cald al anului și alternează cu perioadele lungi de secetă.

Valorile de presiune barometrică se încadrează în următorul domeniu: Medie multianuală: 1013.3 mbar

Datorită faptului că în zona Năvodari predomină timpul senin, precum și o frecvență relativ mare a invaziilor de aer tropical și continental, temperatura maximă zilnică a aerului depășește 25°C în peste 60 zile pe an.

Viteza vântului: 39 m/s.

Descriere constructivă

Rezervorul este folosit pentru depozitare component motorină și motorină Euro 5 va fi cu axa verticală, sudat tablă cu tablă. Fundul rezervorului va avea panta de scurgere (1,5%) dinspre centru spre margini. Mantaua va fi de formă cilindrică cu axa verticală și va fi compusă din 11 rânduri de virole. Capacul va fi sferic autoportant. Accesul pe capac se face de pe o platformă de acces și o cale de acces circulară la care se va ajunge prin intermediul unei scări elicoidale.

Date despre fundație

Rezervorul va fi susținut pe pat elastic în interiorul unui inel de beton nou. În jurul inelului de beton se va construi un trotuar nou prevăzut cu rigolă cu pantă racordată la canalizare.

Date despre fundul rezervorului

Fundul rezervorului va fi din tablă S355J2 cu grosimea de 12 mm pentru anular și S275J2 cu grosimea de 7 mm pentru elementele fundului. Sudurile se vor executa cap la cap pe eclise suport.

Dimensiuni și componență virole:

Numar virole: 11 buc

Dimensiuni virole: 16x1500x6000, 16x1500x4000, 16x1500x1863, 6x1500x5657

Materiale folosite: S355J2

Rezervorul va fi susținut pe pat elastic (cu panta de 1,5 % dinspre centru spre margini), în interiorul unui inel de beton nou. În jurul inelului de beton se va construi un trotuar nou prevăzut cu rigolă racordată la canalizare.

Patul elastic, inelul de beton, trotuarul și rigola de preluare ape pluviale se vor executa în baza documentației de construcții.

Pe toată durata execuției lucrărilor la fundul rezervorului se vor lua măsuri pentru a nu deteriora patul elastic.

Tablele din componenta fundului rezervorului se vor proteja anticoroziv pe partea în contact cu patul elastic prin aplicarea a doua straturi de citom în grosime totală de minim 250 μm . Se va întocmi o fișă tehnică.

Se va da o atenție deosebită îndepărtării nisipului sau a bitumului din zonele unde se va suda.

Modalitatea de executare a sudurilor fundului se va stabili de către Executant în baza procedurilor de sudare omologate și a procedurilor de lucru astfel încât deformațiile fundului după sudare să fie minime.

Modalitatea de executare a sudurilor mantalei se va stabili de către Fabricant în baza procedurilor de sudare omologate și a procedurilor de lucru astfel încât deformațiile mantalei după sudare să fie minime.

Pentru accesul la amenajările de pe capac rezervorului a fost prevăzut cu o scară elicoidală. Scara elicoidală se va monta la exteriorul rezervorului.

Pentru scara elicoidală se vor utiliza trepte prefabricate, cu ramă prevăzută cu găuri de prindere, zincate. Furnizorul va livra și elementele de prindere.

Rezervorul va fi prevăzut cu cinci generatoare de spumă. Accesul la generatoarele de spumă se realizează de pe capac prin intermediul unei căi de acces circulare, scărilor verticale atașate și platformelor proprii generatoarelor de spumă. Călea de acces circulară este prevăzută cu o balustradă de protecție.

Grătarele montate pe calea de acces circulară și pe platformele proprii generatoarelor de spumă vor fi tip fagure zincat, furnizorul va livra inclusiv elementele de fixare.

Verificare, abateri și examinare suduri

După terminarea montajului și înainte de efectuarea probei hidrostatice se fac, în mod obligatoriu, controlul dimensiunilor și al formei rezervorului, în baza planșelor corespunzătoare din proiectul de execuție.

Se vor verifica abaterile de la panta teoretică (1,5% de la centru către margine) și de la planeitate ale tablelor fundului rezervorului.

Pentru măsurarea abaterilor de la panta teoretică și de la forma dată a suprafeței se va împărți fundul rezervorului în 36 sectoare identice (cu 18 diametre echidistante).

Abaterile de formă ale tablelor fundului rezervorului se vor măsura obligatoriu cu topometrul.

Rezervorul va fi supus la proba de încercare hidraulică prin umplere cu apă până la cota + 15500. Toate racordurile vor fi blindate.

Proba încercare hidraulică se va efectua înainte de a fi realizate legăturile permanente de conducte la rezervor. Racordurile se vor suda pe rezervor înainte de efectuarea probei de încercare hidraulică.

Înainte de începerea probei de încercare hidraulică se vor lua măsuri pentru curățarea rezervorului, eliminarea oricăror resturi de material și alte corpuri și substanțe care au fost utilizate pe parcursul efectuării lucrărilor de fabricare.

Umplerea se va face de preferat cu apă potabilă, dar poate fi utilizată și apă din altă sursă cu condiția efectuării unor verificări ale calității acesteia. Nu se va utiliza apă acidă, cu conținut de impurități mecanice, contaminată cu uleiuri sau substanțe inflamabile, etc.

Proba de încercare hidraulică se va efectua în perioade în care temperatura exterioară nu scade sub 5 °C.

După terminarea probei de încercare hidraulică nu se vor mai executa asupra rezervorului lucrări cu sudură. Viteza maximă de umplere nu va depăși 450 mm/h pentru virolele inferioare ($V1, V2 = 3000$ mm), respectiv 300 mm/h pentru virolele superioare. Umplerea durează aproximativ 140 ore.

După umplerea completă rezervorul va fi menținut plin cu apă timp de minim 24 de ore, timp în care se va urmări pentru a se detecta orice por, scurgere sau deformare. Dacă, după menținerea apei la cota finală de umplere, în cele 24 de ore (minim) nu apar lăcrimări sau scurgeri pe manta, iar nivelul apei nu coboară, rezervorul se consideră că a corespuns probei de încercare hidraulică.

Nu se vor efectua intervenții asupra rezervorului cât timp acesta este plin cu apă. Dacă la proba de încercare hidraulică se constată apariția de deformări, crăpături sau alte defecte, acesta se golește, se fac reparațiile corespunzătoare, se verifică sudurile cu lichide penetrante și se repetă proba de încercare hidraulică. Toate defectele depistate (pori, fisuri, etc.) vor fi remediate și zonele remediate vor fi supuse din nou încercărilor de etanșeitate. Defectele considerate neacceptabile din punct de vedere al abaterilor de formă se vor îndepărta și repara după un procedeu aprobat de beneficiar și proiectant.

Este interzisă executarea oricăror lucrări în vederea înlăturării unor neetanșeități în timp ce rezervorul se află plin cu apă.

Rezervor

După efectuarea probei hidraulice rezervorul se va pregăti pentru aplicarea protecției la interior și exterior.

a) Exterior rezervor

La exterior se vor proteja următoarele elemente ale rezervorului:

- manta;
- învelitoare capac;
- racorduri și guri de vizita.

b) Interior rezervor

La interior se vor proteja următoarele elemente ale rezervorului:

- fund rezervor (anterior montajului, tablele din componența fundului se vor citoma pe fața dinspre patul elastic);
- 1500 mm din partea inferioară a mantalei;
- 1500 mm din partea superioară a mantalei;
- structura de susținere capac;
- învelitoare capac.

c) Construcția metalică de acces și deservire

Construcția metalică de acces și deservire (scara elicoidală, platforma de acces pe capac, platforma de deservire gura de lumină, calea de acces circulara si platformele pentru accesul la generatoarele de spumă) se va grundui și vopsi după cum urmează:

- Sablare: grad Sa 2 $\frac{1}{2}$ conform SR EN ISO 8501-1;
- Degresare;
- 1 strat grund (grosime 80 μm);

7.3. Studiu de caz 3 - Reabilitare capac rezervor dom

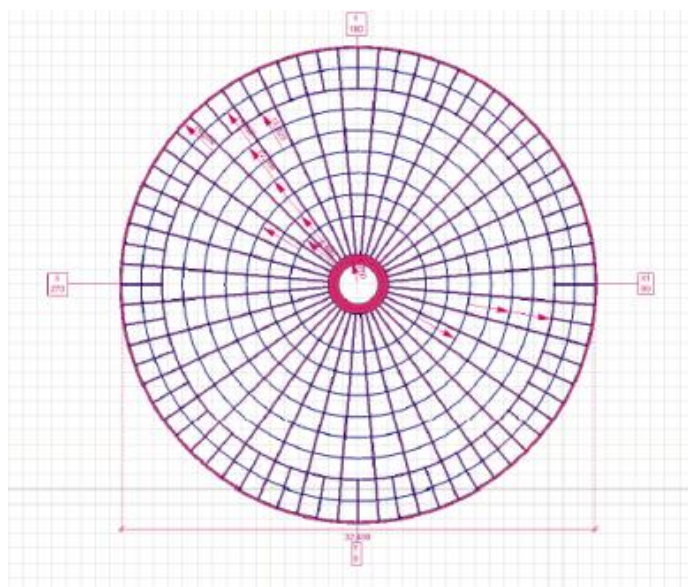


Fig. 7.4. Vedere de sus capac rezervor

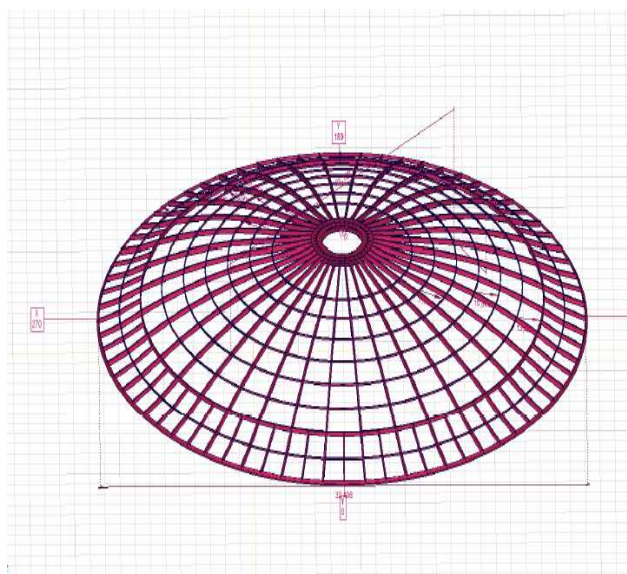


Fig. 7.5. Perspectivă capac

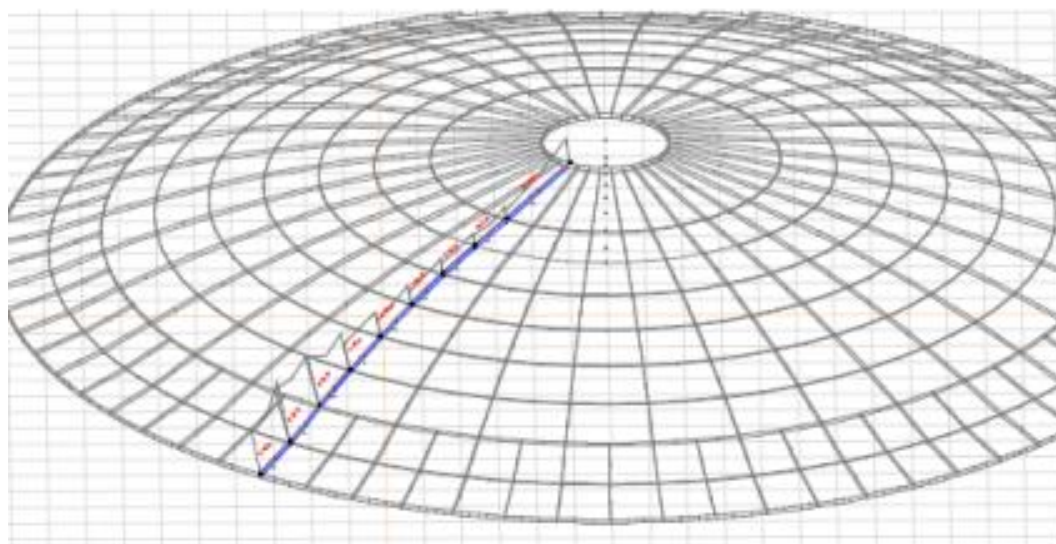


Fig. 7.6. Căprior principal

Efortul max la care este supus elemental (căpriorul principal) este de 1224,30daN/cmp., comparat cu rezistența de curgere (f_y) a oțelului S355 (3550daN/cmp) rezulta, căpriorul principal preia eficient încărările.

Se analizeaza elementele structurale 118,121,122,125,126.

Din calcule rezulta ca eficienta elementelor metalice este satisfacatoare (exprimata in procente).

NOTA: Cu cat valoare procentuala este mai mare cu atat eficienta elementelor structurale metalice este mai mica.

VERIFICAREA ELEMENTELOR STRUCTURALE DE OTEL

Element de dimensionare: 118

Noduri: 88-456

Normativ: Eurocod-ROSR EN 1993-1-1, SR EN 1993-1-5

Material: S 355

Sectiune: IPN 220

Ip. de incarcare: Ci 5

Coeficient de majorare al ipotezei seismice: 1,0

Clasa de sectiune: 1 (Dimensionare plastica)

1. Forta axiala-Incovoiere-Forfecare

EN 1993-1-1: 6.2.1, 6.2.8, 6.2.9.3

Sectiunea critica: $x=1,00 \cdot L=1,00 \cdot 300,29=300,29$ cm

$N_{Ed3} = -27,47$ kN; $V_{y,Ed3} = 0$ kN; $V_{z,Ed3} = 4,99$ kN ; $M_{y,Ed3} = 1034,91$ kNcm; $M_{z,Ed3} = 0,01$ kNcm

$\eta_{MNVpl}=\eta_{MN}=9,0\%$ se verifica

2. Forta Axiala-Compresiune-Incovoiere-Flambaj

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Sectiunea critica: $x=1,00 \cdot L=1,00 \cdot 300,29=300,29$ cm

$C_{my}=\max(0,2+0,8 \cdot \alpha C_{m,0,4})=\max(0,2+0,8 \cdot 0,342,0,4)=0,474 \geq 0,4$ Tabelul B.3

$C_{mz}=\max(0,2+0,8 \cdot \alpha C_{m,0,4})=\max(0,2+0,8 \cdot 0,342,0,4)=0,606 \geq 0,4$ Tabelul B.3

$f_{yy}=\min(\lambda_y^*-0,2,0,8)=\min(0,45-0,2,0,8)=0,247$

$f_{zz}=\min(2 \cdot \lambda_z^*-0,6,1,4)=\min(2 \cdot 1,94-0,6,1,4)=1,4$

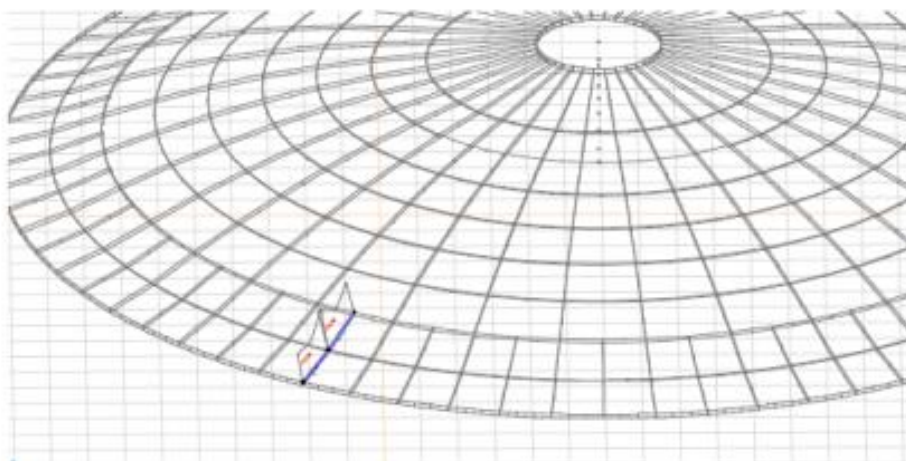


Fig. 7.10. Tensiuni sectionale caprior secundar

Efortul max la care este supus elementul este de 925,90daN/cmp., comparat cu rezistenta de curgere (f_y) a otelului S355 (3550daN/cmp) rezulta ,capriorul principal preia eficient incarcările.

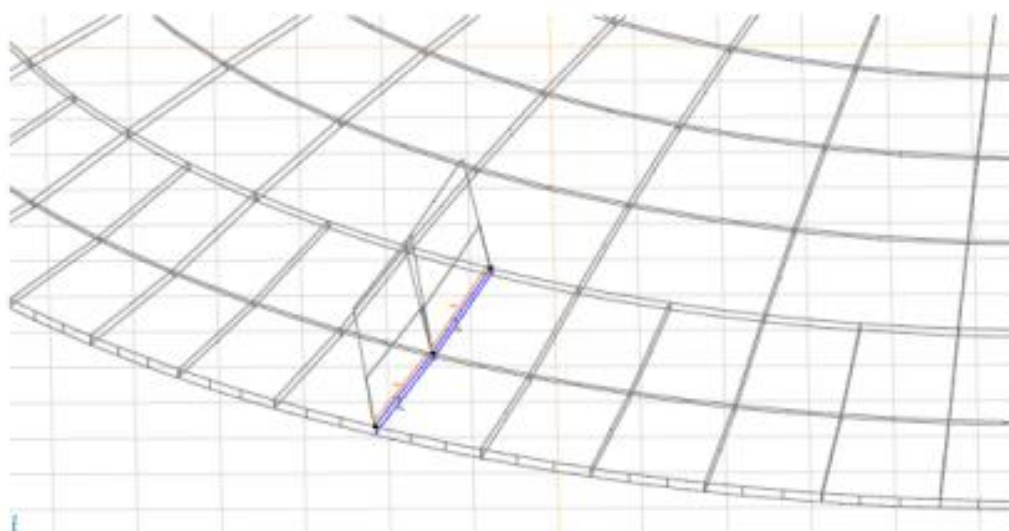


Fig. 7.11.
Caprior
secundar

numerotare elemente structurale

Se analizeaza elementele structurale 351, 352.

Din calcule rezulta ca eficienta elemetelor metalice este satisfacatoare (exprimata in procente).

NOTA: Cu cat valoare procentuala este mai mare cu atat eficienta elementelor structurale metalice este mai mica.

CAPITOLUL 8. Prezintă cerințele și exigențele construcțiilor speciale destinate industriei petroliere.

După cum se cunoaște industria petrolieră oferă o multitudine de situații de urgență, care nu întodeanua pot fi evitate, însă pot fi gestionate. O primă măsură de gestionare o reprezintă asigurarea calității construcțiilor care deservește această industrie. Din punct de vedere al ingineriei civile, respectiv a construcțiilor speciale de stocare și de transport, cerința de asigurare a performanțelor vizează următoarele aspecte:

- Criterii conceptuale optime de proiectare și realizare a construcțiilor
- Cerințe de exploatare respectiv de asigurare a unor parametri tehnologici atât prin conceptul structural cât și prin măsurile de protecție prin care să se evite pierderi de vapori, pierderi de lichide, pierderi de temperatură, neconforme care pot genera explozii, incendii sau o funcționare neadecvată.

Industria petrolieră reprezintă un sector strategic al economiei naționale și fundamentale de dezvoltare a multor sectoare industriale ale economiei românești. Construcțiile realizate trebuie să răspundă atât sectorului de extracție cât și sectorului de prelucrare a hidrocarburilor, aspect deosebit de important în condițiile în care piața petrolieră este o piață liberalizată, iar țițeiul este un produs cotelat la bursă. La ora actuală putem defini un sistem național de transport al țițeiului care este compus dintr-un ansamblu de conducte magistrale menite să asigure atât colectarea țițeiului, cât și transportul la unitățile de prelucrare și distribuție. În România sistemul național de transport are aproximativ 3800 km, și este alcătuit din subsistemul de transport intern, subsistemul de transport din import, subsistemul de transport gazolină, și etanol lichid.

Totodată în România putem discuta de un terminal petrolier operat de OIL TERMINAL S. A., care are în dotare 7 dane operative, legături cu depozitele de transport în conducte atât supraterane cât și subterane. De reținut este faptul că OIL TERMINAL are 3 depozite cu o capacitate de cca 550.000 mc, prevăzute cu rezervoare cu capacități între 50.000 – 100.000 mc, cu instalații de captare, cu conducte de transport pentru produse petroliere cu diametre cuprinse între 100 și 1000 mm, care transportă țiței și produse derivate, precum și laboratoare de analize.

Cea mai mare platforma de prelucrare țiței, din România, este rafinăria Petromidia unde există un terminal Offshore, un parc de rezervoare de țiței, dane, rezervoare.

Toate aceste structuri constructive trebuie să răspundă cerințelor și exigentelor impuse de Uniunea Europeană în ceea ce privește protecția mediului, concomitant cu care trebuie să răspundă cerințelor de calitate în vederea asigurării unui risc limitat, care poate fi generate din următoarele cauze:

1. Deficiențe din transport: acestea pot să apară din degradarea conductelor, cedarea îmbinarilor, cedarea elementelor de susținere a pachetului de conducte când sunt supraterrane, respective degradări prin coroziune, atât la conductele subterane, cât și la conductele supraterrane.

2. Dezechilibre generate de calitatea și/sau densitatea produsului care se transporta prin conducte

3. Condiții meteo extreme, respectiv variații de temperatură care pot aduce modificări cu referire la densitatea materialului care este transportat prin conducte.

Aceste riscuri se regăsesc în egală măsură și la rezervoarele folosite pentru stocarea produselor petroliere. Cercetarea efectuată a evidențiat faptul că rezervoarele metalice îngropate au o expunere la coroziune destul de avansată, existând posibilitatea, în multe cazuri, a infestării terenului cu produs petrolier. S-a arătat anterior că un factor de risc îl reprezintă temperatura. Cercetarea efectuată în cadrul firmei EUROPLATIC a evidențiat faptul că există metode de protecție față de temperaturile ridicate, pentru fiecare caz în parte, funcție de cerințele pe care le impun produsele rezultate din procesul industrial, respective:

1. Produse petroliere albe (benzina, petrolul și motorina, spitrul alb, etc.)
2. Produse petroliere negre (păcura, combustibili speciali, uleiuri lubrefiante, etc)
3. Produse speciale (benzen, fenol, acizii naftenici, și altele)
4. Alte produse (combustibil lichid ușor)

Astfel de platforme beneficiază de condiții speciale de siguranță care se referă la distanțe minime, expuneri la radiații termice, precum și dotări în caz de urgențe, fiind echipate cu măsuri speciale de siguranță, nu doar că protejează angajații, dar contribuie și la creșterea eficienței operațiunilor.

Elemente deosebite se pot regăsi și în concepul construcțiilor pentru stocare, așa cum s-a arătat în capitolele 4 și 5, rezervoarele supraterrane sunt expuse mediului agresiv chimic din platforma, mediului agresiv marin datorat amplasamentului, care coroborate cu variațiile de temperatură pot conduce la degradări importante.

În cadrul proiectului de cercetare doctorală, am analizat posibilitatea de protecție a acestor construcții atât față de agresivitatea chimică cât și față de variațiile de temperatură. Cercetările efectuate în cadrul EUROPLASTIC au evidențiat că pentru construcțiile aferente industriei petroliere o soluție adecvată o constituie acoperirea ecologică pe bază de nanosfere ceramice care conferă suprafeței tratate proprietăți foarte bune de izolare termică.

Studiul de caz prezentat în capitolul 7 se referă la calculul unui rezervor cu o capacitate de 43.000 mc amplasat pe una dintre danele portului Constanța care în situația neprotejată ar putea avea o durată de exploatare în condiții normale cu minim 40 % diminuată față de soluția pe care i-o conferă o protecția.

În industria petrolului se folosesc pe scară largă rezervoare pentru stocarea produselor realizate din metal. Ele pot fi cilindrice verticale cu fundul plat, cilindrice verticale cu fundul scurt, rezervoare sferice cilindrice orizontale, prismatice și altele.

Cele mai întâlnite soluții sunt rezervoare cilindrice cu fundul plat care trebuie dimensionate la o suprapresiune de circa 0,02 at și la un vacuum de 0,0025 at. Aceste măsuri vizează faptul că din cauza încălzirii produsului petrolier în timpul verii, prin evaporare apar presiuni care de regulă depășesc 0,02 at. Astfel de rezervoare sunt prevăzute cu supape prin care se fac evacuări ale vaporilor. Grosimea pereților fiind foarte mică în raport cu dimensiunile geometrice ale rezervorului, mantaua se consideră ca o membrană a cărei formă este determinată de suprafața mediană. Se consideră că deformațiile sunt mici în raport cu grosimea pereților, ipoteză favorizantă în calculul structural.

În calcule se aplică condiții aferente stadiului de membrană luând în considerație și efortul generat în zona de îmbinare dintre manta și fundul rezervorului. În calculul structural se aplică programe specifice structurilor metalice.

În industria petrolului, rezervoarele cilindrice verticale cu fund plat se montează pe un pat de nisip. Lateral acestuia se execută o grindă inelară dimensionată la eforturile generate de poziționarea rezervorului.

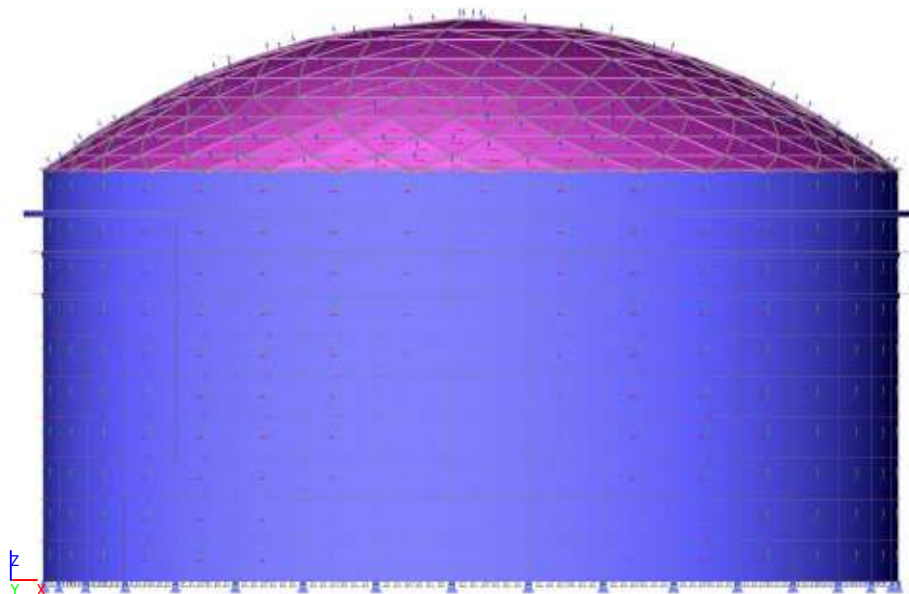


Fig 6.9 Modelul de analiză

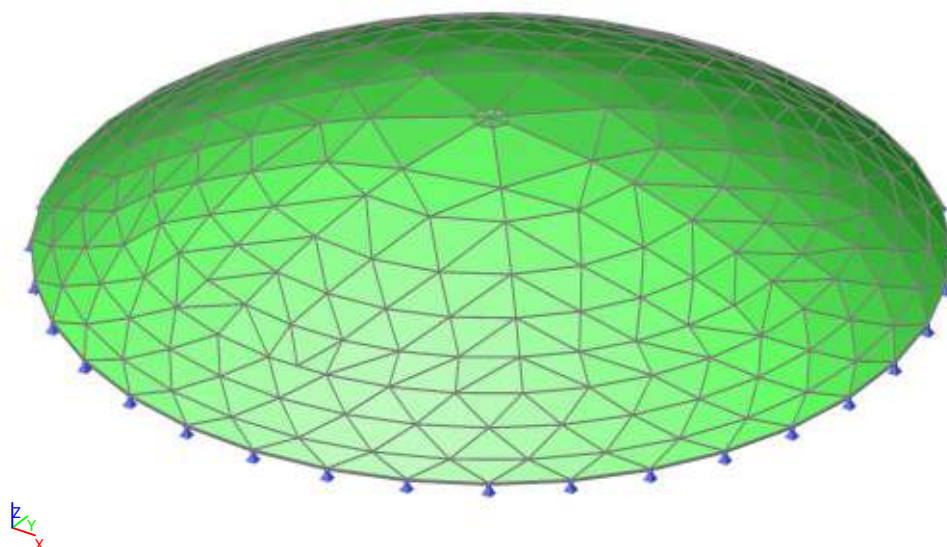


Fig 8.1 Modelul de analiză acoperiș tip don

Mantaua cilindrică este formată din mai multe virole metalice care pot avea grosime constantă sau variabilă. Capacul rezervorului este executat din tablă și descarcă pe ferme radiale.

În exploatare, tablele care alcătuiesc fundul rezervorului sunt expuse la coroziune mai intensă.

O atenție deosebită trebuie acordată îmbinării tablelor. Zonele de îmbinare sunt cele mai vulnerabile, de aceea în industria petrolului se practică îmbinările sudate fiind mai sigure din punct de vedere al etanșeităților.

Rezervoarele cilindrice orizontale se utilizează pe scară largă ca rezervoare îngropate montate pe suporti amplasați la extremele acestora de formă tip șa. Ele se întrebuințează la stocarea petrolului cât și a produselor de rafinare.

Un alt tip de rezervoare sunt gazometrele care de regulă sunt rezervoare verticale cilindrice. O altă categorie de rezervoare utilizate în industria petrolieră o constituie cele care stochează produsele derivate din rafinare precum și uleiurile. În unele situații acestea pot fi realizate din beton armat. O caracteristică a acestor rezervoare o constituie impermeabilitatea și limitarea pierderilor care apar prin evaporarea hidrocarburilor. Produsele petroliere ușoare și uleiurile minerale cum sunt motorina, benzina, fluide care curg prin conducte nu au voie să fie încălzite pentru transportare și au mare putere de pătrundere în structura betonului, fapt pentru care se utilizează metalul.

O altă categorie de produse sunt produsele petroliere grele care își capătă fluiditatea necesară mutării, transportării la temperaturi care depășesc 40 de grade și care trebuie încălzite în rezervoare prin serpentine cu apă sau abur.

În situația în care se utilizează rezervoarele din beton, atunci trebuie să aibă o protecție adecvată a produsului stocat. Pentru o etanșeizare bună la produsele grele este nevoie să se utilizeze betoane de înaltă performanță sau betoane peste care se aplică pelicule care asigură protecția.

Până în prezent, la rezervoarele din beton armat care stochează produse petroliere ușoare, impermeabilizarea s-a realizat printr-un strat de apă închis între doi pereți din beton pentru a menține umiditatea peretelui rezervorului astfel încât presiunea apei trebuie să fie superioară presiunii produsului stocat. În multe situații, această măsură a condus la refularea umidității și producerea de infiltrații. Aceasta s-a considerat o metodă de etanșare a pereților pe principiul hidraulic. Avantajul l-a constituit faptul că aplicarea metodei scade pericolul de explozie. Pentru a nu îngheța apa iarna, se pune în aceasta alcool sau glicerină. Metoda a fost aplicată încă de pe timpul lui Gogu Constantinescu.

O altă metodă de realizare a rezervoarelor o constituie sistemul de prefabricare, sistem care se aplică mai puțin în industria petrolului, motivat de vulnerabilitatea pe care o prezintă zonele de asamblare.

Un alt sistem de etanșare în produsele petroliere grele l-a constituit etanșarea cu argilă care constă în execuția unor rezervoare cu pereți dubli în care se introduce argilă care trebuie să fie menținută mereu umedă.

Construcțiile metalice aferente industriei petrolului sunt de regulă construcții pentru stocare și construcții pentru transport.



Fig. 8.7



Fig 8.8

O situație similară a fost analizată de către doctorandă pe un rezervor de capacitate mai mica, cca. 12.000 mc, amplasat pe platforma Petromidia în urmă cu 15 ani, pentru care s-a aplicat o procedura de interventie care a vizat:

- Sablare: grad Sa 2 1/2 conform SR EN ISO 8501-1;
- 2 straturi (de 60 μ m fiecare) de grund epoxidic cu fosfat de zinc (strat final uscat 120 μ m);
- 2 straturi email epoxidic (grosime strat uscat 60 μ m), cu grad de reflexie min 75%;
- Grosimea totala a stratului uscat ajungand la 240 μ m

Pentru asigurarea atât a stopării fenomenului de coroziune, dar și pentru continuarea exploatării conform cerințelor,

Bineînțeles ca metoda aplicată acestui rezervor de capacitate mica este costisitoare unor rezervoare de capacitate mai mare, așa cum este rezervorul din studiul de caz, a cărui

rezultat este prezentat în Anexa 1. Acesta este motivul pentru care o structură constructivă cu o concepție care să asigure o protecție adecvată din faza de punere în funcțiune reprezintă un concept modern și adecvat pentru platformele petroliere. Câteva imagini cu modalitatea de aplicare a peliculei de termo –SAVE pe conducte se prezintă mai jos.



Fig 8.9 Aplicarea sistemului ThermoSave pe conducte - Anglia²



Fig 8.10 Aplicarea stratului de protecție termică pe rezervoare metalice vertical

Avantajul acestei metode este că menține produsul transportat la o temperatură constantă și totodată protejează și materialul constitutiv al conductei, de factorii distructivi externi. Un alt avantaj al acestui produs îl reprezintă elasticitatea. Elasticitatea provine din structura organică a materialului, respectiv este generată de numeroasele sfere de siliciu și ceramică, amestecate cu substanțe acrilice pe bază de latex. Această compoziție permite peliculei să se dilate respectiv să se contracte funcție de temperatura exterioară asigurând izolarea produsului din interior.



Fig 8.11-9.12 Detaliu

Referindu-ne la durabilitate, cercetările efectuate au evidențiat faptul că o structură metalică protejată, fie că este de natură rezervor sau conductă, își dublează durata de serviciu, crește rezistența la intemperii și în special la coroziunea marină. Alături de calitatea de barieră termică, în acest context apreciam că soluția de protejare poate fi aplicată cu succes și la alte

construcții specific platformelor industriei petroliere și care nu fac parte din categoria special de stocare sau transport. Ceea ce este important de reținut este faptul că protecția se aplică pe un strat suport atât pe tola metalică cât și pe zona de îmbinare la o temperatură minimă de 10 grade Celsius. De remarcat este faptul că protecția are o clasă de importanță A la incendiu, izolarea a fost cercetată și într-un laborator pentru a fi aplicată în Dubai, obținând rezultate foarte bune. În acest context putem aprecia că pentru platformele cu produse rezultate din prelucrarea petrolului, alături de cerințele de calitate ale construcțiilor care se referă la:

- Calitatea betonului, definită prin lucrabilitate, permeabilitate, rezistențe sporite;
- Calitatea metalului, definită prin omogenitate, densitate, și coeficienți de elasticitate precum și prin calitatea îmbinărilor.

În caz de degradare, în caz de distrugere, de diminuare a parametrilor de calitate, alături de măsurile de intervenție care se referă la aplicarea unor straturi suplimentare de beton de performanță, aplicarea peliculelor protectoare, reprezintă o soluție de bază care poate răspunde atât la stoparea degradării, reabilitarea structurală cât și la protejarea corespunzătoare față de factorii distructivi.

CAPITOLUL 9. – Concluzii finale. În cuprinsul acestui capitol se prezintă faptul că au fost îndeplinite toate obiectivele, că acestea s-au analizat aprofundat generând noi direcții de cercetare. Rezultatele au fost diseminate.

9.1 Gradul de îndeplinire a obiectivelor:

În cadrul proiectului de cercetare am studiat identificarea factorilor care conduc la degradarea construcțiilor din beton armat și metal situate pe platformele industriei petroliere cu precădere a rafinăriilor în vederea adoptării unor materiale performante, a unor soluții de protecție adecvate care să răspundă cerințelor și exigentelor pe care le reclamă exploatarea asupra construcțiilor care să conducă la reducerea riscului a gradului de vulnerabilitate, generat de posibile explozii sau incendii sau chiar prin poluarea mediului, dar totodată să răspundă și programelor prioritare legate de reducerea emisiilor de carbon. În cadrul proiectului de cercetare am desfășurat activități în domeniul construcțiilor special cu referire la cele de depozitare, stocare și transport produse petroliere, efectuând studii privind comportarea diferitelor rezervoare și conducte pe platforma Petromidia, Navodari. Scopul acestor cercetări efectuate pe parcursul a celor 5 ani l-a constituit importanța realizării unor construcții din material durabile, aplicarea unor protecții adecvate mediului de exploatare în vederea reducerii gradului de vulnerabilitate. În acest context pot spune că programul de cercetare doctorală a fost structurat pe următoarele obiective:

- O diagnosticare reală a construcțiilor cu identificarea factorilor de risc;
- Cercetarea gradului în care construcțiile mai pot fi folosite, identificarea diminuării capacității de folosință;
- Identificarea unor noi metode de creștere a durabilității prin lucrări de intervenție asupra structurii de rezistență a acestora, precum și prin aplicarea unor pelicule care să răspundă exigentelor.

Un alt obiectiv important l-a constituit diseminarea rezultatelor cercetării.

Pentru această metodologie de lucru, în cadrul tezei de doctorat am analizat atât stadiul cunoașteri pe plan internațional cât și de cunoaștere pe plan național, identificând principalele măsuri cuprinse în directivele Uniunii Europene astfel ca orice intervenție asupra acestor construcții să conducă la aplicarea unor tehnologii fără emisii de carbon, la schimbarea unor concepte de intervenție, la schimbarea unor atitudini tradiționale dirijate către o tranziție energetică cu un răspuns favorabil și față de schimbările climatice.

În capitolul 2 în cadrul cercetării doctorale am studiat parcursul dezvoltării industriei petroliere care are o vechime de peste 160 ani în România, făcând o trecere în revista a conceptului structural pentru construcțiile industriei petroliere, chiar subliniind o serie de aspecte care la data prezentei se pot constitui în patrimoniu național. În capitolul 3 am evidențiat structurile constructive speciale industriei petroliere, le-am analizat, prezentat cu o detaliere a comportării în timp a acestora versus concept de durabilitate.

Capitolul 6 se refera la exigențe și cerințe, la conceptul de performanță a acestor construcții, iar capitolul 8 cuprinde concluziile rezultate în urma rezultatelor efectuate subliniind criteriile pentru alegerea soluțiilor de intervenție. Studiile de caz abordate pun în evidență două variante:

Prima se refera la un rezervor de mică capacitate din metal care a fost supusă coroziunii și asupra căruia se întrevine cu metode clasice, iar pentru cel de al doilea rezervor a cărui breviar de calcul este prezentat în Anexa 1, cu capacitatea de 43.000 mc, urmarea studiilor făcute de către doctorand recomandă creșterea durabilității acestuia prin aplicarea unor pelicule moderne care să asigure și protecția necesară față de efectele schimbărilor climatice. Calculurile efectuate pentru acest ultim rezervor este un calcul bazat pe metoda elementelor finite, utilizând discretizarea spațială cu caracteristicile specifice.

Rezultatele cercetării au fost sintetizate în două rapoarte de cercetare prezentate în fața comisiei, primul cu subiectul “Analiza comportării construcțiilor din industria petrolului” și al doilea cu tema “Materiale și tehnologii moderne aplicabile construcțiilor din industria petrolului în vederea îmbunătățirii condițiilor de exploatare”.

Precizez faptul că în cadrul centrului de cercetare al Facultății de Construcții, Constanța, în cadrul a două work shopuri organizate, la care au participat studenți, masteranzi, doctoranzi și cadre didactice am prezentat rezultatele intermediare ale cercetării efectuate.

Analizând proiectul de cercetare parcurs se poate constata că au fost îndeplinite toate obiectivele propuse.

9.2 Contribuții personale, elemente de originalitate

În cadrul proiectului de cercetare parcurs am identificat stadii diferite de comportare a materialelor de construcții pentru diverse soluții rezultate din rafinarea petrolului, regăsind cu mare acuratețe argumentele care demonstrează starea de degradare, precum și în unele situații identificând factorii de risc. Având în vedere faptul că industria petrolului este o industrie strategică la nivel național și că situațiile de risc reprezintă un factor decisiv în

administrarea și exploatarea unor astfel de platforme, am precizat că o cunoaștere aprofundată a materialelor, a tehnologiilor de realizare pentru construcțiilor specifice acestei industrie, reprezintă un factor important la ora actuală neexistând instrucțiuni sau un ghid care să reglementeze procedura de alegere a materialului cât și tehnologia de realizare pe categorii de construcții.

Identificarea materialelor de protecție aplicabile atât construcțiilor existente degradate cât și construcțiilor noi, pentru protejarea termică, dar și pentru creșterea durabilității reprezintă un element de noutate, o contribuție personală care va putea fi valorificată în viitor la construcțiile speciale atât din platforma Petromidia, cât și din alte platforme.

Cu caracter de noutate este și analiza structurală a capacului rezervorului prin efectuarea unei discretizări speciale și modelarea cu ajutorul elementelor finite.

Tot cu caracter de originalitate este și tehnologia prezentată privind atât lucrările de intervenție pe construcții existente, cât și pe construcțiile noi. ...

9.3 Valorificare rezultatelor cercetării

Pe parcursul îndeplinirii programului de cercetare doctorală am susținut două rapoarte de cercetare:

Raport cercetare 1: Analiza comportării construcțiilor din industria petrolului.

Raport cercetare 2: Materiale și tehnologii moderne aplicabile construcțiilor din industria petrolului în vederea îmbunătățirii condițiilor de exploatare.

2 comunicări cu referire la fazele intermediare ale rezultatelor cercetării, am publicat un capitol:

1. **Grigoraș Corina**, Ana Maria Grănescu, Filip Cosmin "Impactul schimbărilor climatice asupra construcțiilor din industria petrolului" cap 19 din cartea "Construcțiile în contextul schimbărilor climatice" ed MATRIX 2021 ISBN 978-606-25-0680-3 .

și 3 articole publicate în reviste după cum urmează ...

2. **Grigoraș Corina**, Panchici Andrei, Grănescu Ana Maria, Stoian Maria-Georgeta, Domolescu Nicoleta, Universitatea „Ovidius” Constanța, Noi direcții de cercetare în expertiza judiciară din perspectiva protecției mediului – emisii neutre CO₂. / New Research Directions in Forensic Expertise from an Environmental Protection Perspective – CO₂ Neutral Emissions, 16-17 mai 2024 Constanța - A-III-a Conferință Internațională de Criminalistică „Emilian Stancu” - Probleme actuale ale criminalisticii și mediului , în curs de publicare;

3. **C.R. Grigoraș**, A.M. Grănescu, C. Filip - Adaptarea sistemului calității construcțiilor la cerințele și exigențele industriei petroliere (Adapting the construction quality system to the requirements and demands of the oil industry), XGEN 2024 International Conference of Scientific Communications May 20 – 24, 2024 Baia Mare, Technical University of Cluj-Napoca, No. 3, 2024.

<http://www.opacj.org>, <https://events.universitas.ro/event/4/contributions/430/>

4. Grănescu A.M., Isopescu D., Stoian M.G., Barbu A.M.D., Buta C., **Grigoraș C.**, Aspecte privind influența schimbărilor climatice în interpretarea științifică a probelor din expertiza tehnică judiciară – Studiu de caz, CZU: 340.6:349.6, în revista Legea și Viața, Publicație științifico-practică, acreditată de Consiliul Suprem pentru Știință și Dezvoltare Tehnologică al Academiei de Științe a Moldovei, ediție specială cu ocazia Conferinței Internaționale „Mijloacele tehnico-științifice în serviciul expertizei judiciare”, Editor Academia „Ștefan cel Mare” a MAI, Chișinău, noiembrie 2023, pp. 159-167, ISSN 2587-4365, E-ISSN 2587-4373, tipul C, Index Copernicus International (Republica Polonă), **CEEOL** (Central and Eastern European Online Library GmbH), **ROAD** (Directory of Open Access Scholarly Resources), **IBN** (National Bibliometric Instrument)

<https://www.academy.police.md/editii-lv> și <http://www.legeasiviata.in.ua/>

Totodată, în cadrul concursului XGEN am obținut premiul III la cercetare Inginerie Civilă



9.4 Noi direcții de cercetare

Cercetarea efectuată în cadrul programului a evidențiat noi probleme la care în etapa următoare vor trebui considerate. Doctoranda apreciază că noile politici ale Uniunii Europene în domeniul mediului vor genera noi tehnologii în industria petrolieră. Totodată schimbările climatice vor impune o nouă atitudine în ceea ce privește definirea cerințelor și exigențelor de mediu față de variații de temperatură, variații de umiditate, prin urmare industria materialelor de construcții aferenta produselor petroliere va trebui să răspundă și acestor noi provocări. Ca o directivă foarte importantă care s-a conturat în cadrul proiectului de cercetare considerată directivă nouă este a tehnologiilor “zero net”.

În egală măsură o nouă direcție de cercetare o constituie și noi materiale peliculare capabile a asigura durabilitatea, protecția termică, protecția anticorozivă, datorate variațiilor de umiditate. În viitor astfel de cercetări vor genera studii interdisciplinare, la care industria materialelor de construcții, în parteneriat cu politica de mediu și cu programele de inteligență artificială vor putea obține rezultate apreciable care să răspundă exigențelor viitorului.

CAPITOLUL 11. Bibliografie selectivă

1. Biczok, Imre, *Coroziunea și protecția betonului*, Ed. Tehnica, București, 1965.
2. Teoreanu, Ion s.a., *Durabilitatea betonului*, Ed. Tehnica, București, 1982.
3. Budan, Constantin, *Contributii în managementul și ingineria proceselor de construcții, privind lucrările de întreținerea, repararea și consolidarea elementelor din beton și beton armat*, Teza de doctorat, UTCB, martie 1998.
4. Teodorescu, M., Budan, C., *Tehnologia lucrărilor de întreținere, reparații și consolidări*, Ed. UTCB, 1996.
5. Alexandru Danilov, articolul din revista Historia, *Evoluția industriei petroliere românești în perioada 1857-1945*; disponibil la: <https://historia.ro/sectiune/general/evolutia-industriei-petroliere-romanesti-in-578817.html>;
6. Peștișanu C., Alexandrescu D. – *Tehnologia zidăriei, betonului și betonului armat*, Editura didactică și pedagogică, București 1972;
7. Vasile, N. (2016), "Protecția la foc a structurilor metalice din industria petrolieră", *Revista Ingineriei Industriale din România*, Vol. 28(2), pp. 99-110.
8. Georgescu, S. (2003), "Materiale și tehnici moderne pentru creșterea durabilității în construcțiile industriale", Editura Academiei Române, București.
9. Grigorescu, A., și Manea, C. (2007), "Corodarea structurilor de oțel în rafinării: probleme și soluții", *Revista de Construcții și Materiale de Construcții*, Vol. 32(4), pp. 88-102.
10. Stoica, I., și Lungu, G. (2015), "Creșterea durabilității structurilor din beton în mediul industrial coroziv", *Revista Română de Inginerie Civilă*, Vol. 17(2), pp. 65-75.
11. Ionescu, M. (2008), "Analiza structurilor speciale din industria petrolieră sub efectul expunerii chimice", Editura Matrix Rom, București. C.R. Grigoraș, **A.M. Grănescu**, C. Filip *Adaptarea sistemului calității construcțiilor la cerințele și exigențele industriei petroliere (Adapting the construction quality system to the requirements and demands of the oil industry)*, XGEN 2024 International Conference of Scientific Communications May 20 – 24, 2024 Baia Mare, Technical University of Cluj-Napoca, No. 3, 2024. <http://www.opacj.org>, <https://events.universitas.ro/event/4/contributions/430/>
12. **Grănescu A.M.**, Isopescu D., Stoian M.G., Barbu A.M.D., Buta C., Grigoraș C., *Aspecte privind influența schimbărilor climatice în interpretarea științifică a probelor din expertiza tehnică judiciară – Studiu de caz*, CZU: 340.6:349.6, în revista *Legea și Viața*, Publicație științifico-practică, acreditată de Consiliul Suprem pentru Știință și Dezvoltare

Tehnologică al Academiei de Științe a Moldovei, ediție specială cu ocazia Conferinței Internaționale „*Mijloacele tehnico-științifice în serviciul expertizei judiciare*”, Editor Academia „Ștefan cel Mare” a MAI, Chișinău, noiembrie 2023, pp. 159-167, ISSN 2587-4365, E-ISSN 2587-4373, tipul C, Index Copernicus International (Republica Polonă), CEEOL (Central and Eastern European Online Library GmbH), ROAD (Directory of Open Access Scholarly Resources), IBN (National Bibliometric Instrument) <https://www.academy.police.md/editii-lv> și <http://www.legeasiviata.in.ua/>

13. Ahmed Mohammed Teen Ahmed, **Ana Maria Grănescu** - "Contributions of Prefabricated construction to improve project risk management" *Proceedings of the 4th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering (CSEE'19) Rome, Italy – April 7-9, 2019*, ISSN: 23715294, ICSECT 144/1-8;

14. Cîinoiu M,N, **Grănescu A.M.**, Mechanism degradation of concrete structures located in the aggressiveness area of Black Sea Coast. Rehabilitation of affected structures using self compacting concrete 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2016, Book 6 , Nano, Bio and Green-Technologies for a Sustainable Future, Conference Proceedings, Vol. II, pg. 159-164, ISSN 1314-2704, iulie 2016, Conferință indexată ISI Web of Knowledge, Thomson Reuters - [https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ro&user=ScaIGKcAAAAJ&citation_for_view=ScaIGKcAAAAJ:2osOgNQ5qMEC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ro&user=ScaIGKcAAAAJ&citation_for_view=ScaIGKcAAAAJ:2osOgNQ5qMEC;);

15. Anca Gemanaru, Marin Alina **Grănescu Ana Maria** “*Destructive factors influencing the behaviour of the constructions located in the area of the Black Sea’s cliffs*” publicat in septembrie 2015 in [*International Multidisciplinary Scientific Geo Conferences Proceedings SGEM*](#) Albena – Bulgaria 18-24 iunie 2015 – ISBN 978-619-7105-43-8 , ISSN 1314-2704;

16. Barbu Ana Maria Daniela, **Grănescu Ana Maria** – “*Considerations regarding the Valuation of the Specialized Properties – Dams and Marine Oil Platforms*”, publicat in volumul de lucrari al celei de-a 3^a Conferinta Anuala Internationala THAI Appraisal Foundation – Valuing Infrastructure and Utility Properties organizata in Bangkok, THAILAND, 20-22 Iulie 2008, invitata si in calitate de lector in cadrul sesiunii;

17. Barbu Ana Maria Daniela, **Grănescu Ana Maria** - « *Methods and Techniques for Investment Valuation in Pipeline Oil Industry and Risk Assessment Principles* » publicat in volumul de lucrari al celei de-a 2-a Conferinta Anuale Internationale ACE – All China Economics, organizata de catre City University of Hong Kong, APEC Study Centre la Hong Kong, 12-14 decembrie 2007, <http://eres.scix.net/papers/autor> ;

18. **Ana Maria Grănescu**, G. Păduraru, O. Drăgulin - “ *Concrete behaviour properties at seismic actions*” - 7-th. International Congress CONCRETE CONSTRUCTIONS SUSTAINABLE OPTION 4-6 september 2007 Dundee, Scotland; *Publicată în Building and Environment ISSN: 0360- 1323- CC/ ENGINEERING, COMPUTING & TECHNOLOGY JOURNAL LIST* –revista cotata ISI.
19. **Ana Maria Grănescu**, G. Păduraru – “*Considerations concerning the use of high – performance constructions located in a marine environment*”;Fifth Internațional Conference on Concrete under Severe Conditions Enviroment and Loading CONSEC' 2007 – Tours, France, 4-7 june, 2007;
20. **Ana Maria Grănescu**, G. Păduraru – “*Aspects on consolidation of industrial reinforced concrete structures using metal solutions*”ICMS 2006 – Steel a new and traditional material for buildings – Poiana Braşov 2006 – 20 – 26 /09. Canam Steel Romania and “ *Politehnica*” University of Timișoara – will be incorporating A.A. Balkema Publishers;
21. **Ana Maria Grănescu** - “ *Modele matematice probabilistice privind analiza siguranței structurale la construcții existente*” Simpozionul Internațional Structuri Portante Istorice Cluj Napoca 26 oct. 2006; Publicația este indexată în baza de date internațională de referință pentru domeniu : Universitatea Tehnică din Budapesta – Facultatea de Arhitectura, Universitatea din Roma, Institute of Haritage Building Conservation – Marea Britanie;
22. **Ana Maria Grănescu**, G. Păduraru, O. Drăgulin “ *Aspecte privind comportarea elementelor din beton armat la acțiunea distructivăcauzatăde incendiu*” , Lucrările sesiunii științifice internaționale Construcții Instalații CiB 2004, Editura Universitatea Transilvania Braşov editura acreditata CNCSIS ISBN 973 – 635 – 409, pag. 431-436, 6 pg. Noiembrie 2004;
23. **Ana Maria Grănescu**, “*Considerații privind evaluarea construcțiilor civile, industriale și agricole*”, Buletinul Corpului Experților Tehnici din Romania, nr. 23, pag. 21, 1 pag. 1996;
24. **Ana Maria Grănescu**, Al. Negoita – “*Betoane de inalta peformață*” - prelegere sustinuta in cadrul cursului romano – spaniol pentru perfectionare in “INGINERIE SEISMICA”;
25. **Ana Maria Grănescu** - “*Consolidarea terenului de fundare sub rezervoare de mare capacitate la Brăila*”: - Comunicare la a VII-a ConferințăNaționalăde Geotehnicăși Fundații, sept. , 1992 - 8 pagini - Comunicare publicată în volum special al conferinței;
26. Elham Hatami Varzaneh, Masoome Amini, Mohammad Reza Bemanian – *Impact of hot and arid climate on architecture (Case study: Varzaneh Jame Mosque)*, 7th International

Conference on Materials for Advanced Technologies, MRS Singapore – ICMAT Symposia Proceedings, Procedia Engineering 94 (2014), pag. 25-32;

27. Tudose, A. (2020), "Proiectarea structurilor în zone cu risc seismic ridicat din industria petrolieră", Revista Construcțiilor, Vol. 12(3), pp. 120-133.

28. Avram, F. (2014), "Metode de reabilitare a structurilor afectate de coroziune în industria petrolului", Editura Politehnica, București.

29. Neagu, S. (2019), "Inovații în protecția împotriva incendiilor pentru structurile industriale petroliere", Editura Tehnică, București.

30. Dinescu, D., și Constantinescu, L. (2017), "Monitorizarea automată a fisurilor în structurile din beton armat", Revista Ingineriei Structurale din România, Vol. 29(1), pp. 50-62.

31. Trif, C. (2016), "Evaluarea comportamentului structurilor expuse la temperaturi extreme", Editura Politehnica, Cluj-Napoca.

32. Pavel, I. (2021), "Consolidarea structurilor din oțel în rafinării", Editura Academiei Tehnice Militare, București.

33. Radulescu, A., și Marin, G. (2011), "Factori care influențează durabilitatea structurilor din beton expuse în medii petroliere", Revista de Chimie Industrială, Vol. 45(6), pp. 75-86.

34. Bălan, N. (2018), "Utilizarea materialelor compozite în reabilitarea structurilor industriale", Editura Universitară, Târgu Mureș.

35. Fălcescu, P. (2013), "Măsuri de protecție anticorozivă pentru structurile metalice expuse la produse petroliere", Revista Română de Protecția Materialelor, Vol. 23(4), pp. 104-115.

36. Popescu, G. (2006), "Consolidarea structurilor din beton armat din industria petrolului", Editura Tehnică, București.

37. Bădescu, M. (2022), "Proiectarea structurilor rezistente la foc pentru rafinării", Editura Matrix Rom, București.