

UDK 662.243.572
UDC 662.243.572

Stručni rad
Professional paper

Jezik/Language: Hrvatski/Croatian

MODELIRANJE PROCESA OBRADE UZORKA STIJENE U LABORATORIJU ZA PETROFIZIKU

PROCESS MODELLING OF ROCK SAMPLE HANDLING IN PETROPHYSICAL LABORATORY

ADALETA PERKOVIĆ¹, DARIO PERKOVIĆ²

¹INA - Industrija nafte, d.d., Lovinčićeva bb, Zagreb, Hrvatska

²Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Petrofizika, uzorak stijene, analize i mjerenja, modeliranje procesa, dijagram aktivnosti

Key words: Petrophysics, rock sample, analyses and measurements, process modelling, activity diagram

Sažetak

Svakodnevni postupci koji se obavljaju u laboratoriju za petrofiziku, mogu se definirati kao cjelovit slijed poslovnih procesa. Jedan od značajnijih, ujedno i zahtjevnijih postupaka, jest obrada uzorka stijene. Postupak obrade uzorka stijene započinje zaprimanjem uzorka u laboratorij. Potom se provodi niz analiza i mjerenja kojima se dobivaju petrofizikalni parametri. Proces obrade uzorka stijene završava skladištenjem uzorka i arhiviranjem mjerenih podataka koji predstavljaju rezultate analiza i mjerenja. Aktivnosti koje se ponavljaju određenim redoslijedom mogu se prikazati modelom procesa. Proces obrade uzorka stijene prikazan je grafičkom metodom upotrebom eEPC dijagrama (*extended Event-Driven Process Chain*) kojim se opisuje proces iniciran događajima. U procesu obrade uzorka stijene događaj predstavlja završetak neke aktivnosti na uzorku stijene. Izrađeni model procesa zajedno povezuje statičke resurse laboratorija (mjerne uređaje, računala i podatke) te na taj način ubrzava proces obrade poboljšanjem razmjene podataka i informacija. Osim toga aktivnosti model procesa sadrži i informacije o dijelovima sustava kojima se izvode pojedine aktivnosti (laboratorijska oprema i programske aplikacije). Prikazani model se, uz manje izmjene i prilagodbe, može koristiti u bilo kojem laboratoriju u kojemu se radi s uzorcima.

Uvod

U laboratoriju za petrofizikalna ispitivanja se, korištenjem kompleksne laboratorijske opreme, izvodi niz analiza i mjerenja na različitim vrstama uzoraka. Kao rezultat analiza i mjerenja dobivaju se različiti petrofizikalni podatci koji se, po potrebi, obrađuju i/ili uspoređuju s već postojećim podatcima o stijeni.

Abstract

Everyday procedures carried out in petrophysical laboratory can be defined as a complete cycle of business processes. Sample handling process is one of the most significant and demanding procedures. It starts with sample receiving in laboratory and then subsequently, series of analyses and measurements are carrying out resulting in petrophysical parameters. Sample handling process ends with sample storage and archiving of obtained measurement data. Process model is used for description of repeating activities. Sample handling process is presented by graphical method and use of eEPC diagram (*extended Event-Driven Process Chain*) which describe process based on events. Created process model jointly binds static laboratory resources (measuring instruments, computers and data), speeds up process with increasing the user's efficiency and with improvements of data and information exchange. Besides flow of activity, model of data sample handling includes information about system components (laboratory equipment and software applications) that carry out activities. Described model, with minor modifications and adaptations, can be used in any laboratory that is dealing with samples.

Učestale promjene poslovnih procesa zahtijevaju sve značajniju primjenu metoda za modeliranje procesa uz pomoć informacijske tehnologije. Korištenjem tih metoda, modeliranje poslovnih procesa postaje neophodno za uspješno izvođenje samog procesa. Cilj

ovog rada je izrada modela procesa petrofizikalnih analiza i mjerenja u laboratoriju za petrofiziku. Takav model prati aktivnosti i postupke od trenutka zaprimanja uzorka u laboratorij, pa dalje kroz njegovu kategorizaciju i pripremu, te redosljed analiza i mjerenja sve do skladištenja ostataka uzorka, arhiviranja mjerenih petrofizikalnih parametara i niza podataka koji ga opisuju. Modelom procesa definirat će se osnovne i specijalne analize te mjerenja koja se izvode na uzorku.

Vrste uzoraka i proces obrade uzoraka na bušotini/lokaciji

Uzorak stijene za analizu može biti iz bušotine ili površinski. Uzorak iz bušotine može biti jezgra (konsolidirana ili nekonsolidirana) i uzorak s isplačnih sita.

Površinski uzorak može biti konsolidirani ili nekonsolidirani uzorak stijene. Osim toga, površinski uzorak, može biti talog iz separatora, aktivni ugljen, katalizator i dr. Uzorci jezgre mogu sadržavati fluide (naftu, vodu i plin) i biti različitog litološkog sastava.

Nakon bušenja uzorci konsolidirane jezgre najčešće su smješteni u aluminijske cijevi i u drvene sanduke duljine jednog metra. Manji komadi konsolidirane jezgre (manji od pola metra) ili površinski konsolidirani uzorci mogu se pakirati u polivinilne ili papirnate vrećice.

Nekonsolidirana jezgra se direktno, tijekom bušenja, pakira u gumene obloge, cijevi od aluminijske pleksiglasa. Nekonsolidirani uzorci sa isplačnih sita i talozi iz separatora se pakiraju u vrećice koje se označavaju nazivom bušotine ili lokacije, datumom i dubinom bušotine s koje uzorak potječe.

Jezgra se vadi iz bušotine, najčešće u duljini od devet metara. Na površini se cijev s jezgrom reže na komade, duljine jednog metra, koji se označavaju. Duljina jezgre za laboratorijsku analizu može biti i manja od devet metara jer, tijekom vađenja jezgre na površinu, može doći do gubitka dijela materijala.

Rukovanje jezgrom na bušotini važan je dio cjelokupnog postupka uspješne analize jezgre. Bušenje, vađenje jezgre, označavanje, spremanje u sanduke i transport do laboratorija moraju biti izvedeni tako da ne dođe do oštećenja jezgre. Rezanjem jezgre i vađenjem na površinu dolazi do gubitka dijela fluida sadržanog u jezgri. Konzerviranje jezgre predstavlja način na koji se jezgra zadržava u uvjetima koji su slični onima u bušotini. Očuvanjem jezgre se može spriječiti isparavanje fluida i utjecaj oksidacije što je preduvjet za određivanje originalnog zasićenja fluidima. Također, konzerviranjem se može spriječiti ili umanjiti lomljenje i pucanje jezgre prilikom transporta. Postoji nekoliko načina za zaštitu jezgre (American Petroleum Institute, 1988):

- mehanička stabilizacija - stavljanje u nepropusne zatvorene metalne posude i cijevi,

- brzo smrzavanje pomoću suhog leda ili tekućeg dušika,
- umatanje u plastične vrećice, aluminijsku foliju ili gumene obloge koje su dobro zatvorene i nepropusne,
- uranjanje u parafin koji naglim hlađenjem stvara nepropusni film i
- spremanje u staklenke iz kojih je izvučen zrak.

Odmah nakon vađenja iz bušotine jezgru je potrebno i označiti. Pravilno označena jezgra mora sadržavati sljedeće oznake:

- naziv bušotine i tvrtke,
- interval dubine s koje je izvađena,
- broj (ili oznaka) i broj metra jezgre,
- oznaka početka i kraja jezgre (smjer bušenja, glava i kruna) i
- oznaka sjevera u slučaju orijentiranog jezgrovanja.

Podjela petrofizikalnih analiza i mjerenja

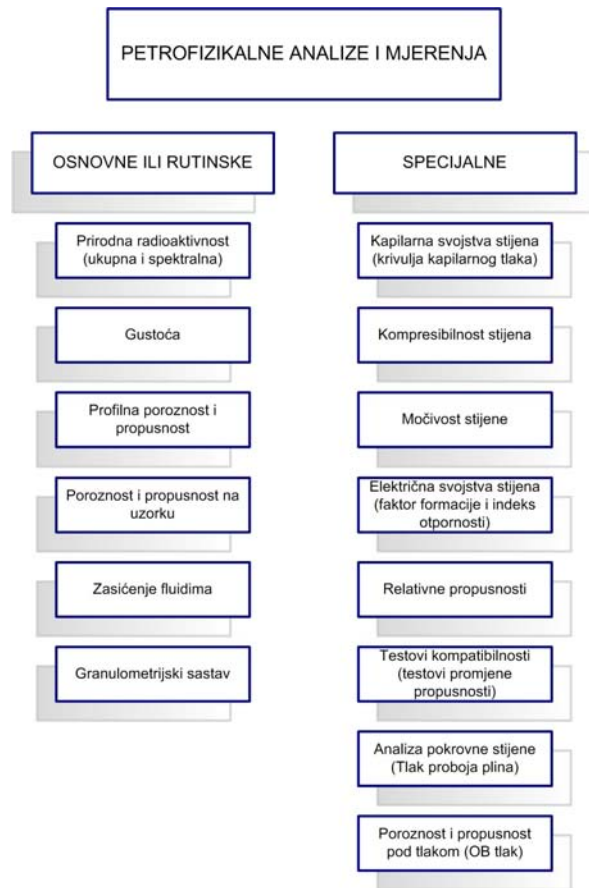
Petrofizikalne analize i mjerenja se koriste za proučavanje fizikalnih svojstava stijene i u njoj prisutnih fluida. Postupci se, najčešće, izvode na sobnoj temperaturi i pri atmosferskom tlaku, a mogu se obavljati i pod povišenim tlakom i temperaturom ili pri ležišnim uvjetima. Dobiveni laboratorijski podatci su neophodni u svim segmentima geološko-geofizičkih istraživanja, razrade naftnih i plinskih polja i proizvodnje nafte i plina.

Petrofizikalne analize i mjerenja dijele se na osnovne (rutinske) i specijalne (Core Laboratories, 1973; Monicard, 1980). Pod rutinskim analizama jezgre smatra se svaka obrada i analiza čiji se rezultati mogu dobiti u relativno kratkom vremenu. Vrijeme potrebno za izvođenje analiza može trajati od nekoliko sati do nekoliko tjedana a ovisi o sadržaju fluida u uzorku (onečišćenost uzorka), količini materijala ili broju uzoraka i broju analiza. Specijalne analize mogu trajati od šest tjedana do približno tri mjeseca.

Osnovnim (rutinskim) analizama i mjerenjima određuju se fizikalne karakteristike stijene: prirodna radioaktivnost i gustoća stijene, poroznost (šupljivost) i propusnost duž cijele jezgre kao i na manjim uzorcima, zatim zasićenja fluidima (na originalnim bušotinskim uzorcima stijene) i granulometrijski sastav stijene. Rezultati osnovnih petrofizikalnih analiza i mjerenja predstavljaju ulazne podatke za specijalne analize stijena.

Specijalnim analizama određuju se: kapilarna svojstva, mehanička svojstva (test kompresibilnosti), močivost, električna svojstva (faktor formacije i indeks otpornosti), relativne propusnosti, testovi kompatibilnosti (promjena propusnosti ovisno o utiskivanom fluidu), svojstva pokrovne ležišne stijene (tlak proboja), te poroznost i propusnost pod tlakom

pokrovnih stijena (engl. overburden pressure, na slici označeno kao OB tlak) (slika 1).



Slika 1. Petrofizikalne analize i mjerenja
Figure 1 Petrophysical analyses and measurements

Modeliranje procesa obrade uzorka u laboratoriju

Modeliranje procesa predstavlja potporu za učinkovitije obavljanje aktivnosti koje čine jedan proces. U kreiranju modela procesa potrebno je najprije definirati cilj ili ciljeve procesa. U laboratoriju za petrofiziku većina aktivnosti su vezane za uzorak od zaprimanja do obrade rezultata mjerenja i njihovog prikazivanja u izvješćima. Točnost i pouzdanost analize uzorka ne ovisi samo o pripremi uzorka na terenu nego i o prihvatu (zaprimanju) u laboratorij. Nakon zaprimanja, u ovisnosti o tipu uzorka, slijede različite aktivnosti koje uključuju: pripremu uzorka za mjerenje, osnovne i po potrebi specijalne analize i mjerenja. Proces završava izradom izvješća i skladištenjem uzorka. Sve te aktivnosti zajedno čine jedinstven proces koji se naziva proces obrade uzorka u laboratoriju. Svaki proces mora biti razumljiv i izveden u što kraćem vremenu bez nepotrebnog ponavljanja koraka. Model procesa obrade uzorka može sadržavati i detaljno opisane i prikazane modele podprocesa tj. svaka aktivnost i događaj se mogu prikazati u zasebnom

modelu podprocesa. Prednosti prikaza modela s podprocesima jesu detaljniji i točniji opis postupaka i aktivnosti, smanjena mogućnost pogreške u definiranju dijelova sustava i izvršitelja pojedinih dijelova procesa kao i nepotrebnog ponavljanja pojedinih koraka.

Modeli procesa mogu se prikazati grafički ili tekstualno (opisno). Tekstualno prikazanim procedurama za izvođenje osnovnih i specijalnih analiza i mjerenja daje se detaljan tekstualni opis procedura u koracima i njihov točan redoslijed, kao i opis ili crtež najčešće korištene aparature (Tiab i Donaldson, 2004).

Za izvođenje petrofizikalnih mjerenja mogu se koristiti različite tehnike i aparature koje rade na različitim principima. Model koji opisuje takve procedure i postupke je vrlo kompleksan i teško je slijediti redoslijed radnji koje treba izvesti (American Petroleum Institute, 1988). Iz ovoga je lako uočljivo da se model procesa obrade uzorka u laboratoriju ne može jednoznačno definirati. Da bi se izbjegla prevelika raznolikost i preširoko opisivanje modela procesa obrade uzorka, u ovom radu je korištena grafička metoda u izradi modela. U prikazanom modelu date su najčešće korištene tehnike i metode procesa obrade uzorka u laboratoriju. Prednosti ovakvog modela su njegova jednostavnost i razumljivost kod interpretiranja redoslijeda obavljanja pojedinih aktivnosti. Izmjene i prilagodbe drugačijim sustavima i metodologijama su moguće i lako izvedive.

Pri izvođenju aktivnosti mora se slijediti određeni redoslijed iz više razloga, a ponajprije što se neke aktivnosti ne mogu izvoditi bez rezultata prethodne. Također, neke aktivnosti pri ovom procesu se ponavljaju, a neke su uvjetovane. Prilikom modeliranja procesa nije prikazano vrijeme trajanja pojedine aktivnosti. Vrijeme trajanja pojedine aktivnosti ovisi o više faktora: broj uzoraka, onečišćenost uzorka bušotinskim fluidima, broj analiza i dr.

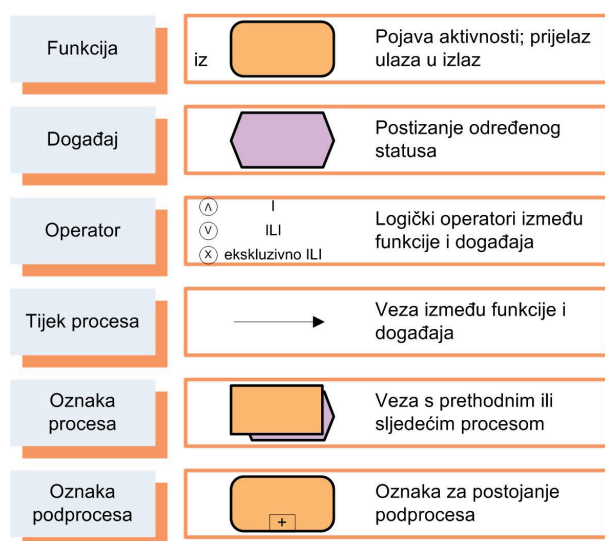
Metoda korištena za izradu modela procesa

Modeliranje procesa se radi u fazama. Najprije je potrebno obaviti pregled organizacijske strukture i pojedinih aktivnosti koje čine proces. Potom je potrebno obaviti njihovu provjeru i analizu prednosti i nedostataka. Po potrebi se mogu izraditi i modeli podprocesa (Ivandić Vidović i Bosilj Vukšić, 2003).

Obzirom na složenost sustava i procesa koji se prikazuje, najučinkovitiji način prikaza jest korištenje grafičke metode. Alati za izradu modela podijeljeni su po kategorijama u ovisnosti o pristupu (podatkovni, funkcijski, organizacijski i procesni). Težište u procesnom pristupu izrade modela stavljeno je na događaje koji pokreću aktivnosti, slijed izvođenja aktivnosti, niz ponavljanja i vrijeme trajanja aktivnosti. Najčešće korištene metode u modeliranju poslovnog procesa su: eEPC dijagram, UML dijagram aktivnosti, Petrijeve mreže i BPMN dijagram (Bosilj Vukšić et al., 2008).

Uvidom u sve postojeće metode prikaza procesa te detaljnim analiziranjem specifičnosti procesa obrade uzorka, izabran je eEPC dijagram (eEPC - *Extended Event-Driven Process Chain*) kao prošireni oblik jednostavnijeg EPC modela. EPC dijagrami su procesni dijagrami jer omogućuju jasan i detaljan prikaz poslovnog procesa kao niz aktivnosti i događaja koji se međusobno izmjenjuju. Događaji su pokretači aktivnosti (njima se definiraju uvjeti za početak aktivnosti), a isto tako su i rezultat završetka aktivnosti koji ima za posljedicu promjenu stanja sustava. Zbog korištenja dodatnih simbola u proširenim eEPC dijagramima, omogućena je integracija organizacijskog, podatkovnog i funkcijskog pogleda (Bosilj Vukšić i Kovačić, 2004).

Metodu modeliranja pomoću EPC dijagrama razvio je početkom devedesetih godina prošlog stoljeća njemački znanstvenik A.W. Scheer. Aktivnosti (funkcije) se prikazuju pravokutnikom, a događaji simbolom šesterokuta. Veze između funkcije i događaja pokazuju smjer kretanja po dijagramu. Logički operatori omogućuju ispitivanje uvjeta i grananje dijagrama toka (slika 2) (Scheer, 1992).



Slika 2. Označavanje EPC dijagrama
 Figure 2 Notation of EPC diagrams

Svaki EPC model mora slijediti jednostavna pravila dizajniranja da bi se izbjeglo nepotrebno ponavljanje dijelova procesa (Scheer et al., 2005):

- Dijagram sadržava tri ključne komponente: aktivnost (funkciju), događaj i logički operator
- Naziv događaja treba upućivati na neku njegovu značajku koja je upravo stečena, nakon završetka aktivnosti
- Naziv aktivnosti (funkcije) treba upućivati na radnju koja traje u stvarnom vremenu
- Logički operatori su prikazani kružićem unutar kojih se nalazi odgovarajući simbol za određeni tip logičke veze.
- Svaki dijagram započinje i završava s jednim ili više događaja
- EPC se sastoji od najmanje jedne aktivnosti
- EPC se može sastojati od više manjih EPC dijagrama
- Linije koje označavaju tijek procesa su uvijek usmjerene i spajaju dva elementa koja odgovaraju slijedu izvršavanja
- Događaju ne može prethoditi niti slijediti događaj
- Aktivnosti ne može prethoditi niti slijediti aktivnost
- Svaki događaj i svaka aktivnost imaju samo jednu dolaznu i/ili odlaznu liniju koja označava tijek procesa

Opis modela procesa obrade uzorka

Na slici 3. dat je prikaz modela procesa obrade uzorka u laboratoriju za petrofiziku.

Model procesa obrade uzorka stijene prikazan je EPC dijagramom kao niz aktivnosti (funkcija) i događaja koji se međusobno izmjenjuju. Događaji predstavljaju početak ili kraj pojedine aktivnosti na uzorku stijene kao što je početak procedure zaprimanja uzorka ili završetak pojedine analize. Aktivnosti (funkcije) predstavljaju postupke i procedure koje se obavljaju na uzorku stijene određenim redoslijedom.

Nakon zaprimanja uzorka u laboratoriju za petrofizikalna ispitivanja najprije se određuje tip uzorka. Ukoliko je uzorak za analizu nekonsolidiran s isplačnih sita ili talog iz separatora na njemu se obavljaju samo granulometrijske analize.

Ukoliko se radi o jezgri (konsolidiranoj ili nekonsolidiranoj) ili površinskom uzorku i ukoliko je uzorak zaštićen nepropusnom oblogom od otparavanja (konzerviran), određuje se originalno zasićenje fluidima i to najčešće na uzorku nepravilnog oblika.

Nakon toga slijedi mjerenje prirodne radioaktivnosti i gustoće jezgre. Uređaj za mjerenje se može kalibrirati za mjerenje radioaktivnosti jezgre u cijevi (nekonsolidirana jezgra) ili izvan cijevi (konsolidirana jezgra).

Nakon uklanjanja nepropusne obloge (ukoliko postoji), na opranoj konsolidiranoj jezgri se crtaju dvije paralelne linije: jedna punom crtom, a druga iscrtkana ili dvije pune crte ali različitim bojama (najčešće crvenom i plavom). Ponekad je potrebno jezgru izvaditi

iz sanduka u kojima je smještena radi vizualnog pregleda, fotografiranja ili bušenja manjih uzoraka, u obliku valjka. Ovim označavanjem se onemogućava vraćanje jezgre u sanduk u krivom smjeru (Tišljar, 2004).

Nakon mjerenja prirodne radioaktivnosti i gustoće stijene, slijedi mjerenje profilne poroznosti i propusnosti jezgre i to u smjeru pružanja sloja po cijeloj duljini i na punom promjeru jezgre. Da bi se provelo ovo mjerenje, jezgra mora ispunjavati određene uvjete. Mora biti konsolidirana (uvjet za mjerenje profilne propusnosti, slika 3) i mora imati relativno ravnu površinu oplošja jezgre, tj. ne smije biti oštećena tijekom bušenja ili transportiranja.

Uzimanje uzoraka iz jezgre

Uzorci za osnovne i specijalne analize moraju biti reprezentativni za svaki interval koji se ispituje tj. uzimaju se na način da se obuhvati svaka vidljiva promjena litološkog sastava. Uobičajeno se uzimaju dva do tri uzorka po metru jezgre, a može i više u ovisnosti o samom tipu stijene kao i o potrebi za daljnjim petrofizikalnim ispitivanjima. Uzimanje uzoraka se obavlja vađenjem valjčića promjera 1" (2,54cm) ili 1½" (3,81cm) paralelnih i okomitih obzirom na os jezgre. Petrofizikalne analize i mjerenja mogu se obavljati i na punom promjeru jezgre. Nedostaci ovog postupka jesu dugotrajno čišćenje jezgre i nemogućnost većine uređaja za rad na uzorcima velikog promjera.

Uzimanje uzoraka nekonsolidirane stijene u obliku valjčića obavlja se prema posebnom postupku. Gumena obloga, u kojoj je transportirana jezgra, radi održavanja vlažnosti i strukture materijala, reže se uzdužno, neposredno prije uzorkovanja. Uzorkovanje se izvodi samo u dijelovima pješčenjaka posebnom tehnikom "puncherovanjem" tj. ručnim vađenjem uzorka (American Petroleum Institute, 1988). Svaki uzorak se označava imenom bušotine i laboratorijskim brojem.

Utvrdjivanje prisutnosti ugljikovodika fluorescentnim pregledom UV svjetiljkom

Nakon vađenja iz cijevi, s jezgre se vodom ispiru ostaci nafte i isplake. Bez obzira na ispiranje u porama se zadržavaju ostaci zasićenja naftom i/ili isplakom. Tragovi zasićenja naftom u uskim porama mogu se prepoznati ukoliko se na uzorak (izbušeni valjčić) stavi otapalo, najčešće kloroform i uzorak izloži ultraljubičastom svjetlu. Kap kloroforma na stijeni u kojoj ima ugljikovodika (nafte ili kondenzata) pod ultraljubičastim svjetlom luminiscira mliječnim bjelilom.

Ekstrakcija ili čišćenje uzorka

Ukoliko je utvrđena prisutnost ugljikovodika, potrebno je primijeniti postupak koji uključuje uklanjanje nafte i/ili kondenzata iz pornog prostora

uzorka stijene. Ekstrakcija je postupak čišćenja uzorka od ugljikovodika pomoću otapala koje se zagrijava. Za ekstrakciju se upotrebljava jedno ili češće smjesa dva ili više otapala kao što su toluen, ksilen, benzen, aceton, kloroform ili metanol (Monicard, 1980).

Najčešće korištena metoda ekstrakcije je destilacija u Soxhlet aparaturi. Pri postupku ekstrakcije odabire se tikvica odgovarajuće veličine u koju se ulije otapalo i koje se potom zagrijava. Na tikvicu s otapalom postavlja se cijev s uzorkom. Zagrijano otapalo postupno puni cijev s uzorkom. Cirkulacijom otapala uzorak se čisti od primjesa nafte i/ili isplake. Uzorke zasićene slojnom vodom potrebno je i odsoliti. Odsoljavanje se obavlja na istoj aparaturi korištenjem metilnog alkohola (Goričnik, 1976).

Nakon postupka ekstrakcije potrebno je ukloniti vlagu iz uzorka korištenjem sušionika. U ovisnosti o tipu stijene sušenje se obavlja u različitim vrstama sušionika i na različitim temperaturama u rasponu od 60-116°C. Postoje tri vrste sušionika: obični, vakuum sušionik i sušionik s kontroliranom vlažnošću (American Petroleum Institute, 1988).

Osnovne i specijalne analize i mjerenja

Nakon sušenja uzoraka, na njima se mjere poroznost i propusnost. Za izračun poroznosti potrebno je poznavati ukupni obujam uzorka (valjčića). Kod uzorka pravilnih dimenzija valjka, uz poznate vrijednosti promjera i duljine, ukupni obujam se izračunava. Kod uzoraka nepravilnog oblika, ukupni obujam uzorka određuje se uranjanjem uzorka u živu pomoću obujamske živine pumpe. Na osnovi razlike obujma mjerne ćelije sa i bez uzorka određuje se ukupni obujam uzorka.

Nakon osnovnih, po potrebi, obavljaju se specijalne analize i mjerenja. Mjereni petrofizikalni podatci se obrađuju i interpretiraju.

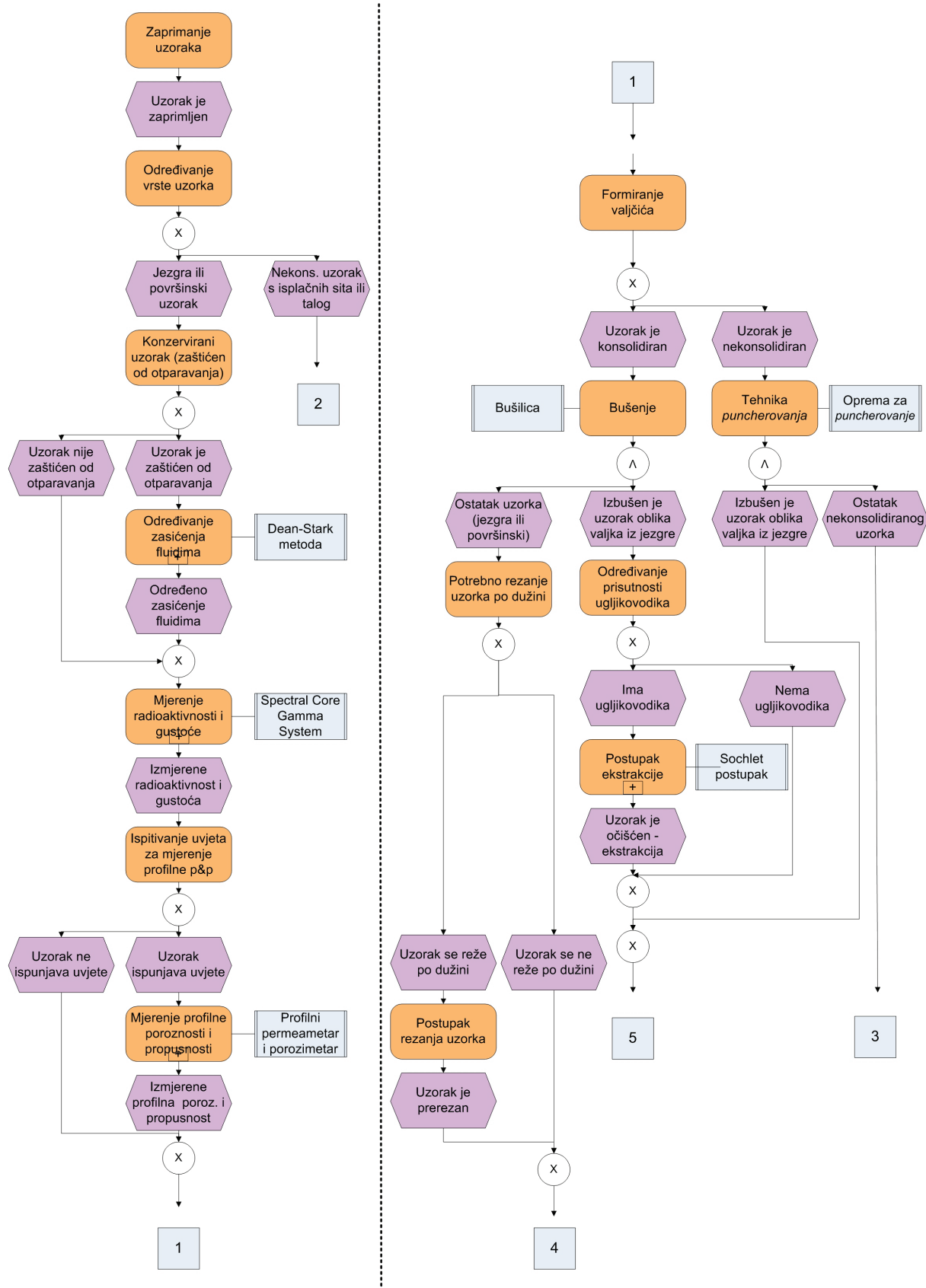
Bez obzira na vrstu uzorka na svakom se može odrediti granulometrijski sastav. Prikaz granulometrijske analize dat je kao podproces u modelu obrade uzorka. Obzirom na veličinu zrna postoje dvije različite metode za određivanje granulometrijskog sastava: metoda sijanja i metoda sedimentacije.

Skladištenje uzoraka i ostataka jezgre

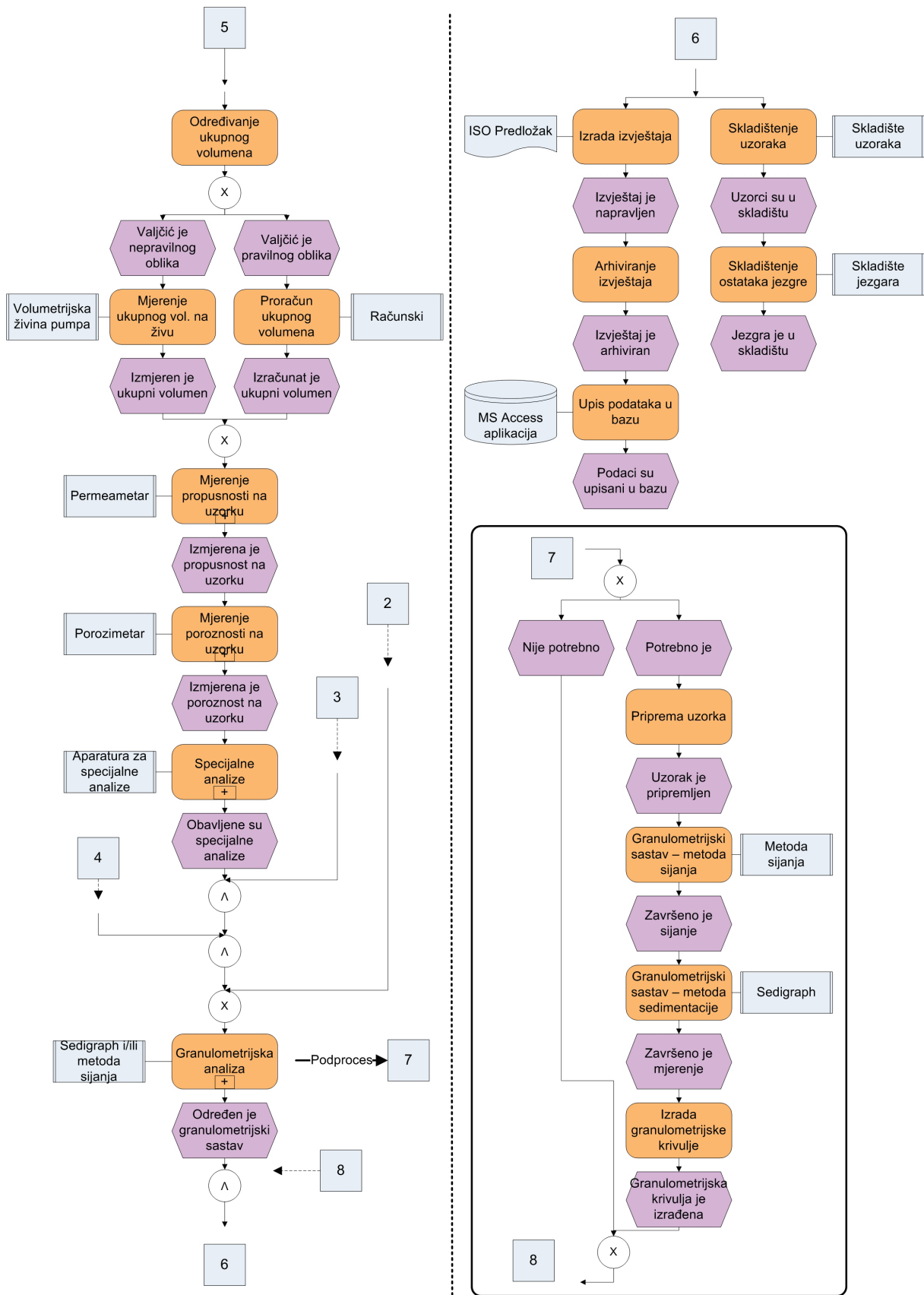
Nakon mjerenja ostatak jezgre se u većini slučajeva pohranjuje u skladištu jezgara, a dio jezgre se može vratiti naručitelju analiza. Izbušeni uzorci se pohranjuju u skladištu.

Izrada izvješća i upis rezultata ispitivanja u bazu podataka

Nakon obrade mjerenih podataka izrađuje se izvješće, a rezultati se upisuju u bazu podataka.



Slika 3. Model procesa obrade uzorka
Figure 3 Sample handling process model



Slika 3. Model procesa obrade uzorka (nastavak)
 Figure 3 Sample handling process model (continued)

Zaključak

Dijagram aktivnosti omogućuje razumljiv i detaljan prikaz procesa obrade uzorka u laboratoriju za petrofiziku te predstavlja niz aktivnosti i događaja koji se međusobno izmjenjuju. Svaka od pojedinih aktivnosti može predstavljati zaseban podproces koji se može prikazati odgovarajućim dijagramom aktivnosti. Ovako prikazan model jednog laboratorijskog procesa je bitan ponajviše zbog kvalitetnijeg praćenja svakodnevnih aktivnosti. Ukoliko se slijedi redoslijed postupaka prikazan modelom, nužno se ubrzava postupak obrade uzorka, a time se umanjuje mogućnost pogrešaka. U sustavu upravljanja kvalitetom procesni dijagram predstavlja osnovu za pravilno praćenje i vrednovanje nekog procesa što vodi kvalitetnijem upravljanju podacima u laboratoriju.

Kao nadogradnju ovom modelu potrebno je detaljnije razraditi podprocese koji uključuju pojedine osnovne i specijalne analize i mjerenja uključujući i zadani vremenski okvir potreban za izvođenje pojedinih podprocesa.

Accepted: 01.09.2010.

Received: 30.09.2010.

Literatura

- American Petroleum Institute (1988): API RP40, Recommended Practice for Core Analysis Procedure, 2nd edition, API Publishing Services, 236 pp, Washington, USA.
- Bosilj Vukšić, V., Hernaus, T., Kovačić, A. (2008): Upravljanje poslovnim procesima, Školska knjiga, Zagreb, 271 pp, Zagreb.
- Bosilj Vukšić, V., Kovačić, A. (2004): Upravljanje poslovnim procesima, Sinergija, 180 pp, Zagreb.
- Core Laboratories (1973): The Fundamentals of Core Analysis, Core Laboratories, 236 pp, Dallas, USA
- Goričnik, B. (1976): Laboratorijske metode određivanja svojstava ležišnih stijena i fluida, Interna skripta za poslijediplomski studij na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet i INA Naftaplin, 199 pp, Zagreb
- Ivandić Vidović, D., Bosilj Vukšić, V. (2003): Dynamic Business Process Modelling Using ARIS, 25th International Conference on Information Technology Interfaces, Cavtat, June 16-19
- Monicard, R.P. (1980): Properties of Reservoir Rocks: Core Analysis, Institut Français du Pétrole, 168 pp, Paris, France
- Scheer, A. W. (1992): Architecture of Integrated Information Systems: Foundations of Enterprise Modelling, Springer-Verlag, 220 pp, New York
- Scheer, A.-W., Thomas, O., Adam, O. (2005): Process Modeling using Event-Driven Process Chains. In: Dumas, M., van der Aalst, W. M., ter Hofstede, A. H. (editors): Process-Aware Information Systems: Bridging People and Software Through Process Technology, Wiley, 119-145 pp., USA
- Tiab, D., Donaldson, C. E. (2004): Petrophysics: theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties. 2nd edition, Gulf Professional Publishing, Elsevier, 889 pp, Oxford, UK
- Tišljar, J. (2004): Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina, Institut za geološka istraživanja, 426 pp, Zagreb.