Ispitivanje utjecaja koncentracije titranata na potenciometrijsko određivanje anionskih tenzida koristeći senzor s funkcionaliziranim ugljikovim nanocjevčicama

Mirosavljević, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:518966

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Department of Chemistry, Osijek



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Sveučilišni preddiplomski studij kemije

Marija Mirosavljević

Ispitivanje utjecaja koncentracije titranta na potenciometrijsko određivanje anionskih tenzida koristeći senzor s funkcionaliziranim ugljikovim nanocjevčicama

(Investigation of the influence of titrant concetration on potenciometric determination of anionic surfactants using sensor with functionalized carbon nanotubes)

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Mirela Samardžić

Neposredni voditelj: Dr. sc. Mateja Budetić

Osijek, 2019. godina

Sažetak

Površinski aktivne tvari ili tenzidi bifunkcionalni su organski spojevi s hidrofilnim i hidrofobnim djelom koji imaju tendenciju nakupljanja između dvije faze. Dijele se na anionske, kationske, amfolitske i neionske. Anionski tenzidi u vodi disociraju dajući negativno nabijene organske ione koji su površinski aktivni. Mogu se odrediti korištenjem kromatografskih, titracijskih, spektrofotometrijskih i drugih metoda. Prilikom određivanja anionskih tenzida titracijskim metodama, uglavnom se koriste ionsko-selektivne elektrode (ISE) koje služe kao potenciometrijski senzori.

Tijekom potenciometrijskog određivanja anionskih tenzida korišten je senzor temeljen na funkionaliziranim ugljikovim nanocjevčicama i tetrafenilboratu (MWCNT-TPB). Određivan je utjecaj koncentracije titranta na oblik titracijskih krivulja kako bi se odredila najniža koncentracija titranta koja daje analitički uporabljivu završnu točku titracije. Kao titrant korišten je cetilpiridinijev klorid (CPC) koncentracija: 4×10^{-3} mol/dm^3, 4×10^{-4} mol/dm^3, 1×10^{-4} mol/dm^3 i 4×10^{-5} mol/dm^3, a kao analit natrijev dodecilsulfat (NaDDS) istih koncentracija.

Ključne riječi: anionski tenzidi, potenciometrijska titracija, ionsko-selektivna elektroda, titrant

Abstract

Surfactants or surface-active agents are bifunctional organic compounds composed of hydrophilic and hydrophobic groups which have tendency of accumulating between two phases. Surfactants are classified into four types: anionic, cationic, amphoteric and nonionic. Anionic surfactants ionize in water solution into the negatively charged surface active organic ions. Anionic surfactants can be determined using titration methods of analysis, chromatographic methods, spectrometric methods, etc. Nowadays, when determining anionic surfactants through the titration methods of analysis, ion-selective electrodes (ISE) are the most frequently used as potentiometric sensors.

For potentiometric determination of anionic surfactants, the sensor based on functionalized multi-walled carbon nanotubes and tetraphenylborate (MWCNT-TPB) was used. The effect of titrant concentration on the shape of titration curves was investigated in order to determine the lowest titrant concertation that enables reliable end-point location. Cetylpyridinium chloride (CPC) at concentrations: 4×10^{-3} mol/dm^3, 4×10^{-4} mol/dm^3, 1×10^{-4} mol/dm^3 and 4×10^{-5} mol/dm^3 was used as titrant and the same concentrations of sodium dodecyl sulfate (NaDDS) were used as the analytes.

Keywords: anionic surfactants, potentiometric titration, ion-selective electrode, titrant

Sadržaj

1. UVOD 5

2. TEORIJSKI DIO 6

2.1 Tenzidi 6
2.2 Anionski tenzidi 7
2.3 Metode određivanja anionskih tenzida 8
2.4 Potenciometrija 8
2.5 Ionsko-selektivne elektrode 9

3. EKSPERIMENTALNI DIO 11

3.1 Reagensi 11
3.2 Aparatura 11
3.3 Postupak i uvjeti titracije 13

4. REZULTATI I RASPRAVA ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.1 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 4 x 10^{-3} mol/dm^3 ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.2 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 4 x 10^{-4} mol/dm^3 16
4.3 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 1 x 10^{-4} mol/dm^3 19
4.4 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 4 x 10^{-5} mol/dm^3 22
4.5 Usporedba ispitanih koncentracija analita i titranata 24

5. ZAKLJUČAK 27

6. LITERATURA ..... **Error! Bookmark not defined.**

1. UVOD

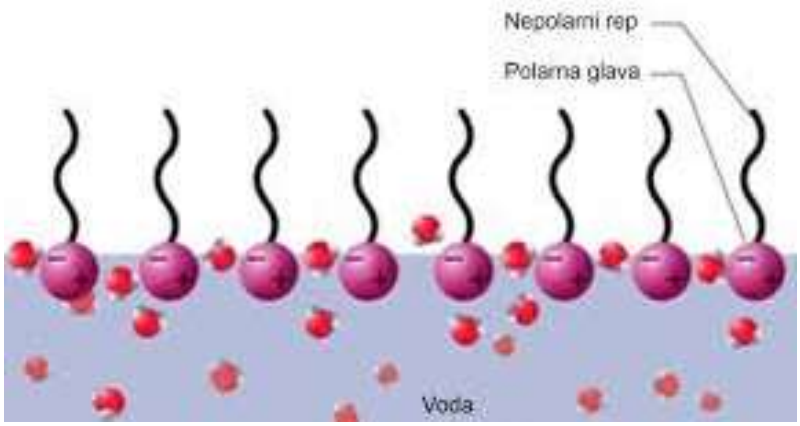
Površinski aktivne tvari ili tenzidi su skupina široko primjenjivih spojeva. Najviše se koriste anionski tenzidi koji su glavni aktivni sastojak proizvoda za pranje i čišćenje. Njihova koncentracija često se određuje potenciometrijski. Potenciometrija je elektroanalitička metoda kojom se mjeri razlika potencijala između indikatorske i referentne elektrode eletrokemijske ćelije uz ravnotežne uvjete.

Cilj ovog rada je bio odrediti najniže koncentracije analita i titranta koje se mogu koristiti za točno i precizno određivanje anionskih tenzida potenciometrijskim senzorom temeljenim na funkionaliziranim ugljikovim nanocjevčicama i tetrafenilboratu (MWCNT-TPB).

2. TEORIJSKI DIO

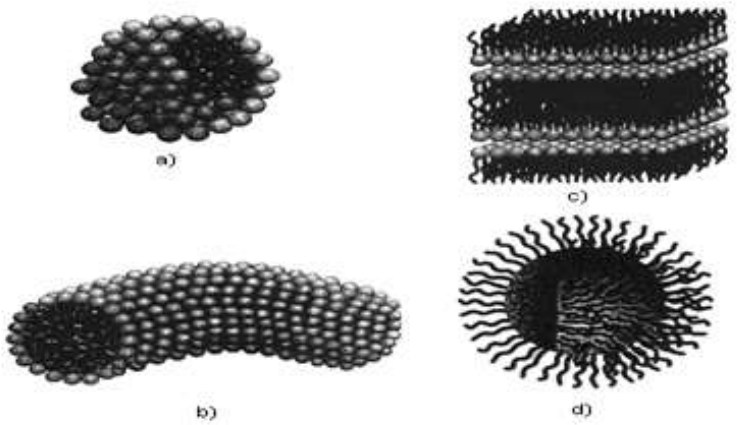
2.1 Tenzidi

Površinski aktivne tvari ili tenzidi su organski spojevi. Sastoje se od dva dijela: hidrofobnog „repa“ i hidrofilne „glave" zbog čega teže nakupljanju na granici dviju faza (Slika 1). Hidrofilna glava može biti električki nabijena ili neutralna polarna skupina. Rep se sastoji od dugačkih ugljikovodikovih lanaca (8-20 C atoma). Površinski aktivne tvari dijele se na kationske (kvaterne amonije soli), anionske (alkilbenzosulfonati), amfolitske (alkilbetaini) i neionske (etoksilati masnih kiselina) [1].



Slika 1. Molekule tenzida [2].

Dva svojstva odlikuju tenzide, a to su: molekulsko samoudruživanje i adsorpcija. Adsorpcija je težnja nakupljanju molekula tenzida na granici dvije faze pri čemu se hidrofilni dio uvijek okreće prema vodi. Molekule tenzida mogu se udruživati međusobno u organizirane strukture (Slika 2).



Slika 2. Prikaz oblika micela: a) i d) sferna, b) cilindrična, c) dvosloj [3]

Formiranjem micela hidrofobni djelovi su okrenuti tako da budu izvan vode, a hidrofilne glave ostaju u vodi. Tenzidi postoje kao monomeri do granične koncentracije koja se naziva kritična micelarna koncentracija (CMC) [4].

2.2 Anionski tenzidi

Anionski tenzidi najstariji su tip tenzida i najčešće upotrebljavani. U vodenim otopinama mogu ionizirati i dati površinski aktivne organske ione koji su negativno nabijeni. Sadrže hidrofobni (alkilni lanci različitih duljina, alkilbenzeni, alkilfenil eteri i dr.) i hidrofilni dio (sulfati, sulfonati, fosfati, karboksilne skupine i dr.). Adsorpcijom mjenjaju površinska svojstva krutina i tako povećavaju topljivost spojeva teško topljivih u vodi. Anionski tenzidi se jako pjene i najdjelotvorniji su od svih tenzida za uklanjanje nečistoća s prirodnih tkanina. Zbog lakog raspršenja koriste se u praškastim deterdžentima. Zbog osjetljivosti anionskih tenzida na tvrdoću vode, tvrdoj vodi se dodaju tvari poput etilendiamintetraoctene kiseline (EDTA) za kompleksiranje kalcija (Ca) i magnezija (Mg) [5].

Prema kemijskoj strukturi lipofilnog dijela molekule, anionski tenzidi se dijele na: sapune, alkilbenzensulfonate, linearne alkilbenzensulfonate, alkilsulfate masnih alkohola, sekundarne alkansulfonate, olefinsulfonate, metiletersulfonate. Alkilbenzensulfonati (ABS) su anionski tenzidi s razgranatim alkilnim lancem i teško se razgrađuju dok se linearni alkilbenzensulfonati (LAS) lako i brzo razgrađuju u aerobnim uvjetima [1].

2.3 Metode određivanja anionskih tenzida

Anionski tenzidi se mogu određivati pomoću titracijskih metoda kao što su potenciometrijske, vizualne i turbidimetrijske titracije, pomoću spektrofotometrijskih metoda kao što je MBAS-metoda, pomoću kromatografskih metoda i analizom injektiranjem u protok. Titracijske metode široku primjenu pronašle su u kvantitativnoj analizi ionskih tenzida [1]. One se zasnivaju na stvaranju ionskih asocijata anionskih tenzida s kationskim titrantima (Jednadžba 1):

$$Cat^+ + An^- \rightleftarrows CatAn \qquad (1)$$

Cat^+: veliki kationi

An^-: anioni anionskih tenzida.

Završna točka se može odrediti vizualno (prisustvo nekog indikatora) ili instrumentalno (uz odgovarajući senzor - potenciometrijski, optički, turbidimetrijski, tenzidimetrijski) [6].

2.4 Potenciometrija

Elektroanalitička metoda koja služi za mjerenje razlike potencijala između referentne i indikatorske elektrode uz ravnotežne uvjete naziva se potenciometrija. Potenciometrijsko određivanje tenzida temeljeno je na sposobnosti oblikovanja ionskih parova s ionima suprotnog naboja (Jednadžba 1).

Ionski parovi nisu topljivi u vodi te se mogu ekstrahirati s nepolarnim otapalima. Tijekom mjerenja kroz sustav teče struja malog značaja te ne utječe na mjerljivo stanje ravnoteže na elektrodama. Izmjereni potencijal proporcionalan je logaritmu aktiviteta analita. Kalomelova eletroda i srebro/srebrov klorid elektroda se najčešće koriste kao referentne elektrode. To su elektrode poznatog potencijala i potpuno neovisne o koncentraciji analita. Pri prolasku malih struja one zadržavaju konstantni potencijal. Univerzalna refernetna elektroda je standardna vodikova eletroda. Dogovoreno je da je anoda uvijek referentna elektroda, a umjesto standardne vodikove elektrode, radi jednostavnosti, u praksi se često koriste sekundarne referentne elektrode. Radna elektroda čiji potencijal ovisi o koncentraciji ispitivane vrste u otopini je indikatorska elektroda. Ona bi trebala dati reproducibilan i brz te visoko selektivan

odziv na ione analita. Razlikuju se metalne i membranske indikatorkse elektrode. Prve djeluju prijelazom elektrona površinom kojom se dodiruju elektroda i otopina dok druge djeluju prijelazom iona s jedne na drugu stranu membrane [1]. Podgrupa membranskih elektroda su elektrode s tekućom membranom, kod kojih se naboj prenosi ionima između otopine analita i izmjenjivačke tvari u membrani, a potencijal nastaje kao rezultat razlike u aktivitetima između analita iz unutrašnje i vanjske otopine [6].

Nernstovim izrazom određen je potencijal indikatorske elektrode (Jednadžba 2):

$$E = E° + \frac{2{,}303 \cdot RT}{nF} loga$$

gdje je:

E = izmjereni potencijal

$E°$ = standardni elektrodni potencijal

R = opća plisnka konstanta, iznosi 8,314 J/Kmol

T = temperatura (u Kelvinima)

n = naboj iona

F = Faradayeva konstanta, 96500 C

a = aktivitet analita.

Izraz vrijedi pri idealnim uvjetima, tj. kada elektroda ima odziv samo na ione analita. Aktivitet predstavlja efektivnu koncentraciju iona koja je najčešće manja od stvarne koncentracije [6].

2.5 Ionsko selektivne elektrode

Ionsko selektivne elektrode, ISE (eng. *ion-selective electrode*) elektrokemijski su senzori za potenciometrijsko određivanje analita. Mjerenje se odvija u elektrokemijskoj mjernoj ćeliji. Ćelija se sastoji od ionsko-selektivne i referentne elektrode. Membrana ISE je odgovorna za selektivno i osjetljivo prepoznavanje određenog iona. S obzirom na membranu, ISE mogu se podijeliti na elektrode s ionsko-izmjenjivačkom membranom i na elektrode sa čvrstom membranom.

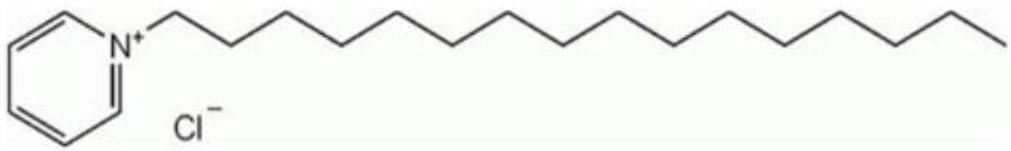
Elektrode sa čvrstom membranom imaju membrane sastavljene od jedne ili više kristalnih tvari. Njihov potencijal ovisi o koncentraciji iona koji prenose naboj uz njenu površinu. Membrane elektroda s ionsko-izmjenjivačkom membranom sadrže tvar koja može

izmjenjivati ione. One mogu biti napravljene od posebne vrste stakla (npr. staklena pH-elektroda) ili od organske ionsko-izmjenjivačke tvari koja je otopljena u pogodnom otapalu u plastičnom matriksu. Njihov potencijal se određuje izmjenom iona iz otopine s ionima koji su vezani za izmjenjivačku tvar u membrani [7].

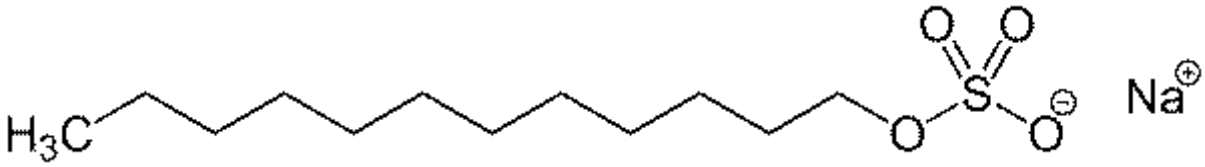
3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Reagensi

Kao titrant koristio se cetilpiridinijev klorid (CPC, Merck, Njemačka, slika 3.) različitih koncentracija: 4 x 10^{-3} mol/dm^3, 1 x 10^{-4} mol/dm^3, 4 x 10^{-4} mol/dm^3, 4 x 10^{-5} mol/dm^3. Kao analit korištena je otopina natrijevog dodecilsulfata (NaDDS, Fluka, Švicarska, slika 4.) istih koncentracija.



Slika 3. CPC, $C_{21}H_{38}ClN$, Mr = 358,00 [3].

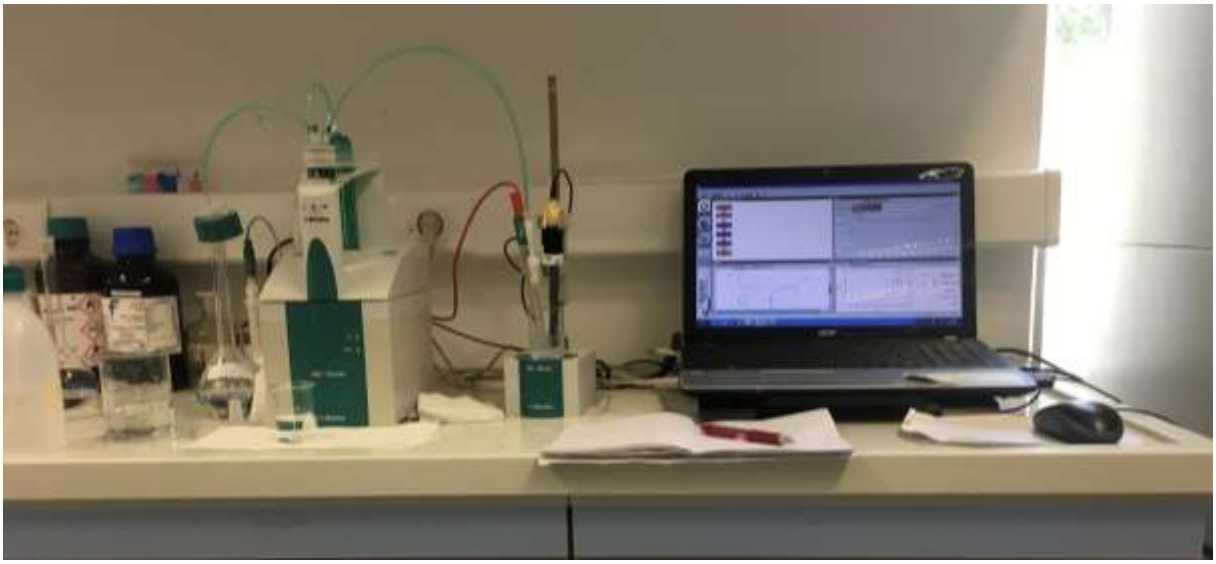


Slika 4. NaDDS, $C_{12}H_{25}NaO_4S$, Mr = 288,38 g/mol [8].

Otopine su pripremljene u deioniziranoj vodi.

3.2 Aparatura

Za provedbu potenciometrijskih titracija upotrebljen je automatski univerzalni titrator (*794 Basic Titrino*, Metrohm, Švicarska) uz izmjenjivu jedinicu za doziranje (*806 Exchange unit*, Metrohm, Švicarska) i magnetsku mješalicu (*801 Stirrer Titration Stirrer*, Metrohm, Švicarska) (Slika 5.). Uređaj je kontroliran Tiamo 1.1. komercijalnim programom (Metrohm, Švicarska).



Slika 5. Korištena aparatura.

Za mjerenje je korištena ISE s plastificiranim djelom unutar kojeg je spektrografski grafitni štapić promjera 6 mm. Grafitna površina je ispolirana brusnim papirom nakon čega je na nju nanesen sloj grafena te membrana. Kao senzorski materijal te elektrode korišten je ionski par višestjenčanih ugljikovih nanocjevčica kovalentno modificiranih s kvaternim amonijevim kationom i tetrafenilborata (MWCNT-TPB). Kao referentna elektroda korištena je srebro/srebrov klorid (Ag/AgCl) elektroda, a unutrašnji elektrolit bila je otopina kalijeva klorida (KCl) koncentracije 3 mol/dm^3. Na slici 6 prikazan je korišteni elektrodni sustav.



Slika 6. Korišten elektrodni sustav.

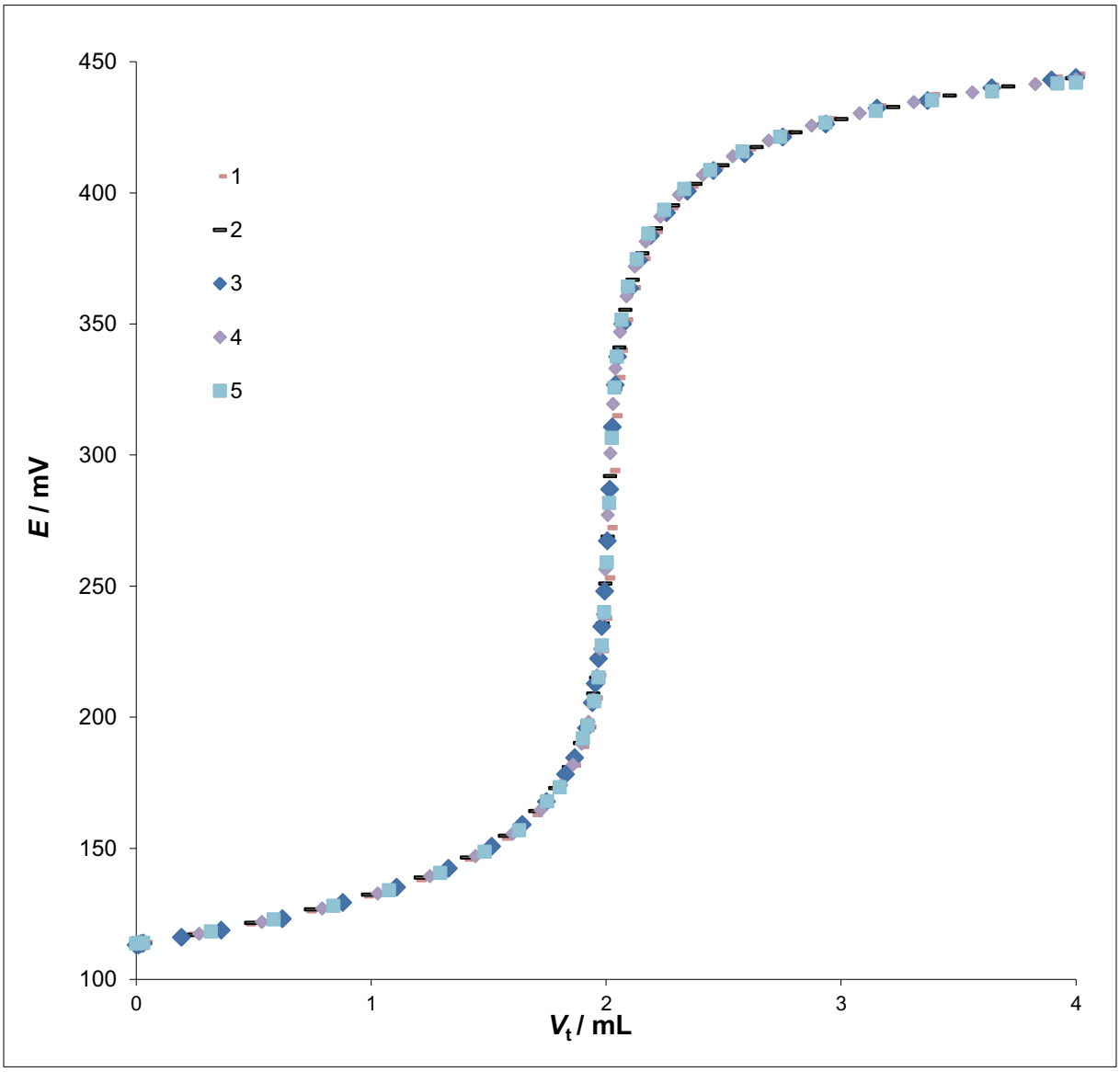
3.3 Postupak i uvjeti titracije

Ispitan je utjecaj titranta na određivanje anionskih tenzida u čistim sustavima s ionsko-selektivnom elektrodom koja sadrži MWCNT-TPB senzorski materijal. Mjerenja su izvršena pri sobnoj temperaturi uz upotrebu magnetske mješalice, bez podešavanja ionske jakosti i pH. Titracije su provedene tako da se u 2 mL NaDDS-a koncentracije 4×10^{-3} mol/dm^3 dodalo 23 mL destilirane vode. Kao titrant je upotrebljena otopina CPC-a koncentracije 4×10^{-3}. Isto je ponovljeno s ostalim koncentracijama navedenih otopina (1×10^{-4} mol/dm^3, 4×10^{-4} mol/dm^3, 4×10^{-5} mol/dm^3). Titracijske krivulje konstruirane su kao ovisnost elektrodnog potencijala o volumenu titranta pomoću programa Microsoft Office Excell 2010. Za svaki uzorak NaDDS-a i CPC-a određenih koncentracija napravljena je serija od 5 titracija. Titrator je podešen za rad u DET i MET modu.

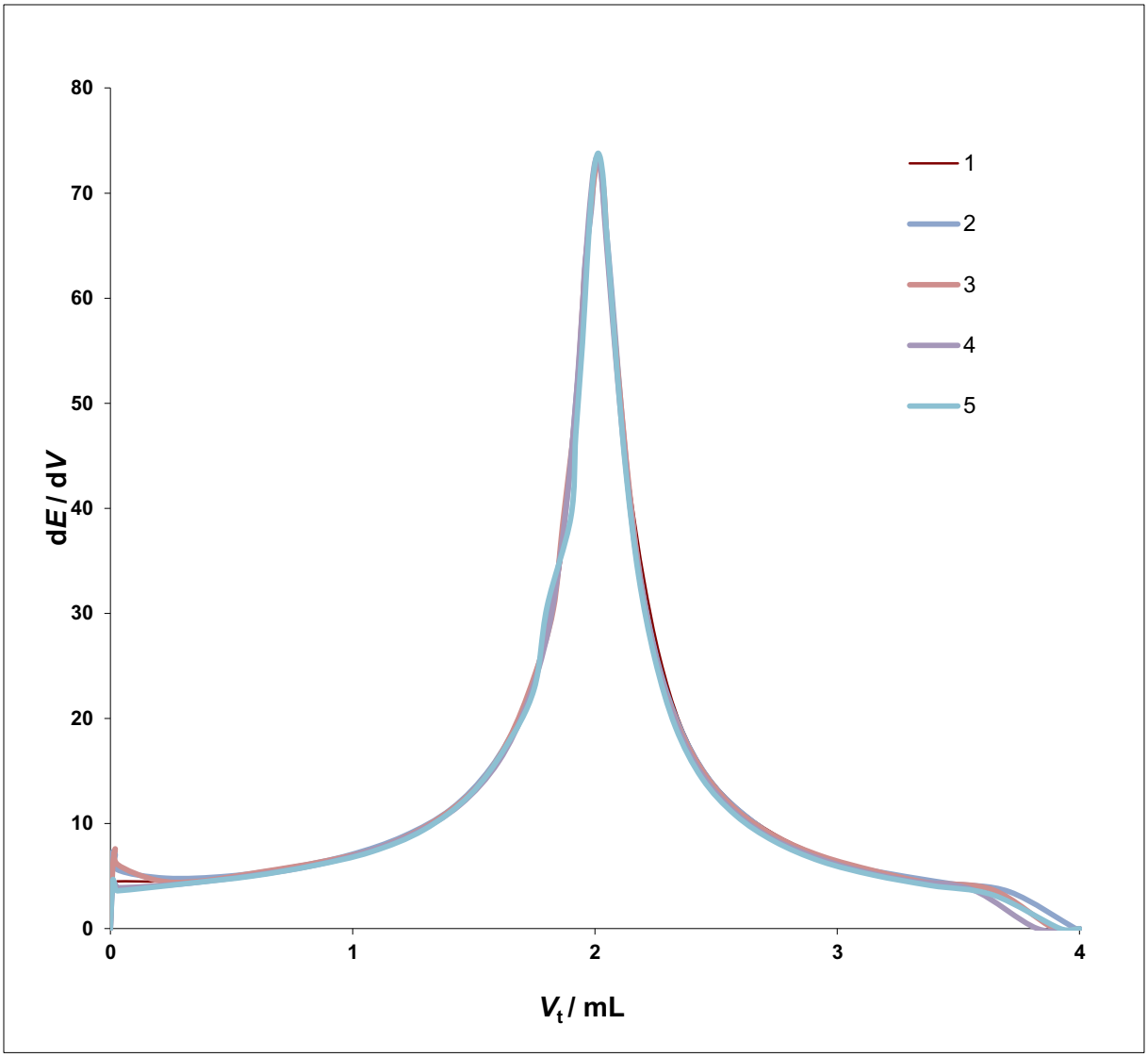
4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 4 x 10^{-3} mol/dm^3

Kao indikator točke ekvivalencije (EP) u potenciometrijskim titracijama korištena je MWCNT-TPB elektroda. Titrant je otopina CPC-a koncentracije 4 x 10^{-3} mol/dm^3 dok je analit NaDDS koncentracije 4 x 10^{-3} mol/dm^3. Rezultati mjerenja prikazani su pomoću titracijskih i derivacijskih krivulja na slikama 7 i 8.



Slika 7. Titracijske krivulje dobivene korištenjem otopina NaDDS-a koncentracije c = 4 x 10^{-3} mol/dm^3 kao analita i otopine CPC-a koncentracije c = 4 x 10^{-3} mol/dm^3 kao titranta.



Slika 8. Derivacijske krivulje ($\Delta E/\Delta V$) za određivanje točke ekvivalencije pri potenciometrijskoj titraciji otopine NaDDS-a (c = 4 x 10^{-3} mol/dm^3) otopinom CPC-a (c = 4 x 10^{-3} mol/dm^3).

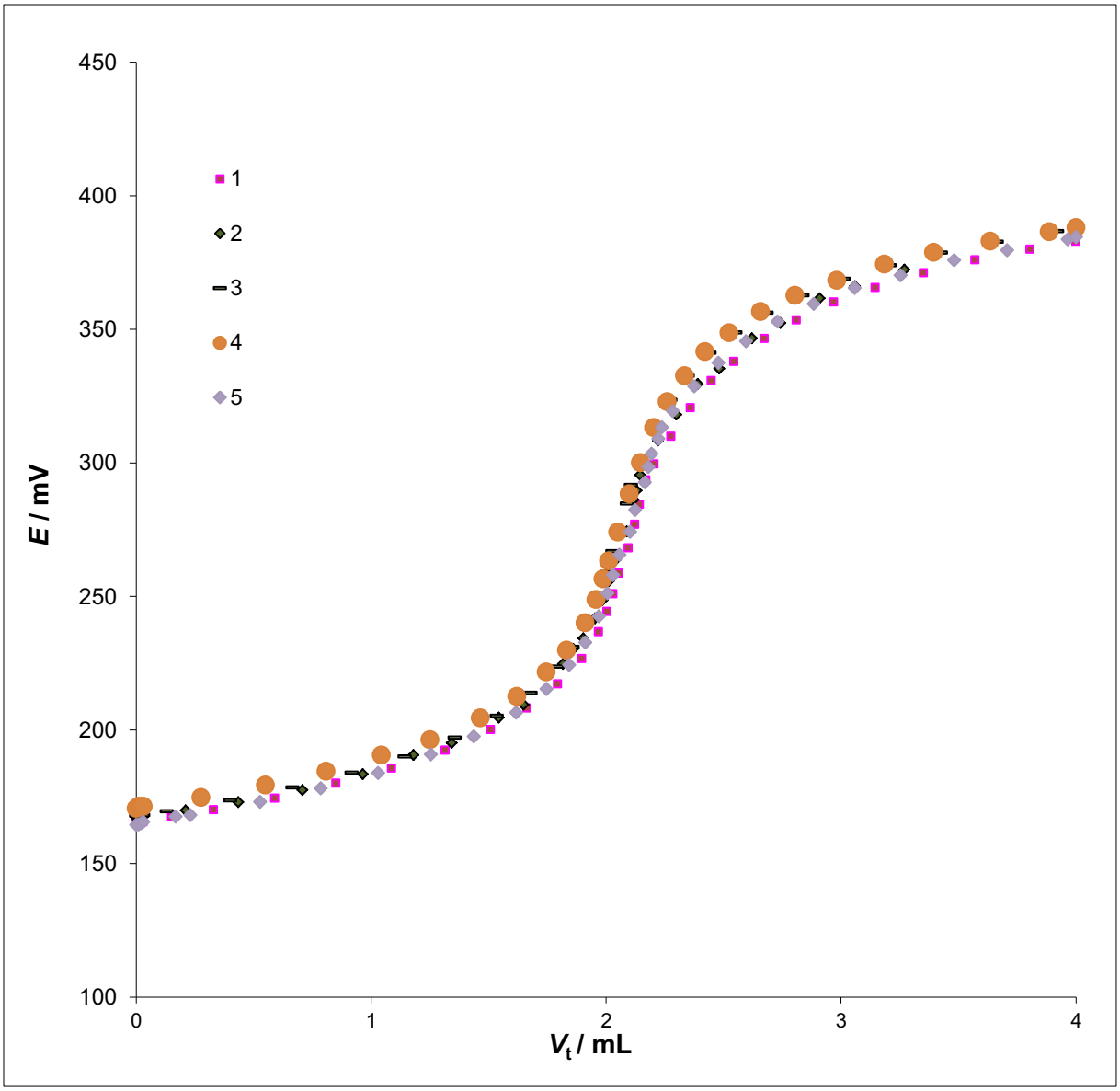
Rezultati mjerenja dani su u Tablici 1. Svi rezultati dobiveni su na temelju 5 mjerenja.

Tablica 1. Statistika vrijednosti dobivenih potenciometrijskim titracijama otopine NaDDS-a $c = 4 \times 10^{-3}$ mol/dm^3 s otopinom CPC-a $c = 4 \times 10^{-3}$ mol/dm^3.

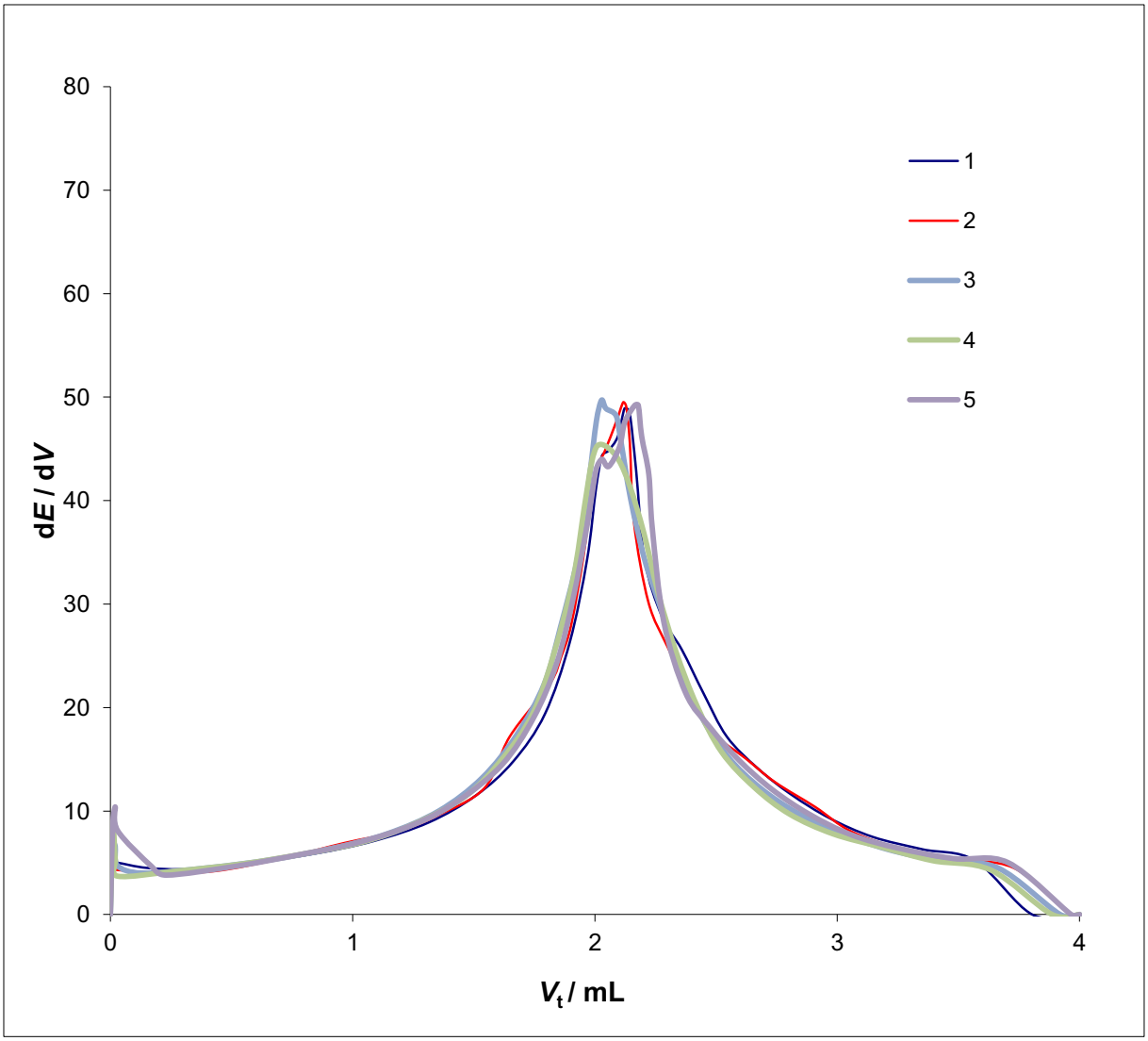
Koncentracija titranta/M		$4 \cdot 10^{-3}$
Skok potencijala u EP/mV		287,5
Vrijednost potencijala u EP/mV		283,5 ± 4,9
Vrijednost prve derivacija u EP		73,2 ± 0,5
Točnost/%		100,69
Preciznost	SD	0,1373
	RSD	0,0014
	CV	0,1364

4.2 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 4 x 10^{-4} mol/dm^3

Kao indikator točke ekvivalencije u potenciometrijskim titracijama korištena je MWCNT-TPB elektroda. Titrant je otopine CPC-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-4}$ mol/dm^3, a analit je otopina NaDDS-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-4}$ mol/dm^3. Rezultati mjerenja prikazani su pomoću titracijskih i derivacijskih krivulja na slikama 9 i 10.



Slika 9. Tiracijske krivulje dobivene korištenjem NaDDS-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-4}$ mol/dm^3 kao analita i otopine CPC-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-4}$ mol/dm^3 kao titranta.



Slika 10. Derivacijske krivulje ($\Delta E/\Delta V$) za određivanje točke ekvivalencije pri potenciometrijskoj titraciji otopine NaDDS-a (c = 4 x 10^{-4} mol/dm^3) otopinom CPC-a (c = 4 x 10^{-4} mol/dm^3).

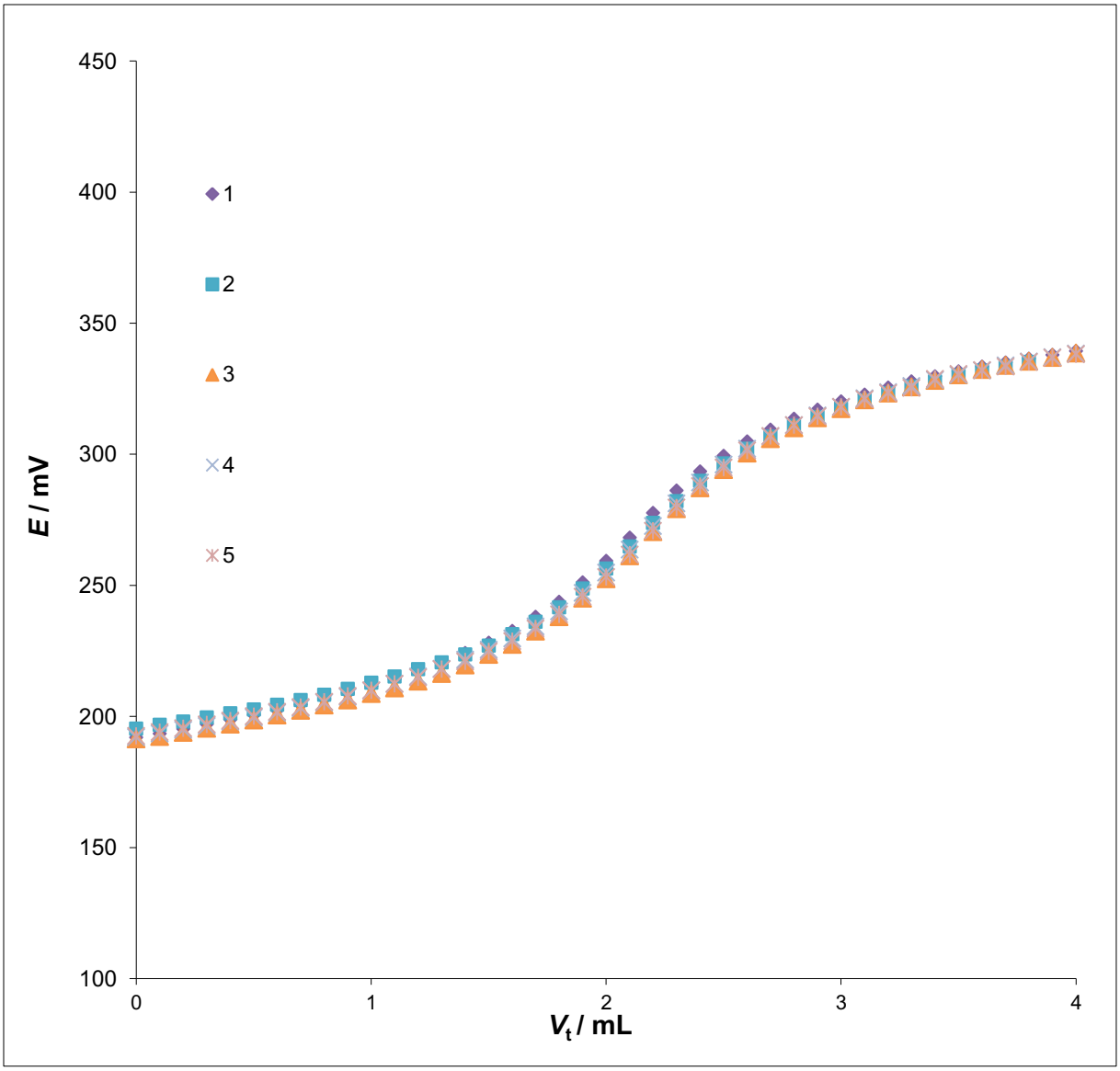
Rezultati mjerenja prikazani su u Tablici 2. Svi rezultati dobiveni su na temelju 5 mjerenja.

Tablica 2. Statistika vrijednosti dobivenih potenciometrijskim titracijama otopine NaDDS-a $c = 4 \times 10^{-4}$ mol/dm^3 s otopinom CPC-a $c = 4 \times 10^{-4}$ mol/dm^3.

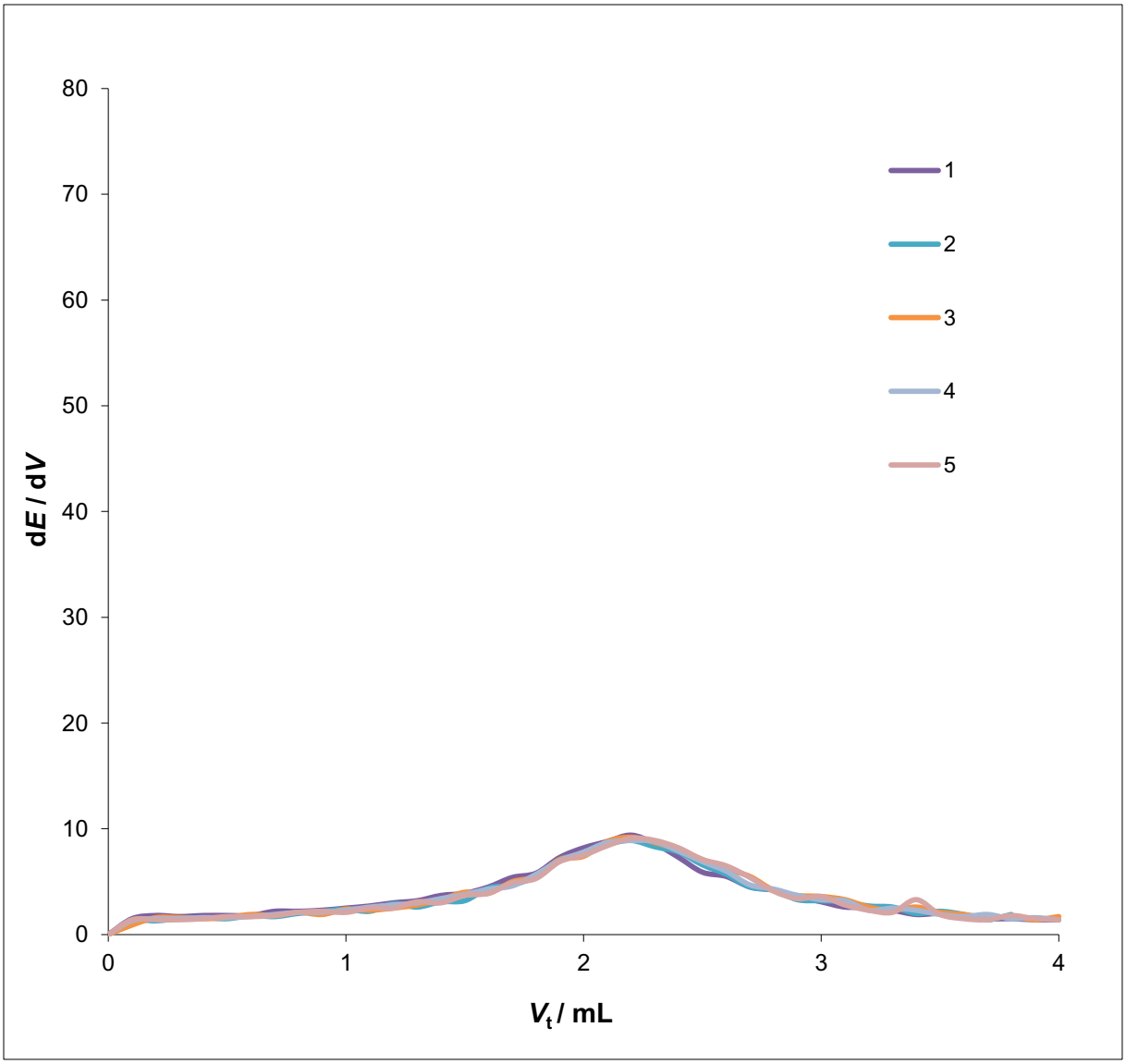
Koncentracija titranta/M		$4 \cdot 10^{-4}$
Skok potencijala u EP/mV		188,1
Vrijednost potencijala u EP/mV		258,4 ± 8,9
Vrijednost prve derivacija u EP		48,5 ± 2,2
Točnost/%		100,87
Preciznost	SD	0,5855
	RSD	0,0058
	CV	0,5805

4.3 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 1 x 10^{-4} mol/dm^3

Kao indikator točke ekvivalencije u potenciometrijskim titracijama korištena je MWCNT-TPB elektroda. Titrant je otopina CPC-a koncentracije 1 x 10^{-4} mol/dm^3, a analit je otopina NaDDS-a koncentracije 1 x 10^{-4} mol/dm^3. Rezultati mjerenja prikazani su pomoću titracijskih i derivacijskih krivulja na slikama 11 i 12.



Slika 11. Titracijske krivulje dobivene korištenjem otopina NaDDS-a koncentracije c = 1 x 10^{-4} mol/dm^3 kao analita i otopine CPC-a koncentracije c = 1 x 10^{-4} mol/dm^3 kao titranta.



Slika 12. Derivacijske krivulje ($\Delta E/\Delta V$) za određivanje točke ekvivalencije pri potenciometrijskoj titraciji otopine NaDDS-a (c = 1 x 10^{-4} mol/dm^3) otopinom CPC-a (c = 1 x 10^{-4} mol/dm^3).

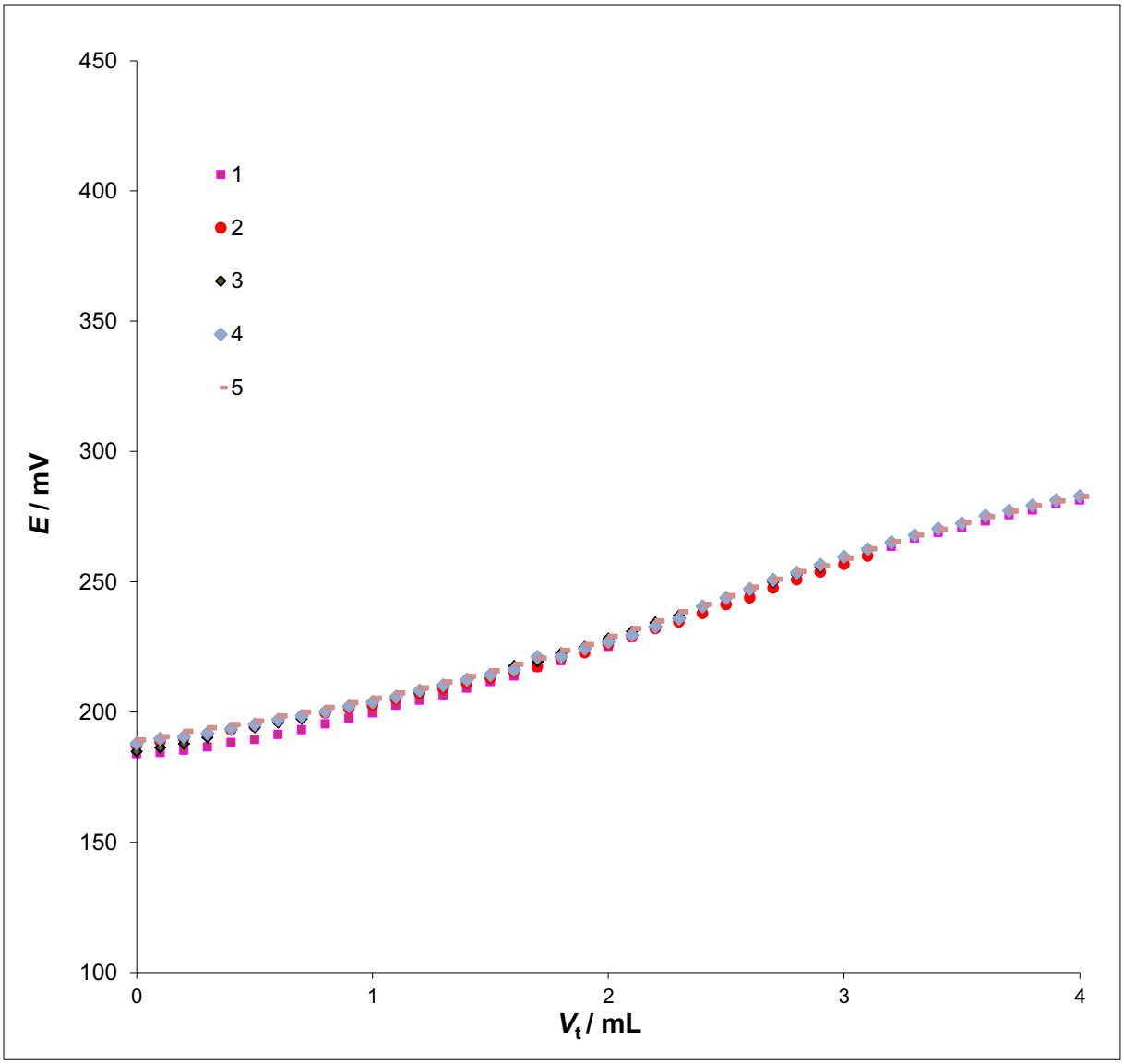
Rezultati mjerenja prikazani su u Tablici 3. Svi rezultati dobiveni su na temelju 5 mjerenja.

Tablica 3. Statistikaa vrijednosti dobivenih potenciometrijskim titracijama otopine NaDDS-a $c = 1 \times 10^{-4}$ mol/dm^3 s otopinom CPC-a $c = 1 \times 10^{-4}$ mol/dm^3.

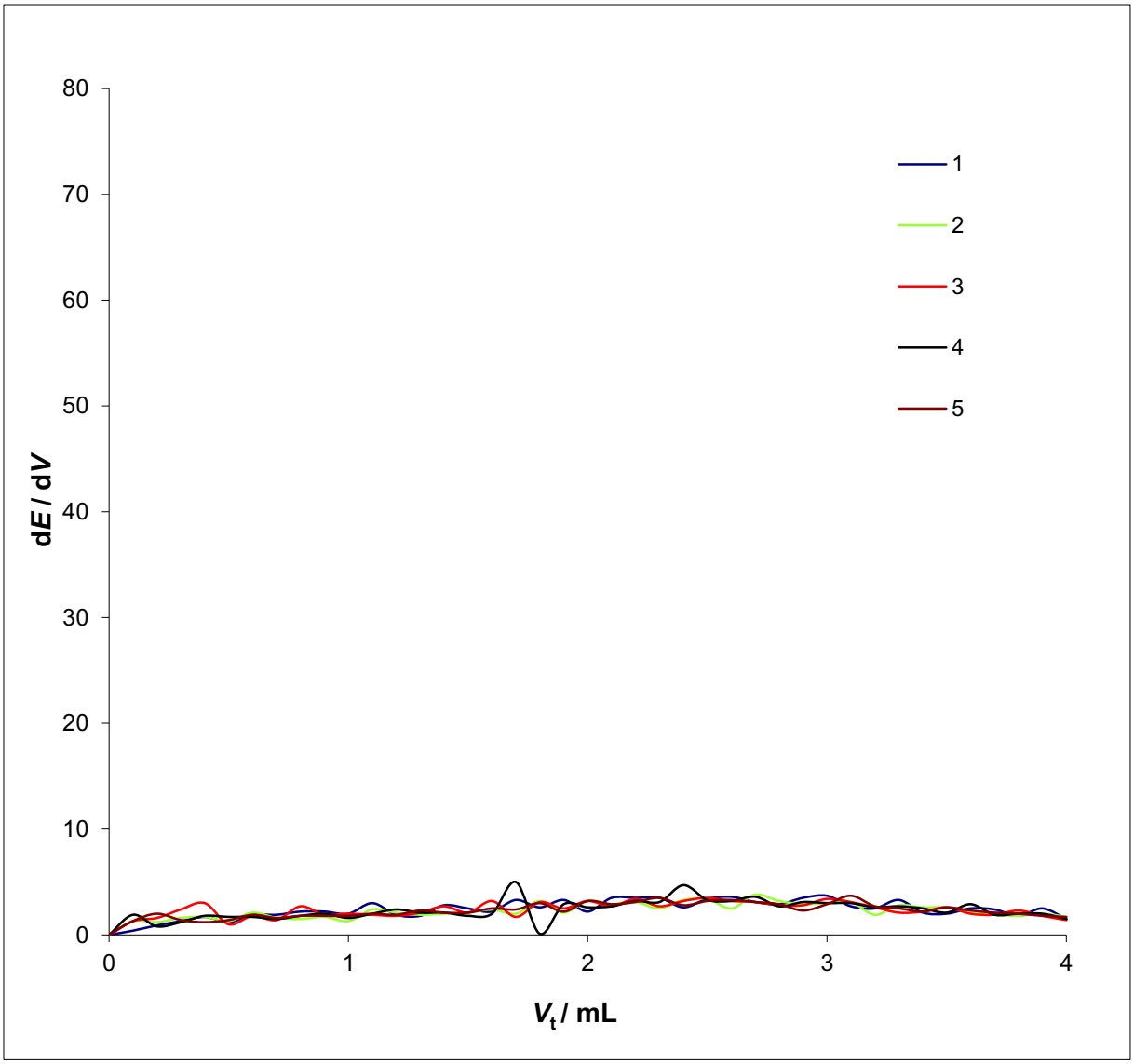
Koncentracija titranta/M		$1 \cdot 10^{-4}$
Skok potencijala u EP/mV		114,1
Vrijednost potencijala u EP/mV		268,8 ± 3,6
Vrijednost prve derivacija u EP		9,1 ± 0,25
Točnost/%		107,68
Preciznost	SD	0,8799
	RSD	0,0082
	CV	0,8171

4.4 Titracija anionskog tenzida CPC-om koncentracije 4 x 10^{-5} mol/dm^3

Kao indikator točke ekvivalencije u potenciometrijskim titracijama korištena je MWCNT-TPB elektroda. Titrant je otopina CPC-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-5}$ mol/dm^3, a analit je otopina NaDDS-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-5}$ mol/dm^3. Rezultati mjerenja prikazani su pomoću titracijskih i derivacijskih krivulja na slikama 13 i 14. Iako krivulje prve derivacije ne pokazuju izražen skok, iz podataka je moguće odrediti točku ekvivalencije.



Slika 13. Titracijske krivulje dobivene korištenjem NaDDS-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-5}$ mol/dm^3 kao analita i otopine CPC-a koncentracije $c = 4 \times 10^{-5}$ mol/dm^3 kao titranta.

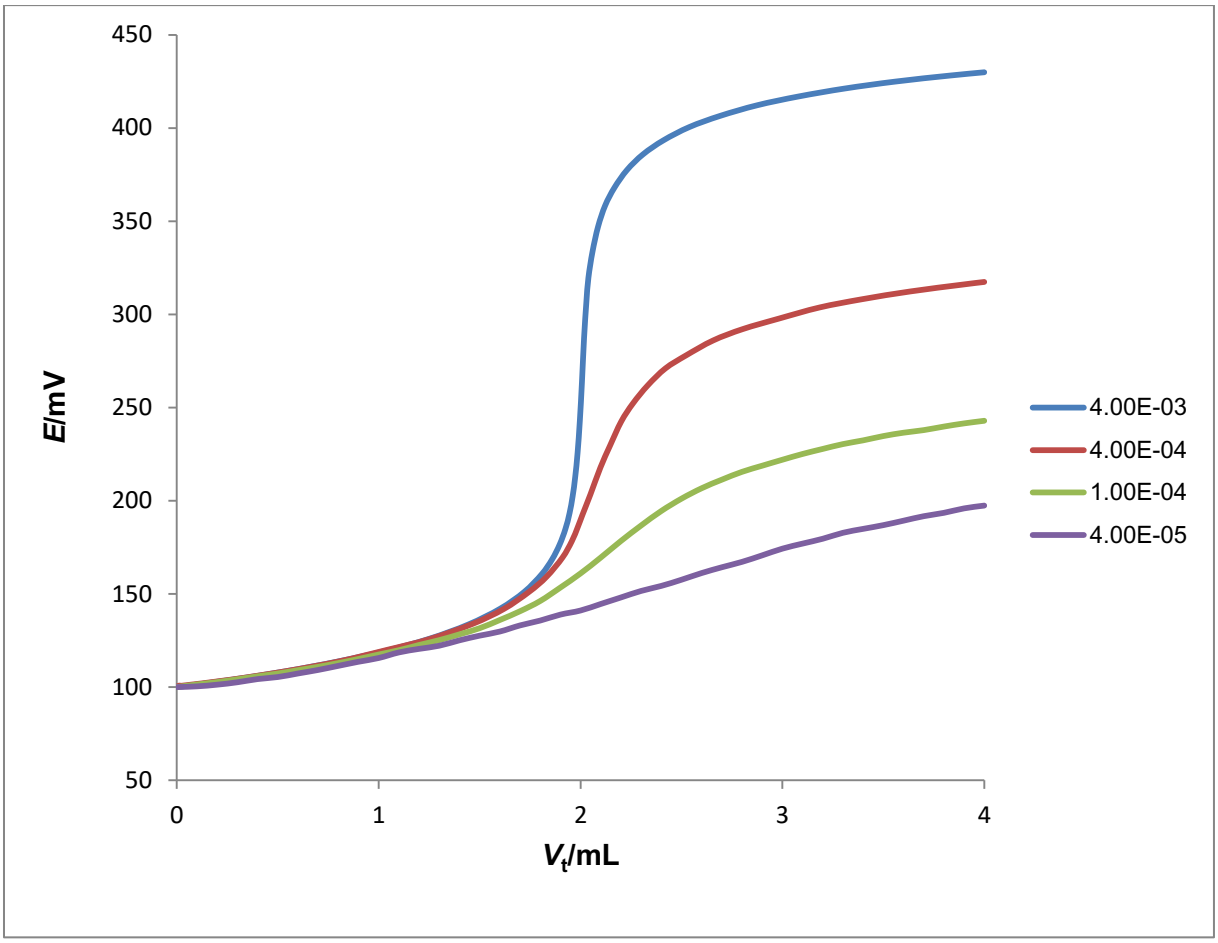


Slika 14. Derivacijske krivulje ($\Delta E/\Delta V$) za određivanje točke ekvivalencije pri potenciometrijskoj titraciji otopine NaDDS-a (c = 4 x 10^{-5} mol/dm^3) otopinom CPC-a (c = 4 x 10^{-5} mol/dm^3).

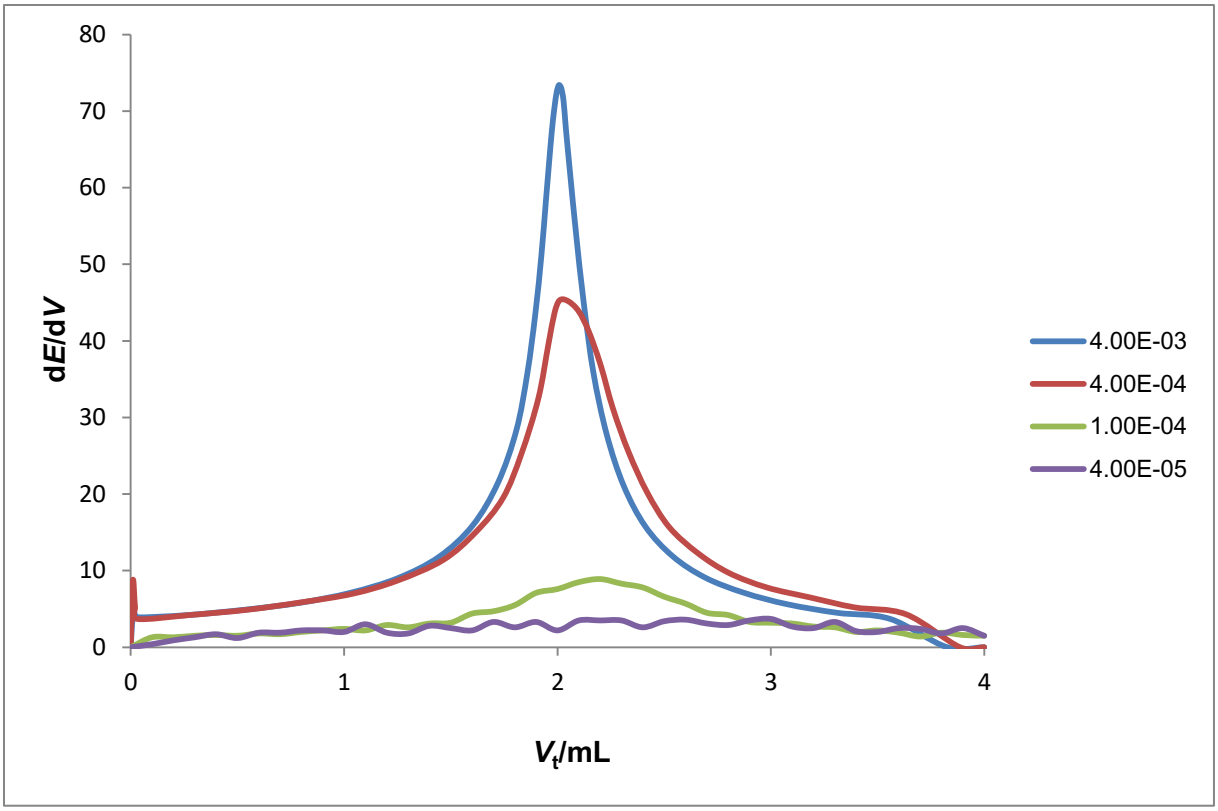
4.5 Usporedba ispitanih koncentracija analita i titranata

Slike 15 i 16 te tablica 4 prikazuju usporedbe svih krivulja potenciometrijskih titracija anionskog tenzida s kationskim titrantom različitih koncentracija: 4 x 10^{-3} mol/dm^3, 4 x 10^{-4} mol/dm^3, 1 x 10^{-4} mol/dm^3, 4 x 10^{-5} mol/dm^3 te usporedbe dobivenih derivacijskih krivulja. Skokovi potencijala su bili u području od 59,8 mV do 287,5 mV. Od četiri ispitane koncentracije, ona najveća tj. 4 x 10^{-3} mol/dm^3 pokazala se kao najbolja. Sve ispitane koncentracije titranta osim najmanje daju izražen skok potencijala u završnoj točki te

analitički uporabljivu i pouzdanu točku infleksije. Čak i korištenjem najmanje ispitane koncentracije moguće je odrediti završnu točku titracije uz prihvatljivu točnost.



Slika 15. Titracijske krivulje NaDDS-a koncentracija: 4 x 10^{-3} mol/dm^3, 4 x 10^{-4} mol/dm^3, 1 x 10^{-4} mol/dm^3, 4 x 10^{-5} mol/dm^3 dobivene koristeći CPC istih koncentracija kao titrant.



Slika 16. Derivacijske krivulje ($\Delta E/\Delta V$) za određivanje točke ekvivalencije pri potenciometrijskoj titraciji NaDDS-a koncentracija: 4 x 10^{-3} mol/dm^3, 4 x 10^{-4} mol/dm^3, 1 x 10^{-4} mol/dm^3, 4 x 10^{-5} mol/dm^3 dobivene koristeći kao titrant CPC istih koncentracija .

Tablica 4. Statistika određivanja NaDDS-a korištenjem različitih koncentracija titransa CPC-a.

Koncentracija titranta/M		**$4 \cdot 10^{-3}$**	**$4 \cdot 10^{-4}$**	**$1 \cdot 10^{-4}$**	**$4 \cdot 10^{-5}$**
Skok potencijala u EP/mV		287,5	188,1	114,1	59,8
Vrijednost potencijala u EP/mV		283,5 ± 4,9	258,4 ± 8,9	268,8 ± 3,6	232,9 ± 1,2
Prva derivacija u EP		73,2 ± 0,5	48,5 ± 2,2	9,1 ± 0,25	3,8 ± 0,7
Točnost/%		100,69	100,87	107,68	110,00
Preciznost	SD	0,1373	0,5855	0,8799	-
	RSD	0,0014	0,0058	0,0082	-
	CV	0,1364	0,5805	0,8171	-

Na temelju podataka iz tablice 4, vidljivo je da ispitivani senzor čak i pri niskim koncentracijama titranta daje rezultate zadovoljavajuće točnosti.

5. ZAKLJUČAK

Ispitivan je utjecaj različitih koncentracija titranta na određivanje anionskih tenzida potenciometrijskom titracijom koristeći ISE sa senzorskim materijalom MWCNT-TPB. Izvedene su titracije NaDDS-a i CPC-a istih koncentracija: 4 x 10^{-3} mol/dm^3, 4 x 10^{-4} mol/dm^3, 1 x 10^{-4} mol/dm^3 i 4 x 10^{-5} mol/dm^3. Proučavani su volumen titranta utrošen za postizanje ekvivalentne točke tj. točnost, skok potencijala i prva derivacija u točki ekvivalencije. Visine skokova potencijala u točkama ekvivalencije bile su u području od 59,8 mV do 287,5 mV. Najveći skok potencijala i najveća točnost dobiveni su korištenjem koncentracije c = 4 x 10^{-3} mol/dm^3. Najmanja, ali ipak prihvatljiva i analitički uporabljiva razina točnosti dobivena je korištenjem titranta koncentracije c = 4 x 10^{-5} mol/dm^3. Na temelju dobivenih podataka zaključeno je da ispitani senzor čak i pri vrlo niskim koncentracijama daje rezultate zadovoljavajuće točnosti.

6. LITERATURA

1. M. Sak-Bosnar, Odabrana poglavlja analitičke kemije, http://kemija.unios.hr/nastava/nastavni_materijali/odabrana_poglavlja_analiticke%20kemije/ODABRANA_POGLAVLJA_ANALITICKE_KEMIJE.ppt (01.07.2019.)
2. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQsIicF32TbOU0nYI3jSkV7hYxycGwoLM5bWqna701YT6RyJSF9Rw (11.09.2019.)
3. T. Perković, Odabir titransa za određivanje anionskih tenzida novim potenciometrijskim senzorom, Završni rad, 2014.
4. S. Papić, *Tenzidi* http://slidegur.com/doc/1544750/tenzidi_1---fakultet-kemijskog-inženjerstva-i-tehnologije (01.07.2019.)
5. T. Ivanković, J. Hrenović, Surfactants in the enviroment, Arh. Hig. Rada Toksikol. 61 (2010) 95-109.
6. D. A. Skoog, F. J. Holler, *Osnove analitičke kemije*, Školska knjiga, Zagreb, 1999.
7. R. J. Farn, Chemistry and technology of surfactants, Blackwell publishing, Oxford, 2006.
8. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e1/Sodium_laurylsulfonate_V.1.svg/1280px-Sodium_laurylsulfonate_V.1.svg.png (11.09.2019.)