

# Postmortalna distribucija alkohola

---

**Poljak, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:388058>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI  
SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINE

Ivan Poljak

# **POSTMORTALNA DISTRIBUCIJA ALKOHOLA**

Diplomski rad

Rijeka, 2015.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
INTEGRIRANI PREDDIPLOMSKI I DIPLOMSKI  
SVEUČILIŠNI STUDIJ MEDICINE

Ivan Poljak

# **POSTMORTALNA DISTRIBUCIJA ALKOHOLA**

Diplomski rad

Rijeka, 2015.

Mentor rada: Prof. dr. sc. Dražen Cuculić, dr. med.

Diplomski rad ocijenjen je dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Rad sadrži 22 stranice, 2 tablice i 11 literaturnih navoda.

## ZAHVALA

Srdačno se zahvaljujem svomemu mentoru, prof. dr. sc. Draženu Cuculiću, na pomoći, savjetima, izrazitoj strpljivosti i usmjeravanju tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala mojim roditeljima na potpori, ohrabrenjima, brizi i ljubavi tokom svih šest godina studiranja, a veliko im hvala i na kritikama i kočnicama, bez kojih danas ne bih pisao ovaj rad.

Nadalje, zahvaljujem svojim prijateljima, rođacima i poznanicima iz svih krajeva „Lijepe naše“ a i šire, koji su me zajedno s svim mojim mušicama trpjeli svih ovih godina.

Jedno veliko hvala svima!

## POPIS SKRAĆENICA I AKRONIMA

mL - mililitar

CNS - centralni živčani sustav

konc. - koncentracija

vol% - volumni udio

CO<sub>2</sub> - ugljikov dioksid

H<sub>2</sub>O - voda

NAD<sup>+</sup> - nikotinamid adenin dinukleotid, koenzim

NADH - reducirani oblik koenzima NAD<sup>+</sup>

β-60 - Widmarkov faktor beta 60

NaF - natrijev fluorid

V.T.T.O. - višestruke teške tjelesne ozljede

OV - očna vodica

## SADRŽAJ

<b>1. Uvod.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Etanol.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Djelovanje alkohola na organizam.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Resorpcija alkohola.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. Distribucija alkohola.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5. Metabolizam alkohola.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6. Izračunavanje koncentracije alkohola u trenutku nesreće.....</b>	<b>7</b>
<b>1.7. Uzimanje uzoraka krvi i urina.....</b>	<b>9</b>
<b>1.8. Alkohol u urinu.....</b>	<b>11</b>
<b>1.9. Endogeni alkohol.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Svrha rada.....</b>	<b>12</b>
<b>3. Ispitanici i metode.....</b>	<b>13</b>
<b>4. Rezultati.....</b>	<b>14</b>
<b>5. Rasprava.....</b>	<b>16</b>
<b>6. Zaključak.....</b>	<b>18</b>
<b>7. Sažetak.....</b>	<b>19</b>
<b>8. Summary.....</b>	<b>20</b>
<b>9. Literatura.....</b>	<b>21</b>
<b>10. Životopis.....</b>	<b>22</b>

## 1. Uvod

Predmet ovog diplomskog rada jest analiza raspodjele alkohola nakon smrti u tjelesnim tekućinama (urinu, krvi iz femoralne vene, krvi iz glave te nekoliko preliminarnih uzoraka staklovine). Podatci za istraživanje preuzeti su iz arhive Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta u Rijeci. U periodu od rujna 2013. do travnja 2015. godine utvrđeno je da su uzorci tjelesnih tekućina kod 25 pokojnika, preminulih od različitih uzroka, pozitivni na alkohol.

U ovom diplomskom radu prikazan je metabolizam etanola s naglaskom na njegovu postmortalnu distribuciju.

### 1.1. Etanol

Etanol, etilni alkohol ili špirit, bezbojna je i bistra tekućina ugodnog i diskretnog mirisa. Temperatura vrelišta od 78,3°C čini ga relativno lako hlapljivom tekućinom, a u prirodi nastaje alkoholnim vrenjem pod utjecajem kvašćevih gljivica. Sintetski proizveden etanol dobiva se iz acetilena ili etilena. (1)

U prehrambenoj industriji se najviše koristi u proizvodnji alkoholnih pića, nalazimo ga u brojnim pićima - vino, pivo, rakije, likeri, vinjaci i dr. Sadržaj etanola u raznim alkoholnim pićima kreće se od 2,5 % („lagano“ pivo) pa sve do 55 % (jaka alkoholna pića, tzv. „žestice“). (1) Povijesno gledano, jedan je od najstarijih i najčešće primjenjivanih sredstava za uživanje. (2)

Letalna doza etilnog alkohola iznosi 300 - 400 mL, tj. oko 6 grama čistog etanola na kilogram tjelesne težine. (1)

Najčešće se konzumira u obliku alkoholnih pića, a u konzumenta izaziva akutni osjećaj pijanstva, ili alkoholizam (uslijed dugotrajne uporabe). Izaziva akutna i kronična



trovanja, a nerijetko je uzročnik trovanja u medicini (alkoholni oblozi, medicinski preparati na bazi alkohola), kao i uzrok slučajnih trovanja (djeca). (2)

Etilni alkohol ima veliki značaj u aspektu zlorabe, jer je jedan od najlakše dostupnih i najpopularnijih sredstava uživanja (i ovisnosti). (2) Potiče agresiju i riskantno ponašanje, pa je često uzročnik svađa i verbalnih sukoba koji potencijalno završavaju cijelim spektrom ishoda; od lakih tjelesnih ozljeda, pa sve do smrtonosnih povreda.

Veliki značaj alkoholu pridaje se sa aspekta sudske medicine i toksikologije, gdje je često predmet sudskih vještačenja, kod kaznenih djela ubojstva i silovanja, vještačenja prometnih nezgoda, ali i kod samoubojstva, utapanja, nesreća na radu i slično u alkoholiziranom stanju. (2)

Epidemiološki gledano, etanol je najčešći uzročnik akutnih trovanja, s većim udjelom muških konzumenata u odnosu na žene. Većina trovanja su laka do srednje teška, i ona u pravilu ne zahtijevaju hospitalizaciju, osim ako se radi o istovremenom trovanju lijekovima. (2)

## **1.2. Djelovanje alkohola na organizam**

Alkohol primarno djeluje na koru velikog mozga, a kod većih koncentracija oštećuje stanice produžene moždine i leđne moždine. Ne izaziva vidljive strukturne promjene na neuronima, već dehidrira citoplazmu, koagulira proteine te otapa masne dijelove stanice. Zbog navedenog oksidacijski procesi u neuronu su smanjeni, a posljedica toga je hipoksija mozga. Djelovanje na CNS karakterizirano je stanjem eufrije, smanjenjem inhibicije motorne kore, smanjenom sposobnošću koordinacije pokreta, smanjenjem oštine vida, produžuje vrijeme reakcije, uzrokuje vazodilataciju te djeluje kao diuretik. Alkohol je

depresor CNS-a, i djelovanje mu je slično djelovanju anestetika, premda se u anesteziologiji ne koristi. (3)

Koncentracija alkohola u krvi izražava se u g/kg (‰), ili mmol/L u SI sustavu. (1)

Tablica 1.

Stupnjevi alkoholiziranosti:

	Konc. apsolutnog alkohola u krvi u g/kg	Simptomi
Trijezno stanje	0,00 - 0,50	Razgovorljivost, lagana euforija, dobro raspoloženje
Pripito stanje	0,50 - 1,50	Nestaje samokritičnost, precjenjivanje vlastitih sposobnosti, promjene u hodu i kretnjama, pad vidne oštine, govorljivost, razdražljivost, pad samokontrole, rast samopouzdanja
Pijano stanje	1,50 - 2,50	Jako sužene intelektualne funkcije, bez samokontrole i samokritičnosti, gubitak prisebnosti, prostorna i vremenska dezorijentacija, vrtoglavica, povraćanje
Teško pijano stanje	2,50 – 3,50	Gubitak svijesti i intelektualnih funkcija, teška uspostava kontakta
Stanje teškog otrovanja alkoholom	3,50 – 4,00	Dvoslike, stupor, nesvjestica, alkoholna koma
Donja granica smrtonosne koncentracije	4,00	Nesvijest, usporenje disanja, gubitak refleksa i osjeta, smrt zbog kljenuti centra za disanje

### 1.3. Resorpcija alkohola

Alkohol se primarno u organizam unosi pijenjem, dok ostali načini unošenja u organizam (udisanje alkoholnih para), s toksikološkog gledišta nemaju gotovo nikakvo značenje. (1) Udisanje alkoholnih para s većom koncentracijom etanola izaziva iritaciju dišnih puteva, kašlj, crvenilo očiju, sve do omamljenosti i nepodnošljivosti. (1) Preko kože se apsorbira u gotovo nemjerljivim koncentracijama, a visoko koncentrirani medicinski alkohol

preliven preko otvorene rane također se ne upija u krvotok zbog taloženja bjelančevina koje nastaju u reakciji alkohola i oštećenog tkiva. (3)

Konзумacijom alkoholnih pića alkohol prolazi kroz usnu šupljinu, ždrijelo, jednjak i želudac, gdje se manja količina apsorbira, dok se većina (80%) etanola apsorbira pasivnom difuzijom u tankom crijevu. (3) Apsorpcija alkohola ovisi o više čimbenika, to su koncentracija i količina konzumiranog alkoholnog pića, zatim konzumira li se toplo ili hladno, konzumira li se na pun ili prazan želudac, ovisi o količini i sastavu hrane u želucu, pije li se u kombinaciji s gaziranim pićem, prokrvljenost sluznice i dr. (1)(3) Žestoka alkoholna pića se slabije apsorbiraju od kvalitetnih jačih pića s 20 vol% alkohola, i često izazivaju grč pilorusa što produžuje apsorpciju. Topla alkoholna pića brže se apsorbiraju od hladnih, a isto vrijedi i za gazirana pića u odnosu na negazirana, gdje mjehurići CO<sub>2</sub> prianjaju za želučanu stjenku i proširuju krvne žile, što ubrzava prolaz alkohola u krvotok. (1) Neki lijekovi također utječu na apsorpciju alkohola, ubrzavajući je, ili usporavajući je (antidepresivi, morfin). (2) Sama brzina pijenja također je jedan od čimbenika koji utječu na apsorpciju. Apsorpcija manjih količina alkohola može potrajati 15-30 minuta, srednjih i većih količina 60-90 minuta, dok apsorpcija velikih količina alkoholnih pića (te u kombinaciji s hranom) može potrajati i više od 2 sata. (2) Prilikom usporene apsorpcije jedan dio alkohola može nestati, to je tzv. resorpcijski deficit, i on prilikom konzumiranja alkohola s velikom količinom masne hrane može iznositi 20-30% od ukupne unesene količine alkohola. (1)(3)

Količina resorbiranog alkohola determinira nivo alkohola u krvi, a posljedično tome i količinu etanola koja dolazi u mozak i stupanj postignute intoksikacije. (2)

## 1.4. Distribucija alkohola

Jednom apsorbiran, alkohol se raspodjeljuje po čitavom organizmu, pa tako kosti i vezivno tkivo zadržavaju malo apsorbiranog alkohola (do 1% ukupne konzumirane količine), zatim slijedi masno tkivo (prima do 20% ukupne konzumirane količine), dok najviše „svjež“ apsorbiranog alkohola iz krvi odlazi u dobro prokrvljene organe i mišiće. (3) Tako će u adipozne osobe biti veća koncentracija apsolutnog alkohola u odnosu na mišićavu osobu iste tjelesne mase, a da su prethodno unijeli istu količinu alkohola. (1) U fazi resorpcije veću količinu alkohola sadržavaju jače prokrvljena tkiva i organi, dok u postresorpcijskoj fazi veću koncentraciju alkohola nalazimo u organima koji su bogati vodom. Zbog toga je u početku apsorpcije najveća količina alkohola upravo u moždanoj kori, s posljedičnim snažnim djelovanjem alkohola na mozak, a posebice je efekt brz i snažan kad je alkoholno piće popijeno na prazan želudac. (1)(3) Tijekom daljnje resorpcije koncentracija alkohola raste, ali se mozak „adaptira“ na prisutnost alkohola pa nadražaji postaju slabiji. (2)

Koeficijent distribucije, tj. odnos između postotka etanola u organizmu i postotka etanola u krvi za muškarce iznosi 0,63, i 0,55 za žene. (1)

Postoji primjetna razlika među koncentracijama alkohola u mokraći i krvi. (4) U fazi resorpcije koncentracija u krvi bude viša, a alkohol u mokraću ulazi s zaostatkom od 8-10 min nakon ulaska u krvotok. Na vrhu resorpcije, tj. na početku eliminacije, koncentracije u krvi i urinu počnu se izjednačavati, dok u tzv. srednjoj fazi eliminacije omjer alkohola u krvi i mokraći iznosi 1:1,3. (1)

Do nakupljanja alkohola u organizmu će doći ukoliko je unos alkohola veći od njegove eliminacije. (3)

## 1.5. Metabolizam alkohola

Jedan dio etanola eliminira se prilikom prvog prolaska kroz jetru. Metabolizam etanola pokazuje kinetiku zasićenja, tako da se njegova eliminacija smanjuje s povećanjem koncentracije koja portalnom venom dolazi u jetru. Drugim riječima, ako je apsorpcija alkohola vrlo brza, i koncentracija u portalnoj veni je velika, i veliki dio alkohola „pobjegne“ u sistemsku cirkulaciju, dok se pri sporij apsorpciji više etanola metabolizira tijekom prvog prolaska kroz jetru. (3)

Preko 90% alkohola metabolizira se u jetri do  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ , a ostalo se izlučuje u nepromijenjenom obliku putem urina (0,5-2%), znoja (0,5%), sline ili izdahnutog zraka (5%). (3) Ta frakcija nije farmakokinetički važna, ali predstavlja osnovu za utvrđivanje koncentracije etanola u krvi temeljem mjerenja izdahnutog zraka ili urina. (1)

Alkoholna dehidrogenaza je citoplazmatski enzim u hepatocitima koji oksidira etanol i reducira  $\text{NAD}^+$  u  $\text{NADH}$ , što ima razne metaboličke posljedice (npr. porast laktata). (2,3) Dostupnost  $\text{NAD}^+$  ograničava oksidaciju etanola na 8-9 g/sat u odraslih osoba, neovisno o koncentraciji alkohola. (2) Genetski polimorfizam za gen alkoholne dehidrogenaze kao i za gen aldehidne dehidrogenaze (enzim koji također sudjeluje u metabolizmu etanola, tj. njegovog produkta aldehida) uzrok je razlikama u toleranciji na alkohol. (5) Alkoholna dehidrogenaza metabolizira 80% ukupne količine unesenog alkohola, a preostalih 20% eliminira se drugim metaboličkim putevima brže ili sporije, ovisno o udjelu u krvi. (5)

Neznatna količina etanola metabolizira se posredstvom mikrosomalnih enzima jetre, koji bivaju inducirani prilikom većih koncentracija alkohola u krvi te u alkoholičara. (2)

Brzina razgradnje alkohola jednaka je u budnom stanju i u snu, a također ista je i za vrijeme teškog fizičkog rada u odnosu na mirovanje. Visoka koncentracija alkohola u krvi brže će se razgraditi u odnosu na nisku. (3)

Alkohol difuzijom prolazi kroz plućne kapilare u alveole, gdje se miješa sa zrakom i izdahom izbacuje, dok sam omjer koncentracije alkohola u izdahnutom zraku u odnosu na krv iznosi 1:2000. (1)

### **1.6. Izračunavanje koncentracije alkohola u trenutku nesreće**

Za izračunavanje koncentracije alkohola *post mortem* provodi se retrogradno preračunavanje koncentracije alkohola u krvi. (2) Retrogradno preračunavanje je moguće samo ako je osoba u vrijeme nesreće bila u fazi eliminacije alkohola. Ako je osoba u vrijeme nesretnog događaja bila u fazi resorpcije, tada se koncentracija apsolutnog alkohola u krvi preračunava na osnovi podataka o vrsti i količini popijenog alkoholnog pića, te vremenu konzumacije. (1) Kod retrogradnog preračunavanja koncentracije alkohola u krvi nužno je utvrditi vrijeme prestanka apsorpcije, a to ovisi o količini i vrsti alkoholnog pića, te je li ono konzumirano na pun ili prazan želudac. (1,3) Budući da kod retrogradnog preračunavanja uvijek postoji vremenski period od nesretnog događaja do uzimanja uzoraka urina i krvi, potreban je faktor koji je mjerodavan za pad koncentracije alkohola u jedinici vremena. (3) Taj faktor uveo je Widmark, i nazvao ga „beta-60“ ( $\beta$ -60), i on je mjerodavan za smanjenje koncentracije alkohola u krvi, ali ne i za razgradnju alkohola u potpunom organizmu. Prosječna vrijednost  $\beta$ -60 iznosi 0,15 g/kg/sat, a ona može biti i znatno viša (0,3-0,4 g/kg/sat) pri jako visokim alkoholemijama te u alkoholičara. (2)

Kad saznamo vrstu i količinu popijenog alkoholnog pića te vrijeme konzumacije, maksimalna teoretska koncentracija alkohola u krvi izračunava se pomoću Widmarkove formule:

$$C_0 = A : (p \times r)$$

gdje su:

- $C_0$  - maksimalna teoretska koncentracija alkohola u krvi
- A - ukupna količina alkohola u tijelu prikazana u gramima
- p - tjelesna masa izražena u kg
- r - faktor redukcije; omjer koncentracije alkohola u čitavom tijelu u odnosu na krv

Faktor redukcije odgovara prosječnoj vrijednosti od 0,61 za žene, te 0,68 za muškarce.

(1)

U fazi eliminacije, kod retrogradnog izračunavanja koncentracije apsolutnog alkohola u krvi u vrijeme nesretnog događaja, Widmarkova formula glasi:

$$C_x = C_0 + (\beta \times t)$$

Gdje su:

- $C_x$  - koncentracija apsolutnog alkohola u krvi u vrijeme događaja
- $C_0$  - koncentracija apsolutnog alkohola u vrijeme uzimanja uzorka
- $\beta$  – prosječno 0,1 do 0,2 g/kg
- t – vrijeme proteklo od događaja do uzimanja uzorka za analizu

Gubitak krvi, dobivanje transfuzije ili infuzije u količini do najviše 1 litre ne mijenjaju tijek alkoholne krivulje, te se izlučivanje kreće otprilike konstantnom brzinom od 0,1-0,2 g/kg/sat. (2) Velike promjene u količini cirkulirajuće krvi, na primjer veliki gubitak krvi i stanje hemoragijskog šoka mogu uzrokovati promjene u alkoholnoj krivulji, tj. promjene u resorpciji i eliminaciji. (3) Ako povraćanje nastupi u fazi apsorpcije alkohola, tada će najveća koncentracija apsolutnog alkohola biti manja od očekivane, a maksimalna se vrijednost postiže u kraćem vremenu. (1) Ako se osoba isprovraća u fazi eliminacije, tada to ne

utječe na tijek krivulje, a time ni na koncentraciju apsolutnog alkohola u krvi, jer je resorpcija alkohola završena prije povraćanja. Teški potres mozga, i duže nesvjesno stanje traumatskog porijekla utječe na motilitet želuca, što može uzrokovati nepravilnosti u krivulji razgradnje alkohola.

### **1.7. Uzimanje uzoraka krvi i urina**

Živim se osobama uzorak krvi uzima iz kubitalne vene vakuumskim ventilom. Ukoliko se koristi igla i štrcaljka, one moraju biti sterilne, a ni koža ni instrumenti prethodno ne smiju biti u kontaktu s alkoholom. Uzorak mokraće, zajedno s uzorkom krvi (s propisno popunjenom uputnicom s točno naznačenim vremenom uzimanja) šalju se u laboratorij na analizu. (1)

U slučaju uzimanja uzoraka post mortem, krv se uzima sterilnom iglom i štrcaljkom iz femoralne vene ili glave, u nju se dodaje malo konzervansa (NaF) u svrhu sprječavanja postmortalnih truležnih promjena, a uzima se i urin iz mokraćnog mjehura. (1) Nakon smrti u tijelu nastupaju procesi truljenja i oni mogu utjecati na vrijednost alkohola u krvi. (1,6) To su:

- *postmortalna difuzija*, koja se zapaža u osoba koje su imale veće količine alkohola u želucu. (1) Alkohol se apsorbira u organe koji su u neposrednoj blizini, pa se tako npr. mogu naći i do 30% veće koncentracije alkohola u srcu u odnosu na vrijednosti iz femoralne vene. (6)

- *postmortalna razgradnja alkohola*, koja nastaje uslijed truležnih promjena posredovanih bakterijama, i ona je moguća u svim organima i tkivima. (2) Ako je u vrijeme



smrti alkohol već bio u organizmu pokojnika, tad je u početku truležnih promjena povećana vrijednost alkohola, a nakon tog nastupa razgradnja. (1)

- *nastanak alkohola i drugih reducirajućih tvari* u krvi zbog truležnih promjena nastalih nakon smrti. Količina novostvorenog alkohola između prvog i drugog tjedna post mortem u prosjeku iznosi 0,2 do 0,5 g/kg, a u posebnim uvjetima može nastati i više od 1,0 g/kg apsolutnog alkohola. Dokaz da se radi o novostvorenom alkoholu jest prisutnost smjese viših alkohola (i-butil, n-propil, n-amil i n-amilni alkohol). U krvi šećernih bolesnika uslijed djelovanja bakterija može nastati znatna količina etilnog alkohola, ali tek nakon nekoliko dana od smrti. Sprečavanje postmortalnog nastajanja alkohola osigurava se držanjem pokojnika na temperaturi od 2-4 °C. (1)

- *prijelaz vode u krv pokojnika*. S obzirom na to da je alkohol dobro topljiv u vodi, ljudi s visokim sadržajem vode u tijelu imaju manje alkohola u krvi u odnosu na ljude bogate masnim tkivom. Krv u odnosu na ostatak tijela sadrži manji udio vode i alkohola, a pad koncentracije alkohola nakon smrti tumači se izlaskom vode (i alkohola) iz krvi. (1)(3)

- *promjene in vitro*. Pri procjeni vrijednosti alkohola u krvi nužno je utvrditi je li krv iz mrtve osobe uzeta u kratkom ili dugom periodu nakon smrti, jesu li nastupile truležne promjene te ima li truležnih supstanci u krvi. (1)

Budući da urin ne podliježe truležnim fermentacijama postmortem (bistre je boje, u odnosu na mutan, gdje truležne promjene potječu od raspadanja mokraćnog mjehura), korisno je analizirati urin, kad god je to moguće. (2) Uzimanjem uzoraka urina omogućava se i zaključivanje o fazi apsorpcije ili eliminacije u trenutku smrti. (4)

Osim krvi i urina, u ovom istraživanju preliminarno su uzeta 4 uzorka staklovine, koja također može poslužiti za određivanje koncentracije alkohola u tijelu. (7)

## **1.8. Alkohol u urinu**

U trenutku lučenja mokraće iz bubrega, koncentracija alkohola u krvnom serumu i urinu su jednake. (3) Ako se mokraćni mjehur isprazni neposredno prije unosa alkohola tada će koncentracija alkohola u urinu i krvi biti jednaka, a ako u mokraćnom mjehuru već ima urina, tad će koncentracija alkohola u urinu biti manja zbog rijedežnja s urinom. (1,3) Pri maksimalnoj koncentraciji alkohola u krvi, ukupna mokraća pokazuje manje koncentracije alkohola u odnosu na krv. (1) Nakon maksimuma, smanjuju se razlike u koncentracijama krv - urin, a u fazi eliminacije taj omjer prelazi u stranu urina. (3)

## **1.9. Endogeni alkohol**

Nije u potpunosti razjašnjeno kako u organizmu nastaje alkohol, a da se prije toga ne konzumira alkoholno piće. U forenzičkoj se literaturi priznaje postojanje endogenog alkohola u koncentracijama od 0,01 do 0,03 g/kg, a svaka analizom određena viša koncentracija apsolutnog alkohola u krvi ispitane osobe posljedica je isključivo konzumiranja alkoholnih pića. (9)

## **2. Svrha rada**

S obzirom na današnje znanje o metabolizmu etilnog alkohola u ljudskom organizmu, te fiziologiji i patofiziologiji istoga, cilj ovog diplomskog rada jest uočavanje i proučavanje razlika u koncentracijama etanola u nekim tjelesnim tekućinama postmortalno, te zašto i kako one nastaju.

### 3. Ispitanici i metode

Ovom retrospektivnom analizom obuhvaćeno je 25 ispitanika koji su preminuli od različitih uzroka. Starosna dob ispitanika kretala se između 26 i 83 godine, a u istraživanju je bilo 5 osoba ženskog spola, te 20 osoba muškog spola. Analizirani su uzorci krvi iz glave, krvi iz femoralne vene, urina, te 4 preliminarna uzorka staklovine.

Analizirani podaci dobiveni su uvidom u arhivu Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta u Rijeci.

Za precizno određivanje volumnog udjela alkohola u krvi postoji više metoda, to su: alkometar (mjeri se volumni udio alkohola u izdahnutom zraku), Widmarkove formule (vidi poglavlje 1.6.) te metoda plinske kromatografije. (1)(2)

Metoda kojom je mjerena koncentracija alkohola u tjelesnim tekućina u ovom istraživanju jest plinska kromatografija, te se ubraja u specifične metode određivanja alkohola u krvi. (1,8) Plinska kromatografija je vrlo pouzdana jer do sad nisu detektirane supstance koje interferiraju s alkoholom, pa su i rezultati pouzdani. (6) S obzirom na to da je metoda izuzetno specifična, daje točne rezultate i kod truležno promijenjenih uzoraka krvi i urina. (2)

Koncentracije apsolutnog alkohola u krvi i mokraći, izmjerene plinskom kromatografijom, jedini su sudski priznati dokaz o alkoholiziranosti ispitanika, i omogućuju retrogradno preračunavanje koncentracije apsolutnog alkohola u vrijeme događaja. (2)

#### 4. Rezultati

Tablica 2:

	Spol	Dob	Koncentracija alk. u krvi, urinu	Smrt-prirodna/ nasilna	Uzrok smrti	Napomena
1.	M	59	Ka – 3,69 g/kg U - 3,90 g/kg	prirodna	Srčana smrt	
2.	M	34	Ka – 0,01 g/kg U – 0,20 g/kg	nasilna	Trovanje tabletama	Suicid u trijeznom stanju
3.	Ž	26	Ka – 2,03 g/kg U - 2,50 g/kg	nasilna	V.T.T.O.	Prometna nezgoda, vozačica, pijano stanje
4.	M	60	Ka – 0,26 g/kg U – 0,28 g/kg	prirodna	Srčana smrt	
5.	M	67	Ka - 3,11 g/kg U - 3,03 g/kg	prirodna	Srčana smrt	Teško pijano stanje, kronični alkoholičar
6.	M	52	Ka - 1,33 g/kg U - 1,23 g/kg	nasilna	V.T.T.O.	Prometna nezgoda, suvozač
7.	Ž	31	Ka - 2,76 g/kg U - 3,55 g/kg	nasilna	smrzavanje	Teško pijano stanje, nesretan slučaj
8.	M	63	Ka - 1,15 g/kg U - 1,28 g/kg	nasilna	vješanje	Suicid u pripitom stanju
9.	M	37	Ka - 0,96 g/kg U - 1,11 g/kg	nasilna	Trovanje tabletama + alkohol	Suicid
10.	M	66	Ka - 0,32 g/kg U - 0,43 g/kg	prirodna	Srčana smrt	
11.	M	70	Ka - 2,14 g/kg U - 2,47 g/kg	nasilna	Prostrijel glave	Suicid u pijanom stanju
12.	M	83	Ka - 0,87 g/kg U - 0,94 g/kg	nasilna	Prostrijel glave	Ubojstvo, pripito stanje
13.	M	54	Ka - 3,95 g/kg U - 5,04 g/kg	nasilna	Akutno trovanje alkoholom	Smrtonosna konc. alkohola u krvi
14.	M	37	Ka - 1,77 g/kg U - 3,46 g/kg	nasilna	V.T.T.O.	Prometna nesreća (pješač), pijano stanje
15.	M	60	Ka - 4,65 g/kg U - 4,53 g/kg	nasilna	Akutno trovanje alkoholom	
16.	M	40	Ka - 2,95 g/kg U - 3,37 g/kg	nasilna	Intoksikacija alkoholom i tabletama	Nesretan slučaj
17.	M	45	Ka - 3,17 g/kg U - 3,95 g/kg	nasilna	Traumatski razdor grudne aorte	Prometna nezgoda, vozač
18.	Ž	35	Ka - 2,65 g/kg U - 2,96 g/kg	nasilna	Vješanje	Suicid, kronični alkoholičar
19.	M	40	Ka - 1,98 g/kg U - 3,25 g/kg	nasilna	Prijelom lubanje, kontuzija mozga	Prometna nezgoda – motociklist

20.	M	48	Ka - 4,33 g/kg U - 4,29 g/kg	prirodna	Dekompenzirana ciroza jetre	Kronični alkoholičar
21.	M	38	Ka - 2,56 g/kg OV – 2,74 g/kg	nasilna	Intoksikacija alkoholom i tabletama	Nesretan slučaj
22.	M	50	Ka - 3,02 g/kg U - 3,97 g/kg	nasilna	Intoksikacija alkoholom i tabletama	Kronični alkoholičar, nesretan slučaj
23.	Ž	46	Ka - 0,24 g/kg U - 0,97 g/kg OV- 0,38 g/kg	nasilna	Intoksikacija alkoholom i tabletama	Samoubojstvo u fazi poodmakle eliminacije
24.	M	68	Ka - 2,02 g/kg U - /	prirodna	Srčana smrt	Pao pred kućom
25.	Ž	59	Ka - 2,38 g/kg OV - 2,46 g/kg	nasilna	V.T.T.O.	Pad s prozora, nesretan slučaj

Ka – krv iz glave

U – urin

OV – očna vodica

V.T.T.O. – višestruke teške tjelesne ozljede

## 5. Rasprava

Uvidom u arhivu Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta u Rijeci obrađeno je 25 smrtnih slučajeva s nalazom alkohola u uzorcima tjelesnih tekućina. U 6 slučajeva smrt je bila povezana sa srčanom disfunkcijom, a u 19 slučajeva radilo se o nasilnoj smrti.

Ispitanici su preminuli u vremenskom periodu od rujna 2013. do travnja 2015., a životna dob pokojnika se kretala u rasponu od 26 do 83 godine.

Osobe muškog spola češće su pogibale pod utjecajem alkohola u odnosu na žene (20 muškaraca i 5 žena), iz čega možemo zaključiti da muškarci piju više, te su skloniji riskantnom ponašanju. (2)

S obzirom na koncentraciju alkohola u krvi u trenutku smrti, 4 osobe su bile trijezne, 4 osobe su bile pripite, 6 osoba je bilo pijano, 7 osoba je bilo teško pijano, 1 osoba je bila u stanju teškog otrovanja, a 3 osobe su umrle od prevelike količine alkohola uslijed akutnog trovanja s koncentracijom alkohola u krvi preko 4,0 ‰.

Pet nasilnih smrti posljedica je prometnih nesreća, koje najčešće završavaju višestrukim teškim tjelesnim ozljedama (V.T.T.O.). Jedna je osoba u trenutku smrti (u prometu) bila u pripitom stanju, tri osobe su bile u pijanom stanju te je jedna osoba bila teško pijana. Tri ispitanika bili su vozači (jedan motociklist te dva vozača osobnog automobila), jedna osoba bila je suvozač, dok je jedna osoba bila prometni sudionik u svojstvu pješaka. Alkohol uzrokuje poremećaje vida (suženje vidnog polja, smanjenje vidne oštine, poremećaje u prostornom gledanju, nemogućnost fiksacije predmeta, stvaranje iluzija, smanjenje sposobnosti na prilagodbu svjetlo – tama, nistagmus, treperenje, suženje vidnog kuta, smanjeno raspoznavanje boja) koji u velikoj mjeri oslabljuju vozačke sposobnosti. Reakcijsko vrijeme se produljuje, smanjuje se tenacitet i vigilitet, stoga vozač gomila

pogrješke u prometu i ne ispravlja ih jer ih nije u potpunosti svjestan. „Granica apsolutne nesposobnosti za upravljanje motornim vozilom jest 1,30 g/kg“ (10), a u svih preminulih obrađenih osoba, koncentracija je bila iznad te vrijednosti.

Šest smrtnih slučajeva uzrokovano je kombiniranom intoksikacijom alkoholom i tabletama, od toga su tri smrti uzrokovane s namjerom suicida, a tri smrti su posljedica nesretnog slučaja. Medikamenti koji se najčešće koriste u kombinaciji s alkoholom su anksiolitici, antidepresivi, opijati, barbiturati, sedativi te hipnotici. (1,2) U slučaju hotimičnog suicida sama količina popijenih medikamenata često je i bez sinergističkog utjecaja alkohola dovoljna za izazivanje smrtnog ishoda.

U pet obrađenih slučajeva smrt je bila posljedica nesretnog slučaja, 5 nasilnih smrti bile su posljedica suicida pod utjecajem alkohola a jedna osoba je bila žrtva ubojstva.

S obzirom na fazu izlučivanja, 20 osoba (80%) u trenutku smrti bilo je u eliminacijskoj fazi, 1 osoba bila je u fazi poodmakle eliminacije, a 4 osobe (16%) bile su u apsorpcijskoj fazi (akutno otrovanje alkoholom).

Preliminarno su uzeta 3 uzorka staklovine, koja također može koristiti kao alternativni materijal za određivanje koncentracije alkohola u organizmu *post mortem*. (11)



## 6. Zaključak

- Budući da je alkohol široko dostupna psihoaktivna supstanca česte su smrti pod njegovim utjecajem u prometu, u suicidalnim misijama u kombinaciji s medikamentima, u slučajevima ubojstava ili pak nesretnim slučajevima
- Ako osoba pod utjecajem alkohola premine u apsorpcijskoj fazi, viša je koncentracija alkohola u krvi u odnosu na urin
- Veći je udio osoba koje umiru u eliminacijskoj fazi u odnosu na apsorpcijsku
- Muškarci češće smrtno stradavaju pod utjecajem alkohola u odnosu na žene
- Određivanje stupnja alkoholiziranosti *post mortem* važno je zbog razjašnjavanja često nejasnih okolnosti u trenutku smrti, te je ono jedino sudski priznato
- Alkohol se prilično ravnomjerno distribuira u sve tjelesne tekućine
- Osim krvi i urina, staklovina također može poslužiti kao alternativni uzorak za analizu

## 7. Sažetak

Alkohol je jedan od najstarijih sredstava za uživanje, najčešće je korištena psihoaktivna supstanca i uzrokuje akutna i kronična trovanja uslijed konzumacije alkoholnih pića. Sa aspekta sudske medicine i toksikologije često je predmet vještačenja i sudskih sporova, prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama, ubojstava, samoubojstva i drugih nasilnih smrti, a zbog svega prethodno navedenog postmortalna analiza tjelesnih tekućina na prisutnost alkohola jedna je od najčešće traženih pretraga. Svrha ovog diplomskog rada jest uočavanje i proučavanje razlika u koncentracijama etanola u nekim tjelesnim tekućinama postmortalno, te zašto i kako one nastaju. Retrospektivnom analizom podataka iz arhive Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta u Rijeci obuhvaćeno je 25 ispitanika koji su preminuli od različitih uzroka u periodu od rujna 2013. do travnja 2015. Metoda kojom je mjerena koncentracija alkohola u tjelesnim tekućinama u ovom istraživanju je plinska kromatografija. Tjelesne tekućine koje su analizirane u istraživanju su krv iz glave, urin te nekoliko preliminarnih uzoraka staklovine, koja također može poslužiti kao alternativni uzorak za određivanje stupnja alkoholiziranosti, tj. alkoholemije. Veća razina alkohola u krvi u odnosu na urin postoji jedino u apsorpcijskoj fazi, a većina ispitanika u ovom istraživanju je bila u eliminacijskoj fazi.

Ključne riječi: alkohol, postmortalna distribucija, alkoholemija, otrovanje alkoholom

## **8. Summary**

Alcohol is one of the oldest known substances used for human enjoyment throughout history. Due to alcohol abuse it causes acute and chronic poisonings and is by far the most used psychoactive substance in the world. Post-mortem analysis of body fluids for the presence of alcohol is one of the most requested searches in forensic medicine and toxicology due to alcohol involvement in forensic and legal disputes in cases such as traffic fatal accidents, murders, suicides and other violent deaths. Spotting the differences in ethanol concentrations in some body fluids postmortem, the research of the subsequent findings, and the clarification of why and how they occur is the purpose of this diploma thesis. Twenty five patients who died from various causes in the period from September 2013 through April 2015, have been included in an retrospective analysis of data acquired from the Institute for Forensic Medicine, School of Medicine in Rijeka. The method used to measure alcohol concentration in body fluids in this study was gas chromatography. Body fluids analysed in this study included urine, blood from the head, and several preliminary samples of vitreous humour which can serve as an alternate pattern for determining the degree of alcohol intoxication. Higher blood levels of alcohol to urine ratio are possible only during the absorption stage. Most of the respondents in this survey were in the elimination stage.

**Keywords:** alcohol, postmortem distribution, alcohol level, alcohol poisoning

## 9. Literatura

1. Kovačić, Zdravko, Mikuličić, Vital, Pospišil-Završki, Karla. Etilni alkohol. U: Zečević, Dušan i suradnici. Sudska medicina i deontologija. Medicinska naklada Zagreb, 2004. Str. 167.-177.
2. Power point prezentacija: Đukić-Ćosić, Danijela. Alkoholemija. Katedra za toksikologiju "Akademik Danilo Soldatović", Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, 2014.
3. Dubowski KM , J Stud Alcohol Suppl. 1985 Jul;10:98-108. Absorption, distribution and elimination of alcohol: highway safety aspects. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3862865> (5.6.2015.)
4. Jones AW1, Toxicol Rev. 2006;25(1):15-35. Urine as a biological specimen for forensic analysis of alcohol and variability in the urine-to-blood relationship. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16856767> (5.6.2015.)
5. Štefanović M, Topić E.. Genetic polymorphism of ADH and ALDH. U: Biokemijski pokazatelji alkoholizma i drugih ovisnosti. Medicinska naklada, Zagreb, 2001. str. 98.-104.
6. Kugelberg FC1, Jones AW , Forensic Sci Int. 2007 Jan 5;165(1):10-29. Epub 2006 Jun 19. Interpreting results of ethanol analysis in postmortem specimens: a review of the literature. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16782292> (5.6.2015.)
7. Honey D, Caylor C, Luthi R, Kerrigan. J Anal Toxicol. 2005 Jul-Aug;29(5):365-9. Comparative alcohol concentrations in blood and vitreous fluid with illustrative case studies. S. Dostupno na : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16105262> (5.6.2015.)
8. De Martinis BS, de Paula CM, Braga A, Moreira HT, Martin CC. Hum Exp Toxicol. 2006 Feb;25(2):93-7. Alcohol distribution in different postmortem body fluids. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16539214> (5.6.2015.)
9. Mikuličić, Vital. Endogeni alkohol. U: Zečević, Dušan i suradnici. Sudska medicina i deontologija. Medicinska naklada Zagreb, 2004. Str. 176.
10. Kovačić, Zdravko. Djelovanje alkohola na vozačke sposobnosti. U: Zečević, Dušan i suradnici. Sudska medicina i deontologija. Medicinska naklada Zagreb, 2004. Str. 173.
11. Singer PP, Jones GR, Lewis R, Johnson R. J Anal Toxicol. 2007 Oct;31(8):522-5. Loss of ethanol from vitreous humor in drowning death. Dostupno na: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17988467> (5.6.2015.)

## 11. Životopis

Ivan Poljak rođen je 29. kolovoza 1990. godine u Čakovcu. Osnovnu školu upisuje 1997. u Svetoj Mariji u Međimurju, a završava 2005., a iste godine upisuje Medicinsku školu u Varaždinu - smjer medicinski tehničar, te ju završava 2009.

Iste godine upisuje Medicinski fakultet u Rijeci.

Od prve do šeste godine studiranja član je studentske udruge FOSS, te u tom periodu aktivno i pasivno sudjeluje u brojnim studentskim projektima.

2010. počinje obnašati dužnost studentskog predstavnika godine te sudjeluje u radu Fakultetskog vijeća Medicinskog fakulteta u Rijeci.

2012.- 2015. u organizacijskom je odboru projekata „Kapi života“, „Dani zdravlja“, „Zdrave planine“.

Kao pasivni sudionik 2013.- 2015. sudjeluje na studentskim kongresima „Klinička prehrana i dijetoterapija“ održanom na Medicinskom fakultetu u Rijeci.