

# Izkustveno učenje o ravneh proteinske strukture s sestavljanjem molekularnih modelov iz lego kock

Urška Kleč

Biotehniški center Naklo, [urska.klec@bc-naklo.si](mailto:urska.klec@bc-naklo.si)

## Izvleček

Nizka motiviranost dijakov kot posledica velike količine snovi in učitelja kot zgolj prenašalca znanj se pri biologiji lahko izboljša z izkustvenim učenjem, ki pa je omejeno pri poučevanju nevidnega, abstraktnega molekularnega nivoja snovi. Pri poučevanju o ravneh proteinske strukture lahko izkustveno učenje vpeljemo z uporabo primerov iz vsakdanjega življenja (jajčne beljakovine) in aktivnim sestavljanjem molekularnih modelov iz lego kock. V uvodni fazi izkustvenega učenja učitelj vzbudi motivacijo z opazovanjem zgradbe jajca. Dijaki kasneje sledijo učiteljevim navodilom za gradnjo modela od primarne do kvartarne ravni proteinske strukture. Konkretni izkušnji sledita opazovanje in refleksija, kjer dijaki spoznajo raznolikost beljakovin, ki izvira iz možnosti kombinacij aminokislin; odvisnost lastnosti beljakovin od njihove zgradbe (stabilnost) ter vpliv zgradbe na opravljanje funkcije beljakovin (encimi). Pridobljeno znanje dijaki prenesejo tudi v druge učne situacije.

**Ključne besede:** izkustveno učenje, molekularni model, ravni proteinske strukture lego kocke

## Using experiential learning to teach levels of protein structures – building molecular models from Lego blocks

### Abstract

Lack of students' motivation in biology class can result from information overload and improper teaching methods. Introduction of experiential learning can help, but it has limitations when it comes to teaching invisible and abstract molecular level concepts. We can however introduce experiential learning when we teach about levels of protein structure by using examples from everyday life (egg protein) and building molecular models from Lego blocks. In the first phase of experiential learning a teacher tries to peak students' curiosity by examining the structure of an egg, then students build Lego models of molecular structure of proteins from primary to quaternary levels. Active phase of experiential learning is followed by observation and analysis, where students learn: the variety of protein structures due to many possible combinations of aminoacids; correlation between the properties (stability) and structure of proteins; impact of structure of proteins on their function (enzymes).

**Key words:** experiential learning, molecular model, levels of protein structure, Lego blocks

## **1 Izkustveno učenje, sestavljanje molekularnih modelov iz lego kock**

V raziskavi, kjer se je ugotavljal odnos srednješolcev do biologije (PISA, 2006), se je kot največja pomanjkljivost izkazala velika količina snovi, kjer je v središče učnega procesa postavljen učitelj kot zgolj prenašalec znanja na učence (Moore, 2007, po Gnidovec, 2012, 4). Učenje je v tem primeru le kopičenje dejstev in teorij, ki niso povezane z izkušnjami in konkretnimi življenjskimi okoliščinami učencev. Ker so učenci pri takšnem pouku premalo aktivni, se to odraža v njihovi nizki motiviranosti in naveličanosti (Gnidovec, 2012, 3–5). Odgovor na pomanjkljivosti takšnega načina poučevanja je pojav izkustvenega učenja, ki je nastalo tudi zaradi potrebe po tesnejši povezanosti med teorijo in prakso (Marentič Požarnik, 2000, 299).

Izkustveno učenje je po Kolbu razdeljeno v štiri faze: a) konkretna izkušnja, ki ji sledita b) opazovanje in refleksija, nato se tvorijo c) abstraktni koncepti ter posplošitev, čemur sledi d) preizkušanje konceptov v novih situacijah. V procesu izkustvenega učenja je učiteljeva vloga:

1. Faza načrtovanja: učitelj mora upoštevati starost in število učencev, njihovo predznanje, pripravljenost in motiviranost. Pomembno je, da učitelji pri učencih prepoznajo njihova stališča, cilje in interese, ki vplivajo na razumevanje in učenje, ter da naštetu upoštevajo že pri pripravi pouka.
2. Uvodna faza: učitelj ustvari primerno vzdušje, pridobi učenčevu pozornost in zanimanje ter predstavi jasna navodila za nadaljnje delo.
3. Faza aktivnosti: učenci delajo po predstavljenih navodilih. Učitelj spremlja njihovo aktivnost, v dejavnost poseže le, če je to neizogibno.
4. Faza analize: učenci s pomočjo vprašanj analizirajo dogodke in doživljanje.
5. Faza povzetka in prenosa: učitelj aktivnost poveže s teorijo in cilji ter razmisli, kako lahko naučeno uporabi pri drugih učnih situacijah.
6. Faza ovrednotenja: Učitelj razmisli o popravkih in izboljšavah (Marentič Požarnik, 2000, 299).

V 1. letniku strokovne gimnazije učni načrt biologije obsega poznavanje organskih makromolekul, njihovo vlogo v celici ter procese, v katerih te nastajajo (Učni načrt: Biologija, 2008). Izkustveno učenje je težko združljivo z »nevidnim« in »abstraktnim« molekularnim nivojem, zato se spodbuja aktivno grajenje molekularnih modelov z različnimi materiali oz. uporabo programskih orodij in je tesno prepleteno z iskanjem problemskih rešitev (Wu, 2000, 1–2).

Uporaba lego kock pri grajenju molekularnih modelov omogoča sistematično kreativnost. Kreativnost izhaja iz številnih možnosti, ki jih ponujajo oblike in barve kock, sistematičnost nudi možnost preizkušanja teh v realnem življenju (Lego® Education, 2014, 8), npr. ali takšna oblika molekule omogoča opravljanje vloge, ki jo ima ta v celici (op. p.). Ob sestavljanju kock fizični dražljaji in aktivna vključenost v proces pridobivanja izkušnje stimulirajo možgane, kar zvišuje nivo kakovosti učenja (Lego® Education, 2014, 8).

## **2 Izkustveno učenje o ravnih proteinske strukture na primeru sestavljanja molekularnih modelov iz lego kock**

Faze so povzete po Marentič Požarnik (2000, 299) in prirejene:

## 2.1 Faza načrtovanja

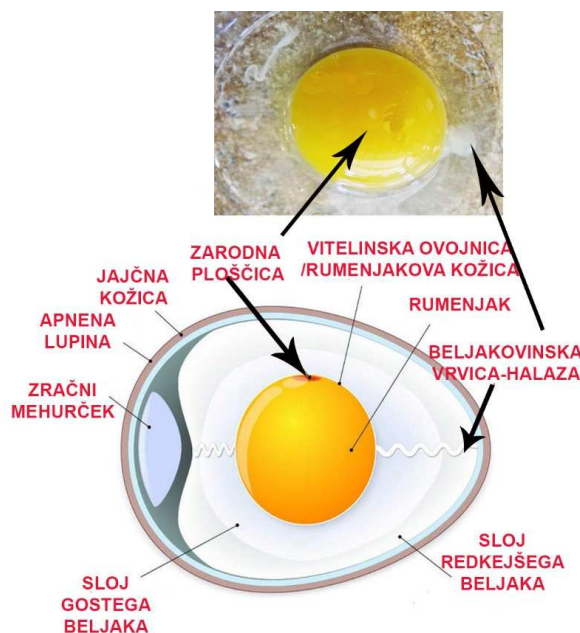
V okviru mobilnosti programa Erasmus+ smo od 17.–30. 4. 2016 obiskali partnersko šolo Zespół Szkół Ponadpodstawowych v Samostrzelu na Poljskem, kjer so dijaki strokovne gimnazije Biotehniškega centra Naklo aktivno spoznavali različne vrste perutnine. Izkušnja je pripomogla k vključitvi jajca kot potencialnega modela celice v učni proces.

Prikazani primer izkustvenega učenja sem izvedla v 1. letniku strokovne gimnazije Biotehniškega centra Naklo, kjer sem tedensko imela dve povezani uri. Za celoten proces sem načrtovala štiri učne ure, saj sem aktivnost gradnje modela naenkrat izvajala le s polovico učencev, ti pa so bili razdeljeni v manjše skupine štirih dijakov. Celoten pedagoško-didaktični proces je bil izveden v učilnici z računalnikom ter projektorjem, poleg katerih je treba pripraviti tudi dovolj veliko število različnih lego kock (slika 2) ter manjše žogice.

## 2.2. Uvodna faza

Uvodna faza vključuje:

- a) preverjanje predznanja o beljakovinah, npr. naštevanje beljakovinskih živil, beljakovin v telesu,
- b) motivacijsko aktivnost: razbitje kokošjega jajca (v skupinah), opazovanje njegove zgradbe ter odgovarjanje na vprašanja:
  - Iz česa je sestavljeno kokošje jajce (slika 1)?



Slika 1: Zgradba kokošjega jajca: primerjava med skico in fotografijo

Vir: prirejeno po <http://www.chickens.allotment-garden.org/eggs/structure-egg/>  
(Schlieper in sod., 1997, 52) (11. 7. 2017)

- Zakaj je jajce v današnjem času označeno kot popolno živilo?

Pričakovan odgovor: v njem so vse snovi, potrebne za rast in razvoj oplojene celice oz. zarodka.

- Katere snovi so to?

Pričakovan odgovor: dijaki naštejejo vse vrste organskih makromolekul.

- Kje natančno se v vsebini jajca nahajajo beljakovine?

Pričakovan odgovor: v beljaku (dijaki sklepajo po skupnem korenu besede).

Odgovor lahko dopolnimo (Schlieper in sod., 1997, 53): beljak vsebuje 11 % beljakovin (albumini, globulini), rumenjaki vsebuje 16 % beljakovin (vitelini).

- Kakšna je vloga beljakovin v jajcu oz. celici?

Pričakovan odgovor: založne beljakovine, ki zarodku zagotavljajo vir dušika.

Namen vprašanj, ki spremljajo motivacijsko aktivnost, je prek opazovanja konkretnega primera iz vsakdanjega življenja (kokošje jajce) preiti na »očem nevidni«, abstraktni molekularni nivo beljakovin ter njihovo vlogo v celici.

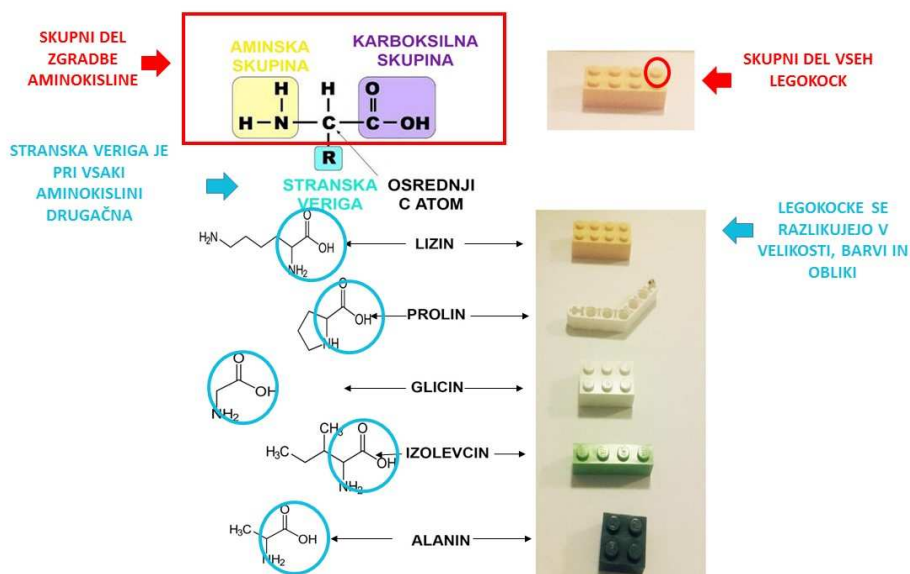
### **2.3. Fazi aktivnosti in analize**

Fazi aktivnosti in analize si v učnem procesu sledita, vendar sta pogosto razdeljeni na manjše korake. Faza aktivnosti je ključna v procesu izkustvenega učenja; v njej mora učitelj dijakom posredovati postopna in jasna navodila. Faza analize vključuje primerjanje izdelanih modelov in na podlagi primerjav pridobljenih spoznanj – izkušenj, kar ob koncu povežemo še z »življenjskimi primeri«.

a) Učitelj razloži analogijo med lego kocko in aminokislino kot osnovnim gradnikom beljakovine (slika 2):

- Legokocke so različnih oblik, barv in velikosti, a kljub temu so vse sestavljene iz »okroglih izboklin«.

- Na Zemlji poznamo 20 različnih aminokislin, ki gradijo beljakovine. Vse imajo enako osnovno zgradbo: karboksilna (-COOH) in aminska (-NH<sub>2</sub>) skupina sta vezani na osrednji ogljikov (C) atom. Stranska skupina (označena s črko R) je pri vsaki aminokislini drugačna (Dermastia in sod., 29).



Slika 2: Primerjava med zgradbo aminokislina in lego kocke. Poudarjeni so skupni deli (rdeča barva) in razlike (modra barva).

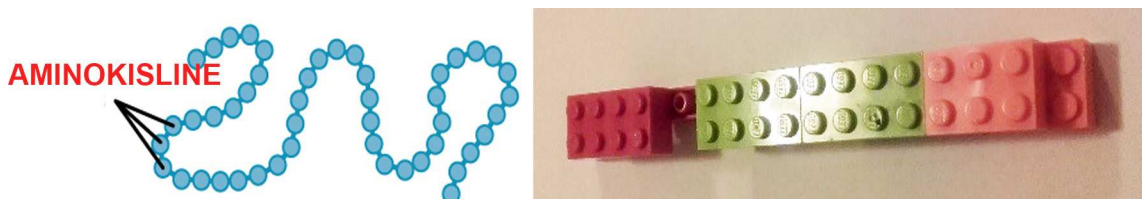
Vir: slika prirejena za potrebe obravnave snovi, slike kemijskih formul aminokislin so povzete po Wikipedii <https://sl.wikipedia.org/wiki/> (11. 7. 2017)

b) Učitelj razloži primarno zgradbo beljakovin: Na ribosome se posamezne aminokislina med seboj povezujejo s peptidno vezjo; nastane polipeptidna veriga aminokislin (Dermastia in sod., 30).

Aktivnost: Dijaki morajo sestaviti modele polipeptidne verige iz 5 različnih vrst aminokislin.

Analiza: Dijaki ob opazovanju modelov, sestavljenih iz 5 kock (aminokislin), ugotovijo veliko raznolikost modelov – beljakovin. Sklepajo, da 20 aminokislin omogoča izjemno raznolikost beljakovin.

Povezava s primerom: V jajcu so prisotne 3 skupine beljakovin: globulini, albumini, vitelini.



Slika 3: Skica primarne zgradbe beljakovin in po njej sestavljen model

Vir: leva slika prirejena po

[https://bio.libretexts.org/LibreTexts/University\\_of\\_California\\_Davis/BIS\\_2A%3A\\_Introductory\\_Biology\\_\(Britt\)/Readings/Protein\\_structure](https://bio.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/BIS_2A%3A_Introductory_Biology_(Britt)/Readings/Protein_structure) (11. 7. 2017), desna slika: avtor prispevka

c) Učitelj razloži sekundarno zgradbo beljakovin: Polipeptidna veriga postane bolj stabilna struktura, če se med posameznimi aminokislinami tvorijo vodikove, ionske ali kovalentne povezave (Dermastia in sod., 31).

Aktivnost: Dijaki morajo sestaviti model iz različnih vrst kock tako, da bo na njem lahko stala lahka, majhna žogica – preizkus stabilnosti modela. Model mora samostojno stati brez dodatnih kock opore.

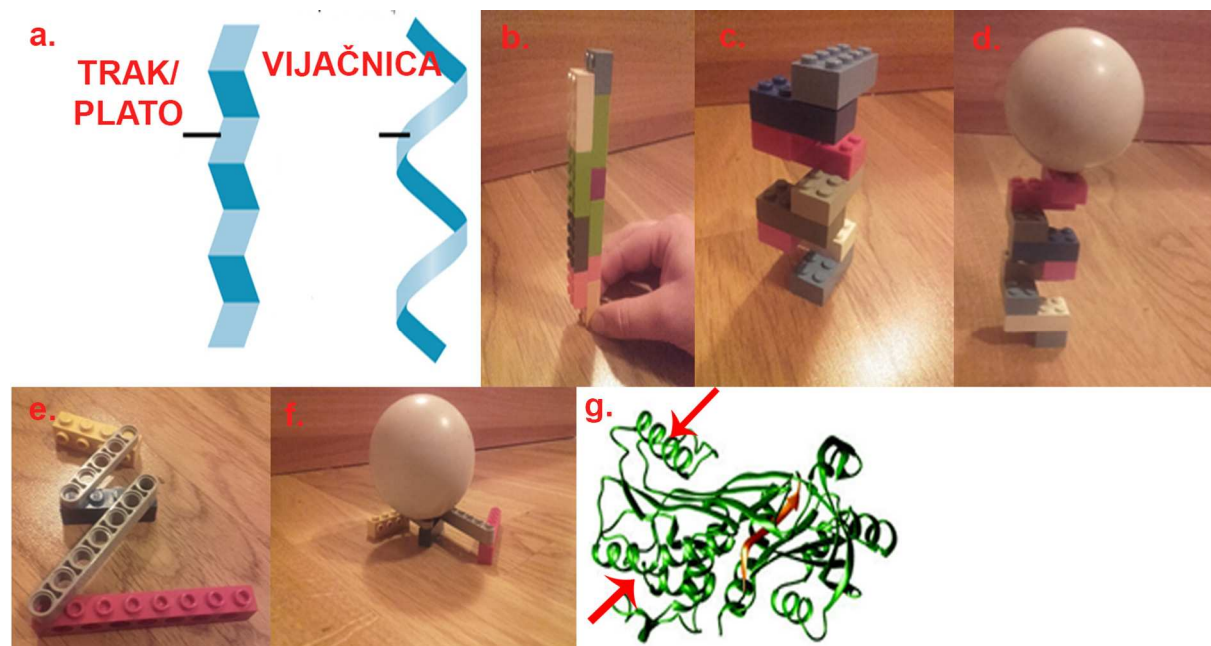
Analiza: Po preizkusu stabilnosti so dijaki ugotovili, da sta najbolj stabilni strukturi vijačnica in plato, kar se ujema z oblikami sekundarne zgradbe beljakovin (slika 4b–f). Sklepali so, da zgradba beljakovine vpliva na lastnosti beljakovin, npr. stabilnost, hidrofobnost.

Povezava s primerom: Protein jajčni ovalalbumin sestavljajo različne vijačnice (slika 4g).

d) Učitelj razloži terciarno in kvartarno strukturo beljakovin. Terciarna zgradba večine beljakovin je podobna klobčiču ali kroglici. Če je v beljakovino povezanih več terciarnih struktur, to postane kvartarna zgradba beljakovine. Tridimenzionalne strukture so povezane s funkcijo, ki jo beljakovine opravljajo (Dermastia in sod., 31). Aktivnost: Dijaki morajo sestaviti model tako, da slednji deluje kot stroj, ki združuje snovi med seboj. Ker nismo imeli pregibnih kock, ki bi omogočale sestavo takšnega modela, so dijaki takšen model narisali.

Analiza: Terciarna in kvartarna tridimenzionalna zgradba beljakovin je sestavljena tako, da so sekundarne zgradbe beljakovin povezane med seboj tako, da slednja postane fleksibilna. Dijaki so sklepali, da fleksibilnost terciarne in kvartarne strukture omogoča beljakovini opravljanje njene funkcije.

Povezava s primerom: encimi, krčljivost ...



Slika 4: a – skica sekundarne zgradbe beljakovin, b – nestabilen model, c–f – stabilna modela v obliki vijačnice in traku ter preizkus njune stabilnosti, g – protein jajčni ovalalbumin, sestavljen iz vijačnic

Vir: Slika 4a prirejena po

[https://bio.libretexts.org/LibreTexts/University\\_of\\_California\\_Davis/BIS\\_2A%3A\\_Introductory\\_Biology\\_\(Britt\)/Readings/Protein\\_structure](https://bio.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/BIS_2A%3A_Introductory_Biology_(Britt)/Readings/Protein_structure) (11.7.2017), slika 4b–f: avtor prispevka, slika 4g: slika prirejena po

## 2.4. Faza povzetka, prenosa in ovrednotenja

Dijaki so poleg znanja o strukturnih ravneh zgradbe beljakovin z izkustvenim načinom gradnje modelov usvojili naslednje učne cilje, ki jih je učitelj po zaključku faze analize tudi povzel:

- da so beljakovine organske makromolekule, ki so zelo raznolike,
- da je lastnost proteina odvisna od njegove zgradbe (stabilnost, hidrofobnost ...),
- da je 3D-struktura beljakovine ključna za opravljanje funkcije proteina.

Dijaki so nazorne modele in svoja izkustva narisali oz. opisali. Dijaki so zaradi izkustev, ki prispevajo k trajnosti in višji kakovosti znanja, bolje razumeli vlogo encimov v biokemijskih procesih, proces sinteze beljakovin iz DNK, stabilnost oblike dvojne vijačnice DNK.

Kot učitelj pa sem opisano učno situacijo lahko nadgradila v programu kmetijsko-podjetniški tehnik, kjer smo v okviru projektnih dni pridobivali znanje na področju zgradbe jajc:

- proces denaturacije: pečenje in okušanje jajc različnih vrst perutnine,
- razvoj piščančjega zarodka: test oplojenosti jajc s presvetljevalcem,
- obisk kokošje farme Jata Emona, d. o. o., v Duplici.

Faza aktivnosti je pokazala, da dijaki zelo radi sestavljajo lego molekularne modele, oz. po njihovo: »Tudi z lego kockami se da učiti.«

## 3 Zaključek

Učitelj pogosto naleti na ovire, ko želi uvesti izkustveni pristop pri poučevanju zgradbe snovi na molekularnem nivoju, npr. pri ravninah proteinske strukture. Takrat lahko uporabi molekularne modele, ki jih dijaki aktivno sestavljajo iz lego kock. Dijaki na ta način usvojijo znanje o ravnih proteinske strukture kot tudi znanje o lastnostih beljakovin, ki iz njih izhajajo.

## 4 Viri in literatura

- Dermastia, M., Komel, R. in Turk, T.: *Kjer se življenje začne. Biologija celice in genetika za gimnazije*. Ljubljana: Rokus Klett, 2011, str. 29–31.
- Gnidovec, L., *Odnos srednješolcev do biologije* (diplomsko delo). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (Oddelek za biologijo), 2012, str. 3–5.
- Lego® Education. *A system for learning* (online). 2014. (citirano 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: <https://le-www-live-s.legocdn.com/sc/media/files/marketing-tools/lego-education-manifesto-d218aa7fac50c89c1b307b8f1ab94b16.pdf>.
- Marentič Požarnik, B.: *Psihologija učenja in pouka*. 1. izdaja. Ljubljana: DZS, 2000, str. 299.
- Schlieper, C., Gregori, E. in Lindner, G.: *Pravilna prehrana. Veda o živilih*. Celovec: Mohorjeva založba, 1997, str. 52–53.
- Zavod RS za šolstvo. *Učni načrt: Biologija*. Gimnazija: klasična, strokovna gimnazija (online). Ljubljana, 2008. (citirano 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: <http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/programi/2008/>

Gimnazije/uN\_BIOLOGIJA\_strok\_gimn.pdf.

Wu, H., Krajcik, J. S. in Soloway, E. *Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom* (online). Annual meeting of the National association of research in science teaching. New Orleans. Louisiana. 2000. (citirano 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.1033/abstract>.

Viri slikovnega materiala:

Bedene, S., Lopez - Exposito, I., Molina, E. in Lopez-Fandino, R. Egg proteins as allergens and the effects of the food matrix and processing (online). Issue 3. *Food&Function*. 2015. (prirejeno: 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: [https://www.google.hr/search?q=egg+ovalbumin&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmjvio8oDVAhUFbBoKHcA7BmlQ\\_AUIBigB&biw=1302&bih=650#imgrc=8wYQrnAL3tBMcM](https://www.google.hr/search?q=egg+ovalbumin&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmjvio8oDVAhUFbBoKHcA7BmlQ_AUIBigB&biw=1302&bih=650#imgrc=8wYQrnAL3tBMcM).  
Biology Libretexts™. Protein structure. The four levels of protein structure (online). Datum zadnjega popraviljanja: 21. 4. 2017. (prirejeno: 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: [https://bio.libretexts.org/LibreTexts/University\\_of\\_California\\_Davis/BIS\\_2A%3A\\_Introductory\\_Biology\\_\(Britt\)/Readings/Protein\\_structure](https://bio.libretexts.org/LibreTexts/University_of_California_Davis/BIS_2A%3A_Introductory_Biology_(Britt)/Readings/Protein_structure) .  
The Poultry Pages. Backgarden Chickens & Other Poultry. *Chicken egg* (online). (prirejeno: 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: <http://www.chickens.allotment-garden.org/eggs/structure-egg/>.  
Wikipedia. Alanin, glicin, izolevcin, lizin, prolin. *Slike kemijskih formul* (online). (prirejeno: 11. 7. 2017). Dostopno na naslovu: <https://en.wikipedia.org/wiki/>.