

# Primjena linearnog optimiranja u planiranju prehrane osoba oboljelih od psorijaze

---

Marić, Antea

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:516913>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-04**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Antea Marić**  
7174/N

**PRIMJENA LINEARNOG OPTIMIRANJA U PLANIRANJU  
PREHRANE OSOBA OBOLJELIH OD PSORIJAZE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet: Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu**  
**Mentor: Prof. dr. sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić**

**Zagreb, 2020.**

*“Sve mogu u Onome koji me jača!”*

(Fil 4, 13)

*Gospodine, hvala!*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam  
Zavod za procesno inženjerstvo  
Laboratorij za MRA  
Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

### PRIMJENA LINEARNOG OPTIMIRANJA U PLANIRANJU PREHRANE OSOBA OBOLJELIH OD PSORIJAZE Antea Marić, 0058208205

**Sažetak:** Linearno optimiranje korišteno je za dobivanje optimalnog jelovnika prilikom planiranja prehrane za osobe oboljele od psorijaze. Cilj rada je pomoću LINDO programa dobiti optimalni jelovnik koji zadovoljava dnevne potrebe za selenom, omega-3 masnim kiselinama i vitaminom D koji su se u istraživanjima pokazali kao kritični mikronutrijenti kod osoba oboljelih od psorijaze. Pomoću danske baze o kemijskom sastavu namirnica osmišljeno je pet dnevnih jelovnika. Prilikom optimiranja jelovnika korišteno je 25 varijabli (5 zajutraka, 5 doručaka, 5 ručkova, 5 užina i 5 večera). Ograničenja postavljena u LINDO programu odnosila su se na unos energije, masti i zasićenih masnih kiselina te udio mikronutrijenata (selen, vitamin D, omega-3 masne kiseline, folate). Kombiniranjem svih navedenih varijabli moguće je dobiti 3125 kombinacija jelovnika. Korištenjem LINDO programa dobivena su tri optimalna rješenja za tri postavljene funkcije cilja. Ovo je pokazatelj kako je slaganje jelovnika vrlo kompleksan posao, koji niti uz računalne alate ne daje beskonačan skup mogućih jelovnika koji su u velikoj mjeri usklađeni s ograničenjima te i dalje nutricionist mora procijeniti energetske i nutritivne prihvatljivost dnevne ponude.

**Ključne riječi:** LINDO, optimiranje, prehrana, psorijaza, računalno planiranje prehrane

**Rad sadrži:** 25 stranica, 8 slika, 6 tablica, 14 literaturnih navoda, 0 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** Prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

**Datum obrane:** 1. rujna 2020.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study Nutrition**  
**Department of Process engineering**  
**Laboratory for measurement, regulation and control**  
**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Nutrition**

### **APPLICATION OF LINEAR OPTIMIZATION IN DIET PLANNING OF PERSONS WITH PSORIASIS**

**Antea Marić, 0058208205**

**Abstract:** Linear optimization was used to obtain an optimal menu in diet planning for people with psoriasis. The aim of the study is to use the LINDO program to obtain an optimal menu that meets the daily needs for selenium, omega-3 fatty acids and vitamin D, which have been shown to be critical micronutrients in people with psoriasis. Using a Danish food composition database, five daily menus were designed. In the optimization 25 variables were used (5 breakfasts, 5 lunches, 5 snacks & 5 dinners). The restrictions set, in the LINDO program, referred to the intake of energy, fats (total), saturated fatty acids and the share of micronutrients (selenium, vitamin D, omega-3 fatty acids, folate). Combining all the above mentioned variables, it is possible to obtain 3125 daily menu combinations. Using the LINDO program, three optimal solutions were obtained for the three set goal functions. This is an indication that arranging menus is a very complex job, which, even with computer tools, does not provide an infinite set of possible menus which are largely aligned with the restriction and the nutritionist still has to assess the energy and nutritional acceptability of a daily offer.

**Keywords:** computer nutrition planning, LINDO, nutrition, optimisation, psoriasis

**Thesis contains:** 25 pages, 8 figures, 6 tables, 14 references, 0 supplements

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** PhD Jasenka Gajdoš Kljusurić, full professor

**Defence date:** September 1st 2020

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2. Teorijski dio</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Psorijaza</b>	<b>2</b>
2.1.1. Prehrana u vrijeme bolesti	3
<b>2.2. Primjena računala u nutricionizmu</b>	<b>6</b>
2.2.1. Optimiranje	6
<b>3. Ispitanici i metode</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Ispitanik</b>	<b>10</b>
<b>3.2. Metode rada</b>	<b>11</b>
3.2.1. Baza podataka	12
<b>3.3. Planiranje jelovnika primjenom linearne optimizacije</b>	<b>13</b>
<b>4. Rezultati i rasprava</b>	<b>15</b>
<b>4.1. Funkcija cilja</b>	<b>15</b>
4.1.1. Maksimizacija selena kao funkcija cilja	15
4.1.2. Maksimizacija omega-3 masnih kiselina kao funkcija cilja	16
4.1.3. Maksimizacija vitamina D kao funkcija cilja	18
<b>4.2. Optimalna ponuda</b>	<b>19</b>
<b>Zaključak</b>	<b>22</b>
<b>Popis literature</b>	<b>24</b>

## 1. Uvod

Važnost uravnotežene i pravilno isplanirane prehrane jedna je od popularnih tema današnjice. Užurbani način života učinio je da ljudi kuhinje u svojim domovima zamijene lancima brze prehrane, a tjelesnu aktivnost sjedenjem pred računalom. Upravo zbog takvog načina života sve je veća prevalencija pretilosti i kroničnih bolesti u svijetu. Razvoju tih bolesti doprinosi i svakodnevna izloženost velikoj količini stresa koji se također smatra jednim od ključnih čimbenika za razvoj psorijaze. Neugodni simptomi ublažavaju se pomoću raznih topikalnih krema koje su najčešće samo trenutno rješenje. U posljednjih nekoliko godina u fokus je stavljena prehrana kao moguće rješenje za ublažavanje simptoma koji su u nekim slučajevima toliko izraženi da značajno smanjuju kvalitetu života.

Provedena su mnoga istraživanja koja su pokazala kako postoji nekoliko mikronutrijenata koji su u deficitu kod osoba oboljelih od psorijaze u odnosu na zdrave osobe te koji doprinose jačini simptoma kod oboljelih. Ti mikronutrijenti su: selen, omega-3 masne kiseline i vitamin D.

Uzimajući u obzir mikronutrijente koji su kritični za osobe oboljele od psorijaze, pomoću danske baze o kemijskom sastavu namirnica sastavljeno je pet jelovnika kojih čine zajuttrak, doručak, ručak, užina i večera.

Optimiranje je proces traženja optimalnog rješenja nekog problema. Računalno optimiranje prehrane zahtjeva upotrebu računala kako bi se provelo linearno optimiranje ili optimiranje primjenom neizravne logike. Prilikom izrade ovog rada korištena je metoda linearnog optimiranja koja nudi jedno rješenje tj. optimalno rješenje.

Za planiranje optimalne ponude korišten je program koji se najčešće koristi prilikom linearnog programiranja, a to je LINDO program. U LINDO programu kao ograničenja su postavljene vrijednosti za energiju, masti, zasićene masne kiseline, selen, omega-3 masne kiseline i vitamin D.

Cilj ovog rada bio je pomoću LINDO programa odrediti optimalnu ponudu koju bi činili zajuttrak, doručak, ručak, užina i večera odabrani iz prethodno sastavljenih 5 jelovnika te koji bi zadovoljili dnevne potrebe za kritičnim mikronutrijentima. Dobivenu optimalnu ponudu potom je potrebno analizirati obzirom da računalo matematički „sastavlja“ optimalnu ponudu koja može biti i neprihvatljiva, stoga je nutricionist taj koji procjenjuje prihvatljivost ponuđenog optimalnog rješenja.

## **2. Teorijski dio**

Zdrava prehrana sastoji se od uravnoteženog unosa makronutrijenata i mikronutrijenata. Poznato je da uravnotežena prehrana ima povoljan učinak u prevenciji mnogih bolesti kao što su kardiovaskularne bolesti i osteoporoza. Također, pravilna prehrana pomaže u ublažavanju simptoma nekih bolesti, primjerice gastritisa i psorijaze.

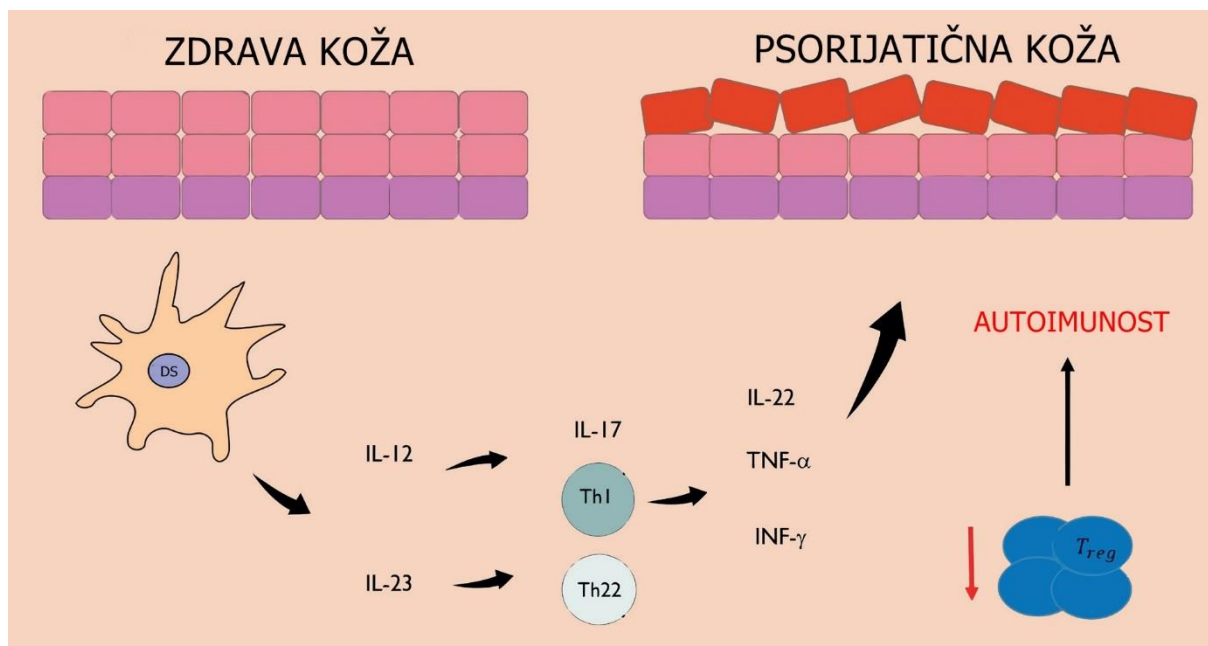
### **2.1. Psorijaza**

Psorijaza je autoimuna upalna kožna bolest koja se razvija na temelju nasljedne sklonosti. Obilježavaju je hiperproliferacija keratinocita, abnormalna diferencijacija i infiltracija epidermisa/dermisa upalnim stanicama uključujući neutrofile i T-stanice (Lipozenčić i sur., 2008).

Proučavanjem patofiziologije psorijaze otkrivena je poveznica između upalne i imunološke reakcije (Slika 1). Utvrđeno je da do psorijaze dolazi zbog pojave makrofaga, T stanica i dendrita stanica koje se sele od dermisa prema epidermisu oslobađajući upalne citokine poput tumor nekrotizirajućeg faktor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ), interleukina  $1\beta$  (IL- $1\beta$ ) i IL-6, IL-22 ili citokinskog profila tipa 1 (IL-2, interferon- $\gamma$ , IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ ). Dendritičke stanice spajaju upotrebu urođenog imunološkog sustava i adaptiranog imunološkog sustava. Ovi se sustavi aktiviraju u psorijatičkim lezijama što rezultira upalom i pojačanom proizvodnjom keratinocita. Koža psorijatičnih bolesnika prolazi kroz pretjerani rast i proizvodnju stanica. Stanice kože osobe koja nije oboljela od psorijaze uklanjaju se i zamjenjuju u periodu od 28-30 dana, dok je kod osoba oboljelih od psorijaze taj proces znatno kraći te traje samo 3-5 dana što rezultira pojavom srebrnih ljuskastih plakova (Hassaan i sur., 2016).

Psorijaza može biti izazvana i vanjskim i unutarnjim čimbenicima, uključujući blagu traumu, opekline od sunca, infekcije, sistemske lijekove i stres. Lezije kože uzrokovane psorijazom su lokalizirane ili generalizirane. Uglavnom su simetrične, oštro razgraničene, crvene papule i plakovi prekriveni bijelim ili srebrnim ljuskama te uzrokuju svrbež, peckanje i bol (WHO, 2016).





**Slika 1.** Imunološki odgovor u zdravoj koži i psorijatičnoj koži. IL = interleukin, TNF- $\alpha$  = tumor nekrotizirajući faktor- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  = interferon-  $\gamma$ ; Treg = regulatorne T stanice; DS = dendritičke stanice (Zuccotti i sur., 2018)

Neugodni simptomi znatno smanjuju kvalitetu života oboljele osobe što često dovodi do depresije, stoga je važno ublažiti simptome bolesti (Hassaan i sur., 2016).

### 2.1.1. Prehrana u vrijeme bolesti

Prehrana bogata antioksidansima kao što su omega-3 polinezasićene masne kiseline iz ribljeg ulja, neki vitamini (A, E i C) i oligoelementi (željezo, bakar, mangan, cink i selen) koji smanjuju oksidativni stres i stvaranje reaktivnih vrsta kisika od posebne su važnosti kada su u pitanju kronične upalne bolesti kao što je psorijaza. Osim svega navedenog, i vitamin D je zbog svoje uloge u proliferaciji i sazrijevanju keratinocita postao ključna komponenta u liječenju psorijaze. Mediteranska prehrana zdravi je oblik prehrane kod koje se pokazalo da pruža određeni stupanj zaštite kada su u pitanju kronične bolesti upravo zbog toga što obiluje antioksidansima i polifenolima prisutnima u ribi, voću, povrću, vinu i ekstra djevičanskom maslinovom ulju koji su ujedno i glavne sastavnice Mediteranske prehrane (Barrea i sur., 2015).

#### 2.1.1.1. Omega-3 masne kiseline

Riblje ulje i suplementi omega-3-masnih kiselina zbog svojih protuupalnih i imunomodulirajućih učinaka najčešće su korišteni dodaci kod pacijenata s dermatološkim bolestima pa tako i kod pacijenata oboljelih od psorijaze. Istraživanja su pokazala da konzumiranjem 4

g/dan eikozapentaenske kiseline (EPA) i 2,6 g/dan dokozaheksaenske kiseline (DHA) u periodu od 1 do 6 mjeseci dolazi do značajnog poboljšanja kod psorijaze. Drugo istraživanje pokazalo je da konzumacija 170 g plave ribe dnevno poboljšava stanje psorijaze u usporedbi sa bijelom ribom (Zuccotti i sur., 2018).

Preporučeni dnevni unos (RDA) omega-3 masnih kiselina je 1,6 g. Plava riba, orasi, ulje sjemenki lana i sjemenke lana, ulje konoplje, chia sjemenke i alge dobar su izvor omega-3 masnih kiselina (Štalić, 2016).

#### *2.1.1.2. Selen*

Važan element u tragovima koji ima antiproliferacijska i imunološka regulatorna svojstva je selen. Smanjena razina selena u serumu povezana je sa pogoršavanjem simptoma psorijaze te je potrebno kroz prehranu osigurati dovoljnu količinu kako ne bi došlo do pogoršanja bolesti (Zuccotti i sur., 2018.).

Preporučeni dnevni unos (RDA) je 55 µg na dan što se može zadovoljiti konzumacijom 1-2 brazilska oraščića koji su najbolji izvor selena, a gornja granica podnošljivog unosa je 400 µg (Štalić, 2008). Ostali izvori selena su tuna, losos, svinjetina, piletina, janjetina, riža i gljive (Thiry i sur., 2012.).

#### *2.1.1.3. Vitamin D*

Izlaganjem tijela suncu dolazi do sinteze vitamina D u koži te se na taj način zadovoljava 90% potreba za tim nutrijentom. Drugi način je unos istoga putem prehrane. Aktivni oblik vitamina D je 1,25-dihidroksivitamin D3 koji zajedno sa svojim receptorima regulira diferencijaciju i proliferaciju keratinocita, ravnotežu kožnog imunološkog sustava i proces apoptoze stanice. Podaci pokazuju da je koncentracija vitamina D3 u serumu niska kod osoba oboljelih od psorijaze te je oboljele potrebno upozoriti na dostatan unos vitamina D (Zuccotti i sur., 2018). Preporučeni dnevni unos vitamina D je 5 µg na dan, dok je maksimalno podnošljiv prehrambeni unos 50 µg (Štalić, 2008).

#### *2.1.1.4. Masti*

Pretilost i povećani udio visceralnog masnog tkiva povezan je sa prehranom bogatom zasićenim masnim kiselinama, a siromašnom polinezasićenim masnim kiselinama. Takav način prehrane karakterističan je za moderno društvo, a osobito za zapadne zemlje.

Kod pacijenata oboljelih od psorijaze uočeno je da je razina slobodnih masnih kiselina u serumu jedina poveznica s pretilošću koja utječe na jačinu bolesti. Studija rađena na miševima

pokazala je da je povećanje slobodnih masnih kiselina u serumu zdravih i mršavih miševa bilo dovoljno da se simptomi psorijaze pogoršaju. Razlog tomu je što zasićene masne kiseline senzibiliziraju mijeloidne stanice na pojačani upalni odgovor na protuupalne podražaje što dovodi do pojačane aktivacije keratinocita (Herbert i sur., 2018).

Prehrana bogata polinezasićenim i mononezasićenim masnim kiselinama pokazala je blagotvorno djelovanje na psorijazu. Stoga, osobama oboljelim od psorijaze preporuča se prehrana bogata polinezasićenim masnim kiselinama, mononezasićenim masnim kiselinama, voćem, povrćem i sa smanjenim udjelom zasićenih masnih kiselina i ugljikohidrata (Singh, 2019).

#### *2.1.1.5. Tjelesna aktivnost*

Aktivirani makrofagi u masnom tkivu stimuliraju adipocite na izlučivanje serumskih markera kroničnih upala (TNF- $\alpha$ , IL-1, IL-6, IL-8) što doprinosi razvoju psorijaze. Također, povišena razina leptina, adipokina povezanog s pretilosti, povezana je sa razvojem psorijaze.

Dokazano je da pravilna prehrana i tjelovježba smanjuju koncentraciju TNF- $\alpha$ , IL-6, IL-8, C-reaktivnog proteina (CRP) i monocitnog kemoatraktantnog proteina 1 (MKP 1) što dovodi do ublažavanja simptoma psorijaze. (Aune i sur., 2018).

Tjelesna aktivnost visokog intenziteta značajno utječe na smanjenje rizika od psorijaze jer smanjuje razinu serumskih markera kroničnih upala. Stoga je preporučeno uz pravilnu prehranu uvesti i 3 do 4 puta tjedno trening visokog intenziteta, poput kalistenike (Frankel i sur., 2012).

## 2.2. Primjena računala u nutricionizmu

### 2.2.1. Optimiranje

Optimiranje predstavlja traženje najpovoljnijeg rješenja nekog problema na način da se u obzir uzimaju odgovarajuća ograničenja koja limitiraju promatrane varijable. Optimalno rješenje je ono rješenje koje zadovoljava sve postavljene uvjete ograničenja modela, odnosno ono rješenje koje je u skupu rješenja najbolje.

Linearno optimiranje, neizrazita logika, genetski algoritam, neuronske mreže i dr., metode su koje se mogu koristiti u traženju optimalnog rješenja. Ovisno o odabranoj metodi može se očekivati ili skup rješenja (skup optimalnih rješenja), ili jedno rješenje (optimalno rješenje).

Rezultat nelinearnog optimiranja je skup optimalnih rješenja kojima se istovremeno nastoji zadovoljiti veći broj funkcija cilja, a ujedno podrazumijeva da postoji raspon „idealnosti“ rezultata kojega odabire osoba koja postavlja problem.

Primjenom linearnog optimiranja kao rezultat se dobije optimalno rješenje. Ono predstavlja rješenje koje u najboljoj mjeri odgovara postavljenoj funkciji cilja, a istovremeno zadovoljava sva dodatna postavljena ograničenja (Gajdoš Kljusurić, 2020).

#### 2.2.1.1. Optimiranje prilikom planiranja prehrane

Prilikom planiranja prehrane osnovni cilj je zadovoljiti energetske i nutritivne potrebe konzumenta. Kod optimiranja prehrane važno je voditi računa o postavkama modela:

- a) za koga se planira jelovnik (skupina ili pojedinac)
- b) potrebe i navike skupine i pojedinca
- c) postoje li posebnosti u prehrani skupine ili pojedinca (je li osoba vegan, je li osoba alergična na određenu hranu i sl.)
- d) koji se nutrijenti promatraju (omega-3 masne kiseline, selen, vitamin D,...)
- e) koliki broj obroka će biti ponuđen i sl.

Kod planiranja prehrane potrebno je poznavati:

1. Preporuke za dnevni unos energije, mikronutrijenata i makronutrijenata
2. Recepte za pojedina jela

Sve navedeno omogućuje da se pomoću odabrane baze podataka o nutritivnom statusu namirnica izračuna energetska i nutritivna vrijednost ponuđenih obroka. Kod računalnog planiranja prehrane za provedbu linearnog optimiranja ili optimiranja primjenom neizrazite logike koristi se računalo. Ono značajno ubrzava rad te omogućuje brzu analizu i promjenu jela ili jelovnika ako je to potrebno. Za linearno optimiranje najčešće korišteni program je LINDO, a za optimiranje primjenom neizrazite logike koriste se razni programi kao što je W. R. Mathematica (Gajdoš Kljusurić, 2002).

### 2.2.1.2. Linearno programiranje prilikom optimiranja prehrane

Linearno programiranje jedno je od dijelova operacijskih istraživanja koji je postigao najveću primjenjivost osobito u ekonomskoj problematici. Linearna zavisnost čimbenika koji određuju problem osnovno je obilježje problema koji se rješava primjenom linearnog programiranja. Iz tog razloga se prilikom optimiranja rabe modeli u obliku sustava linearnih jednadžbi i nejednadžbi. Model linearnog programiranja, matematički gledano, sustav je  $m$  linearnih jednadžbi sa  $n$  nepoznanica. Rješavanje sustava podrazumijeva traženje vrijednosti svih  $n$  nepoznanica, s tim da je postavljen uvjet postizanja maksimalne vrijednosti posebno postavljene funkcije cilja ili funkcije kriterija.

Matematički modeli linearnog programiranja sastoje se od tri osnovna dijela:

#### 1) Funkcija cilja

$$(\min, \max) f = c_1 \cdot x_1 + c_2 \cdot x_2 + \dots + c_n \cdot x_n$$

$c_1, c_2, c_3 =$  koeficijenti

$x_1, x_2, x_3 =$  varijable

#### 2) Skup ograničavajućih uvjeta

$$a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1N} \cdot x_N \leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_1$$

$$a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2N} \cdot x_N \leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_2$$

.....

$$a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \dots + a_{mN} \cdot x_N \leq \text{ili} = \text{ili} \geq b_m$$

#### 3) Opći uvjet nenegativnosti

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_n \geq 0$$

Funkcija cilja linearna je funkcija više varijabli, a skup ograničavajućih uvjeta sustav je simultanih linearnih jednadžbi i nejednadžbi s više varijabli. Opći uvjet nenegativnosti omogućuje zadržavanje u skupu pozitivnih rješenja sukladno zahtjevu nenegativnosti koja povlači činjenicu kako će vrijednosti varijabli biti veće ili jednake nuli. Osim toga, može se uvesti i ograničenje rješenja na cjelobrojnost rješenja kako bi se izbjeglo dobivanje rješenja poput pola doručka 3 i pola doručka 5. U tom slučaju potrebno je uvesti nova ograničenja:

$$d_1 + d_2 + \dots + d_n = 1$$

$$r_1 + r_2 + \dots + r_n = 1$$

$$v_1 + v_2 + \dots + v_n = 1$$

Ovo ograničenje u računalnom programu Lindo izvršava se pomoću naredbe *integer*. Iza naredbe *Int* piše se ukupan broj varijabli. Primjerice, ako imamo 5 doručaka, 5 ručkova i 5 večera, ukupan broj varijabli je 15 (5 doručaka + 5 ručkova + 5 večera = 15) te nakon naredbe *end* pišemo *Int 15*.

Korištenjem modela linearnog optimiranja nastoji se zadovoljiti potreban unos energije i nutrijenata ovisno o dobi i spolu. Modeli se mogu promatrati implicitno i eksplicitno, ovisno o izboru varijabli.

Eksplicitno promatranje modela podrazumijeva da su namirnice od kojih se jedan obrok sastoji navedene i ne mogu se mijenjati te pri takvom optimiranju namirnice nisu varijabilne.

Implicitno promatranje modela pretpostavlja mogućnost biranja između „neprihvatljivih“ i „prihvatljivih“ namirnica pri čemu prihvatljive i neprihvatljive namirnice određuje osoba koja planira jelovnik. Primjerice, ako računalo odabere za 9 serviranja, u razdoblju od 30 dana, gulaš od pilećih jetrica jer ono zadovoljava potrebe za vitaminima i mineralima, nije realno očekivati da će osoba za koju se planira prehrana skoro svaki drugi dan jesti gulaš od pilećih jetrica. Namirnice su još uvijek varijabilne u ovom modelu (Gajdoš Kljusurić, 2020).

### 2.2.1.3. Računalni program LINDO

Zbog svoje jednostavnosti najčešće korišteni računalni program za linearno optimiranje je LINDO program. LINDO program služi za rješavanje kvadratnih i matematičkih modela primjenjujući Simplex algoritam.

Simplex algoritam predstavlja postupak pretraživanja ekstremnih točaka mogućih rješenja linearnog programiranja. Redom se pretražuju susjedne ekstremne točke, a sljedeća ekstremna točka je ona koja daje jednako ili bolje rješenje nego prethodna. Navedeni algoritam usko je povezan s Gaussovom metodom eliminacije za rješavanje sustava linearnih algebarskih jednadžbi.

Osnovna postavka modela je prema načelima linearnog programiranja s osnovnom razlikom. Naredbom *subject to* povezuju se funkcija cilja i ograničenja, a naredbom *end* se završava program (Gajdoš Kljusurić, 2020).

The screenshot displays the LINDO software interface. The main window shows the following model:

```

min Z1+Z2+Z3+Z4+Z5+D1+D2+D3+D4+D5+R1+R2+R3+R4+R5+U1+U2+U3+U4+U5+V1+V2+V3+V4+V5
subject to
!Energija
1135.9Z1+1540Z2+1266.4Z3+1555Z4+1150.9Z5+1737.3D1+1133D2+1199.3D3+1241.6D4+1671D5+2624.78R1+
3200.18R2+2432.84R3+3204.46R4+2636.08R5+ 864.7U1+801.4U2+864.7U3+830.6U4+830.2U5+1527.8V1+
880V2+ 1902V3+ 1246V4+ 1341.9V5>6800
1135.9Z1+1540Z2+1266.4Z3+1555Z4+1150.9Z5+1737.3D1+1133D2+1199.3D3+1241.6D4+1671D5+2624.78R1+
3200.18R2+2432.84R3+3204.46R4+2636.08R5+ 864.7U1+801.4U2+864.7U3+830.6U4+830.2U5+1527.8V1+
880V2+1902V3+1246V4+1341.9V5<8310
!Calcium. Ca
353.41Z1+969.9Z2+371.41Z3+214.4Z4+197.91Z5+367.16D1+47.85D2+351.45D3+68.8D4+54.87D5+239.035R1+
171.29R2+384.48R3+253.08R4+88.0616R5+55.56U1+72.85U2+61.25U3+51.75U4+183.25U5+261.4V1+129V2+
93.77V3+43.12V4+45.42V5<2500
!Selenium. Se
2.9167Z1+1.59Z2+0.6067Z3+2.34Z4+3.6667Z5+8.3D1+1.5D2+8.5D3+2.2D4+9.162D5+37.961R1+65.6115R2+
120.839R3+234.321R4+17.80688R5+1.67U1+1.7U2+11.8U3+1.5U4+3.6U5+4.22V1+4.5V2+0.4V3+7.1V4+
2.997V5>40
2.9167Z1+1.59Z2+0.6067Z3+2.34Z4+ 3.6667Z5+8.3D1+1.5D2+8.5D3+2.2D4+9.162D5+37.961R1+65.6115R2+
120.839R3+234.321R4+17.80688R5+1.67U1+1.7U2+11.8U3+1.5U4+3.6U5+4.22V1+4.5V2+0.4V3+7.1V4+
2.997V5<400
Z1+Z2+Z3+Z4+Z5=1
D1+D2+D3+D4+D5=1
R1+R2+R3+R4+R5=1
U1+U2+U3+U4+U5=1
V1+V2+V3+V4+V5=1
end
int 25
  
```

The Reports Window on the right shows the following output:

```

LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1) 5.000000

VARIABLE   VALUE   REDUCED COST
Z1         1.000000 1.000000
Z2         0.000000 1.000000
Z3         0.000000 1.000000
Z4         0.000000 1.000000
Z5         0.000000 1.000000
D1         0.000000 1.000000
D2         0.000000 1.000000
D3         0.000000 1.000000
D4         0.000000 1.000000
D5         1.000000 1.000000
R1         1.000000 1.000000
R2         0.000000 1.000000
R3         0.000000 1.000000
R4         0.000000 1.000000
R5         0.000000 1.000000
U1         0.000000 1.000000
U2         1.000000 1.000000
U3         0.000000 1.000000
U4         0.000000 1.000000
U5         0.000000 1.000000
V1         0.000000 1.000000
V2         0.000000 1.000000
V3         1.000000 1.000000
V4         0.000000 1.000000
V5         0.000000 1.000000

ROW  SLACK OR SURPLUS  DUAL PRICES
2)  1335.080078      0.000000
  
```

**Slika 2.** Primjer Lindo programa s odgovarajućim rješenjima.

### 3. Ispitanici i metode

#### 3.1. Ispitanik

Osoba za koju se kreira optimalni jelovnik je žena koja ima 24 godine. Prije tri godine dijagnosticirana joj je psorijaza koju drži pod kontrolom pomoću topikalnih krema. Međutim, prilikom izlaganja svakom većem stresu simptomi se znatno pogoršaju i u tom slučaju ih se teško dovede pod kontrolu korištenjem topikalnih krema.

Visoka je 168 cm, tjelesna masa joj iznosi 68 kg, a indeks tjelesne mase (ITM) je 24,09 kg/m<sup>2</sup>. Koristeći Haris-Benedictovu jednadžbu izračunata je bazalna energetska potrošnja (BEP):

$$\text{BEP} = 655,1 + (9,563 \times \text{TM}) + (1,85 \times \text{TV}) - (4,676 \times \text{dob})$$

$$\text{BEP} = 655,1 + (9,563 \times 68) + (1,85 \times 168) - (4,676 \times 24) = 1503,96 \text{ kcal} \approx 1504 \text{ kcal}$$

Bazalna energetska potrošnja je energija potrošena prilikom mirovanja i ona, u ovom slučaju, iznosi 1504 kcal (6296 kJ). S obzirom da je pacijentica studentica koja puno uči i provodi većinu vremena sjedeći, spada u skupinu slabe aktivnosti. Ovisno o vrsti aktivnosti izračunat je potreban dnevni energetske unos:

**Tablica 1.** Korekcijski faktori za izračun dnevne energetske potrebe, prema Haris-Benedictu (Gajdoš Kljusurić, 2020)

Aktivnost	Potreban dnevni unos energije
Slaba (većinom sjedenje)	BEP x 1,2
Manja aktivnost (lagano vježbanje ili sportska aktivnost 1-3 dana/tjedan)	BEP x 1,375
Srednja aktivnost (lagano vježbanje ili sportska aktivnost 3-5 dana/tjedan)	BEP x 1,55
Aktivna osoba (aktivno vježbanje ili sportska aktivnost 6-7 dana/tjedan)	BEP x 1,725
Vrlo aktivna osoba (zahtjevno vježbanje ili sportska aktivnost uz vrlo naporan posao)	BEP x 1,9

$$\text{EER} = \text{BEP} \times 1,2 = 1503,96 \text{ kcal} \times 1,2 = 1804,752 \text{ kcal} \approx 1805 \text{ kcal}$$



S obzirom na bazalnu energetska potrošnju i slabu aktivnost pacijentice, izračunati dnevni energetska unos iznosi 1805 kcal (7555 kJ) te je na osnovu toga kreirano 5 jelovnika.

### 3.2. Metode rada

Pomoću danske baze podataka o kemijskom sastavu namirnica sastavljeno je 5 jelovnika koji se sastoje od 3 glavna obroka (zajuttrak, ručak, večera) i 2 međuobroka (doručak i užina).

**Tablica 2.** Prikaz osmišljenih jelovnika

	JELOVNIK #1	JELOVNIK #2	JELOVNIK #3	JELOVNIK #4	JELOVNIK #5
ZAJUTRAK	Zobene pahuljice s mlijekom (3,5 % m.m.) Banana	Zobene pahuljice s kozjim mlijekom Banana	Zobene pahuljice s kozjim mlijekom Maline	Cornflakes s kozjim mlijekom Banana	Cornflakes s mlijekom (3,5 % m.m.) Maline
DORUČAK	Sendvič sa šunkom i sirom Sok od grejpa	Jabuka Krekeri Sok od ribizla	Sendvič sa šunkom i sirom	Integralni kruh s Nutellom	Hrenovke Bijeli kruh
RUČAK	Bulgur s gamberima i povrćem Rosé vino	Prženi losos Blitva na lešo Crno vino	Grill tuna Kuhani špinat Zelena salata Rosé vino	Dagnje na buzaru Integralni kruh Bijelo vino	Pirjana junetina s rižom Zelena salata Crno vino
UŽINA	Ananas Orasi	Ananas Bademi	Ananas Brazilski oraščići	Ananas Indijski oraščići	Ananas Lješnjaci
VEČERA	2 kuhana jaja Svježi kravljji sir Integralni kruh	Kuhani bakalar Kuhana brokula	Pileća salata	Pržena govedina Ljetna salata	Bijeli kruh s kikiriki maslacem

Sastavljeni jelovnici pripremljeni su pomoću Excel programa te su obrađeni i prilagođeni za rad u LINDO programu.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "BP\_DANSKA\_2014\_standardna dijeta\_ljeta\_rez - način kompatibilnosti - Excel". The spreadsheet contains a table with the following columns: Energi, Protein, total-n, Fejt, total, mastode, monouma, poljumaet, kulhyd, drat, Kulhydrat, t, bilitat, sukkt, konifibre, Alkohol, Askte, Vand, A-vitamin, Retinol, B-caroten, D-vitamin, and D3 cholec. The rows list various food items such as "Zajutrak", "Zobene pahuljice", "Mlijeko 3.5 % m.m.", "Maline", "Doručak", "Šunka", "Sir", "Sok od grepa", "Integralni kruh", "Ružak", "Bulgur s gamberima", "Gamberi", "Ulje maslinovo", "Paprika zelena", "Paprika crvena", "Kukuruz", "Grašak", "Papar crni", "Sol", and "Luk". Each row contains numerical values for each nutrient.

**Slika 3.** Primjer Jelovnika #1 sastavljenog u Excelu.

### 3.2.1. Baza podataka

Baza podataka predstavlja organizirani skup podataka što podrazumijeva skup podataka pripremljen na način koji omogućuje njihovo jednostavno korištenje (pregledavanje, pretraživanje, sortiranje, uspoređivanje, itd.), ali i mijenjanje (nadopunjavanje, brisanje). Karakteristično za bazu podataka je da su podaci međusobno povezani te su oni neovisni o programima kojima se obrađuju (Gajdoš Kljusurić, 2020).

Prilikom izrade optimalnog jelovnika korištena je danska baza podataka o nutritivnom sastavu namirnica. Iako je za uporabu dostupna i hrvatska baza podataka o nutritivnom sastavu namirnica, ona nije korištena jer ne sadrži nutrijente koji su izrazito važni za izradu jelovnika, a to su selen i vitamin D.

Danska baza podataka sadrži 1049 namirnica te prikazuje 94 nutrijenta za pojedinu namirnicu.

Pošto je u danskoj bazi o nutritivnom sastavu namirnica energija izražena u kilodžulima (kJ) prilikom izrade rada energija je pretvorena iz kilokalorija (kcal) u kilodžule radi jednostavnije obrade i korištenja podataka.

[ID]	Dansk navn	English name	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	23	24	25	26	27	35		
[0157]	A38, acidophilus tykmælk	Milk, acidophilus cultured	272	3,7	0,6	3,5	2,3	0,9	0,1	4,7	4,7	0,0	0,0	0,0	0,8	87,3	31,0	29,8	15,4	0,100	0,100				0,089	0,089	
[0891]	Aborre, rå	Perch, raw	356	18,1	2,9	1,3	0,3	0,3	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	81,0	0,000	0	0	0,8					1,2	1,2	
[455]	Abrikos, konserver, let sukkerfuge	Apricot, canned, light	278	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	14,9	16,4	14,9	1,5	0,0	0,4	81,9	65,4	0	785	0					0,89	0,89	
[0626]	Abrikos, rå	Apricot, raw	170	0,8	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	7,8	9,4	0,0	1,6	0,0	0,7	88,8	131	0	1566	0							
[0001]	Abrikos, tørret	Apricot, dried	1159	2,9	0,5	1,7	0,1	0,6	0,6	57,2	66,5	0,0	9,3	0,0	2,8	26,2	199	0	2390	0				4,0	4,0		
[0002]	Agurk, rå	Cucumber, raw	45	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,4	2,1	0,0	0,7	0,0	0,4	96,7	5,17	0	62	0				0,15	0,15	16,4	
[0688]	Agurk, syltet	Gherkin, pickled	296	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	16,1	17,3	15,0	1,2	0,0	3,1	79,1	0,000	0	0						0,07	0,07	
[1689]	Agurk, syltet, uden tilsat sukker	Gherkin, pickled, sugar	41	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	1,1	2,3	0,0	1,2	0,0	3,1	94,1	0,000	0	0							0	
[0004]	Ananas, konserver	Pineapple, canned	269	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	14,1	15,5	2,5	1,4	0,0	0,3	83,5	6,08	0	73	0					0,03	0,03	
[0003]	Ananas, rå	Pineapple, raw	232	0,5	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	11,6	13,0	0,0	1,4	0,0	0,4	85,7	5,00	0	60	0					0,10	0,10	
[0833]	Ananasjuice, konserver	Pineapple juice, canned	229	0,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	12,8	12,9	0,0	0,1	0,0	0,3	86,4	1,67	0	20	0							
[0648]	Ananaskirsebær, kapstikkebær, rå	Cape gooseberries	172	0,9	0,1	0,6				5,9	10,2	0,0	4,3	0,0	0,5	87,9	36,0	0	432	0							
[1037]	And, bryet, rå	Duck, breast, flesh only	497	19,9	3,2	4,3	1,7	1,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	75,0	16,0	16	0								
[0006]	And, kød og skind, rå	Duck, flesh and skin	1650	11,5	1,8	39,3	13,2	18,7	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	48,5	51,0	51	0	1				0	0	0	
[0007]	And, kød, rå	Duck, flesh only, raw	500	18,3	2,9	5,1	0,5	3,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	73,8	24,0	24	0	1				0	0	0	
[0454]	Ansjos, marineret, konserver	Anchovy, pickled	879	13,4	2,1	13,0	3,3	4,3	2,7	10,0	10,0	10,0	0,0	0,0	9,6	53,0	390	390	0	14					0,9	0,9	0
[0005]	Appelsin, rå	Orange, raw	215	0,9	0,2	0,6	0,1	0,1	0,2	9,5	11,5	0,0	2,0	0,0	0,4	87,0	4,00	0	48	0					0,55	0,55	0,0
[0355]	Appelsinjuice, konserver	Orange juice, canned	180	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	9,7	9,8	0,0	0,2	0,0	0,4	89,0	2,42	0	29	0					0,1	0,1	
[1117]	Appelsinmarmelade	Marmalade, orange	858	0,5	0,1	0,3				49,0	49,7	44,0	0,7	0,0	2,5	47,0	4,17	0	50	0					0,3	0,3	
[0453]	Artiskok, rå	Artichoke, raw	193	3,3	0,5	0,2				5,1	10,5		5,4	0,0	1,1	84,9	0,667	0	8	0					0,35	0,35	
[0452]	Asier, syltede	Cucumber, large, pickled	312	0,5	0,1	0,5				16,5	17,0	16,0	0,5	0,0	82,0	0,583	0	7	0						0,1	0,1	
[0690]	Asier, syltede, uden tilsat sukker	Cucumber, large,	65	0,5	0,1	0,5				2,0	2,5	0,0	0,5	0,0	96,5	0,583	0	7	0						0,1	0,1	
[0815]	Asparag, grønne, rå	Asparagus, green, raw	109	1,8	0,3	0,3	0,1	0,0	0,2	3,1	4,9	0,0	1,8	0,0	0,5	92,5	0,000	0	0								
[0816]	Asparag, hvide, rå	Asparagus, white, raw	109	2,4	0,4	0,3	0,1	0,0	0,2	2,5	4,3	0,0	1,8	0,0	0,6	92,4	0,000	0	0								
[0009]	Asparag, konserver	Asparagus, canned	67	1,6	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	1,4	2,9		1,5	0,0	0,9	94,4	41,1	0	493	0					0,25	0,25	
[0008]	Asparag, uspec., rå	Asparagus, all types,	99	1,9	0,3	0,3	0,1	0,0	0,1	2,4	4,2	0,0	1,8	0,0	0,5	93,3	2,67	0	32	0					0,3	0,3	39
[0001]	Aubergine, rå	Aubergine (eggplant),	82	0,9	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	2,6	5,0	0,0	2,4	0,0	0,5	93,5	0,000	0	0	0					0,03	0,03	

Slika 3. Izgled danske baze podataka o nutritivnom sastavu namirnica.

### 3.3. Planiranje jelovnika primjenom linearne optimizacije

Jelovnici su osmišljeni kako bi zadovoljili potrebe za mikronutrijentima koji su ključni kod osoba oboljelih od psorijaze, a to su: vitamin D, selen, cink i omega-3 masne kiseline.

Za izradu optimalnog jelovnika korišten je program LINDO. Podaci prethodno obrađeni u Excel programu preneseni su u LINDO program. Pošto se sastavljeni jelovnici sastoje od ukupno 5 zajutraka, 5 doručaka, 5 ručkova, 5 užina i 5 večera moguće je dobiti 3125 kombinacija (5xZ x 5xD x 5xR x 5xU x 5xV). Navedeni broj kombinacija jako je velik i on se smanjuje uvođenjem ograničenja za određene nutrijente u LINDO programu.

Ograničenja su postavljena sukladno preporukama za žensku osobu u dobi od 24 godine. S obzirom da ukupne dnevne energetske potrebe iznose 1805 kcal (7555 kJ), ograničenja za energiju su postavljena kao  $\pm 10\%$  od 1805 kcal. Prilikom postavljanja ograničenja za energiju često se uzima vrijednost  $\pm 20\%$  od ukupnih dnevnih energetske potrebe. Međutim, primjenom te vrijednosti dobije se mogućnost da optimalni jelovnik bude manji od 1500 kcal, što je premala energetska vrijednost. Dodana su i ograničenja postavljena za masti (25% do 35% ukupnog dnevnog energetskeg unosa) od kojih zasićene masne kiseline trebaju biti u što manjem udjelu u odnosu na nezasićene. Kod osoba oboljelih od psorijaze uočena je smanjena

razina vitamina D, selena i omega-3 masnih kiselina te su na temelju toga kao ograničenja postavljene maksimalne dozvoljene dnevne vrijednosti (*eng. upper level, UL*).

Kao dodatno ograničenje postavljen je folat pošto se radi o ženskoj osobi koja je u reproduktivnoj dobi te je pravilan unos folata izrazito važan za uspješnu trudnoću u budućnosti. Za folat je također kao ograničenje postavljena maksimalna dozvoljena dnevna vrijednost.

**Tablica 3.** Prikaz ograničenja.

<b>Ograničenja</b>	
<b>Energija</b>	> 6800 kJ < 8310 kJ
<b>Masti</b>	> 50 g < 70 g
<b>- zasićene masne kiseline</b>	< 15 g
<b>Vitamin D</b>	< 50 µg
<b>Folat</b>	< 1000 µg
<b>Selen</b>	> 40 µg < 400 µg
<b>Omega-3</b>	> 1 g

## 4. Rezultati i rasprava

Cilja optimiranja u LINDO programu bio je pronaći optimalnu jednodnevnu ponudu za osobu oboljelu od psorijaze. Ponuda bi trebala sadržavati dovoljno mikronutrijenata kritičnih za ovu skupinu – selen, omega-3 masne kiseline i vitamin D.

### 4.1. Funkcija cilja

Kao funkcije cilja postavljene su maksimizacije kritičnih mikronutrijenata kako bi se kao rezultat dobile dovoljne količine pojedinog mikronutrijenta.

#### 4.1.1. Maksimizacija selena kao funkcija cilja

Kod osoba oboljelih od psorijaze uočena je niska razina selena u organizmu i upravo bi zato optimalna ponuda trebala sadržavati dovoljne količine selena kako bi se zadovoljile dnevne preporučene doze koje iznose 55 µg.

The screenshot displays the LINDO software interface with a linear programming model and its solution. The model is defined as follows:

```
max 2.9167Z1+ 1.592Z2+ 0.6067Z3+ 2.34Z4+ 3.6667Z5+ 8.3D1+ 1.5D2+ 8.5D3+ 2.2D4+ 9.162D5+37.961R1+ 65.6115R2+ 120.8Z1
```

The solution results are shown in the Reports Window:

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z1	0.000000	-2.916700
Z2	0.000000	-1.590000
Z3	0.000000	-0.606700
Z4	0.000000	-2.340000
Z5	1.000000	-3.666700
D1	0.000000	-8.300000
D2	0.000000	-1.500000
D3	1.000000	-8.500000
D4	0.000000	-2.200000
D5	0.000000	-9.162000
R1	0.000000	-37.960999
R2	0.000000	-65.611504
R3	0.000000	-120.838997
R4	1.000000	-234.320999
R5	0.000000	-17.806881
U1	0.000000	-1.670000
U2	0.000000	-1.700000
U3	1.000000	-11.800000
U4	0.000000	-1.500000
U5	0.000000	-3.600000
V1	0.000000	-4.220000
V2	0.000000	-4.500000
V3	0.000000	-0.400000
V4	0.000000	-7.100000
V5	1.000000	-2.997000

The solution also shows slack or surplus and dual prices for the constraints:

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	961.260071	0.000000
3)	548.739929	0.000000
4)	4.697001	0.000000
5)	15.302999	0.000000
6)	0.102000	0.000000
7)	49.788200	0.000000
8)	422.000000	0.000000

**Slika 4.** Prikaz linearnog programa s maksimalnim unosom selena kao funkcije cilja i pripadajući rezultati.

Kao optimalnu ponudu LINDO program odabrao je sljedeće:

**Tablica 4.** Prikaz optimalne ponude kada se kao funkcija cilja postavi maksimizacija selena.

ZAJUTRAK	DORUČAK	RUČAK	UŽINA	VEČERA
Cornflakes s mlijekom (3,5 % m.m.)	Sendvič sa šunkom i sirom	Dagnje na buzaru	Ananas	Bijeli kruh s kikiriki maslacem
Maline		Integrali kruh	Brazilski oraščići	
		Bijelo vino		

Ukupna energetska vrijednost navedenog jelovnika iznosi 7761 kJ (1854 kcal). Masti ukupno ima 55 g, dok zasićenih masnih kiselina ima 15 g što je postavljena gornja granica pa bi bilo poželjno smanjiti udio zasićenih masnih kiselina. Skoro polovina zasićenih masnih kiselina dolazi iz sira koji se nalazi u sendviču za doručak. Umjesto sira, sendvič se može obogatiti raznim svježim sezonskim povrćem kao što su rajčica, paprika, krastavci i slično te se na taj način može smanjiti udio zasićenih masnih kiselina.

Najviše selena nalazi se u dagnjama. Međutim, u dva brazilska oraščića nalazi se samo 10 µg selena što je daleko od dnevne preporučene doze (55 µg) koja bi trebala biti zadovoljena konzumacijom dva brazilska oraščića.

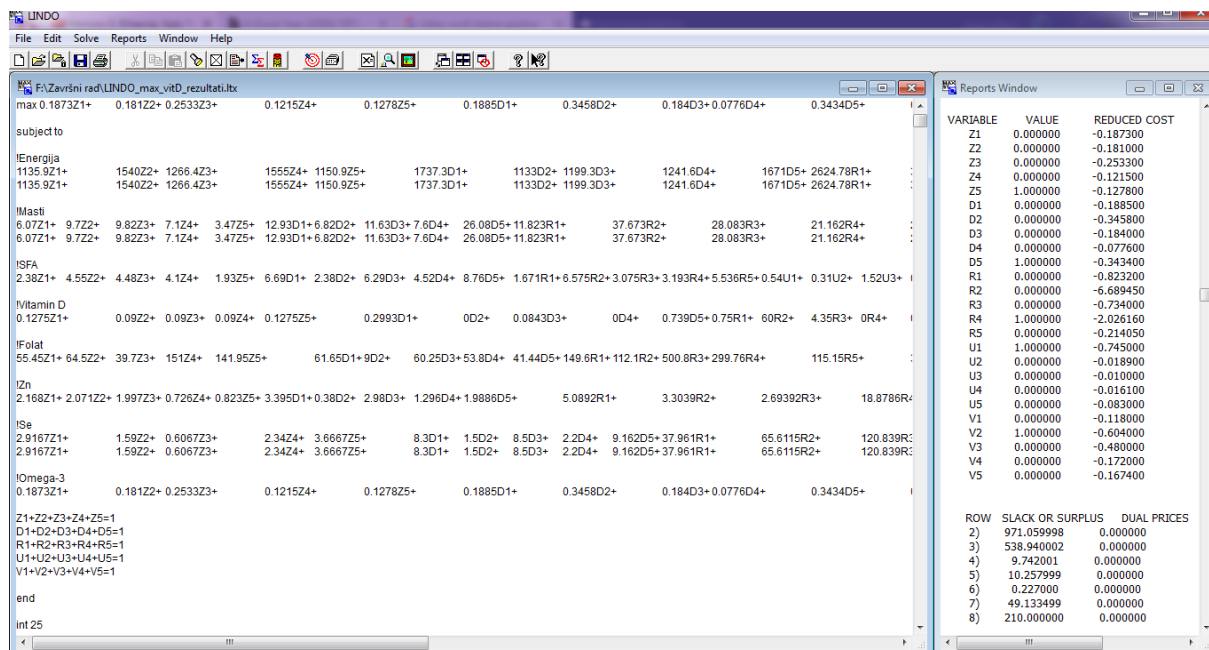
Konzumacijom 5 navedenih obroka u jelovniku unose se količine selena (261 µg), omega-3 masnih kiselina (3 g) i folata (578 µg) koje su veće od dnevnih preporučenih vrijednosti, a manje od maksimalne dozvoljene dnevne vrijednosti. Takve vrijednosti su poželjne obzirom da su kod osoba oboljelih od psorijaze upravo ti nutrijenti u deficitu.

Ukupna količina vitamina D u ovom jelovniku je 0 µg te ova kombinacija obroka ne zadovoljava dnevne potrebe za vitaminom D koje iznose 5 µg. Pošto se vitamin D u ovom slučaju nije dobio iz hrane preporuča se izlaganje kože suncu kako bi se vitamin D mogao sintetizirati.

#### 4.1.2. Maksimizacija omega-3 masnih kiselina kao funkcija cilja

Osim selena, unos omega-3 masnih kiselina također je nizak kod osoba oboljelih od psorijaze. Obzirom da su istraživanja pokazala da omega-3 masne kiseline povoljno djeluju na simptome

psorijaze, poželjno je svakodnevno konzumirati preporučenu dozu omega-3 masnih kiselina koja iznosi 1,6 g.



**Slika 5.** Prikaz maksimizacije omega-3 masnih kiselina kao funkcije cilja i pripadajući rezultati.

Kao optimalnu ponudu LINDO program odabrao je sljedeće:

**Tablica 5.** Prikaz optimalne ponude kada se kao funkcija cilja postavi maksimizacija omega-3 masnih kiselina.

ZAJUTRAK	DORUČAK	RUČAK	UŽINA	VEČERA
Cornflakes s mlijekom (3,5 % m.m.)	Hrenovke	Dagnje na buzaru	Ananas	Kuhani bakalar
Maline	Bijeli kruh	Integrali kruh	Orasi	Kuhana brokula
		Bijelo vino		

Energetska vrijednost jelovnika dobivenog optimizacijom iznosi 7771 kJ (1856 kcal). Ukupno sadrži 60 g masti od kojih je 15 g zasićenih masnih kiselina. Kao i u optimalnom jelovniku dobivenom maksimizacijom selena, zasićene masne kiseline su na gornjoj granici i poželjno ih je smanjiti. Više od polovine zasićenih masnih kiselina potječe iz hrenovki posluženih za doručak. Umjesto hrenovki, sa bijelim kruhom mogu se poslužiti šunka i sezonsko povrće kao što je predloženo u prijašnjem jelovniku ili se bijeli kruh može kombinirati s namazom od tune koji sadrži puno manje zasićenih masnih kiselina u odnosu na hrenovke.

Najveći udio omega-3 masnih kiselina nalazi se u dagnjama (2 µg). Iako losos koji se nalazi u ručku Jelovnika #2 sadrži 7 g omega-3 masnih kiselina, LINDO program nije odabrao tu opciju kao optimalnu iz razloga što losos sadrži 60 µg vitamina D, a kao ograničenje je postavljeno da vitamin D ne bude veći od 50 µg.

Ova optimalna ponuda zadovoljava preporučene dnevne potrebe za folatom (790 µg), selenom (253 µg) i omega-3 masnim kiselinama (4 g).

Kao i u prethodnom jelovniku, dnevne potrebe za vitaminom D nisu zadovoljene te one iznose 1 µg. Kako bi se nadomjestio manjak vitamina D, preporuka je izlaganje kože suncu kako bi se vitamin D sintetizirao u organizmu.

#### 4.1.3. Maksimizacija vitamina D kao funkcija cilja

Vitamin D još je jedan nutrijent u deficitu kod osoba oboljelih od psorijaze. Preporučene dnevne potrebe za vitaminom D su 5 µg te je taj vitamin ključan za ovu bolest pošto on sudjeluje i u proliferaciji keratinocita i u apoptozi stanica.

The screenshot shows the LINDO software interface. The main window displays the following model:

```

max 0.1275Z1+ 0.092Z2+ 0.092Z3+ 0.092Z4+ 0.1275Z5+
subject to
!Energija
1135.9Z1+ 1540Z2+ 1266.4Z3+ 1555Z4+ 1150.9Z5+ 1737.3D1+ 1133D2+ 1199.3D3+ 1241.6D4+ 1671D5+ 2624.78R1+ 3:
1135.9Z1+ 1540Z2+ 1266.4Z3+ 1555Z4+ 1150.9Z5+ 1737.3D1+ 1133D2+ 1199.3D3+ 1241.6D4+ 1671D5+ 2624.78R1+ 3:
!Mast
6.07Z1+ 9.7Z2+ 9.8Z2Z3+ 7.1Z4+ 3.4Z5+ 12.93D1+6.82D2+ 11.63D3+ 7.6D4+ 26.08D5+ 11.823R1+ 37.673R2+ 28.083R3+ 21.162R4+ 2:
6.07Z1+ 9.7Z2+ 9.8Z2Z3+ 7.1Z4+ 3.4Z5+ 12.93D1+6.82D2+ 11.63D3+ 7.6D4+ 26.08D5+ 11.823R1+ 37.673R2+ 28.083R3+ 2:
!SFA
2.38Z1+ 4.55Z2+ 4.48Z3+ 4.1Z4+ 1.9Z5+ 6.69D1+ 2.38D2+ 6.29D3+ 4.52D4+ 8.76D5+ 1.671R1+6.575R2+3.075R3+3.193R4+5.536R5+0.54U1+ 0.31U2+ 1.52U3+ 0:
!vitamin D
0.1275Z1+ 0.092Z2+ 0.092Z3+ 0.092Z4+ 0.1275Z5+ 0.2993D1+ 0D2+ 0.0843D3+ 0D4+ 0.739D5+0.75R1+ 60R2+ 4.35R3+ 0R4+ 0:
!Folat
55.45Z1+ 64.5Z2+ 39.7Z3+ 151Z4+ 141.9Z5+ 61.65D1+9D2+ 60.25D3+53.8D4+ 41.44D5+ 149.6R1+ 112.1R2+ 500.8R3+299.76R4+ 115.15R5+ 3:
!Zn
2.168Z1+ 2.071Z2+ 1.997Z3+ 0.726Z4+ 0.823Z5+ 3.395D1+0.38D2+ 2.98D3+ 1.296D4+1.9886D5+ 5.0892R1+ 3.3039R2+ 2.6939R3+ 18.8786R4+
!Se
2.9167Z1+ 1.59Z2+ 0.6067Z3+ 2.34Z4+ 3.6667Z5+ 8.3D1+ 1.5D2+ 8.5D3+ 2.2D4+ 9.162D5+37.961R1+ 65.6115R2+ 120.839R3+
2.9167Z1+ 1.59Z2+ 0.6067Z3+ 2.34Z4+ 3.6667Z5+ 8.3D1+ 1.5D2+ 8.5D3+ 2.2D4+ 9.162D5+37.961R1+ 65.6115R2+ 120.839R3+
!Omega-3
0.1873Z1+ 0.181Z2+ 0.2533Z3+ 0.1215Z4+ 0.1278Z5+ 0.1885D1+ 0.3458D2+ 0.184D3+0.0776D4+ 0.3434D5+ 0:
Z1+Z2+Z3+Z4+Z5=1
D1+D2+D3+D4+D5=1
R1+R2+R3+R4+R5=1
U1+U2+U3+U4+U5=1
V1+V2+V3+V4+V5=1
end
int25

```

The Reports Window shows the following results:

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z1	0.000000	-0.127500
Z2	0.000000	-0.090000
Z3	0.000000	-0.090000
Z4	0.000000	-0.090000
Z5	1.000000	-0.127500
D1	0.000000	-0.299300
D2	1.000000	0.000000
D3	0.000000	-0.084300
D4	0.000000	0.000000
D5	0.000000	-0.739000
R1	0.000000	-0.750000
R2	0.000000	-60.000000
R3	1.000000	-4.350000
R4	0.000000	0.000000
R5	0.000000	-0.600000
U1	0.000000	0.000000
U2	0.000000	0.000000
U3	0.000000	0.000000
U4	1.000000	0.000000
U5	0.000000	0.000000
V1	0.000000	-0.088000
V2	0.000000	0.000000
V3	1.000000	2.250000
V4	0.000000	-0.400000
V5	0.000000	0.000000

The bottom part of the Reports Window shows the following data:

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	649.340088	0.000000
3)	860.659912	0.000000
4)	18.513000	0.000000
5)	1.487000	0.000000
6)	0.884000	0.000000
7)	43.272499	0.000000
8)	111.600014	0.000000

**Slika 6.** Prikaz maksimizacije vitamina D kao funkcije cilja i pripadajući rezultati.

Kao optimalnu ponudu LINDO program odabrao je sljedeće:



**Tablica 6.** Prikaz optimalne ponude kada se kao funkcija cilja postavi maksimizacija vitamina D.

ZAJUTRAK	DORUČAK	RUČAK	UŽINA	VEČERA
Cornflakes s mlijekom (3,5 % m.m.) Maline	Jabuka Krekeri Sok od ribizla	Grill tuna Kuhani špinat Zelena salata Rosé vino	Ananas Indijski oraščići	Pileća salata

Kombinacijom navedenih obroka dobije se jelovnik ukupne energetske vrijednosti 7449 kJ (1780 kcal). Od ukupno 69 g masti, 14 g je zasićenih masnih kiselina. Najviše zasićenih masnih kiselina nalazi se u piletini (5 g). Kako bi se smanjio udio zasićenih masnih kiselina piletina se može zamijeniti sa gamberima iako nije nužno pošto je piletina bogata ostalim nutrijentima kao što su proteini, kalij i vitamin D.

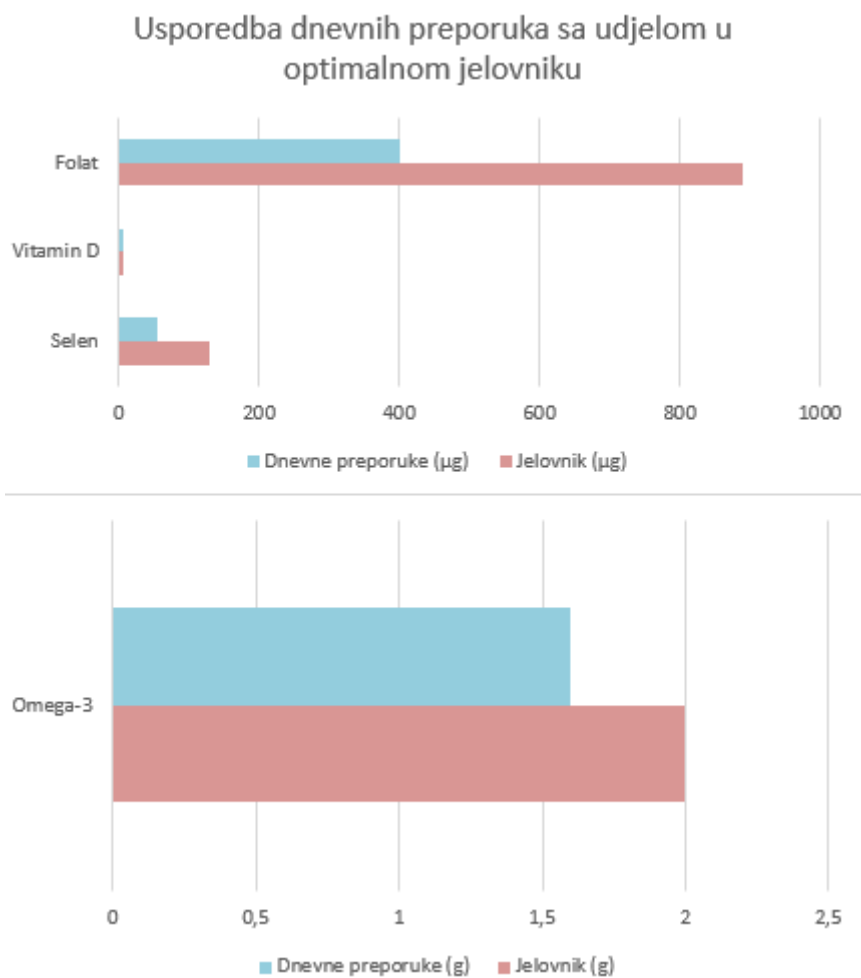
Konzumacijom ovog jelovnika zadovoljene su dnevne potrebe za selenom (128 µg), folatom (888 µg) i omega-3 masnim kiselinama (2 g).

Količina vitamina D unesena putem ovog jelovnika iznosi 7 µg što je za 2 µg više od dnevnih preporuka. Više od polovine ukupne količine vitamina D sadrži tuna i to 4 µg što je za 1 µg manje od dnevnih preporuka. Ovo je dobar pokazatelj da se putem hrane ipak može unijeti dovoljna količina vitamina D potrebnog za organizam.

#### 4.2. Optimalna ponuda

Maksimizacijom kritičnih nutrijenata u LINDO programu dobivena su 3 optimalna jelovnika. Jelovnicima je pokazano da se svaki od kritičnih nutrijenata može unijeti u dovoljnoj količini putem hrane kada se namirnice pomno odaberu i pravilno iskombiniraju.

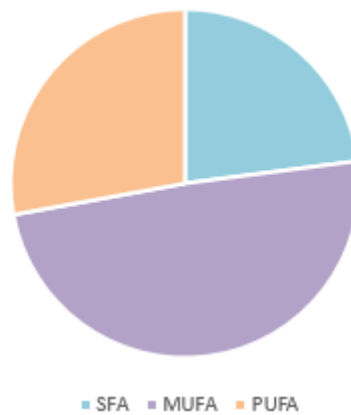
Kada bi od sva tri jelovnika odabrali jedan koji bi obuhvatio sve kritične nutrijente i zadovoljio dnevne preporuke za istima, to bi bio jelovnik dobiven maksimizacijom vitamina D. Navedeni jelovnik zadovoljava dnevne potrebe i selena, i omega-3 masnih kiselina, i vitamina D, kao i folata (Slika 7). Ostala dva jelovnika zadovoljavaju dnevne potrebe za selenom, omega-3 masnim kiselinama i folatom, ali ne i dnevne potrebe za vitaminom D.



**Slika 7.** Prikaz usporedbe dnevnih preporuka za mikronutrijente i njihovog udjela u optimalnom jelovniku.

Optimalni jelovnik sadrži smanjeni udio zasićenih masnih kiselina dok prevladavaju polinezasićene i mononezasićene masne kiseline.

### Udio masnih kiselina u optimalnom jelovniku



**Slika 8.** Prikaz udjela masnih kiselina u optimalnom jelovniku.

Korištenje optimiranja za planiranje prehrane pokazalo se izrazito korisno jer je dobiven optimalni jelovnik kojim su zadovoljene dnevne potrebe za svim kritičnim mikronutrijentima kao i udjelima masnih kiselina.

## Zaključak

- Optimiranjem prethodno sastavljenih jelovnika dobivene su tri optimalne ponude. One predstavljaju odgovor na postavljene tri različite funkcije cilja, odnosno za svaku pojedino postavljenu funkciju cilja dobiveno je jedno optimalno rješenje.
- Analizom sve tri optimalne ponude ispostavilo se da optimalna ponuda dobivena maksimizacijom vitamina D najbolje odgovara svim potrebnim parametrima u vidu zadovoljavanja dnevnih potreba za energijom, selenom, omega-3 masnim kiselinama, vitaminom D i folatom.
  - Preostale dvije optimalne ponude, dobivene maksimizacijom selena i maksimizacijom omega-3 masnih kiselina, dovoljno su dobre te se primjenom predloženih zamjena i nadopuna u navedenim jelovnicima, također mogu iskoristiti u prehrani osoba oboljelih od psorijaze.
  - Zajedničko tim dvjema optimalnim ponudama je da obje sadrže 0 µg vitamina D.
    - Taj nedostatak može se nadomjestiti izlaganjem kože suncu na način da se, primjerice, boravak na suncu kombinira sa tjelesnom aktivnošću na otvorenom kao što je hodanje, trčanje ili rolanje.
- Dobivene optimalne ponude pokazuju da je moguće zadovoljiti dnevne potrebe za mikronutrijentima ako je prehrana pomno isplanirana te ako je osoba spremna izdvojiti vrijeme za kupovinu svježih namirnica i pripremu obroka kod kuće.
- LINDO program pokazao se izrazito korisnim jer je od 25 varijabli odabrao 5 optimalnih varijabli za svaku postavljenu funkciju cilja. Međutim, neke od odabranih namirnica bilo je potrebno zamijeniti drugima zbog nepovoljnog nutritivnog sastava, točnije povećanog udjela zasićenih masnih kiselina.

Nedostatak LINDO programa je dugotrajna obrada podataka, odnosno opsežna priprema matrice potrebne za rad u samom programu.
- Zbog nedostatka vrijednosti za vitamin D i selen u hrvatskoj bazi o kemijskom sastavu namirnica, prilikom izrade jelovnika korištena je danska baza o kemijskom sastavu namirnica. Navedena baza pokazala se jednostavnom i praktičnom za korištenje.
  - Jedino zbunjujuće bio je nutritivni sastav brazilskih oraščića iz razloga jer se u literaturi navodi da su dva komada brazilskih oraščića dovoljna da se zadovolje

dnevne potrebe za selenom. Dnevne potrebe za selenom iznose 55  $\mu\text{g}$ , a uvrštavanjem dva komada brazilskih orašića za užinu u Jelovniku #3 dobiveno je da oni sadrže samo 10  $\mu\text{g}$  selena što je 5.5 puta manje od preporučene dnevne vrijednosti.

- Upravo iz tog razloga važno je obratiti pozornost na nutritivni sastav namirnice i njeno podrijetlo, osobito kada se radi o navodima da određena količina neke namirnice može zadovoljiti dnevne potrebe za određenim nutrijentom.
  - Bez obzira što konzumacijom dva komada orašastih plodova nisu zadovoljene dnevne potrebe kao što je očekivano, oni su i dalje po zastupljenoj količini selena najbolji izbor za užinu u odnosu na orahe, lješnjake, bademe i indijske oraščiće koji su ponuđeni za užinu u ostala četiri jelovnika.
- U radu je prikazano da je LINDO program bio od velike pomoći, ali i da je također potrebna detaljna analiza optimalnog jelovnika odabranog od strane LINDO programa. Nakon analize dobivenog optimalnog jelovnika, isti se nadopunjuje ili se neke namirnice zamjenjuju onim namirnicama koje su po svom nutritivnom sastavu povoljnije obzirom na uvjete koje jelovnik treba zadovoljiti.
  - Bez obzira na optimalnu ponudu koju program „sastavi“ matematički, nutricionist je osoba koja ima zadnju riječ kada je u pitanju sastavljanje, kreiranje i predlaganje prehrane oboljelim osobama jer računalo ne prihvaća „neznatno“ odstupanje rješenja tj. jelovnika od postavljenih ograničenja.
    - Ukoliko je energija postavljena u granicama od 6800-8310 kJ, a kombinacija jela u jelovniku zadovoljava sve ostale postavljene uvjete, osim energije koja iznosi 6790 kJ, nutricionist će prihvatiti taj dnevni jelovnik, dok će ga optimizacijski postupak odbaciti.

## Popis literature

Aune D., Snekvik I., Schlesinger S., Norat T., Riboli E., Vatten L. J. (2018) Body mass index, abdominal fatness, weight gain and the risk of psoriasis: a systematic review and dose–response meta-analysis of prospective studies. *European Journal of Epidemiology* **33**:1163–1178

Barrea L., Macchia P. E., Tarantino G., Di Somma C., Pane E., Balato N., Napolitano M., Colao A., Savastano S. (2015) Nutrition: a key environmental dietary factor in clinical severity and cardio-metabolic risk in psoriatic male patients evaluated by 7-day food-frequency questionnaire. *Barrea et al. J Transl Med* **13**:303

Frankel H. C., Han J., Li T., Qureshi A. A. (2012) The Association Between Physical Activity and the Risk of Incident Psoriasis. *Arch Dermatol* **148(8)**:918-924.

Gajdoš Kljusurić J. (2002) Primjena neizrastog modeliranja i optimiranja u planiranju društvene prehrane. Doktorski rad. Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb

Gajdoš Kljusurić J. (2020) Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu. *Element, Zagreb*

Herbert D., Franz S., Popkova Y., Anderegg U., Schiller J., Schwede K., Lorz A., Simon J. C., Saalbach A. (2018) High-Fat Diet Exacerbates Early Psoriatic Skin Inflammation Independent of Obesity: Saturated Fatty Acids as Key Players. *Journal of Investigative Dermatology* **138**, 1999-2009

Lipozenčić J. Anđelinović D., Barišić-Druško V., Basta-Juzbašić A., Budimčić D., Bukvić-Mokos Z., Čajkovac V., Čević R., Fattorini I., Filipović V., Ježek D., Kostović K., Lakoš-Jukić I., Lončarić D., Lugović L., Ljubojević S., Marasović D., Marinović B., Marinović-Kulušić S., Milavec-Puretić V., Murat-Sušić S., Pašić A., Paštar Z., Pezelj D., Puizina-Ivić N., Radoš J., Ručević I., Skerlev M., Šitum M., Štulhofer-Buzina D., Tunuković S. (2008) Dermatovenerologija *Medicinska naklada, Zagreb* str. 217 - 232.

Singh S. (2019) Nutrition and psoriasis: An overview. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education* **4(1)**: 1803-1807

Štalić Z., Energetske i nutritivne potrebe (2008) *Medicus Vol. 17, No. 1*, 5 - 17

Štalić Z. (2016) Znanost o prehrani 1 - interna skripta. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Thiry C., Ruttens A., De Temmerman L., Schneider Y.-J., Pussemier L. (2012) Current knowledge in species-related bioavailability of selenium in food. *Food Chemistry* **130**: 767–784

Tohid H., Aleem D., Jackson C. (2016) Major Depression and Psoriasis: A Psychodermatological Phenomenon. *Skin Pharmacol Physiol* **29**:220–230

Zuccotti E., Oliveri M., Girometta C., Ratto D., Di Iorio C., Occhinegro A., Rossi P. (2018) Nutritional strategies for psoriasis: current scientific evidence in clinical trials. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences* **22**: 8537-8551

## **Izjava o izvornosti**

Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

---

Antea Marić