

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

Fakulta aplikovaných věd

Katedra kybernetiky

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Expertní systémy v dietologii

**Vypracoval: Luděk Müller**

**Vedoucí práce: Ing. Zbyněk Tychtl Ph.D**

**Květen 2014**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta aplikovaných věd  
Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Luděk MÜLLER**  
Osobní číslo: **A11B0679P**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Systémy pro identifikaci, bezpečnost a komunikaci**  
Název tématu: **Expertní systém v dietologii**  
Zadávající katedra: **Katedra kybernetiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. A) Seznamte se se zásadami klinické dietologie.  
B) Prostudujte literaturu návrhu a vývoje expertních systémů.
2. Navrhněte a vytvořte expertní systém pro klinickou dietologii se zaměřením na metabolické choroby a nemoci trávicího traktu.
3. Vyhodnoťte činnost systému na reálných klinických datech a porovnejte jej s doporučeními nutričního terapeuta.

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 stránek A4  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

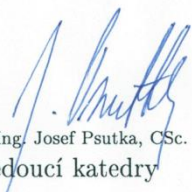
1. Štěpán Svačina a kol.: Klinická dietologie, Grada publishing a.s. 2008, s.381
2. John Durkin, Expert Systems Design and Development, Prentice Hall, New Jersey, 1994

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zbyněk Tychtl  
Katedra kybernetiky

Datum zadání bakalářské práce: 1. listopadu 2013  
Termín odevzdání bakalářské práce: 16. května 2014

  
Doc. Ing. František Vávra, CSc.  
děkan



  
Prof. Ing. Josef Psutka, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 1. listopadu 2013

# Čestné prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a pouze za použití literatury a pramenů, jejichž úplný seznam je její součástí. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé bakalářské práce nebo její části se souhlasem katedry.

V Plzni dne: 16.5. 2014

.....

podpis

## Anotace

Bakalářská práce je rozvrhnutá do 3 částí, první je věnována obecné dietologii a sepsání pravidel této problematiky. Jsou zde uvedeny jak metody (pravidla), tak i data (diety) potřebné pro vytvoření systému. Druhá část je pak věnována obecnému náhledu expertních systémů. Zejména jak se expertní systém chová, jeho vlastnosti a možné realizování. Tato část bakalářské práce slouží tedy jako obecný popis funkcí.

Cílem této práce bylo seznámit se s problematikou možného nasazení expertních systémů v dietologii. Výsledkem této práce je návrh a zrealizování modelového expertního systému, který dokáže správně klasifikovat pacienty, především s nadváhou a obezitou, a radit jim při jejich potížích spojených s neodborným stravováním a vývojem hmotnosti. Výsledný navržený systém má za úkol identifikovat relevantní a pro rozhodovací proces nezbytné charakteristiky pacienta a sbírané informace správně zaklasifikovat. Podle expertních znalostí spočítat a odvodit z těchto informací znalosti nové v podobě navržení optimálního příjmu energie, minimálního množství potřebných bílkovin a dalších nutrientů. Pro ostatní onemocnění, u kterých jsou důležité dietní režimy a preference a eliminace konkrétních potravin a pokrmů jsou navržena pravidla jejich výběru z potravinových databází nutričního složení, což by pacientu umožnilo znalostní podporu žádoucího chování při sestavování individuálních diet pacientem.

# Abstract

This thesis is divided into three sections. The first one concerns dietology and principles of the problem. The methods and data needed for system creation are mentioned here as well. The second section is dedicated to the theory of expert systems, especially expert system behavior. Its properties and realization is described in particular. This part of the thesis can be called a general description of the functions used.

The aim of this study was to get familiar with the problems of possible deployment of expert systems in dietetics. The result of this work is the design and realization of a model of expert system that could correctly classify patients, especially overweight and obese, and advise them of their problems related to improper diet and weight development. The resulting proposed system is intended to identify the characteristics of the patient that are relevant and necessary for the decision making process, and classify correctly the gathered information. Using this information and expert knowledge, it will calculate and derive new knowledge in the form of a design for optimal energy intake, the minimum required amount of protein and other nutrients. For other diseases, for which dietary regimes, preferences, and the elimination of specific foods and dishes are important, rules are designed for their selection from food nutrient composition databases, which would allow patients to support the desired behavior when making this individual diet.

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Zbyňku Tychtlovi Ph.D., za trpělivost a odborné vedení mé práce a paní Jaroslavě Kreuzbergové, DiS. za čas věnovaný odbornému zhodnocení výsledků systému z dietologického hlediska.

Dále bych chtěl poděkovat mé blízké rodině za vše, co pro mě udělala v době, kdy tato práce vznikala.

## Contents

1 Úvod.....	1
2 DIETOLOGIE.....	3
2.1 Úvod do dietologie.....	3
2.2 Nutriční skladba stravy .....	5
2.2 Dietní systém: Systém standardních diet .....	6
2.3 Vlastní expertní systém: Modul zaměřený na dietologii v léčbě obezity dospělých .....	11
2.3.1 Zdůvodnění výběru: .....	11
2.3.2 Znalostní podklady pro expertní systém: Modul zaměřený na dietologii v léčbě obezity dospělých.....	12
2.3.3 Potřeba energie.....	13
2.3.4 Dieta č. 4 – s omezením tuku .....	15
2.3.4 Dieta č. 8 - redukční .....	16
2.4 Závěr k dietologii.....	17
3 EXPERTNÍ SYSTÉM - OBECNĚ.....	18
3.1 Seznámení s expertním systémem .....	18
3.2 Charakteristiky expertního systému .....	19
3.2.1 Struktura Expertního Systému .....	19
3.2.2 Vývojové fáze Expertního Systému .....	20
3.3 Reprezentace znalostí .....	21
3.3.1 Pravidla.....	23
3.4 Usuzovací mechanismus systému .....	25
3.4.1 Uvažování člověka .....	25
3.4.2 Inference .....	26
3.5 Shrnutí expertních systému .....	32
4 EXPERTNÍ DIETOLOGICKÝ SYSTÉM (realizace programu).....	33
4.1 Prostředí ReSolver 32 .....	33
4.2 Struktura našeho expertního systému.....	34
4.2.1 Popis našeho expertního systému .....	34
4.3 Možné Výsledky .....	45
4.4 Vyhodnocení .....	50
5 Závěr.....	53
6 Literatura.....	55
7 Přílohy .....	57



## 1 Úvod

Expertní systémy v dietologii mohou významným způsobem pomoci zdravotnickým pracovníkům i jejich pacientům při zkvalitňování návrhů léčebné výživy - jak při sestavování individuálních plánů umělé výživy, tak při jejich průběžném vyhodnocování s následnou korekcí a optimalizací doporučení a také při kontrole dodržování doporučených režimových opatření pacientem. Navíc mohou propojovat úroveň porozumění mezi znalostmi experta (dietolog, nutriční terapeut) a jejich přijetí a naučení se pacientem. Z druhé strany aplikace programů založených na expertních systémech zvyšuje autonomii a vlastní rozhodování pacienta a ulehčuje práci zdravotnických pracovníků. K tomu je zapotřebí znalostí od expertů a výzkumných pracovníků zabývajících se touto problematikou.

Stravování je totiž celosvětovým problémem lidstva a představuje reálnou hrozbu ohrožení a postižení velké části populace. Ta se pak kvůli obezitě ve vyspělých částech zeměkoule, nebo naopak kvůli podvýživě v rozvojových státech stává neschopnou pracovat a zatěžuje společenský systém. Jenom výdaje v České republice na hospitalizace a uzdravení obézních lidí jdou do stovek milionů korun ročně. Navíc těžce obézní mají kromě zdravotních problémů také fyzická omezení a nemohou zastávat všechny práce. Například nemohou vykonávat práci, na kterou byli připravováni v letech studia a tím stát přichází o daně a naopak musí daného pacienta v mnohém případě dotovat sociálními dávkami.

V současné době existují nutriční programy, které v propojení s databází nutričního složení potravin dokáží stanovit hodnoty základních nutrientů pro daný jídelníček, včetně stanovení trojpoměru základních živin (lipidy, proteiny, sacharidy). U nutričních programů zaměřených na obezitu jsou doporučení neindividualizovaná, doporučované energetické hodnoty fixní. Většina těchto programů kromě věku, pohlaví a fyzické aktivity nezohledňuje další individuální parametry pacienta, jako je vývoj hmotnosti v čase, přítomné další choroby, stupeň obezity, apod. Toto vše v dnešní době provádějí přímo lidští experti – lékaři a nutriční terapeuti.

Cílem této práce je snaha navrhnout a vytvořit expertní systém, který by v ideálním případě dokázal nahradit práci lidského experta v této problematice. Dlouhodobějším záměrem, který přesahuje rámce této práce, je znalosti obsažené v bázi znalostí vyvinutého expertního systému nakonec začlenit a implementovat v některém ze stávajících nutričních programů využívaném v nemocnicích. Z tohoto důvodu je „vedlejším“ podcílem práce vytvořit bázi znalostí expertního systému ve vhodné reprezentaci a potřebné datové struktury ve vhodném formátu tak, aby se daly využít pro implementaci ve stávajících nutričních programech. Dlouhodobější motivací práce je tedy rozšíření stávajících nutričních programů o dietologický modul.

## 2 DIETOLOGIE

### 2.1 Úvod do dietologie

Dietologie je věda, která se zabývá optimalizací výživy jak zdravých lidí s cílem předcházení nemocem (prevence), tak výživou nemocných (klinická dietologie) s cílem dosáhnout léčebného či alespoň podpůrného a ochranného účinku výživy na zdravotní stav.

Klinická výživa je interdisciplinární obor, kdy nutriční intervence vytváří optimální podmínky pro vlastní obranné mechanismy, autoregulaci a ve svých důsledcích i prostředí pro úspěch cílené léčby.

Klinická výživa spočívá za prvé ve standardizovaných dietách, za druhé v individuálních dietách a za třetí v umělé výživě.

Standardizované diety jsou užívány v nemocnicích a jejich popis včetně indikací vyplývajících z konkrétních onemocnění je popsán v Dietním systému [1].

Klinická dietologie se především zabývá sestavováním plánů individuálních diet u pacientů s komplikovanými nemocemi. Na jejich sestavování se podílejí jak lékaři, tak nutriční terapeuti, kteří na základě svých znalostí i klinických zkušeností při sestavování jednotlivých individuálních plánů vychází jak z výživových nároků konkrétního onemocnění, tak také ze stávajícího nutričního stavu jedince i z jeho individuálních možností obstarávat si, přijímat a využívat stravu trávicím traktem. Zohledňuje se přitom také individuální metabolický obrat organismu a individuální ztráty živin a to nejen stolicí (např. při průjemových onemocněních), tak také ledvinami, kůží, pěstěmi, sekrety apod. Po sestavení individuálního plánu diety je třeba pacienta stále edukovat v otázkách výživy obecně i z hlediska vlastního léčebného výživového plánu. Dále je třeba pacienta kontrolovat, tzn. zjišťovat jeho compliance s léčebným výživovým plánem a na podkladě výsledků pravidelného monitorování jeho výživového stavu léčebný plán neustále upravovat tak, aby výsledkem byly co nejpříznivější parametry vnitřního prostředí a zdravotního stavu jedince, tj. aby bylo dosaženo fyziologických hodnot proměnných charakterizujících vnitřní homeostázu jedince a jeho zdravotní stav.

Základním cílem umělé výživy je zajistit přívod živin a tekutin těm skupinám nemocných, kteří nemohou, nechtějí nebo nesmějí přijímat běžnou stravu v aktuálně nutném množství i složení obvyklou cestou. Její hlavní součástí je enterální výživa, tedy výživa zajišťovaná „potravinami pro zvláštní lékařské účely“.

V dietologii existuje několik způsobů výživy a to:

1. Podle formy podávané výživy
2. Podle způsobu podání výživy
3. Podle míry individualizace diety

Podle formy podávané výživy:

- a) Pouze stravou – jednotlivými potravinami, pokrmy a nápoji
- b) Stravou doplněnou o „dietní potraviny pro zvláštní lékařské účely“
- c) Výživou založenou na dietních potravinách pro zvláštní lékařské účely doplněnou stravou
- d) Výživou spočívající pouze na dietních potravinách pro zvláštní lékařské účely
- e) Založenou na lékové formě infuzních emulzí a roztoků

Podle způsobu podání výživy:

- a) Stravu přijímanou nebo podávanou ústy – „per os“
- b) Enterální (podávanou ústy (sipping), do žaludku, tenkého střeva – duodena a jejunu)
- c) Parenterální (podávanou do periferní nebo centrální žíly)

Podle míry individualizace diety

- a) Standardní diety
- b) Speciální diety
- c) Individualizované postupy, výběrová strava
- d) Umělá výživa

## 2.2 Nutriční skladba stravy

Výživa člověka přivádí organismu vodu energii, a potřebné nutrienty, tedy živiny které jsou důležité pro udržení života. Energetická potřeba se odvíjí od energetického výdeje, který zahrnuje jak potřeby na fyzickou aktivitu, utilizaci živin, tak nároky bazálního metabolismu, tedy energie potřebné pro udržení tělesné teploty, energie na růst a obnovu tkání, tak nároků pro vlastní buněčný metabolismus a zachování homeostázy vnitřního prostředí. Živiny lze dělit na makronutrienty, nositele energie. Jde o bílkoviny (proteiny), tuky (lipidy) a jednoduché a složené cukry (sacharidy). Mikronutrienty jsou ve výživě představovány vitamíny, minerálními látkami a stopovými prvky. Ve výživě se dále nachází nestravitelná vláknina stravy, fytochemické látky a probiotika [2]. Nezbytný je také denní přívod vody.

Dávky živin, které člověk denně potřebuje, jsou odvozeny od fyziologických potřeb člověka. Jejich velikost je závislá na věku, pohlaví a fyzické aktivitě zdravého člověka. Jednotlivá onemocnění mohou velikost dávek jednotlivých živin měnit.

Doporučení ve formě denních potřeb energie a nutrietů jsou koncipována jednotlivými institucemi odlišně a podle toho také různě označována, od „výživových doporučených dávek“ až k „populačnímu referenčnímu přívodu“ („recommended dietary intake, recommended dietary allowances, population reference intake atd.) [3], [4]. V zásadě jsou při jejich tvorbě uplatňovány dvě základní filosofie. Jedna se snaží o vytýčení optimální dávky energie a jednotlivých nutrietů určených jednotlivým populačním skupinám. Druhý přístup definuje doporučovaný energetický příjem, odvozený z odhadu energetické potřeby odpovídající energetickému výdeji, stanovenému na podkladě výpočtu klidového energetického výdeje korigovaného odpovídající úrovní fyzické aktivity. Z hlediska jednotlivých nutrietů pak definuje pouze dávku nutrientu, která je potřebná k pokrytí fyziologických potřeb a nazývá jí jako dávku referenční [4]. Je definovaná jako hodnota nutrientu, která pokryje fyziologické potřeby u 97,5 % věkem a pohlavím definované populační skupiny. Z hlediska výživy jedince, není pod touto hodnotou nutrientu jistota, že dávka je pro konkrétního jedince dostatečná. Z hlediska populační skupiny je tedy dávkou referenční. Nad touto hodnotou je oblast tzv. bezpečného orálního příjmu, která je u některých nutrietů omezena tzv. horním limitem (upper limit), nad kterým začínají nežádoucí účinky nadbytečného přívodu nutrientu.

K základním mezinárodním dokumentům, které se zabývají nutričními doporučeními patří: WHO/FAO (Report 916, Diet, nutrition and the prevention of chronic disease, Ženeva 2003), [5] který definuje požadované vzájemné zastoupení makronutrientů, včetně jednotlivých tříd mastných kyselin ve formě jejich procentuálního zastoupení v celkovém energetickém přívodu, definuje i doporučený denní přívod vlákniny a cholesterolu.

Druhým stěžejním dokumentem je dokument Vědeckého výboru pro potraviny Evropské unie (SCF, 1993) [4], který stanoví doporučený příjem energie a populační referenční příjmy jednotlivých mikronutrientů. Tato doporučení jsou stanovena pro zdravé osoby s primárním cílem zabránění projevu deficitu, nikoli tedy zajištění optimální výživy s ohledem na chronické civilizační choroby. Z nutrientů jsou stanoveny doporučení pro proteiny, esenciální aminokyseliny, lipidy, esenciální mastné kyseliny, jednoduché cukry a polysacharidy, vlákninu, sodík, draslík, hořčík, vápník, fosfor, vitamíny rozpustné ve vodě, rozpustné v tucích, stopové prvky.

V České republice byly Společností pro výživu převzaty referenční dávky společností pro výživu zemí Německa, Rakouska a Švýcarska, označované také jako dávky DACH. Společnost pro výživu je přeložila a vydala pod názvem: Výživové doporučené dávky: Referenční hodnoty pro příjem živin [6]. Týkají se doporučení pro zdravé osoby.

Potřeby energie a jednotlivých nutrientů jsou změněny za patologických stavů. Jednotlivá onemocnění mají své specifické potřeby, navíc modifikované nutričním a imunitním stavem nemocného, dobou trvání a mírou aktivity nemoci [7].

## **2.2 Dietní systém: Systém standardních diet**

Vychází z průměrných nutričních potřeb dospělého člověka či věkem charakterizovaných jednotlivých období dětského věku při jednotlivých základních onemocněních. Tyto standardní diety jsou popsány denním nutričním obsahem, dovolenými či zakázanými potravinami, způsobem zpracování surovin a způsobů přípravy pokrmů včetně jednotlivých receptur pomocí tzv. „Dietního systému“ [8].

Různé nemocnice mohou mít tento dietní systém odlišný, většinou však vychází ze stávajícího dietního systému z roku 1983 a z jeho úpravy z roku 1991 [1]. Jedná se o standardní a speciální diety a jejich kašovitě úpravy, neslané úpravy, bezlaktózové formy či bezezbytkové formy.

#### Dieta OS- čajová (OS-Č)

Indikace: nemožnost příjmu per os (parenterální a enterální výživa)

#### Dieta OS polévka (OS-P)

Energie (E) 3370 kJ, 800 kcal, Bílkoviny (B) 23 g, Tuky (T) 9 g, Sacharidy (S) 161 g

Indikace: pooperační strava po operaci v krajině břišní

Nefyziologická, mechanicky a chemicky šetřící.

Snídaně (Sn): piškoty, Oběd (Ob): polévka 4S, Večeře (Vč): polévka Nutricie

#### Dieta OS kaše (OS-K)

E 5360 kJ, 1280 kcal, B 35 g, T 13 g, S 253 g

Indikace: přechod z OS –P, pooperační strava po operaci v krajině břišní.

Nefyziologická, mechanicky a chemicky šetřící.

#### Dieta 2 šetřící

Energie 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 70 g, S 320 g

Indikace: u nemocných s vředovou chorobou, poruchami trávení, u nemocných s febriliemi, kde je třeba nedráždivá forma výživy. Dieta je chemicky a mechanicky šetřící.

### Dieta 3 normální strava

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 70 g, S 320 g

Indikace: běžná racionální dieta, která dostačuje většině pacientů.

Dieta je vhodná i pro starší děti.

### Dieta 3 vegetariánská

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 70 g, S 320 g

U nemocných, kteří odmítají maso. Dieta obsahuje mléko, mléčné výrobky a vejce.

### Dieta 4S s vyloučením volného tuku

E 8000 kJ, 1900 kcal, B 35 g, T 20 g, S 370 g

Indikace: akutní onemocnění jater- hepatitis, u nemocných s pankreatitidou na počátku realimentace, u nemocných s akutní cholecystitidou v období realimentace. Dieta je nefyziologická, nelze ji podávat dlouhodobě.

Má omezený výběr potravin a nízký obsah proteinů.

### Dieta 4 s omezením tuku

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 55 g, S 360 g

Indikace: jako přechod z diety 4S. U nemocných v pokročilejším stadiu rekonvalescence. Vhodná u chronické pankreatitidy, hepatopatie a cholecystopatie. Dieta šetrčího charakteru.



### Dieta 6 nízkobílkovinná

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 50 g, T 70 g, S 350 g

Indikace: chronické selhávání ledvin různé etiologie, nefrotický syndrom.

Má šetřící úpravu, obsahuje dávku soli.

### Dieta 8 redukční s omezením cholesterolu

E 5300 kJ, 1260 kcal, B 75 g, T 40 g, S 150 g

Indikace: u obezity, u hyperlipoproteinemií, u diabetu II. typu s obezitou. U inzulínem léčených diabetiků s nízkou energetickou potřebou.

Dieta má svačiny (ovoce, mléko) i druhou večeři.

Dieta 8/500 kcal E 2100 kJ, 500 kcal, B 50 g, T 15 g, S 50 g

Monstrózní obezita, místo hladovky

### Dieta 9S diabetická šetřící

E 8700kJ, 2100 kcal, B 80 g, T 55 g, S 320 g

Indikace: diabetes mellitus, komplikovaný poruchami zažívacího traktu různé etiologie.

Dieta je chemicky a mechanicky šetřící.

### Dieta 9 diabetická

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 70 g, S 320 g

Indikace. Diabetes mellitus.

### Dieta 11 výživná

E 12000 kJ , 2870 kcal, B 105 g, T 80 g, S 420 g.

Indikace: U pacientů vyžadujících vyšší energetický přívod bez šetřící úpravy.

Dieta je odvozená od diety č. 3.

### Dieta 12 batolecí (od 1,5 do 3 let)

E 8400 kJ, 2000 kcal, B 50 g, T 50 g, S 340

Indikace: racionální dieta s vyšším obsahem vitamínu C (ovoce), s vyloučením ostrých jídel. Jde o dietu, která obsahuje jídla lehce stravitelná, měkká, nenáročná na kousání.

### Dieta 13 dětská

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 70 g, S 320g

Indikace: strava pro děti od 3 do 14 let, pokud nevyžadují zvláštní dietu.

### Dieta výběrová

E 12000 kJ, 2870 kcal, B 105 g, T 80 g, s 420 g . Snídaně jsou odvozeny od diety č. 2.

Indikace: U nemocných, kteří nepotřebují žádnou speciální dietu, ale kteří potřebují co nejvyšší přívod energie-rekonvalescenti.

### Dieta bezlepková

E 9500 kJ, 2270 kcal, B 80 g, T 70 g, S 320g

Indikace: nemocní, kteří nesnášejí lepek obsažený v obilí- při celiakii, sprue.

## Dieta dialyzační

E 12000 kJ, 2870 kcal, B 105 g, T 80 g, S 420 g, P < 1300 mg

Indikace: pacienti léčení hemodialýzou, peritoneální dialýzou, u nemocných po transplantaci ledviny v časných stádiích.

Jde o vysoce bílkovinnou, energeticky bohatou dietu s nízkým obsahem fosforu.

Většina těchto standardizovaných diet je popsána pro jakou skupinu onemocnění a v jakém stádiu onemocnění jsou vhodná. Dále jsou specifikovány technologické postupy vhodné při přípravě pokrmů konkrétní diety, vhodné a zakazované potraviny, včetně nutričního a energetického obsahu.

Příkladem je uveden popis diety č. 4. a diety redukční č. 8, které byly modelově rozpracovány ve vypracovaném expertním systému.

## **2.3 Vlastní expertní systém: Modul zaměřený na dietologii v léčbě obezity dospělých**

### **2.3.1 Zdůvodnění výběru:**

Obezita je chorobou 21. století, již na konci 20. století dosáhla rozměrů pandemie a stala se celosvětově jednou z hlavních příčin úmrtnosti a pracovní neschopnosti [9]. Světová zdravotnická organizace odhaduje, že až 44 % diabetes mellitus 2. typu, 23 % ischemické choroby srdeční a kolem 7- 41 % určitých nádorů připadá a je způsobeno obezitou a nadváhou [10]. Počet obézních lidí celosvětově stoupl z 200 miliónů v 1995 na 300 miliónů v roce 2000. Zároveň se odhaduje, že až 10 % školních dětí, tedy kolem 155 miliónů trpí obezitou a nadváhou, obézních dětí je kolem 30 - 45 miliónů. Česká republika patří mezi země s nejvyšším zastoupením obézních v Evropě. V roce 2013 je obézních 20% dospělé české populace a dalších 30-40% trpí nadváhou. Obezita představuje chronické onemocnění, které společně se svými komorbiditami zapříčiňuje v současné době v Evropě 1 ze 13 úmrtí. Přičemž v posledních třech desetiletí dochází k dramatickému nárůstu jeho prevalence v populaci z důvodu nezdravého životního stylu.

Obezita je choroba, která je charakterizovaná zmnožením tělesné tukové tkáně v organismu nad 25 % tělesné hmotnosti u dospělých mužů a nad 35 % tělesné hmotnosti u žen [11]. Při svém zmnožení se stává tuková tkáň pro svého nositele nevýhodnou. Na straně jedné mechanicky zatěžuje svou hmotností celkový statický a dynamický aparát člověka, brání plnému nádechu, na straně druhé při svém zmnožení se projevuje metabolickými komplikacemi, které zhoršují kvalitu života a zkracují délku života srdečně cévními komplikacemi a nádorovými onemocněními [12].

Světová zdravotnická organizace (SZO) používá standartní hmotnostní index (body mass index, BMI) jako základní kritérium pro diagnostiku obezity. BMI se stanoví z rovnice hmotnost (kg)/výška (m)<sup>2</sup> [13]. U dětí se vychází z distribuce hodnot BMI vztažených k věku a pohlaví dítěte [14], [15]. Za nadváhu se považují hodnoty 90. až 96.9 percentilu distribuce BMI, za obezitu hodnoty 97. až 100. percentilu rozložení hodnot [16]. Pásma BMI charakterizující hmotnost u dospělých a s nimi spojená rizika jsou udána v tabulce, vydané SZO (viz příloha: tab. 1 Kategorie BMI dospělých a zdravotní riziko).

### **2.3.2 Znalostní podklady pro expertní systém: Modul zaměřený na dietologii v léčbě obezity dospělých.**

Základem pro léčbu obezity a nadváhy dietoterapií je stanovení optimálního energetického příjmu. Zde je odlišný přístup v závislosti na pohlaví, věku pacienta, fyzické aktivitě pacienta, výšce pacienta, výchozí hmotnosti a jejího vývoje.

Cílem léčby obezity je dosažení nejen reálně stanoveného cíle prosté váhové redukce, ale současně také léčba komorbidit a předcházení opětnému nárůstu hmotnosti po váhové redukci. Za optimální rychlost váhové redukce se považuje průměrný týdenní pokles hmotnosti o 0,5-1 kg. Během 6 měsíců léčby je u obézních na dietních režimech reálně dosahováno a zároveň spojeno s jednoznačně prokazatelným zdravotním zlepšením snížení hmotnosti o 5-15 % iniciální hmotnosti. Po dosažení této redukce je však nezbytné další sledování pacienta a jeho pravidelné kontroly, které rovněž prokazatelně zvyšují pravděpodobnost, že si pacient dokáže svoji váhovou redukci udržet v delším časovém horizontu. Během těchto kontrol je třeba přizpůsobovat energetické dávky reálně dosahovaným výsledkům změny tělesné hmotnosti.

Primární u těchto diet je kromě omezení energie také pokrytí fyziologických potřeb esenciálních živin (bílkovin, polyenových mastných kyselin, minerálů a vitaminů) při limitovaném příjmu energie.

Vyvinutý expertní systém vypočítává velikost žádoucí denní potřeby energie se zohledněním pohlaví, věku pacienta a úrovně jeho fyzické aktivity, jeho výchozí hmotnosti a jejího vývoje.

### 2.3.3 Potřeba energie

Podle doporučení SCF EU není dávka pro energii na rozdíl od ostatních nutrientů stanovena ve formě referenčního populačního příjmu, ale tzv. průměrné potřeby (average requirement) pro populační skupinu [4]. Je vyjádřena v MJ pro příslušnou věkovou skupinu a pohlaví, pro každý rok věku až do 17 let, zvláště pro dívky a chlapce. Pro dospělé jsou dávky vyjádřeny ve věkových skupinách 18-59, 60-74, 75 a více let a to v kategoriích lehká, střední a těžká fyzická aktivita ve formátu vyjádření a) bez požadované z hlediska dlouhodobého udržení zdraví protektivní úrovně fyzické aktivity, b) s požadovanou protektivní úrovní fyzické aktivity a to vždy ve dvou dalších provedení: 1. Pro optimální Body Mass Index (BMI, vypočítaný jako tělesná hmotnost v kilogramech dělená druhou mocninou tělesné výšky uvedenou v metrech, (=22) a pro limitní BMI (=25). Navíc lze pro každou věkovou skupinu a pohlaví najít průměrnou hodnotu, založenou na rozložení fyzické zátěže ve věkových skupinách. Dávka je vždy odvozena z energetického výdeje, spočítaného na podkladě průměrné tělesné velikosti a složení v příslušných věkem a pohlavím definovaných populačních skupinách s kalkulací růstových potřeb a vyjádřením z hlediska různých úrovní fyzické aktivity. Jde tedy o takový energetický příjem z potravin, který je ekvivalentní energetickému výdeji tak, aby to bylo v souladu s dlouhodobě udrženým dobrým zdravím.

Výpočty jsou reprodukovatelné, lze je použít jako doporučené pro osoby s normální hmotností nebo pro osoby s nadváhou zapříčiněnou vysokou fyzickou aktivitou.

V případě nadváhy, nezapříčiněné vysokou fyzickou aktivitou, se nejčastěji aplikují hypokalorické nutričně vyvážené diety, charakterizované mírnou kalorickou restrikcí, zpravidla vypočítanou podle odhadu individuálního celkového energetického výdeje, sníženou o 2,5 MJ (600 kcal). Vychází se tedy opět z rovnic výpočtu energetického výdeje pro osoby s normální hmotností, které se považují jako referenční k ideálnímu stavu, za který je možno považovat energetickou potřebu odvozenou pro ideální hmotnost (odvozené při dané tělesné výšce z BMI=22), nebo limitní (při dané tělesné výšce z BMI=25). V případě neuspokojivé rychlosti váhové úpravy je možno tuto dávku energie snížit o dalších 2.5 MJ denně, při trvajícím nepříznivém vývoji hmotnosti na fixní příjem hypokalorické diety o obsahu 5 MJ [12], [17].

V případě nadváhy zapříčiněné nadměrnou muskulaturou při vysoké fyzické aktivitě, která se může vyskytovat u mužů, vychází výpočet potřeby energie bez korekce hmotnosti výpočtům, které jsou určeny pro pásmo normy BMI.

V případě obezity se nejčastěji se indikují diety o energetickém obsahu 5 MJ (1200 kcal) pro ženy a muže s převažující lehkou nebo středně těžkou fyzickou aktivitou. Pro muže s těžkou fyzickou aktivitou pak redukční diety mají energetický obsah 6,5 MJ (1600 kcal). Tyto energetické dávky je třeba upravovat podle vývoje hmotnosti v daném časovém období.

BMI  $\geq 18.5$  and  $< 24.9$ , pak pro energetický výdej (EE) platí:

tělesná hmotnost (BW). PAL = hodnota faktoru pro fyzickou aktivitu

#### Ženy

18-29.9 let:

$$EE = (BW * 0.0615 + 2.08) * PAL$$

60-74.9 let:

$$EE = (BW * 0.0386 + 2.88) * PAL$$

30-59.9 let:

$$EE = (BW * 0.0364 + 3.47) * PAL$$

75 let:

$$EE = (BW * 0.041 + 2.61) * PAL$$

#### Muži:

18-29.9 let:

$$EE = (BW * 0.064 + 2.84) * PAL$$

30-59.9 let:

$$EE = (BW * 0.0485 + 3.67) * PAL$$

60 – 74.9 let:

$$EE = (BW*0.0499+2.93)*PAL$$

75 let a více:

$$EE = (BW*0.035+3.43)*PAL$$

Ze stanovení celkové potřeby lze odvodit podle výživových standardů navržených Vědeckým výborem pro potraviny při EU v kombinaci s dokumentem WHO 916 z roku 2003 zastoupení makronutrientů a mikronutrientů, jejichž dostatečný příjem k pokrytí fyziologických funkcí je definován tzv. populačním referenčním příjmem [4], [5] (viz příloha tab. 2 Výživová doporučení EU pro dospělé).

Další pravidla, která lze užít při výstavbě dietologických expertních systémů jsou výživová doporučení založená na počtu příslušných porcí z jednotlivých potravinových skupin [18]. Přičemž se definuje velikost porce pro příslušnou kategorii strávníků. Tento přístup lze aplikovat i pro výstavbu a návrhy jednodenních jídelníčků pacientů expertním systémem (viz příloha tab. 3. Zásady skladby jednodenního jídelníčku hypokalorické nutričně vyvážené diety).

#### 2.3.4 Dieta č. 4 – s omezením tuku

Indikace: Dieta se podává při chronickém zánětu žlučníku, při žlučových kamenech a na přechodnou dobu po operaci žlučníku; po odeznění větších potíží při akutním zánětu žlučníku. Dále nemocným po infekční žloutence, při chronickém zánětu slinivky břišní, po odeznění větších potíží při akutním zánětu slinivky břišní. A také při střevní dyspepsii a střevním kataru v době uklidňování, kdy už nemocný nemá velké průjmy.

Popis diety: Obsah tuku je snížen. Je omezován zejména vaječný žloutek, máslo, máslové krémy, tučné pokrmy, prorostlá masa, vnitřnosti, tučné sýry, majonéza, uzeniny, zmrzlina, smažené a přepálené pokrmy, dráždivé koření, pokrmy zahušťované jíškou. Podle nesnášenlivosti (netolerance pacienta) i mléko.

Povolované technologické úpravy jsou:

- Vaření, dušení, pečení v páře, v konvektomatu, v alobalu, v mikrovlnné troubě.
- Maso se opéká nasucho, podlévá netučným vývarem z kostí, zeleniny nebo vodou.
- Zahušťování pokrmů nasucho opraženou moukou.
- Vhodný tuk se přidává až do hotových pokrmů.

(viz příloha tab. 4. Příklady zakázaných a doporučovaných potravin v dietě č. 4 ).

#### **2.3.4 Dieta č. 8 - redukční**

Indikace: dieta se podává u obezity, zejména komplikované hypertenzí, dyslipidemií, s diabetes mellitus II. typu s obezitou, obézních nemocných se srdečně cévními onemocněními.

Dieta má nutriční obsah 5 MJ, obsahuje 75 g bílkovin, 40 g tuků a 150 g sacharidů. Má svačiny (ovoce, mléko) i druhou večeři.

(viz příloha tab. 5. Příklady zakázaných a doporučovaných potravin v dietě č. 8 ).

Doporučuje se alespoň 300 g zeleniny a zeleninových salátů denně, alespoň 200 g nepříliš sladkého ovoce, 5 ks drobných ořechů či semen, 1-2 porce nízkotučných nebo netučných mléčných výrobků ( netučný tvaroh, nízkotučné sýry, netučné jogurty), alespoň 1 porce libového masa nebo ostatních kvalitních zdrojů bílkovin, z pečiva a příloh poloviční množství obvyklých porcí, k pití neslazené, nekalorické nápoje.



## 2.4 Závěr k dietologii.

Tato kapitola slouží jako přehled všech použitých pravidel, užitých v našem systému. Všechna data, informace a fakta jsou v této kapitole popsány a slouží našemu systému jako *báze znalostí*. Co je to báze znalostí, stejně tak jako popis a použití pravidel a znalostí se dozvíme v další kapitole: EXPERTNÍ SYSTÉM - OBECNĚ.

Expertní systémy spojují znalostní databáze s databázemi nutričního složení jednotlivých potravin a pokrmů. Dokáží vybírat vhodné potraviny, eliminovat z hlediska konkrétní diety zakázané potraviny při výběru a tvorbě individuálních nutričních plánů. Všechny tyto přístupy vyvíjené a rozpracovávané pomocí expertních systémů se dají aplikovat na již vyvinuté nutriční softwary. Mezi nejvýznamnější z nich na českém trhu patří software NutriDan [19].

## 3 EXPERTNÍ SYSTÉM - OBECNĚ

### 3.1 Seznámení s expertním systémem

*Expertním systémem* (ES) rozumíme v kybernetice počítačový program, který simuluje usuzování lidského experta. Expertní systém zahrnuje:

BD – báze dat

BZ – báze znalostí

IM – inferenční usuzovací mechanismus

Slouží tedy jako náhrada experta – člověka, popřípadě pomáhá expertovi – člověku. Expertní Systémy tedy mohou být nasazovány v podstatě všude, kde to jejich implementace dovoluje. Příkladem jsou: R1/XCON – Konfigurace počítačů DEC, Drilling Advisor – Rádce ropných vrtů – Elf Aquitaine of France, Cooker Advisor – Rádce ve sterilizacím procesu potravin, nebo Lending Advisor – finančnictví a úvěry. Efektivní nasazení je tam, kde lidskému expertovi trvá vyřešit úlohu přibližně 15 minut. Taková složitost problematiky má pak takovou míru, že je vhodná pro efektivní nasazení ES.

Pokud budeme srovnávat ES a člověka – experta, pak dostaneme následující výsledky:

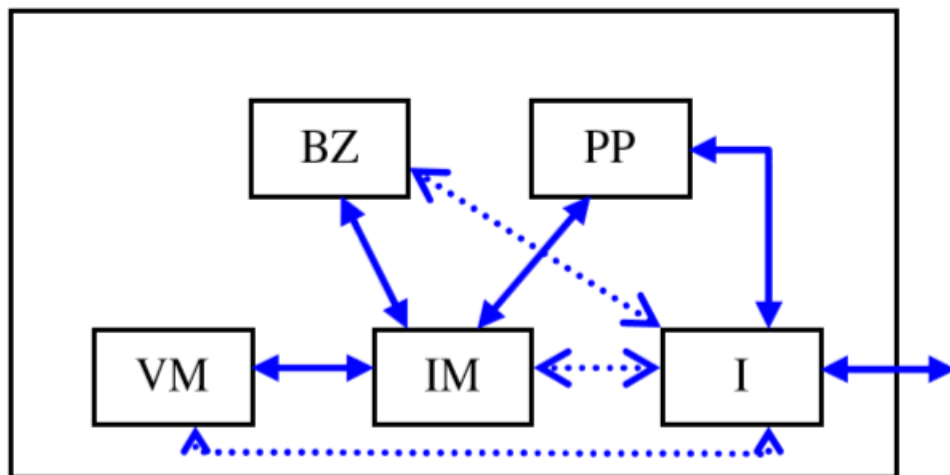
	ES	člověk
Dostupnost v čase	okamžitá	–
Dostupnost v místě	všude	–
Bezpečnost	vyšší	–
Smrtelnost	–	+
Výkonnost	konstantní	proměnlivá
Rychlost	konstantní	proměnlivá
Cena	vysoká nákupní	z hlediska času dražší

## 3.2 Charakteristiky expertního systému

### 3.2.1 Struktura Expertního Systému

Struktura expertního systému je dána *bází znalostí* (BZ) – to je část expertního systému, která obsahuje oborové znalosti jako jsou konkrétní data například v dietologii ohledně složení potravin. Dále je dána *pracovní paměť* (PP). Tou se rozumí *báze dat* (BD) a to je část expertního systému, která obsahuje konkrétní fakta o dané řešené úloze. Fakta (data) mohou být jak vložena uživatelem například přímo do programu, z databáze, tak mohou být odvozená *inferenčním mechanismem* (IM) během činnosti expertního systému. inferenční mechanismus je část expertního systému, která srovnává fakta z pracovní paměti se znalostmi v bázi znalostí za účelem nalezení závěru řešeného problému.

Dalšími dvěma částmi je *vysvětlovací mechanismus*(VM), jehož úkolem je zdůvodnit nalezené řešení a *interface* (česky rozhraní) (I). Struktura expertního systému je znázorněna na obrázku 1.



Obrázek 1: Struktura expertního systému

Vztah mezi znalostmi a informací je znázorněn na obrázku 2. Metaznalosti rozumíme v podstatě znalost o znalostech a znalostí samotnou rozumíme v expertních systémech přepis, jak nakládat s informacemi.



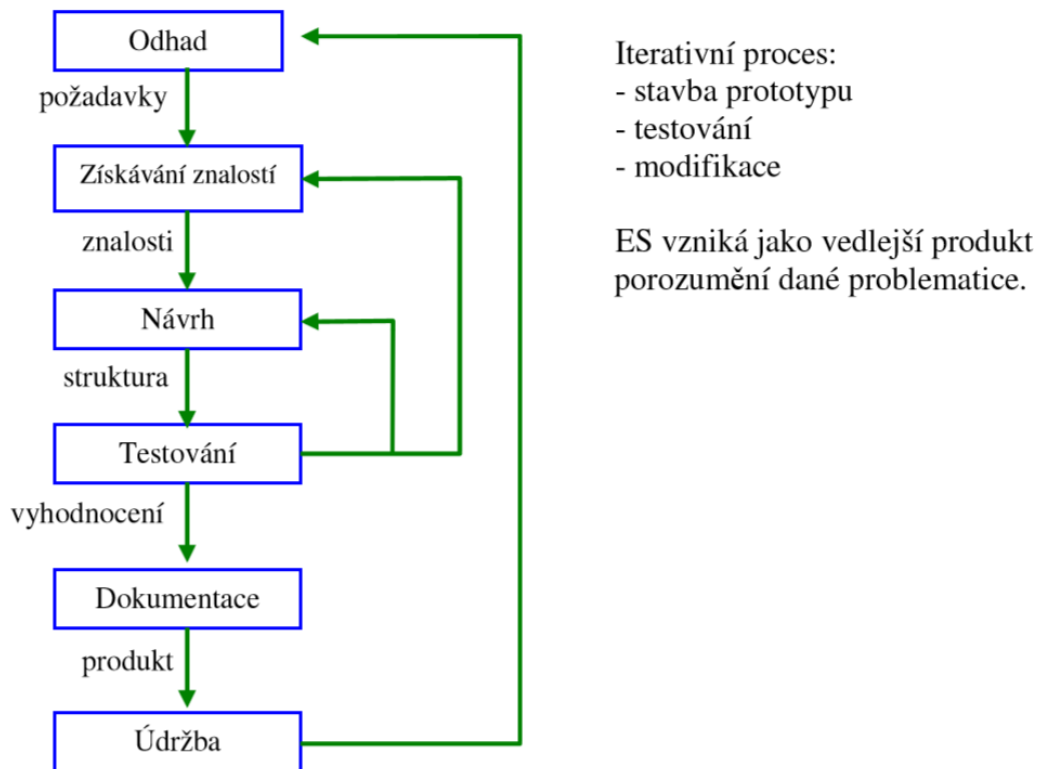
Obrázek 2: Diagram rozložení struktury vědění expertního systému

### 3.2.2 Vývojové fáze Expertního Systému

Vývoj expertního systému můžeme znázornit pomocí schéma (Obrázek 3: schéma expertního systému), kde prvním krokem je odhad aplikovatelnosti expertního systému v dané oblasti. Zde se zkoumá proveditelnost, správnost nasazení, definuje se okruh problému a definují se například zdroje znalostí, jako jsou člověk – expert, různé příruky a zprávy.... Dále to je získávání informací – znalostí. Je to jeden z hlavních problémů při tvorbě expertních systémů (viz celá první kapitola). Znalosti totiž musejí být dostatečně veliké a obsáhlé a zvláště u vybraných systému jsou těžko zformulovatelné.

Po těchto krocích se přistupuje k samotnému návrhu. To znamená zvolit nejlepší způsob reprezentace znalostí a definování základních struktur báze znalostí (BZ) a definování metody práce se znalostmi (IM) [BZ + IM výběr SoftWare]. Prototyp expertního systému slouží jako vstup do iteračního vývojového cyklu. Posléze přistupujeme k testování, na základě kterého doplňujeme znalosti a tím modifikujeme návrh systému. Testování by mělo probíhat za dozoru experta a ve spolupráci s uživatelem. Po té se přistupuje k vyhodnocení a dokumentaci. Ta je především vytvářena pro uživatele, ale zároveň by měla vést i jako vodítko pro případné změny, úpravy a modifikace systému – to znamená i pro samotného vývojáře. Zkráceně by měla obsahovat: slovník znalostí, procedury řešení a definice struktury ES a strategie IM (dekompozice na dílčí báze znalostí, každá s jakým jiným mechanismem inference, jak jsou dílčí báze znalostí řízeny, jak je řízen celek) [20].

Zdokumentovaný systém se musí neustále spravovat (udržovat). V začátcích systému v ostrém provozu se může znovu testovat, nicméně správně navržený expertní systém se dokáže sám obnít a získává například další znalosti při samotném chodu programu. Expertní systém se totiž neustále učí.



Obrázek 3: schéma expertního systému

### 3.3 Reprezentace znalostí

V této podkapitole se věnujeme krátce pozornost tomu, co to vůbec znalost znamená. Znalostí v kybernetice ale i jinde rozumíme abstraktní pojem představující individuální porozumění danému problému – oboru což defacto znamená porozumění oblasti předmětu. Obor je pak dobře vymezená část daného problému, předmětu, dané části odvětví průmyslu ale i společnosti apod. Proto je na místě otázka, jak správně a jak vůbec zachytit a uložit/ zaznamenat znalost. K tomuto účelu je určena metoda Reprezentace znalostí – metoda užívaná k zakódování znalostí do báze znalostí

expertního systému. Musíme si říci, že kdyby existovala jedna obecná a vždy fungující metoda, bylo by v celé této problematice velmi ulehčena práce, nicméně bohužel žádná obecná metoda, jak znalosti dobře a hlavně správně zakódovat neexistuje. Na otázku proč se snadno odpoví a to tak, že každá úloha vyžadující znalosti oboru, ať už ve společnosti, v řízení (průmyslu), ve finančnictví, v zemědělství či ve vesmíru, musí obecně mít i jiný návrh celkového systému a jiné typy znalostí. Ty rozlišujeme v první řadě na exaktní a nepřesné, dále podle priority na: nutné, důležité, málo důležité, nepotřebné (mohou systém zpomalit, v horším případě dokonce nasměrovat špatným směrem) a na typové: procedurální, deklarativní, metaznalosti, heuristické znalosti, strukturální znalosti. O metaznalostech jsme se zmínili již výše. Pod pojmem procedurální pravidla si představujeme konkrétní pravidla, strategie, procedury, strategie.

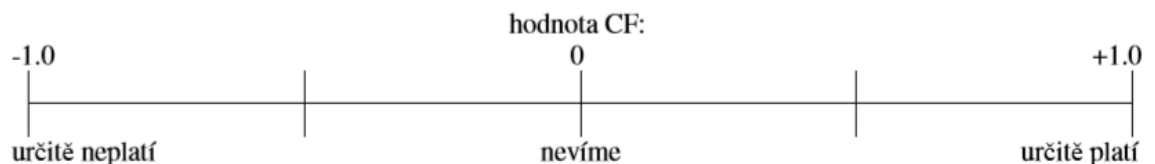
Způsob reprezentace znalostí může být použito: pravidla, rámce, sémantické sítě, logické sítě....

Deklarativní znalostí se rozumí pojmy, objekty a fakta. Heuristické znalosti jsou znalosti tak říkajíc splácané na kolena – vycucané z palce. Konečně strukturální znalosti jsou soubory pravidel, vztahy mezi pojmy a objekty a tvoří celkový model expertního systému.

Jako příklad heuristické znalosti, či faktu považujeme například to, že někdo o někom řekne, že je vysoký. Když je někdo vyšší, je ještě ve srovnání s novým dotyčným původní stále vysoký? A co když naopak budeme mít jen o malinko nižšího člověka, ten již bude nízký? Kde přesně leží hranice a od jaké hranice výšky kdo spadá do jaké kategorie? Touto problematikou se zabývá fuzzy logika. Ta umožňuje pracovat jak s metodami reprezentace pro nejednoznačné tvrzení, tak i s metodami uvažování, které tato nepřesná a nejednoznačná tvrzení využívají. Tato logika používá pojem fuzzy množiny: klasická teorie množin každému prvku univerza přiřadí buď prvek dané množiny (s absolutní určitostí), anebo prvek jejího doplňku (také s absolutní určitostí). Fuzzy (nezřetelná) množina však nemá přesné hranice a proto obecně nelze prvek univerzální množiny jednoznačně přiřadit buď k množině nebo k jejímu doplňku. Pro každou fuzzy množinu je proto zavedena i tzv. funkce příslušnosti, která každému prvku univerza přiřadí váhu jakési naší důvěry (tzv. stupeň příslušnosti) v to, že tento prvek je prvkem dané fuzzy množiny. Jinou formou uvažování za nepřesnosti je

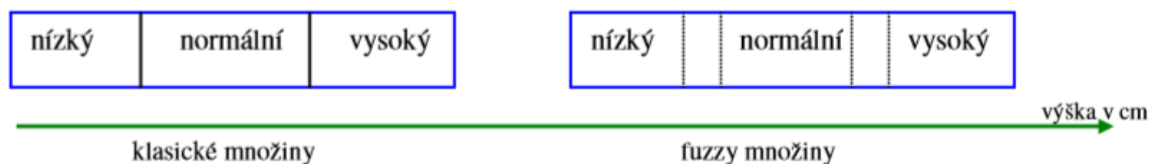
například použití činitele jistoty (Certainty factor - CF). Jeho význam je na obrázku 4. Dalšími způsoby uvažování za neurčitosti je Bayesův přístup či Dempster, Shaferova teorie....

Jistotu pravdivosti faktu vyjadřujeme pomocí činitele jistoty (CF = Certainty Factor)



Obrázek 4: Znárodnění FUZZY logiky

Rozdíl mezi klasickými množinami a fuzzy množinami pro příklad s vysokým člověkem si lze také představit takto: [20]



### 3.3.1 Pravidla

Pravidla jsou nejčastějším způsobem reprezentace znalostí expertních systémů. Pomocí pravidel se systém dostává z jednoho stavu do jiného. Pravidlo může volat procedury, volat program (i například externí), měnit a modifikovat fakta na základě jiných novějších faktů.

Pravidlo si můžeme představit jako reprezentaci znalostí, jež udává vztah mezi vstupní informací a informací výstupní. Ta se v případě, že vstupní informace je známá, stane také známou.

Jako typy pravidel si vypíšeme minimálně tyto:

vzájemný vztah – IF pacient má BMI vyšší než je mez THEN pacient má nadváhu

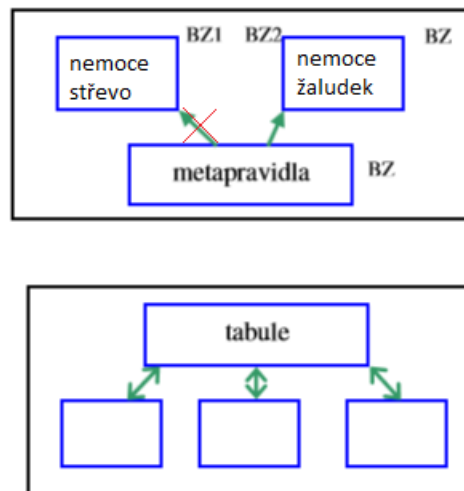
příkaz – IF pacient má alergii na lepek THEN vyřad' z jídelníčku diety s pšenicí

doporučené – IF pacient nemá rád špenát THEN dej pacientovi vybrat jinou přílohu

strategie – IF příjem nového pacienta THEN zkontroluj, jestli máme dostatek volných lůžek

Metaprávidla – pravidla o pravidlech

Metaprávidlo - IF pacient má zažívací bolesti břicha AND vyšetření střeva je v pořádku THEN vyšetří žaludek



**Obrázek 5 Tabule**

Spolupráce několika bází znalostí je množina několika mechanismů, z nichž nejznámější je princip tabule. Tabule je místo v pracovní paměti která se rovná bázi dat, ve které si jednotlivé báze znalostí vyměňují informace.

Dále se v expertních systémech dají použít sémantické sítě, či rámce, avšak ty v programu (třetí kapitola) používáme pouze okrajově a pasivně a proto se jim v této části nevěnujeme.



### 3.4 Usuzovací mechanismus systému

Tato kapitola je pro každý jedinečný expertní systém velice důležitá, proto jí věnujeme několik řádků. Způsob mezi uvažováním člověka, tak jak chápe svět a ‘úsudkem‘ počítače je totiž zcela odlišný. Zatímco člověk nepotřebuje k životu přesné exaktní informace, v počítačovém světě nelze něco přesně nedefinovat. I fuzzy logika je vlastně založena na jasných principech a mezích, které si zadefinujeme. Expertní systém aplikovaný v dietologii bude muset mít přesné znalosti od zdrojů - expertů doktorů jenž přesné informace mnohdy nepodávají. Uvažování člověka je proces práce s nějakými znalostmi, aktuálními, příchozími, či vydedukovanými fakty. Pochopením způsobu uvažování člověka je možno definovat strategii řešení úlohy usuzování v počítači.

#### 3.4.1 Uvažování člověka

Seznamme se s těmito pojmy [20]:

*Fakt* - je nějaké tvrzení, o kterém tvrdíme, že je správné a platí

*Výrok* - nabývá hodnoty 0 a 1 - pravda či nepravda .

*Axiom* - je pravdivý výrok.

*Dedukce* - jestliže platí nějaký jev a platí, že je-li tento jev splněn pak platí i druhý jev, znamená že platí oba jevy. (Platí-li A a platí  $A \rightarrow B$ , pak platí i B). Člověk umí dedukovat. Příklad: jestliže prší a já nemám deštník - nejspíše zmoknu.

*Indukce* - Platí-li jev pro  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , pak můžeme říci, že platí pro  $\forall x_i$  a tedy i jev platí pro  $x_{n+1}, x_{n+2} \dots$  .

*Abdukce* - inverzní jev k dedukci - platí-li druhý jev a platí-li, že je-li první jev splněn, pak také platí druhý, platí oba jevy. (Platí-li B a platí  $A \rightarrow B$ , pak platí i A). V podstatě můžeme říci, že je to logicky nesprávný úsudek.

*Analogie* - pro člověka je vytváření analogie jednoduché díky zkušenostem. Posléze používá analogický model k tomu, aby porozuměl nějaké situaci nebo například

objektu. Na základě analogie pak většinou hledá stejné rysy mezi dvěma situacemi/objekty, nebo naopak odlišnosti.

*Heuristika* - tento jev můžeme u člověka jednoduše popsat jako selský rozum. Takovýto zdravý rozum se opírá více o dobrý úsudek (dobré mínění), než o exaktní logiku a může v mnoha případech efektivně řešit problém. Avšak takovýto přístup je pro počítač velice komplikovaný.

*Dedukce* je založena na takzvaném pravidlu *modus ponens*.

Pravidlo *modus ponens*  $[A \wedge (A \rightarrow B)] \rightarrow B$  česky pravidlo vynyětí, je odvozovací pravidlo. Je to základ argumentace a dokazování ve výrokové logice a říká, že jestliže platí jev A a také víme, že platí "z A vyplývá B", pak platí i "B".

*Rezoluce* a *nerezoluce* se používají na odvozování popřípadě dokazování hypotéz. Na rozdíl od rezoluce si nerezoluce pamatuje, co je předpokladem a co závěrem.

### 3.4.2 Inference

Interferencí rozumíme proces práce expertního systému, který využívá (zpracovává) znalosti a fakta v pracovní paměti k odvození závěru. Je to tedy proces užívaný expertním systémem k vyvození nové neznámé informace z informace známé.

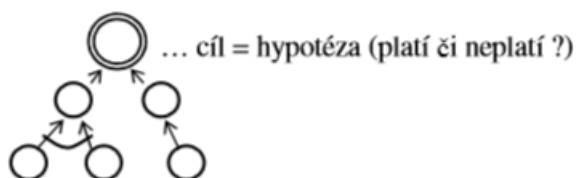
Vyvstávají však otázky, jak správně prohledávat bázi znalostí, jaké pravidlo vybrat, či jaké otázky klást uživateli? Popřípadě se ještě můžeme zeptat, jak nově vyvozená informace ovlivní procházení báze znalostí? Prohledávání určitého prostoru se věnuje celá část kybernetiky - ať už se jedná o prohledávání databází, souborů, matic a vektorů, stromů....

V expertních systémech založených především na pravidlech se řeší a následně prohledává různými metodami (do šířky, do hloubky, apod.) pomocí dopředného řetězení (DŘ) či zpětného řetězení (ZŘ). V našem systému využíváme dopředného řetězení, ale vysvětlíme si obě varianty a jejich rozdíly, výhody a nevýhody a možnosti použití.

### 3.4.2.1 Zpětné řetězení

Zpětné řetězení se používá v případě, že se snažíme ověřit jednu či více hypotéz. Je to hledání řízené cílem. Používá se zde princip rezoluce a odpovídá prohledávání stavového prostoru do hloubky.

Zpětné řetězení je inferenční strategie, která se snaží dokázat hypotézu (potažmo cíl) sbíráním informací a faktů, mohou být využity pravidly, jež podporují dokazovanou hypotézu.



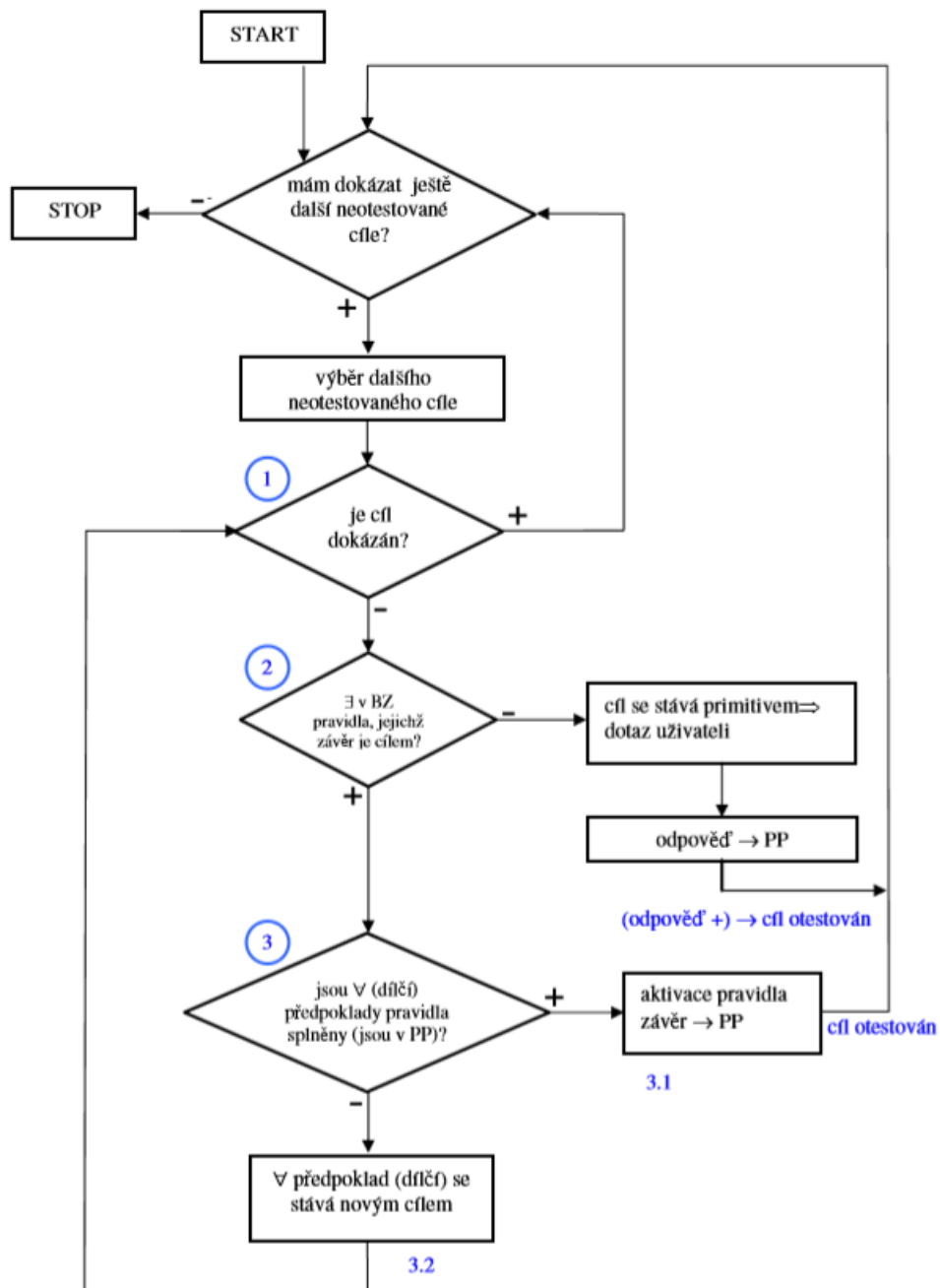
Při postupu zpětného řetězení se začne důkazem cíle:

- 1) Ověříme, zda cíl již není dokázán v pracovní paměti, popřípadě není-li již dokázán jinou bází znalostí. Pokud je dokázán, přejdeme k dokazování dalšího cíle. Pokud již další cíl neexistuje, pak skončíme
- 2) V bází znalostí hledáme taková pravidla, že jejich závěr je totožný s dokazovaným cílem - cílová pravidla.
- 3) Najdou-li se taková pravidla, podíváme se na jejich předpoklad, zda-li je v pracovní paměti:
  - a. předpoklad je v pracovní paměti - pravidla aktivujeme, jejich závěry pak jdou do pracovní paměti a jdeme na krok 1)
  - b. předpoklad není v pracovní paměti - předpoklad prohlásíme za nový cíl (podcíl) a jdeme na krok 1
- 4) Pokud se v bází znalostí nenajdou pravidla z kroku (2) taková, aby jejich závěr byl totožný s dokazovaným cílem (podcílem), cíl se stává takzvaným primitivem, to jest tvrzení které není podporované žádným pravidlem v bází znalostí. Systém se pak zeptá na *primitivum* samotného uživatele.

Když uživatel odpoví, že primitivum platí - pak se dané pravidlo aktivuje. Dáme primitivum do pracovní paměti a přejdeme na krok (1).

Jestliže primitivum neplatí, pak cíl zůstane nedokázán („negace primitiva“ se zapíše do pracovní paměti) a přejdeme na krok (1) (budeme dokazovat další cíl).

Následuje schéma zpětného řetězení:



Obrázek 6: Schéma zpětného řetězení

Pro představivost viz Obrázek 9: Příklad vhodný pro dopředné řetězení

### 3.4.2.2 Dopředné řetězení

Dopředné řetězení je inferenční strategie, která začíná množinou známých faktů. Následně se odvozují nová fakta použitím pravidel, jejichž předpoklady odpovídají známým faktům, a pokračuje se v tomto procesu, dokud není odvozený cílový stav nebo již neexistují pravidla, která mají předpoklad vyhovující faktům. Jedná se tedy o metodu, kdy se nejdříve nashromáždí všechna možná data od uživatele (veškeré informace), jež nám uživatel systému může poskytnout a až nakonec se usuzuje na možný závěr. Jako příklad můžeme uvést lékaře, který například sbírá informace o symptomech nějaké nemoci od pacienta - pokládá pacientovi otázky, provádí testy a vyšetření apod. Dopředné řetězení vychází z pravidla *modus ponens*. Někdy se říká dopřednému řetězení také hledání řízené daty. Dopředné řetězení odpovídá prohledávání stavového prostoru do šířky.

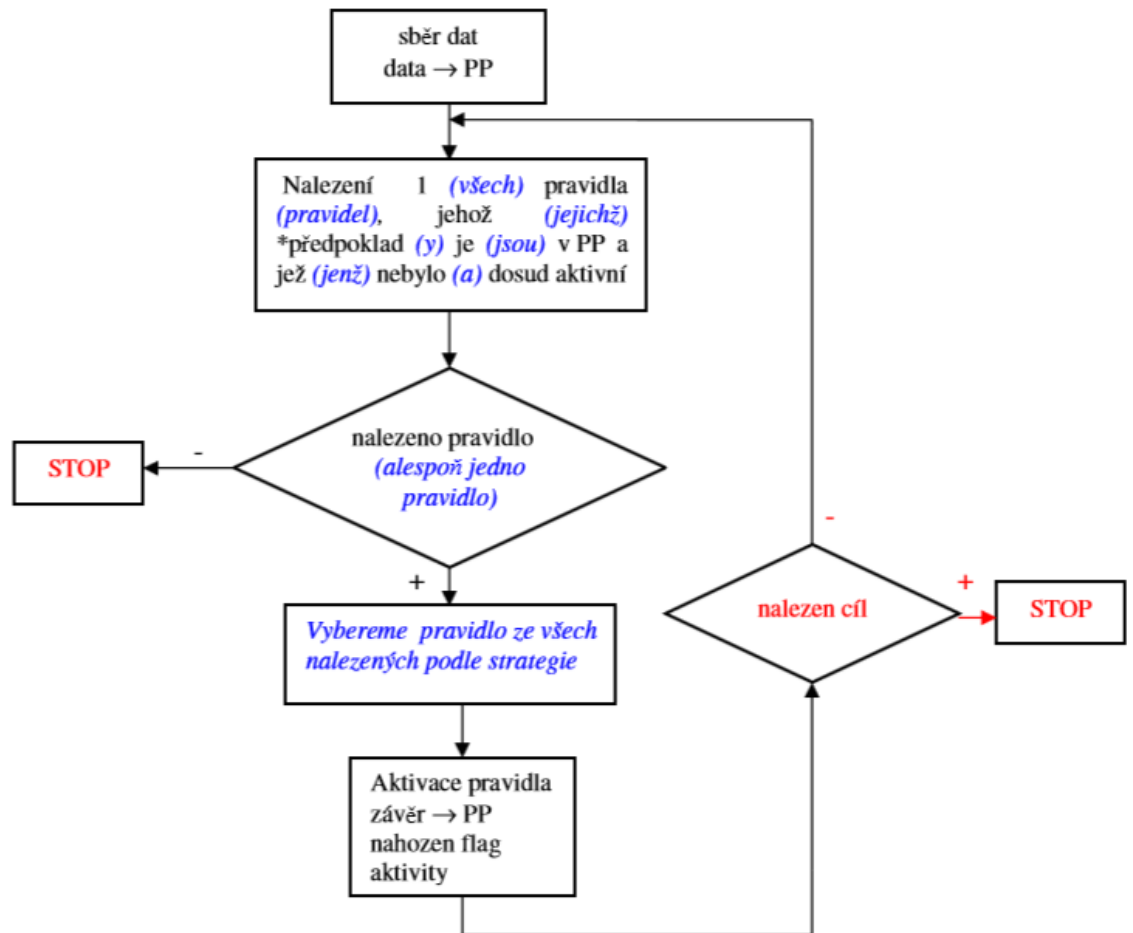
Proces probíhá následovně:

Inicializace: žádné pravidlo není aktivní ani nebylo aktivní.

- 1) Systém se začne uživatele vyptávat - tyto informace od uživatele se zapíší do PP (pracovní paměti).
- 2) Prohledá se báze znalostí a to od úplného začátku po každém dotazu (v každém kroku terace) a najde popřípadě najdou se první (v extrémním případě všechny) pravidlo/pravidla, které mají vyhovující předpoklad k faktům v pracovní paměti a které doposud nebylo aktivní. Pokud se v tomto kroku žádné pravidlo nenajde (druhý extrém) přejde se na krok (4). Jinak se vybere jedno pravidlo a to podle zvolené rozhodovací strategie.
- 3) Pravidlo se aktivuje, tj. jeho závěr se přidá do pracovní paměti a označí se, že bylo aktivováno.
- 4) Pokud se pravidlo při prohledávání báze znalostí nenajde, pak proces skončí.

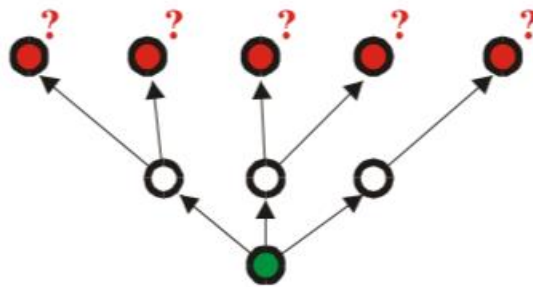
Dopředné řetězení je použito v algoritmu systému této práce.

Schéma procesu viz. následující obrázek:

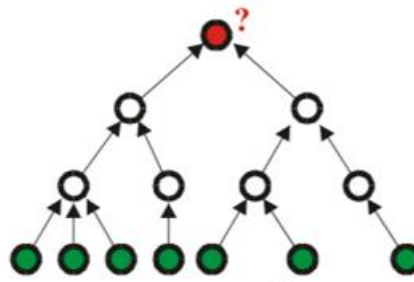


Obrázek 7: schéma dopředného řetězení

Pro představivost viz Obrázek 8: Příklad vhodný pro dopředné řetězení





Obrázek 8: Příklad vhodný pro dopředné řetězení



Obrázek 9: příklad pro zpětné řetězení

Vysvětlivky:

-  = cíl
-  = list = data od uživatele

### 3.5 Shrnutí expertních systému

Na závěr této kapitoly si tedy shrňme poznatky o expertních systémech. Expertní systém pracuje se znalostmi, které jsou většinou získané od člověka – experta. To je obvykle nejtěžnější část celého procesu – získání, převedení, správné zformulování a implementování znalostí a metaznalostí (metaznalostí - v případě, že jsou reprezentovány pravidly - chápeme soubory pravidel, kdy se má jak a jaké pravidlo použít apod.). Musíme si uvědomit, že v procesu tvorby expertního systému nejsou zapojeni jenom znalostní inženýři (vývojáři, programátoři, analytici), ale především experti z dané problematiky (v dietologii to jsou nutriční terapeuti, interní doktoři - popřípadě i chirurgové, sestry.....). Získávání informací od těchto lidí a jejich převedení do formálního zápisu tak, aby mu byl schopen porozumět i počítač je do jisté míry stále umění. Na jedné straně sice existuje množství způsobů, postupů a metod, jak expertní systémy navrhovat a vytvářet, nicméně na straně druhé žádná metoda není univerzální na všechny případy a v našem konkrétním případě se na exaktním odladění a správném nasazení pravidel mnohdy neshodnou ani samotní experti - lékaři. A přeci nakonec si také musíme uvědomit, že celý systém vytváříme hlavně pro koncového uživatele, který by měl danému systému alespoň z části rozumět a chápat, jak alespoň některé vybrané základní věci nutné pro chod systému fungují. Hlavně se jedná o definici přístupu k systému uživatelem, specifikování vysvětlovacího mechanismu, specifikování utilit a definování formy výstupu – má-li to být databáze, tabulka, text, číslo....? Popřípadě něco jiného.

Seznámení uživatele a hlavně příprava samotného systému (odladění a přizpůsobení pro všechny možné případy - „robustnost“) je poslední, nicméně neméně důležitou částí dobře fungujícího systému, jakožto celku.



## 4 EXPERTNÍ DIETOLOGICKÝ SYSTÉM (realizace programu)

V této kapitole shrneme poznatky z předchozích dvou kapitol a využijeme jich pro výsledek této práce. Vlastně se jedná o spojení dvou předchozích kapitol, když druhou kapitolu (informace o expertních systémech) aplikujeme na první (oborové znalosti - z oboru dietologie). První kapitolu tedy definuje naší bázi *pravidel a informací*, kterou již umíme správně použít, díky druhé kapitole.

### 4.1 Prostředí ReSolver 32

*ReSolver 32* je počítačový program vytvořený společností MULTILOGIC™ a je určen pro návrh a realizaci Expertních systémů. Jedná se o program, ve kterém je možno zapisovat, ukládat a vytvářet nové znalosti - pravidla a používat je v rozhodování. Informace (fakta) se buď zadávají uživatelem za běhu programu - program se sám dotazuje dle předem nadefinovaných otázek a ukládá si odpovědi, nebo se informace dají načítat z externího zdroje. Tento program použijeme k návrhu a zrealizování našeho systému.



## 4.2 Struktura našeho expertního systému

Náš systém sestává ze dvou částí programu. První část je určena pro pacienty bez omezení trávicího traktu. Tato část má za úkol zjistit a uložit všechny dostupné informace (fakta) o pacientovi. Program tvoří 5 základních otázek - tyto otázky jsou položeny vždy, dále program má 6 dodatečných (podle zaklasifikování dle předešlých pěti) a dále to je okolo dalších 10 znalostních procedur, jež odvozují nová fakta (například v nejjednodušším případě z informací o váze a výšce vypočte BMI, pokud to je moc vysoké, přepočte se na doporučené, výpočet doporučené denní dávky energie...). Tato část tedy představuje získání a zpracování informací pro část druhou.

Ve druhé části systému se shrnou poznatky, zejména jakou nemocí daný pacient trpí a provádí se analýza jeho navoleného jídelníčku. Program má za úkol pacientovi radit (pomáhat) při výběru správných potravin. Nutnou částí tohoto programu je pak databáze potravin (v bakalářské práci budeme mít k dispozici pouze ukázkovou část obsahující cca 200 položek - potravin), která je pro účely programu uložena v .csv souboru. V budoucnu program nechá uživatele zadat dle jeho výběru potraviny, na kterou má chuť a následně mu ji zhodnotí - doporučí, nedoporučí, či zakáže. Momentálně mu však konkrétně navolí pevně danou dietu, pouze s ohledem na jeho doporučený denní příjem energie.

### 4.2.1 Popis našeho expertního systému

Jak již víme z druhé kapitoly, struktura obecného expertního systému je dána *bází znalostí (BZ)* – to je ta část expertního systému, která obsahuje oborové znalosti jako jsou konkrétní znalosti například v dietologii ohledně složení potravin. V našem případě jsou podpořeny databází potravin a jejich nutričních hodnot.

Dále je dána *pracovní paměť (PP)* - *báze dat (BD)* a to je část našeho expertního systému, která obsahuje konkrétní fakta o dané řešené úloze. Fakta (data) jsou vkládána do programu ReSolver 32 uživatelem. Znalosti jsou reprezentovány množinou zhruba 200 pravidel.

Při prohledávání báze znalostí je použito dopředného řetězení. Před první otázkou (pohlaví), se klade otázka pro onemocnění trávicího traktu - možné omezení dle diet. Tato část je tvořena 5 základními otázkami a dále asi 6ti dodatkovými otázkami. Základní otázky jsou popořadě: Pohlaví, BMI - program se sám ptá na výšku a váhu, následně vypočte BMI a uloží, věk a fyzickou aktivitu - ta je dána tabulkou pro lehkou, střední a těžkou pro každé pohlaví ( již zakomponována v systému). Na všechny tyto otázky se systém ptá přímo uživatele.

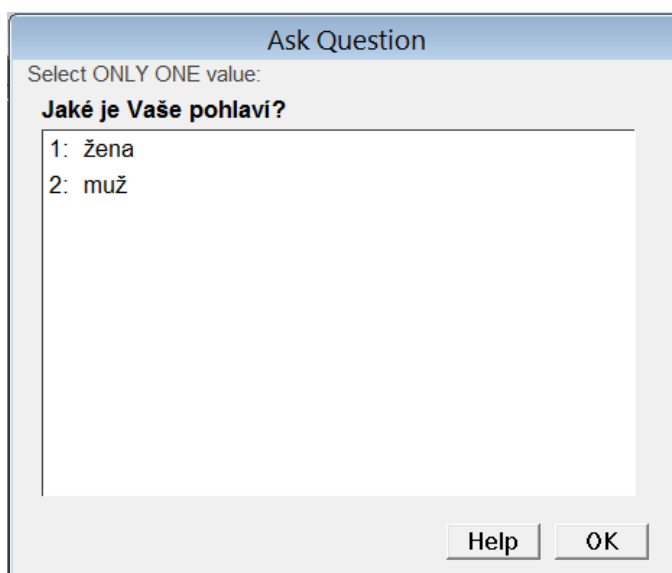
Fakta mohou být samozřejmě vedle přímého vkládání uživatelem přímo do běhu programu, mohou také být načítána z databáze - na to se systém teprve připraví v budoucí části zpracování. Pro účely této bakalářské práce jsou vkládána pomocí formulářů samotného systému. Předmětem dalšího rozšíření může být načítání například osobních karet pacientů. Nová fakta jsou v našem systému odvozená *informačním mechanismem* (IM) a to během činnosti expertního systému. Zopakujme, že informační mechanismus je část expertního systému, která srovnává fakta z pracovní paměti se znalostmi v bázi znalostí za účelem nalezení závěru řešeného problému.

Nejdůležitější otázky si popíšeme pro pochopení programu, jsou to:

- 1) jaké je vaše pohlaví?
- 2) Jaká je Vaše váha
- 3) Jaká je vaše výška
- 4) Jaká je vaše fyzická běžná zátěž (PAL)
- 5) Zadejte Váš věk
- 6) Cvičíte aktivně (závodně sportujete)?
- 7) Jaká byla vaše váha před 6-ti měsíci?
- 8) Trpíte nějakými trávicími omezeními?

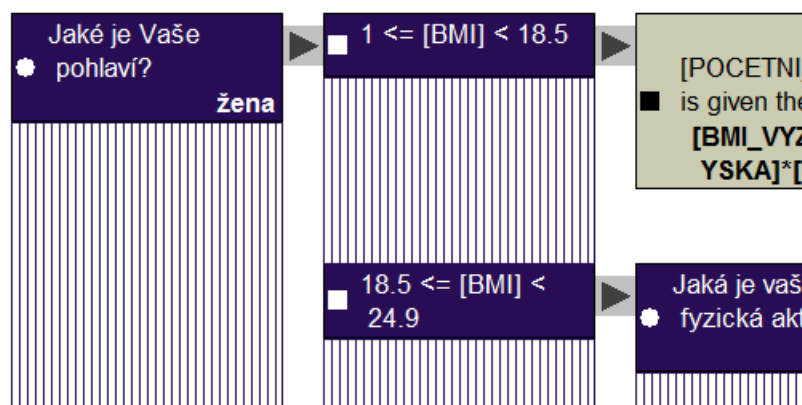
### *Otázka 1: Jaké je vaše pohlaví?*

Otázku ohledně pohlaví jsem zařadil na počátek programu. ReSolver se na pohlaví zeptá již při první otázce (může předcházet nultá otázka - ohledně omezení trávicího traktu, viz dále). Tuto strategii jsem zvolil hlavně pro to, že mohu snadněji odlišovat a vyhodnocovat základní skupinu žen a mužů. Množina pravidel pro muže má podobnou strukturu jako ženy, avšak jsou výjimky. Zatímco v části pro těžkou fyzickou aktivitu jsou pomalu hubnoucí ženy rovnou zařazeny do skupiny „radikální“ snížení příjmu energie, u mužů se může stát (s větší pravděpodobností), že ve své podstatě hubnou, ale kvůli namáhavé fyzické aktivitě mají nárůst svalové hmoty. V těchto konkrétních případech je stupeň neurčitosti poměrně veliký a posíláme tyto pacienty na bližší vyšetření. Program se zeptá uživatele, který vybere ze dvou možností: Žena nebo muž a nasměruje se do příslušné části.



The image shows a dialog box titled "Ask Question". Inside the dialog, it says "Select ONLY ONE value:". Below this, the question "Jaké je Vaše pohlaví?" is displayed. There are two radio button options: "1: žena" and "2: muž". At the bottom right of the dialog, there are two buttons: "Help" and "OK".

**Obrázek 10: Otázka systému 1**



Obrázek 11: Realizace otázky 1 ReSolverem

### Otázka 2: Jaká je Vaše váha? (pro výpočet BMI)

Následují otázky pro jištění BMI. Tyto otázky jsou určeny pro rozřazení daného pohlaví na skupiny: podvyživené, normální, s nadváhou a obezní. Reslover se nejdříve zeptá na váhu - v kilogramech a posléze na výšku - v centimetrech. Tuto hodnotu výšky však přímo nepoužívá, nýbrž si přepočítá do základních jednotek [metry] novou výšku, kterou posléze použije v rovnici:  $Váha/Výška^2$ . Starou proměnou (VYSKA\_v\_CM) pak ještě může použít ve vybraných případech na přepočítání ideálního BMI - tedy takového, podle kterého se následně bude vypočítávat optimální doporučená dávka přísunu energie na den, nicméně důležitější roli hraje nová hodnota v základních, tedy správných jednotkách. Více o výpočtu BMI viz první kapitola, podkapitola: „Vlastní expertní systém: Modul zaměřený na dietologii v léčbě obezity dospělých“

Ask Variable

Please input a value for the variable between 1 and 300

**Jaká je vaše váha? (kg)**

Help OK

Obrázek 12: Otázka systému 2

*Otázka 3: Jaká je Vaše výška? (pro výpočet BMI)*

Již vysvětleno v předchozím odstavci. Můžeme pouze dodat, že vyplněním této otázky se rozbíhá výpočet BMI podle předepsané rovnice.

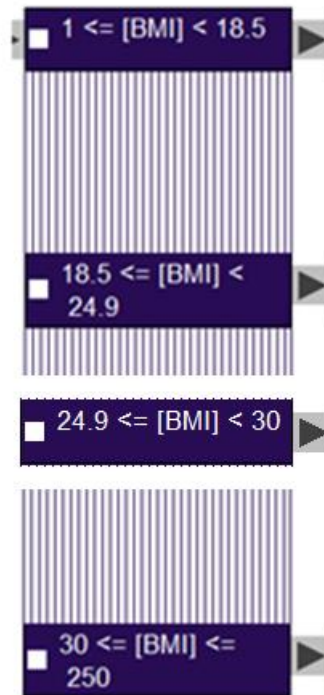
Ask Variable

Please input a value for the variable between 0 and 300

**jaka je vase vyska v cm?**

Help OK

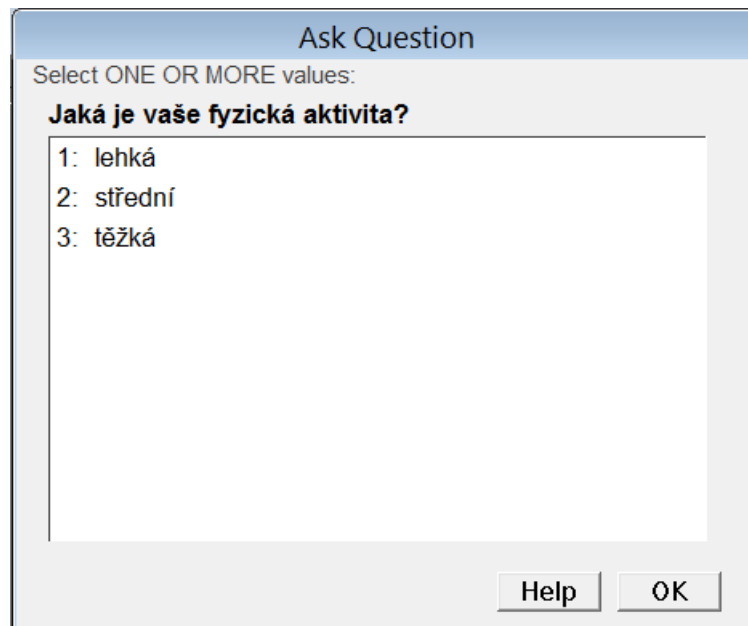
Obrázek 13: Otázka systému 3



Obrázek 14: Realizace otázek 2 a 3 ReSolverem

#### *Otázka 4: Jaká je Vaše fyzická aktivita?*

Dotaz na PAL - (Physical activity Level) - česky fyzickou aktivitu pokládám poté, co program obdržel hodnoty nutné pro výpočet BMI, případně optimálního BMI. Odpověď je však pro každou skupinu (věkovou a samozřejmě pohlaví) jiná. Tedy že zadá-li žena ve věku 18 - 29.9 let, že má vysokou fyzickou aktivitu a k tomu následuje dodatečná otázka, že ještě k tomu sportuje, stanoví se PAL na 1,82 [bez rozměru], kdežto u té samé věkové skupiny s vysokou PAL, ale neaktivně sportující - nehraje závodně sport, se stanoví na 1,73. Samozřejmě pak pacienti s lehčími fyzickými aktivitami (odvíjené jsou především podle práce pacienta v každodenním životě), mají nižší hodnotu. U mužů jsou fyzické aktivity o něco větší - předpokládá se, že mají větší zátěž. Pozn.: v tomto kroku se však ještě žádné nové rozhodnutí neprovádí (nestanoví) příslušná hodnota. Na tu ještě potřebujeme znát třetí indikaci a tou je, jak jsem již naznačil, věková skupina (viz další otázka).



Obrázek 15: Otázka systému 4

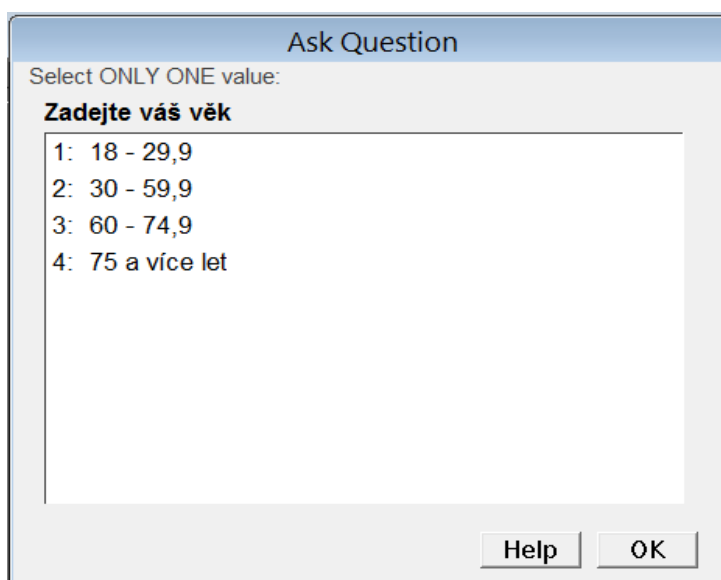


Obrázek 16: Realizace otázky 4 ReSolverem



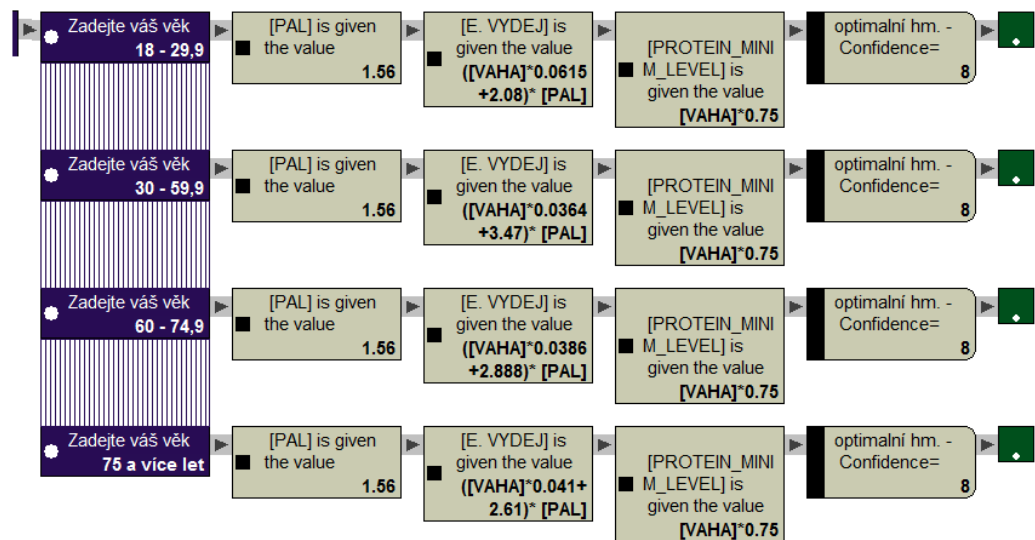
### *Otázka 5: Jaký je Váš věk?*

Odpověď na v pořadí pátou otázku „Zadejte Váš věk“ je v programu rozdělena (pravidla v první kapitole) na 18 až 29.9 let, 30 až 59.9 let, 60 až 74.9 a 75 a starší. Pro každou věkovou skupinu se totiž počítá jiným způsobem energetický příjem (viz pravidla dietologie: Vlastní expertní systém: Modul zaměřený na dietologii v léčbě obezity dospělých). Zde uživatel zadá svoji věkovou skupinu, která je důležitá pro další výpočty. V budoucnu se však takto pevně ukotvené hranice změní a měly by být jemnější - tedy rozdělit tuto část přímo na jednotlivé roky pacienta. (Nyní má pacient v 59.9 letech příliš jiné výpočty příjmu energie, než-li čerstvý 60-ti letý, z jinak stejné skupiny -PAL, pohlaví, BMI, Výška a váha...).



The image shows a dialog box titled "Ask Question". Inside the dialog, it says "Select ONLY ONE value:" followed by the instruction "Zadejte váš věk". Below this, there is a list of four age groups: "1: 18 - 29,9", "2: 30 - 59,9", "3: 60 - 74,9", and "4: 75 a více let". At the bottom right of the dialog, there are two buttons: "Help" and "OK".

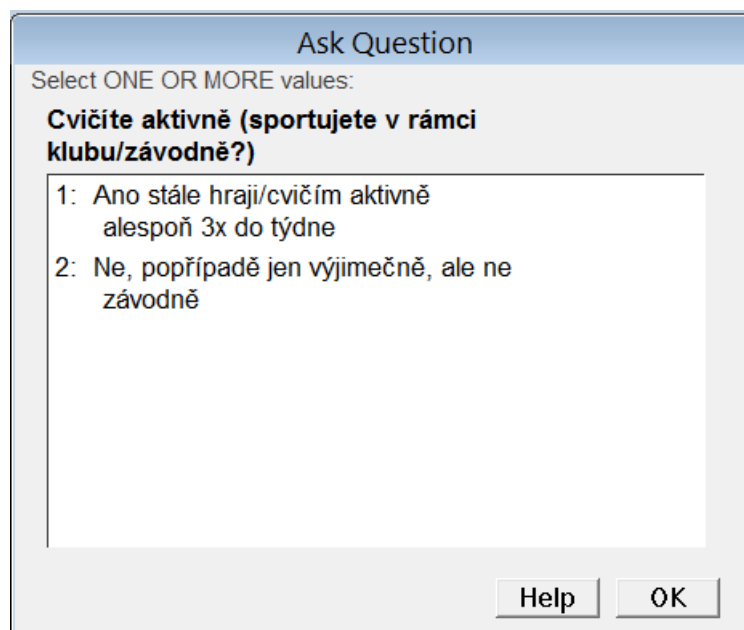
**Obrázek 17: Otázka systému 5**



Obrázek 18: realizace otázky 5 ReSolverem

**Otázka 6: Cvičíte aktivně (závodně sportujete)?**

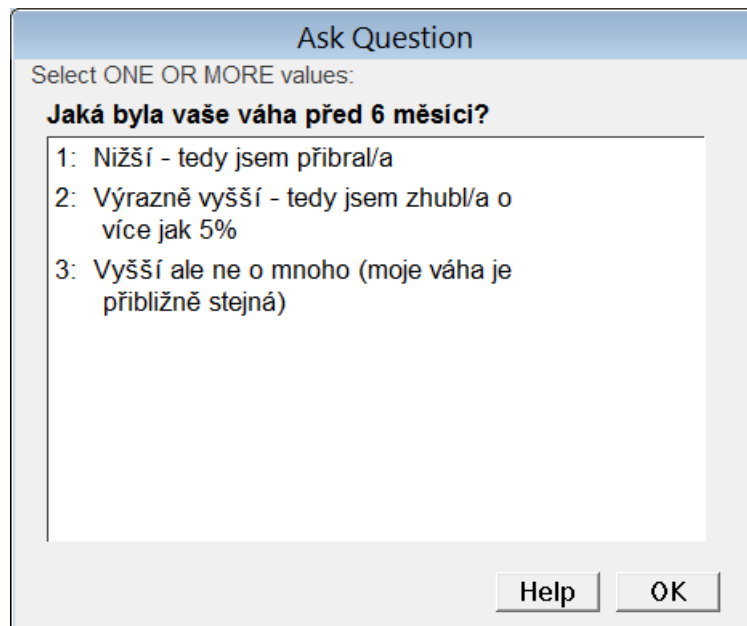
V této otázce je doupřesněna fyzická aktivita s ohledem na konkrétní věk. Jelikož již je tato otázka pouze dodatková - to znamená netýká se všech skupin (například již není vztahována pro nejstarší skupinu obou pohlaví a některé vybrané skupiny s věkem 60 - 74.9 let. (pacienti - ženy s nízkou fyzickou aktivitou.... ) nemusí být uvedena vždy při každém seanci. Program tuto otázku vůbec nemusí použít. A pokud ji použije může být položena v různém místě seance (může být buď před, nebo za následující otázkou....).



Obrázek 19: Otázka systému 6

***Otázka 7: Jaká byla vaše váha před 6-ti měsíci?***

V další dodatkové otázce se pacienta ptáme na průběh jeho váhy za polední půl roku. Tato otázka je důležitá v případě, že pacient již je ve správě lékařů, ale nedaří se mu hubnout, popřípadě hubne příliš pomalu. V takovýchto případech se přikročí k razantnějším opatřením, jako je snížení energetické dávky na den, popřípadě rovnou stanovena (i s ohledem na fyzickou aktivitu) na 5[MJ] (pro ženy), či na 6,4[MJ] (pro muže).



Obrázek 20: Otázka systému 7

### *Otázka 8: trpíte nějakými trávicími omezeními?*

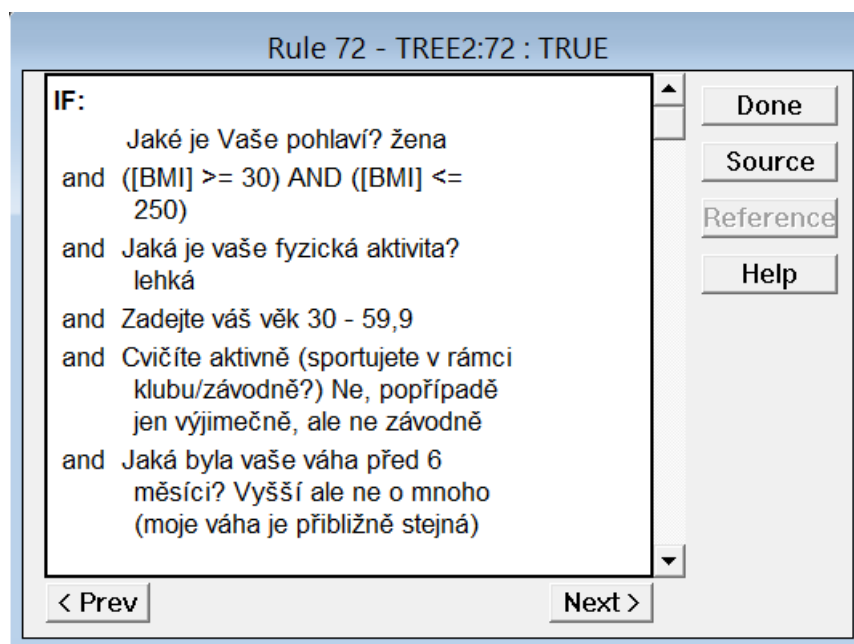
Tato otázka je pokládána vždy. Jedná se totiž o to, že jak již bylo uvedeno máme systém rozdělen na 2 části. První část je pro zdravé pacienty, druhá pak pro pacienty nemocné a tato otázka nám určuje, do které části systém spadne. Pakliže uživatel odpoví na otázku záporně - tedy nemá žádné omezení trávicího traktu (nemá předepsanou žádnou dietu), bude systém pracovat s ReSolverem, v opačném případě s druhým programem, který vybere konkrétní dietu pro jeho omezení.

Zde se tedy určuje, zda se spustí druhá část našeho systému, či nikoli. Pakliže je odpověď na tuto otázku kladná, následuje seznam chronických nemocí. Tyto nemoci mají předepsané dané diety (viz. diety v první kapitole) a ke každé nemoci je vybrána ta dieta, aby vyhovovala jedné této nemoci a jedné aby byla splněna denní dávka přísunu energie a minimálního množství proteinů. Ta je určena ReSolverem pomocí pravidel a informací (z otázek), jež jsme si zde ukázali.

### 4.3 Možné Výsledky

Pokud již tedy víme, jak jaké otázky pracují a jak jsou řazeny můžeme si ukázat cvičný příklad. V této kapitole tedy budeme simulovat uživatele, kteří se budou na systému zkoušet a budou chtít poradit. Od systému můžou očekávat doporučenou denní dávku energie a minimální objem proteinů. Budeme tedy např. předstírat, že jsme 35ti letá žena, pracující jako sekretářka (kdy veškerou pracovní dobu prosedí v kanceláři), s váhou 80[kg] a výškou 169[cm] a za posledního půl roku s nám nedaří efektivně hubnout. Aktivní sport neděláme. Potřebujeme znát naši doporučenou denní dávku energie.

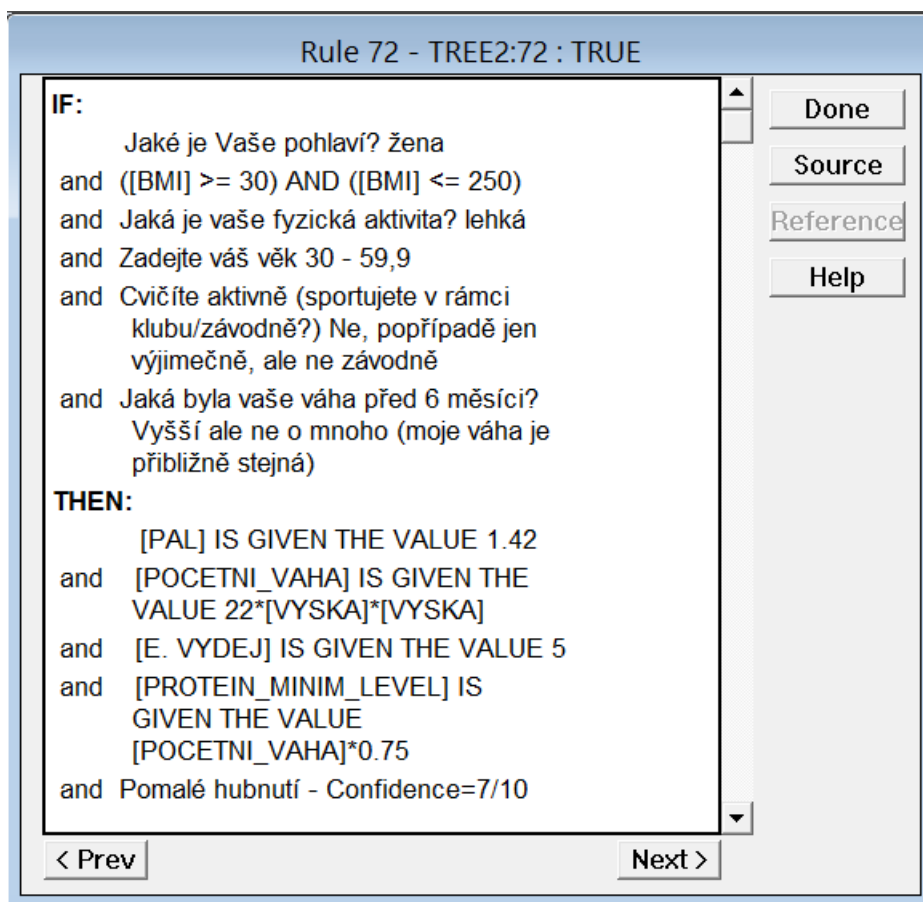
ReSolver spustíme přes aplikaci run. Po úvodním okně se objeví první otázka na omezení stravy. Pakliže zadáme, že jsme zdraví, je průběh již shodný s předchozí kapitolou. Konkrétně zadáme: na otázce s pohlavím vybereme, že jsme žena. Váhu zadáme 80[kg], a výšku 169[cm]. Dále vybereme z možnosti lehké denní aktivity a věk mezi 30 a 59.9 lety. Následně se nás program zeptá na doplňující otázku, zda aktivně sportuje. Zadáme-li, že ne, pouze výjimečně, dotáže se nás systém na otázku, jak to s námi vypadalo před půl rokem. Zvolíme možnost, že jsme mírně zhubli, ale ne o mnoho. Po té ReSolver vypíše zjištěné informace, které se mohou upravit.



Obrázek 21: Vypsání použitých podmínek pravidla

Pakliže je vše v pořádku, vypočte nám výsledky, konkrétně si je uloží do proměnných a vypíše výslednou zprávu:

„Jste na správné cestě v ochraně svého zdraví, můžete být však ještě úspěšnější ve váhové redukci, pokud snížíte Váš energetický příjem podle návrhu a budete pravidelně cvičit. Jestliže trpíte chronickým onemocněním, pak žádejte radu od svého ošetřujícího lékaře ohledně pro Vás vhodného typu fyzické aktivity a její optimální doby trvání. V případě, že netrpíte chronickým onemocněním, pak postupně zvyšujte úroveň fyzické zátěže a dobu jejího trvání až na optimálních 40 minut středně těžké fyzické aktivity 4x týdně. Druh fyzické aktivity je Vaší volbou, ale upřednostňovány by měly být dynamické aerobní aktivity jako je chůze, jízda na kole, podle Vašich možností i džoging, plavání, běh..“



Obrázek 22: Použití pravidla a určení případných hodnot

Fyzická aktivita byla nastavena na 5[MJ] a byl proveden výpočet optimální váhy = 62,8 [kg]. Od tohoto se odvíjí výpočet energetického přísunu potravin. Ten je ale pro takovýto případ implicitně nastaven na 5[MJ]/den a minimální přísun proteinů je 47,12[g/kg] váhy.

Dalším příkladem bude muž. Bude mu mezi 18 a 29.9 lety, vážít bude 90 [kg] a měřit 169[cm]. Bude pracovat jako malíř pokojů a bude to člen volejbalové federace - hráč krajského přeboru. Tomuto muži se již v minulém měsíci podařilo znatelně zhubnout.

**Rule 178 - FINAL:178 : TRUE**

**IF:**

Máte nějaké omezení stravy? Ne, nemám předepsánu žádnou dietu

and Jaké je Vaše pohlaví? muž

and ([BMI] >= 30) AND ([BMI] <= 250)

and Jaká je vaše fyzická aktivita? střední

and Zadejte váš věk 18 - 29,9

and Cvičíte aktivně (sportujete v rámci klubu/závodně?) Ano stále hraji/cvičím aktivně alespoň 3x do týdne

and Jaká byla vaše váha před 6 měsíci? Výrazně vyšší - tedy jsem zhubl/a o více jak 5%

**THEN:**

[PAL] IS GIVEN THE VALUE 1.78

and [POCETNI\_VAHA] IS GIVEN THE VALUE  $24.9*[VAHA]*[VAHA]$

and [E. VYDEJ] IS GIVEN THE VALUE  $([POCETNI_VAHA]*0.064+2.84)*1.55$

and [PROTEIN\_MINIM\_LEVEL] IS GIVEN THE VALUE  $[POCETNI_VAHA]*0.75$

and změna k lepšímu - nadváha - Confidence=6/10

Done

Source

Reference

Help

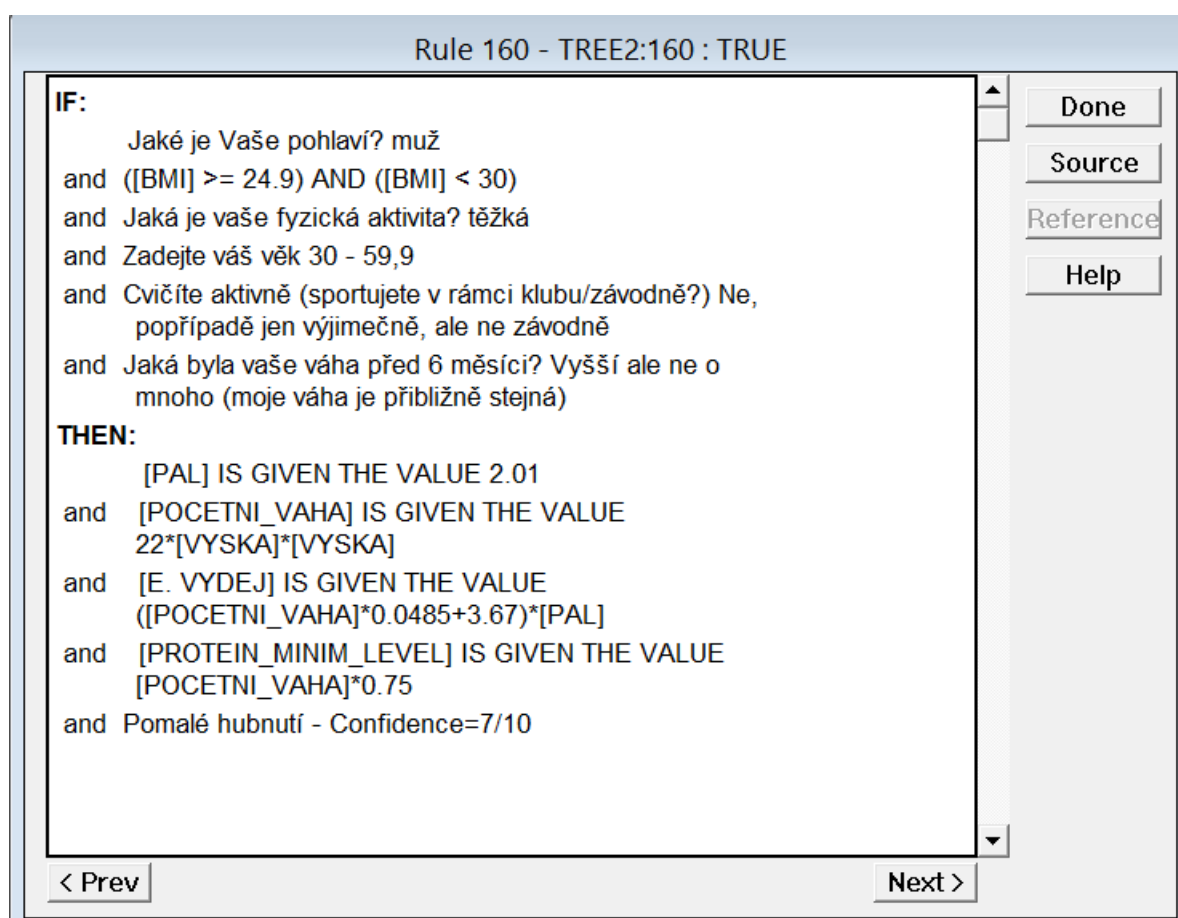
< Prev
Next >

Obrázek 23: Možné použití konkrétního pravidla

Vyhodnocení systému pak dle experta této problematiky (lékaře zabývající se preventivní medicínou v oboru obezity) pracuje systém správně. To znamená že dokáže správně zařadit pacienta do správné skupiny, vypočítat mu správný denní příjem energie a dokáže stanovit minimální potřebné množství proteinů.

Na konec této kapitoly si uvedeme ještě příklad, pakliže zadáme v programu také onemocnění. Pokud uživatel na začátku spuštěné procedury programu odpoví na první otázku kladně - tedy že má zdravotní omezení (například má zánět žaludku, což mu zamezuje jíst vybrané potraviny). Pak se program zeptá na druh onemocnění, v našem případě na konkrétní onemocnění a podle odpovědi mu přiřadíme dietu (viz diety v první kapitole). Podle této diety se následně vybere omezující množina potravin, kterou program pacientovi navrhne.

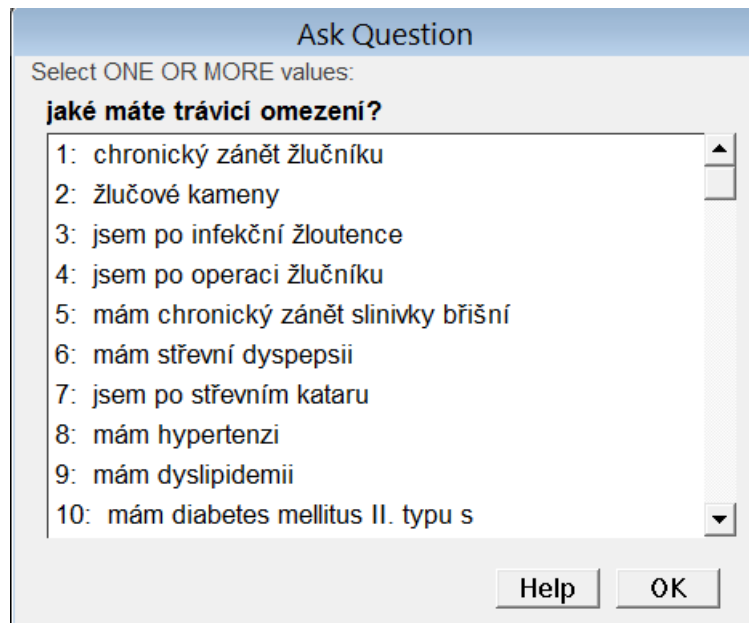
První část již nebudeme znovu popisovat.



Obrázek 24: možné použití dalšího pravidla

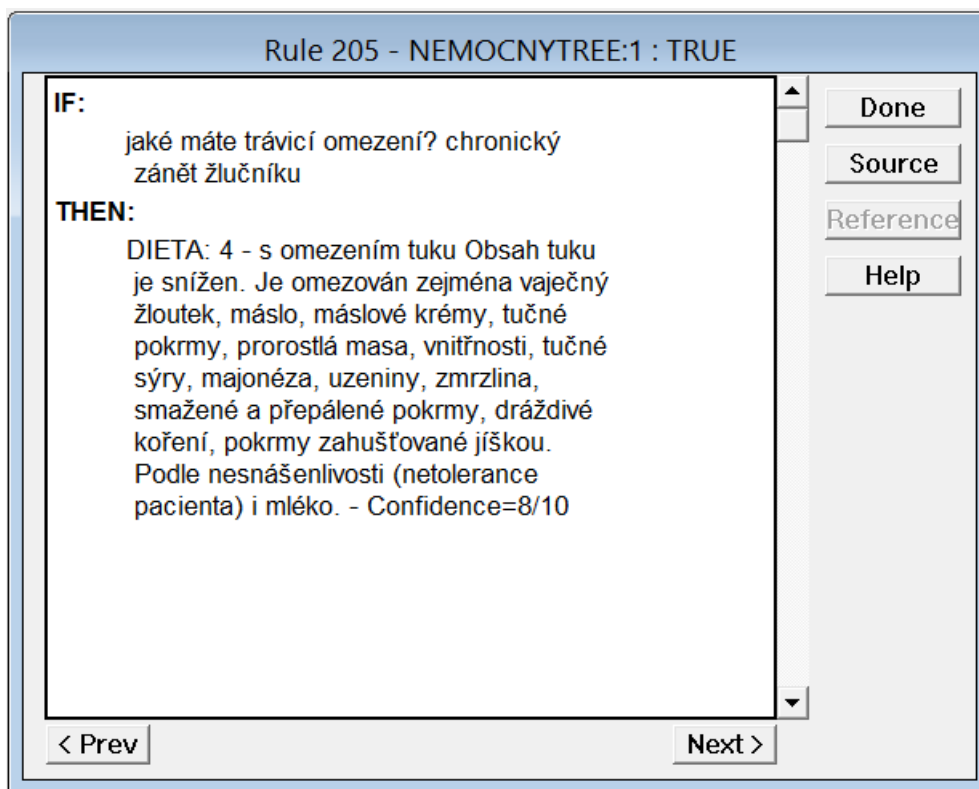


V druhé části zvolíme první možnost - tedy například smyšlená osoba bude mít chronický zánět žlučníku.



**Obrázek 25: Otázka systému na omezení stravy**

Po zadání určí systém naši chorobu a nasadí nám dietu číslo 4. Tato dieta je popsána v první kapitole (nebudeme zde již vypisovat).



Obrázek 26: Možné použití pravidla při nemoci

Na úplný závěr nám ReSolver vypíše výsledky a celkovou zprávu:

Confidence		
8	DIETA: 4 - s omezením tuku Obsah tuku je snížen. Je omezován zejména vaječný žloutek, máslo, máslové krémy, tučné pokrmy, prorostlá masa, vnitřnosti, tučné sýry, majonéza, uzeniny, zmrzlina, smažené a přepálené pokrmy, dráždivé koření, pokrmy zahušťované jíškou. Podle nesnášenlivosti (netolerance pacienta) i mléko.	Done
7	Pomalé hubnutí	How
	Zadejte váš věk 30 - 59,9	Rerun
	Jaké je Vaše pohlaví? muž	All
	váše spočítané BMI = 29.83941	Help
	Jaká je vaše váha? (kg) = 110	
	Váš doporučený energetický výdej = 10.282811	
	Vaše fyzická aktivita = 2.01	
	Vas minimální příjem proteinů je [g]: = 30.8256	
	Jaka je vaše vyska v ? [cm] = 192	

Obrázek 27: Výsledná zpráva systému

#### 4.4 Vyhodnocení

K otestování jsme systému předložili 10 reálných klinických pacientů. Takovéto testy se vyhodnocují pod dohledem experta, který určí, zda jsou výsledky správně. U všech těchto 10 pacientů dospěl systém ke stejnému závěru, jako expert. Při již vymyšlených testovacích případech 9 z 10 pacientů prošlo shodně se doporučením

experta. Drobné odchylky jednoho pacienta byly způsobeny věkem. Ten byl vyšší než 75 let. Těmto pacientům již lékaři neradí hubnout, nýbrž zachovat si svůj zavedený standard výživy. Jinými slovy řečeno nedoporučují trápit pacienty v pokročilém věku restriktivními dietami. V tomto případě tedy budeme brát výsledné doporučení systému pouze za orientační hodnotu, kterou pacient může a nemusí dodržovat. Závěr odborníka v problematice byl takový, že systém dostatečně v dobré míře napodobuje experta (simuluje) na danou problematiku a tedy pracuje správně. Pro nalezení všech drobných odchylek by však bylo nutné provádět okolo tisíce simulačních odlišných případů. Pro každou nemoc, jež máme v databázi (první kapitola), by bylo nutno provést přes 200 odlišných simulací. Toto již však bude předmětem další části programu, jež již není cílem bakalářské práce.

## Výsledek:

Výsledky systému jsou přiloženy v tabulce č. 6. Tyto výsledky byly konzultovány s expertem v oblasti klinické výživy, vedoucí oddělení klinické dietologie FN Plzeň Jaroslavou Kreuzbergovou, DiS. Takto stanovené doporučené hodnoty systémem jsou dle experta správné.

pacient	pohlaví	váha (kg)	výška (m)	aktivita	věk	sportuje?	váha před	stravovací omezení	Doporučená hodnota energie [MJ]	Dieta:	denní minimumho dhota proteinů (g)	BMI
1	muž	89	177	lehká	35	ano	stejná	nemá	10,8		51,7	28,4
2	muž	89	177	lehká	42	ne	přibral	nemá	8,4		51,7	28,4
3	muž	110	183	lehká	27	ne	přibral	nemá	5,0		55,3	32,8
4	muž	110	183	lehká	35	ne	přibral	hypertenze		Dieta při hypertenzi z kategorie D8	43,0	32,8
5	muž	110	183	střední	52	ne	přibral	chronická pankreatitida		D4, tuky 5,0 55 g	55,3	32,8
6	žena	78	171	střední	48	hodně	stejná	nemá	9,5		48,0	26,7
7	žena	71	167	střední	50	ne	přibrala	nemá	6,3		46,0	25,5
8	žena	79	158	střední	50	hodně	stejná	srdečně cévní choroby		D 4 s omezení 5,0 m tuků	41,2	31,6
9	žena	68	167	lehká	32	hodně	stejná	subakutní střevní dyspepsie		D bezezbytková	51,0	24,4
10	žena	150	168	lehká	52	ne	zhubla	diabetes mellitus II. typu		5,7 D9	48,5	53,1

Tabulka č. 6 - výsledky systému

## 5 Závěr

Cílem této práce bylo:

- 1) Seznámit se se zásadami klinické dietologie a prostudování literatury návrhu a vývoje expertních systémů.
- 2) Navrhnout a vytvořit expertní systém pro klinickou dietologii se zaměřením na obezitu, vybrané metabolické choroby a nemoci trávicího traktu.
- 3) Vyhodnotit činnost systému na reálných klinických datech a porovnání s doporučením experta v dané problematice.

Dosaženo bylo následujících výsledků:

- 1) Získání informací a znalostí o dané problematice z oboru lékařství - dietologie.
- 2) Vytvoření expertního systému, se zaměřením na metabolické choroby a nemoci trávicího traktu.
- 3) Vyhodnocení na klinických datech a ověření správné činnosti systému expertem v této problematice.
- 4) Získání pravidel (báze znalostí) nutnou pro sestavení expertního systému v dietologii v takové podobě, aby bylo možno ji použít pro rozšíření stávajících nutričních programů.

Dle výše uvedeného bylo dosaženo všech stanovených cílů práce.

Zhodnocení na datech / expertem:

Výsledek systému byl totožný s doporučením experta.

Na základě dosud provedených vyhodnocení můžeme předpokládat, že báze znalostí dostatečně obnáší a zohledňuje znalosti lidského experta - lékaře a může vyhovovat potřebám obezitologických a dietologických ordinací. V další práci předpokládáme provedení testů a vyhodnocení na širší kontrolní skupině pacientů. Zároveň bude po konzultaci s lékaři zvážena možnost použití „neostrých“ hranic v definici expertních pravidel, např. použitím teorie fuzzy množin a fuzzy logiky. (Na tomto místě je třeba zdůraznit, že dosavadní doporučení lékařů se striktně držela pevného a ostrého rozdělení hodnot jednotlivých veličin do jednotlivých intervalů (z matematického pohledu tvořících úplný disjunktí rozklad množiny všech přípustných hodnot dané veličiny)). Dlouhodobým cílem budoucí práce je pak implementace vytvořené a odzkoušené báze znalostí do vybraného nutričního programu za účelem stanovení doporučených hodnot nutrientů a skladby potravin v závislosti na zdravotním stavu konkrétního pacienta.

Výsledkem této práce je expertní systém, tedy soubor znalostí, který na základě informací od uživatele dokáže klasifikovat konkrétního pacienta do jeho konkrétní skupiny, což se děje s dostatečně velkou přesností.

## 6 Literatura

1. KREUZBERGOVÁ, J., RUŠAVÝ, Z.: Dietní systém in SVAČINA, Š. a kol. Klinická dietologie. Grada 2008, s 381.
2. MULLEROVÁ, D.: Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech. Triton 2003, s. 99.
3. NATIONAL RESEARCH COUNCIL U.S. Recommended Dietary allowances, 10<sup>th</sup> edition. Washington: National Academy Press, 1989, 64, p. 284-285.
4. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Nutrient and energy intakes for the European Community. Reports of the Scientific Committee for Food (Thirsty–first series) Commission of the European Communities, Directorate-General Industry, Luxembourg. 1993, p. 150.
5. WHO technical report series 916. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO, Geneva, 2003, p. 149.
6. Společnost pro výživu: Výživové doporučené dávky: Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH), 2013, s. 122.
7. PAYNE-JAMES, J., GRIMBLE, G., SILK, D.: Artificial nutrition support in clinical practice. 2nd ed. London: Greenwich Medical Media. 2001. p. 798.
8. DOBERSKÝ, P., ŠIMONČIČ, R., BUČKO, A a kol.: Diétný systém pre nemocnice I. Vydavateľstvo Osveta. 1983. s. 482.
9. FRUHBECK G. and Executive Committee of the European Association for the Study of Obesity: Obesity: the gateway to ill health –an EASO position statement on a rising public health, clinical and scientific challenge in Europe Obes Facts. 2013;6(2):117-20.
10. World Health Organization: Fact Sheet No.311 (May 2012). [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/).
11. HAINER, V, a kol.: Základy klinické obezitologie. Grada Publishing, 2004, 356 s.
12. MULLEROVÁ, D. a kol.: Prevence a léčba obezity. Mladá Fronta. 2009, s. 261.
13. WHO Consultation on Obesity: Obesity: preventing and managing the global epidemic : report of a WHO consultation. Geneva, Switzerland, 1999.
14. BUTTE, N., GARZA, C., de ONIS, M.: Evaluation of the feasibility of international growth standards for school-aged children and adolescents. J. Nutr. 2007; 137: 153–157.

15. COLE, T.J., BELLIZI, M.C., FLEGAL, K.M., DIETZ, W.H.: Establishing a standard definition for child overweight and obesity: international survey. *BMJ* 2000; 320: 1240–1243.
16. LHOTSKÁ, L., BLÁHA, P., VÍGNERVÁ, J., ROTH, Z., PROKOPEC, M.: Vth nation-wide anthropological survey 1991 in the Czech Republic, the comparison with 1981 data. *Cent Eur J Public Health* 1994; 2(2): 95–99.
17. TSIGOS, C., HAINER V., BASDEVAN, B., FINER, N., FRIED, M. et al.: Management of obesity in adults: European Clinical Practice Guidelines. *Obesity Facts* 2008: 1:106-116.
18. BRÁZDOVÁ, Z., FIALA, J. Dietary Guidelines in the Czech Republic. *Sborník prací lékařské fakulty* 115, Masarykova univerzita Brno, 1998, p. 1-247.
19. MULLEROVÁ, D., TYCHTL, Z., MULLER, L., BRÁZDOVÁ, Z.: *NutriDan, nutriční software*, 2003.
20. JOHN, D., *Expert Systems Design and Development*, Prentice Hall, New Jersey, 1994, s. 381



## 7 Přílohy

Přehled tabulek:

1. Tabulka 1: Kategorie BMI dospělých a zdravotní riziko tab. 1 (str. 57).
2. Tabulka 2. Výživová doporučení EU pro dospělé (str. 58).
3. Tabulka 3: Zásady skladby jednodenního jídelníčku hypokalorické nutričně vyvážené diety (str 60).
4. Tabulka 4: Příklady zakázaných a doporučovaných potravin v dietě č. 4 (str. 61).
5. Tabulka 5: Příklady zakázaných a doporučovaných potravin v dietě č. 8 (str. 63).
6. Tabulka 6. - výsledky vytvořeného systému (str. 52).

Tabulka 1: Kategorie BMI dospělých a zdravotní riziko

BMI	Kategorie	Zdravotní riziko
< 18,5	podváha	zvýšené
18,5–24,9	normální rozmezí	minimální
25,0–29,9	nadváha	zvýšené
30,0–34,9	obezita 1. stupně	vysoké
35,0–39,9	obezita 2. stupně	vysoké
> 40	obezita 3. stupně	velmi vysoké

Tabulka 2: Výživová doporučení EU pro dospělé

		Muži	Ženy
energie (MJ/d)		11,3	8,5
protein (g)	PRI	0,75 g/kg*	
vitamin A (μg)	PRI	700	600
vitamin D (μg)	ARI	0–10	
vitamin E (mg)	PRI	0,4 mg alfa TE/PMK	
riboflavin (mg)	PRI	1,6	1,3
niacin (mg niacin ekv.)	PRI	1,6 mg NE/MJ	
thiamin (mg)	PRI	100/MJ	
pantothénová kyselina (mg)	ARI	3–12	
vitamin B <sub>6</sub>	PRI	15 μg/g proteinu	
vitamin B <sub>12</sub> (μg)	PRI	1,4	
biotin (μg)	ARI	15–100	
kyselina listová (μg)	PRI	200	
vitamin C (mg)	PRI	45	
vápník (mg)	PRI	700	
fosfor (mg)	PRI	550	
hořčík (mg)	ARI	150–500	
sodík (mg)	ARI	575–3500	
draslík (mg)	PRI	3100	
železo (mg)	PRI	9	16

zinek (mg)	PRI	9,5	7
měď (mg)	PRI	1,1	
selen (μg)	PRI	55	
jód (μg)	PRI	130	
mangan (mg)	ARI	1–10	
n-3 PMK (% energie)	PRI	0,5	
n-6 PMK (% energie)	PRI	2	

\* maximální ideální tělesné hmotnosti; PRI – populační referenční příjem, Eqv – ekvivalent, ARI – Acceptable Range of Intake, TE – tokoferolový ekvivalent, NE – niacinový ekvivalent; U žen, kde dávka není uvedena, je shodná s dávkou pro muže.

Tabulka 3: Zásady skladby jednodenního jídelníčku hypokalorické nutričně vyvážené diety

Tuky	do 30 % CE	s největším zastoupením MMK a poměrem 1 : 4 PMK n-3 ku n-6
Bílkoviny	20 % CE = 1–2 porce potravinových zdrojů bílkovin  (1 porce = 80 g červeného masa, 125 g drůbežního či rybího masa)	= 0,8 g bílkoviny/1 kg optimální tělesné hmotnosti
Zelenina	alespoň 300 g	
Ovoce	200 g	
Přílohy (těstoviny, brambory, knedlíky, rýže)	poloviční množství běžných porcí	
Mléčné výrobky	nízkotučné 1–2 porce denně (příklad 1 porce = 200 ml mléka či jogurtu, 30 g sýra)	
Pitný režim	alespoň 2000 ml	hrazený zejména nekalorickými tekutinami

Tabulka 4: Příklady zakázaných a doporučených potravin v dietě č. 4

Potraviny	Zakázané	Doporučené
Masa, drůbež, uzeniny	Tučná masa, vnitřnosti, uzeniny včetně párků	Libová masa – kuře, krůta, králík, hovězí, telecí. Šunka krutí či vepřová
Ryby	Úhoř, losos, makrela, sled', ryby v oleji	Treska, filé, kapr, pstruh
Tuky	Sádlo, slanina, majonéza, tučné dresinky, tatarská omáčka	Rostlinné oleje, rostlinné tuky, máslo
Vejsce		Jen do pokrmu
Mléko, mléčné výrobky	S vyšším obsahem tuku, smetana, pikantní sýry	Nízkotučné sýry do 30 % T, nízkotučný tvaroh a jogurt, mléko do 1,5 % T
Obilniny, pečivo	Linecké, lístkové, oplatky s náplněmi a čokoládou, celozrnné pečivo, kynuté pečivo	Bílé pečivo, piškoty
Přílohy	Hranolky, luštěniny, opečené brambory	Brambory, těstoviny, rýže, knedlíky nekypřené droždím
Zelenina	Kapusta, zelí, brokolice, květák, paprika, okurka, ředkvičky, cibule, česnek, luštěniny	Mrkev, hlávkový salát, špenát, čínské zelí, pórek
Ovoce, ořechy	Rybíz, ořechy, jahody, kiwi, fíky, datle, ořechy, kokos, mák	Jablka, broskve, meruňky, banány, třešně
Nápoje	Alkoholické včetně piva, zrnková káva, sycené vody	Čaje, i ovocné, slabé kakao, meltová káva, ředěné šťávy
Koření	Ostré, hořčice, kečup, ocet, silné	Zelená pažitka, kopr, oregano,

	vývary z masoxu, maggi	bazalka, libeček, skořice, vanilka, citrónová šťáva
Příprava pokrmů	Smažení, opékání na tuku, jíška, nakládání do oleje, octa	Vaření, dušení, pečení bez tuku, zahušťování bez tuku – moukou opraženou nasucho, lisovaným bramborem apod.

Tabulka 5: Příklady zakázaných a doporučených potravin v dietě č. 8

Potraviny	Zakázané	Doporučené
Masa, drůbež, uzeniny	Tučná masa, uzená masa, uzeniny včetně párků, paštiky, jelita, tlačenky, sekaná a mletá masa	Libová masa – kuře, krůta, králík, hovězí, telecí. Šunka krutí či vepřová
Pokrmly a potraviny	Kalorické potraviny a pokrmly rychlého občerstvení – hamburgery apod.	Ryby: Treska, filé, kapr, pstruh, losos, makrela, sled'
Tuky	Sádlo, slanina, tučné dresinky, tatarská omáčka, máslo	Rostlinné oleje
Vejce	Majonézy	Jen do pokrmu
Mléko, mléčné výrobky	S vyšším obsahem tuku, smetana, tučné nebo uzené sýry, smetanové nebo sladké jogurty, smetanové dezerty	Nízkotučné sýry do 30 % T, nízkotučný tvaroh a jogurt, mléko do 1,5 % T
Obilniny, pečivo	Sladké jemné pečivo, lístkové, linecké, bílé pečivo, s náplněmi a čokoládou	Celozrnné pečivo, suchary, knackebrot,
Sladkosti	Zákusky, oplatky, dorty, a další sladkosti	
Přílohy	Hranolky, opečené brambory smažené čipsy apod.	Povolované ale v polovičních porcích: brambory, těstoviny, rýže
Zelenina	Smažená zelenina	Zelenina syrová, uvařená v páře, vařená. Luštěniny.
Ovoce, ořechy	Kompotované slazené ovoce, sušené ovoce, kandované ovoce, džusy	Méně sladké ovoce, v omezeném množství ořechy, fíky, datle, ořechy, kokos, mák

Nápoje	Slazené nápoje, alkoholické včetně piva, energetické nápoje	Pitná voda, čaje, i ovocné, minerální vody, slabé kakao, meltová káva, ředěné šťávy
Příprava pokrmů	Smažení, opékání na tuku, jíška, nakládání do oleje, octa	Vaření, dušení, pečení bez tuku, zahušťování bez tuku