



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Název:</b>	Android aplikace na detekci onemocnění
<b>Student:</b>	Bc. Danny Dočekalů
<b>Vedoucí:</b>	Ing. Jakub Novák
<b>Studijní program:</b>	Informatika
<b>Studijní obor:</b>	Webové a softwarové inženýrství
<b>Katedra:</b>	Katedra softwarového inženýrství
<b>Platnost zadání:</b>	Do konce zimního semestru 2019/20

### Pokyny pro vypracování

Prozkoumejte existující webovou aplikaci pro detekci onemocnění. Aplikace umožňuje zadat výsledky testů pacienta, vyhodnotit onemocnění a zobrazovat výsledky pacientů.  
Cílem práce je vytvořit Android aplikaci komunikující se serverovou verzí webové aplikace.

Cíle práce:

- 1) Proveďte rešerši v oblasti IS ve zdravotnictví a BI nástrojů pro datové reporty.
- 2) Identifikujte funkcionality webové aplikace a navrhnete architekturu Android aplikace.
- 3) Dejte důraz na intuitivitu, moderní zpracování a na prvky shrnujících statistik (viz BI).
- 4) Vzhledem k povaze medicínských dat navrhnete využití datových standardů.
- 5) Implementujte Android aplikaci a její komunikaci se serverovou verzí webové aplikace (REST).
- 6) Navrhnete a implementujte vnitřní databázi pro offline prohlížení zobrazených výsledků za účelem snížení zátěže komunikace se serverem.
- 7) Otestujte aplikaci a navrhnete další možnosti rozšíření.

### Seznam odborné literatury

Dodá vedoucí práce.

Ing. Michal Valenta, Ph.D.  
vedoucí katedry

doc. RNDr. Ing. Marcel Jiřina, Ph.D.  
děkan

V Praze dne 16. února 2018





**FAKULTA  
INFORMAČNÍCH  
TECHNOLÓGIÍ  
ČVUT V PRAZE**

Diplomová práce

## **Android aplikace na detekci onemocnění**

*Bc. Danny Dočekalů*

Katedra softwarového inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jakub Novák

27. června 2018



---

## Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Jakubu Novákovi za jeho čas během konzultací a podnětné připomínky. Také děkuji rodině a přátelům za podporu, nejen při vzniku této práce, ale v průběhu celého studia.



---

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené.

V Praze dne 27. června 2018

.....

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta informačních technologií

© 2018 Danny Dočekalů. Všechna práva vyhrazena.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí a nad rámec oprávnění uvedených v Prohlášení na předchozí straně, je nezbytný souhlas autora.*

### **Odkaz na tuto práci**

Dočekalů, Danny. *Android aplikace na detekci onemocnění*. Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2018.



---

# Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a implementací Android mobilní aplikace pro podporu rozhodování lékařů. Je provedena rešerše stávajících zdravotnických a analytických nástrojů a také analýza webové aplikace Alma Diagnostics, na jejímž základě mobilní aplikace vznikla, a která poskytuje relevantní data pomocí architektonického stylu REST. Práce dále analyzuje zdravotnické datové standardy a zabývá se možnostmi jejich využití.

**Klíčová slova** Alma Diagnostics, Android, mobilní aplikace, systém pro podporu rozhodování lékařů, zdravotnický datový standard

---

# Abstract

The diploma thesis concerns with the design and the implementation of Android mobile application as a medical decision support system. The analysis of contemporary medical applications and analytic tools was carried out, as well as the analysis of Alma Diagnostics web application. The web application is the basis for the mobile application. It also serves as the source of relevant data by means of architectonic style REST. The thesis further analyzes medical data standards and proposes their utilization.

**Keywords** Alma Diagnostics, Android, mobile application, medical decision support system, medical data standard

---

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>1</b>
Motivace . . . . .	1
Cíle práce . . . . .	1
<b>1 Analýza</b>	<b>3</b>
1.1 Rešerše aplikací využívaných ve zdravotnictví . . . . .	3
1.2 Analýza stávající webové aplikace . . . . .	13
1.3 Analýza datových standardů ve zdravotnictví . . . . .	19
1.4 Analýza mobilních databází . . . . .	22
1.5 Analýza požadavků na vznikající aplikaci . . . . .	24
<b>2 Návrh</b>	<b>29</b>
2.1 Návrh uživatelského rozhraní . . . . .	29
2.2 Návrh komunikace serveru s mobilní aplikací . . . . .	37
2.3 Návrh využití datových standardů . . . . .	40
2.4 Návrh funkčního jádra aplikace . . . . .	42
<b>3 Implementace</b>	<b>49</b>
3.1 Správa zdrojového kódu . . . . .	49
3.2 Implementace síťové komunikace . . . . .	49
3.3 Implementace ukládání objektů do databáze . . . . .	50
3.4 Šifrování . . . . .	51
3.5 Implementace prvků uživatelského rozhraní . . . . .	51
3.6 Použité knihovny a jejich verze . . . . .	53
3.7 Použité ikony a grafika . . . . .	53
<b>4 Testování</b>	<b>55</b>
4.1 Integrovaní testy . . . . .	55
4.2 Testování uživatelského rozhraní . . . . .	56

<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>63</b>
5.1	Výsledná podoba uživatelského rozhraní . . . . .	63
5.2	Databáze . . . . .	65
5.3	Aplikační logika . . . . .	66
<b>6</b>	<b>Diskuze</b>	<b>67</b>
	<b>Závěr</b>	<b>69</b>
	<b>Literatura</b>	<b>71</b>
<b>A</b>	<b>Seznam použitých zkratk</b>	<b>77</b>
<b>B</b>	<b>Obsah příloženého CD</b>	<b>79</b>
<b>C</b>	<b>Finální verze lo-fi prototypu</b>	<b>81</b>
<b>D</b>	<b>Výsledný vzhled aplikace</b>	<b>93</b>

---

## Seznam obrázků

1.1	Ambulantní karta systému FONS Akord . . . . .	4
1.2	Příklad rozhraní kalkulátoru aplikace MDCalc Medical Calculator . . . . .	5
1.3	Úvodní obrazovka aplikace Medscape . . . . .	7
1.4	Příklad dotazu na symptom v aplikaci Ada . . . . .	8
1.5	Prezentace výsledné diagnózy programu Ada . . . . .	8
1.6	Výběr diagnózy . . . . .	10
1.7	Analýza vývoje incidence a mortality v čase . . . . .	10
1.8	Report v nástroji Microsoft Power BI . . . . .	11
1.9	Stránka reportu v aplikaci IBM Cognos Mobile . . . . .	12
1.10	Kompletní obrazovka vytvoření nového pacienta . . . . .	14
1.11	Okno s možnostmi nastavení hraničních hodnot nádorových markerů . . . . .	15
1.12	Seznam předchozích měření pro uživatele ve skupině . . . . .	16
1.13	Detail navržené diagnózy systémem Bianta . . . . .	17
1.14	Možnosti doporučení markerů pro systém Bianta . . . . .	18
1.15	Šifrovací mód . . . . .	19
2.1	Diagram iterace vytváření lo-fi prototypu . . . . .	32
2.2	Návrh úvodní obrazovky . . . . .	33
2.3	Návrh menu (přihlášený uživatel) . . . . .	33
2.4	Návrh uživatelského profilu . . . . .	33
2.5	Návrh obrazovky s doporučením nejčastějších markerů . . . . .	34
2.6	Návrh obrazovky pro shrnující statistiky . . . . .	35
2.7	Návrh tvorby nového měření (krok č. 1) . . . . .	36
2.8	Návrh tvorby nového měření (krok č. 2) . . . . .	36
2.9	Prezentace navrženého výsledku (část č. 1) . . . . .	36
2.10	Prezentace navrženého výsledku (část č. 2) . . . . .	36
2.11	Přehled architektury . . . . .	43
2.12	Sekvenční diagram komunikace . . . . .	44
2.13	Datový model . . . . .	46
2.14	Datový model výsledků . . . . .	47

3.1	Grafy pro zhodnocení hladin markerů . . . . .	52
3.2	Graf pravděpodobnosti onemocnění . . . . .	52
4.1	Pyramida testovacích úrovní . . . . .	55
5.1	Výsledná podoba zobrazování markerů . . . . .	64
5.2	Výsledná podoba statistik . . . . .	65
C.1	Návrh počáteční obrazovky . . . . .	81
C.2	Návrh úvodní obrazovky . . . . .	82
C.3	Návrh profilu pro nepřihlášeného uživatele . . . . .	82
C.4	Návrh přihlašovacího dialogu . . . . .	83
C.5	Návrh úvodní obrazovky po přihlášení . . . . .	83
C.6	Návrh menu pro přihlášeného uživatele . . . . .	84
C.7	Návrh profilu uživatele . . . . .	84
C.8	Návrh obrazovky s informacemi o expertním systému . . . . .	85
C.9	Návrh zobrazování nejčastějších markerů . . . . .	85
C.10	Návrh dialogu pro doporučení markerů . . . . .	86
C.11	Návrh zobrazení doporučených markerů . . . . .	86
C.12	Návrh statistik . . . . .	87
C.13	Návrh přehledu měření . . . . .	87
C.14	Návrh dialogu pro zobrazení šifrovaných údajů . . . . .	88
C.15	Návrh zobrazení rozšifrovaných údajů . . . . .	88
C.16	Návrh zobrazení zhodnocení výsledků markerů . . . . .	89
C.17	Návrh přehledu diagnóz . . . . .	89
C.18	Návrh detailu skupiny diagnóz . . . . .	90
C.19	Návrh detailu rakovinové diagnózy . . . . .	90
C.20	Návrh formuláře pacienta . . . . .	91
C.21	Návrh kroku pro měření markerů . . . . .	91
C.22	Návrh kontroly cut-off hodnot . . . . .	92
D.1	Počáteční obrazovka s logem . . . . .	93
D.2	Úvodní obrazovka . . . . .	94
D.3	Informace o expertním systému . . . . .	94
D.4	Výsledná podoba zobrazování markerů . . . . .	95
D.5	Profil nepřihlášeného uživatele . . . . .	95
D.6	Přihlašovací dialog . . . . .	96
D.7	Menu (přihlášený uživatel) . . . . .	96
D.8	Uživatelský profil . . . . .	96
D.9	Přehled měření . . . . .	97
D.10	Přehled měření offline mód . . . . .	97
D.11	Výsledná podoba statistik . . . . .	98
D.12	Formulář pacienta . . . . .	98
D.13	Výběr markerů . . . . .	99
D.14	Kontrola cut-off hodnot . . . . .	99

D.15 Zhodnocení markerů . . . . .	100
D.16 Diagnózy . . . . .	100





---

## Seznam tabulek

2.1	Přehled způsobu komunikace aplikace se serverem . . . . .	40
2.2	Využití dat ze segmentu PID . . . . .	41
2.3	Využití dat ze segmentu OBR . . . . .	41
2.4	Využití dat ze segmentu OBX . . . . .	41
3.1	Knihovny využité při implementaci . . . . .	53
4.1	Přehled výsledků testování . . . . .	62



---

# Úvod

Trendem současné informační společnosti je používání mobilních aplikací v různých oblastech lidského života a působení. Mobilní aplikace jsou využívány např. v rámci sportu, zábavy a komunikace, ale i vzdělávání, nebo dokonce programování. Zároveň vznikají i mobilní aplikace pro podporu rozhodování určené praktickým lékařům a specialistům [1]. Jejich rozvoj je reakcí (v zahraničí) na projekt elektronizace zdravotnictví (eHealth [2]). Využívání chytrých telefonů a tabletů ve zdravotnictví je tedy především v zahraničí běžné [3]. Tento trend je také důvodem tvorby nativní Android aplikace pro webový portál Alma Diagnostics<sup>1</sup>, který sdružuje několik expertních systémů pro podporu rozhodování lékařů a v současné době je reálně využíván v některých zdravotnických zařízeních. Tento portál je také v současnosti dále aktivně rozvíjen o další moduly.

## Motivace

Tato práce mi poskytla příležitost pracovat na vývoji zajímavé mobilní aplikace. Zaujalo mě, že se jedná o unikátní projekt, který má potenciál přispět k inovaci ve zdravotnictví.

## Cíle práce

Hlavním cílem práce je vytvořit funkční Android mobilní aplikaci, která bude vycházet z funkcionality webové verze aplikace.

Cílem teoretické části je analyzovat v současnosti používané zdravotnické systémy a BI nástroje a samotnou webovou aplikaci Alma Diagnostics, aby mohly být vytvořeny požadavky na vznikající mobilní aplikaci. Dalším cílem je analyzovat zdravotnické datové standardy.

---

<sup>1</sup> dostupné z: <http://almadiagnostics.com>

## Úvod

---

Cílem praktické části je navrhnout novou mobilní aplikaci tak, aby její uživatelské rozhraní bylo intuitivní a byly do něj zakomponovány prvky statistik, aby aplikace komunikovala se serverem pomocí architektonického stylu REST a umožňovala offline prohlížení navržených výsledků měření za využití lokální databáze. Dalším cílem je navrhnout způsob použití analyzovaných datových standardů. Posledním cílem je testování aplikace pro ověření její použitelnosti a návrh jejího dalšího rozšíření.

---

# Analýza

Analýza je v softwarovém inženýrství obvykle první fází projektu. Slouží k získání orientace v dané problematice a pomáhá utvářet požadavky na vznikající software.

## 1.1 Rešerše aplikací využívaných ve zdravotnictví

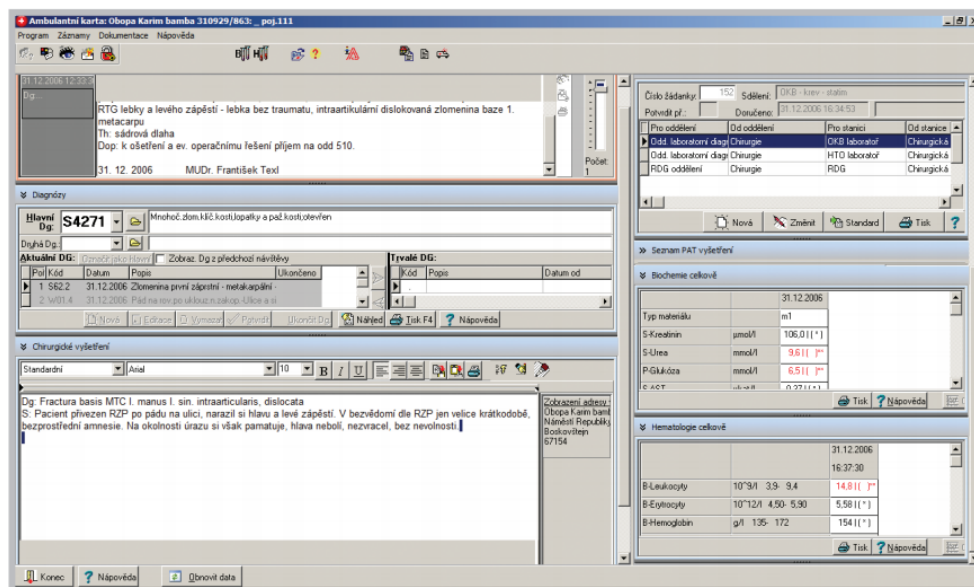
Cílem této rešerše je analyzovat funkce a uživatelské rozhraní často využívaných a úspěšných zdravotnických aplikací a nalézt v nich zdroj inspirace pro vznikající aplikaci.

### 1.1.1 Laboratorní a nemocniční informační systémy

**Laboratorní informační systém (LIS)** je software, který zajišťuje příjem dat pro laboratorní vyšetření, jejich zpracování, kontrolu, odeslání výsledků objednateli a vyúčtování výkonů pro pojišťovnu [4]. Tyto systémy spolupracují s dalšími programy pro tvorbu statistik uložených dat, které slouží např. k tvorbě souvislostí mezi laboratorními měřeními a demografickými údaji. Podporují vstup zadaný ručně, elektronicky z jiného systému, nebo laboratorního přístroje. K výrazným systémům v ČR patří FONS Openlims od firmy STAPRO [5]. Dalším rozšířeným systémem je Envis<sup>®</sup> LIMS [6].

**Nemocniční informační systém (NIS)** je software, který eviduje a podporuje procesy a postupy ve zdravotnictví, umožňuje komunikaci a spolupráci napříč lékařskými obory [4]. Umožňuje dokumentovat informace o pacientovi (vstupní anamnézu, léčbu a závěrečnou zprávu), včetně evidence jeho laboratorních a obrazových vyšetření. Komunikuje s LIS, pro který generuje elektronickou žádanku a čárový kód pro identifikaci biologického materiálu, k němuž se žádanka vztahuje. Umožňuje tisk receptů a stejně jako LIS i vyúčtování nákladů na zdravotní péči. K rozšířeným NIS v naší zemi patří systém FONS Akord opět od firmy STA-

## I. ANALÝZA



Obrázek 1.1: Ambulantní karta systému FONS Akord, převzato z [8]

PRO a AMIS skupiny ICZ [7]. Ukázka uživatelského rozhraní prvního systému je na obrázku 1.1.

### 1.1.1.1 Zhodnocení systémů LIS a NIS

Je vidět, že se jedná o složitější informační systémy, jejichž úkolem je zpracovat velké množství dat. Jejich uživatelské rozhraní je ale, jak je vidět z příkladu, zastaralé a ne příliš přehledné, a proto nemůže sloužit jako inspirace pro návrh mobilní aplikace.

### 1.1.2 Medicínské expertní systémy pro mobilní zařízení

V následující části budou analyzovány systémy pro mobilní platformu. Na Google Play<sup>2</sup> existuje v dnešní době celá řada kalkulátorů a aplikací pro kontrolu interakcí léčiv. Pro další analýzu byla tedy vybrána jedna z nejlépe hodnocených aplikací a další z řad těch s nejvíce instalacemi. Dále byla pro analýzu zařazena aplikace z řad medicínských expertních systémů, která je určena veřejnosti.

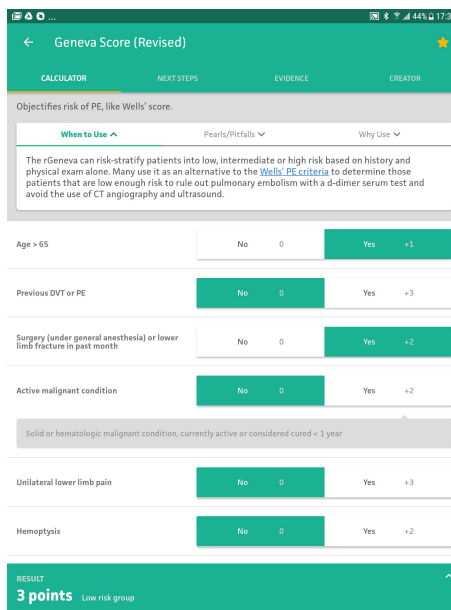
#### 1.1.2.1 MDCalc Medical Calculator

MDCalc Medical Calculator<sup>3</sup> je úspěšný nástroj pro podporu rozhodování lékařů. Je hodnocen 4,8 hvězdičkami z pěti a nainstalován na více než sto tisících Android zařízeních. Nabízí velké množství medicínských kalkulátorů, které je možné

<sup>2</sup> dostupné z <https://play.google.com>

<sup>3</sup> dostupný z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mdaware.mdcalc>

## 1.1. Rešerše aplikací využívaných ve zdravotnictví



Obrázek 1.2: Příklad rozhraní kalkulátoru aplikace MDCalc Medical Calculator

procházet v abecedním pořadí, podle specializace uživatele, posledního použití, nebo oblíbených položek. K dispozici je navíc vyhledávání, které tvoří výrazný prvek celé obrazovky a které je možno parametrizovat pomocí filtrů. Uživatel se před použitím aplikace má možnost rozhodnout, zda se chce zaregistrovat. Registrace mu nabízí výhody uložení jeho specializace i oblíbených položek a jejich synchronizaci s webovou verzí aplikace<sup>4</sup>. Po registraci je možné upravovat i další nastavení v profilu, jako jsou použité jednotky, jméno, nebo email, na který je možné zasílat aktuální informace. Dále je možné vymazat historii práce s kalkulátorem.

Rozhraní samotných kalkulátorů je jednotné a skládá se ze čtyř obrazovek, mezi kterými je možné přecházet pomocí menu, nebo gestem. Prvním krokem je samotný kalkulátor, kde uživatel zadá příslušné hodnoty vyšetřovaného pacienta. Po vyplnění minima potřebných hodnot se ihned v dolní části obrazovky začne zobrazovat krátké zhodnocení, které se ihned přepočítá, pokud uživatel změní zadané hodnoty, nebo specifikuje další. Tento krátký výsledek uživatele směřuje na další obrazovku s radou, jaké další kroky by měl podniknout při určování diagnózy. Další obrazovka poskytuje informaci o vzorci, podle kterého kalkulátor výpočet provedl a odkaz na relevantní literaturu. Poslední obrazovka odkazuje na autora použitého kalkulátoru. Příklad rozhraní se nachází na obrázku 1.2. Aplikace podporuje orientaci všech obrazovek pouze na výšku.

<sup>4</sup>dostupný z <https://www.mdcalc.com>

### Výhody

- celková přehlednost všech obrazovek a moderní vzhled
- všechny funkce aplikace přispívají svým dílem k pohodlnějšímu využívání kalkulátorů
- přívětivé formuláře (velká tlačítka, kde je to možné, uživatel pouze vybere z nabízených možností intervalů hodnot a nemusí je přímo vyplňovat)
- vyhledávání a pokročilé možnosti filtrace
- možnost práce offline, s čímž souvisí i rychlá odezva
- synchronizace oblíbených položek s webovou verzí
- při prvním použití vyhledávání obdrží uživatel krátkou nápovědu

### Nevýhody

- na první pohled není zřejmé, jak změnit uživatele/odhlásit se

#### 1.1.2.2 Medscape

Aplikace Medscape<sup>5</sup> s hodnocením 4,4 hvězdičky z pěti je s více než pěti miliony instalacemi ještě rozšířenější a nutno říci, že i komplexnější, než MDCalc Medical Calculator. K této aplikaci rovněž existuje i webová stránka nabízející stejné funkce<sup>6</sup>.

Pro použití aplikace je nutné se zdarma zaregistrovat. Aplikace sama od sebe neposkytuje offline reference, ale je možné je volitelně stáhnout. Po přihlášení se do aplikace na první pohled zaujme úvodní obrazovka s přehledem medicínských aktualit (obrázek 1.3).

Aplikace poskytuje rozsáhlé přehledy léčiv a jejich interakcí, onemocnění, léčebných postupů a stejně jako ta předchozí nabízí různé kalkulátory. Vždy je k dispozici seznam položek (někdy víceúrovňový) a detailní informace k dané položce (dlouhá stránka plná textu, někdy doplněná obrázky a odkazy). Při studiu je možno přepnout do nočního módu. Danou položku je opět možno zařadit do oblíbených. Zajímavým prvkem je možnost identifikace léčiva na základě jeho tvaru, barvy, popř. dalších vizuálních prvků. Vyfiltrován je seznam všech léků splňující daná kritéria, včetně obrázku. V aplikaci je také možné vyhledat lékárnou, nemocnici či zdravotní pojišťovnu podle adresy a zobrazit na mapě. K dispozici jsou i různé vzdělávací kurzy. Pro jejich plnění se ale uživatel musí nejdříve kvalifikovat pomocí vyplnění krátkého testu.

Uživatelský profil je součástí navigačního menu, které se vysouvá standardně z levé strany. Zde může uživatel upravovat svoji specializaci a zobrazit uložené položky.

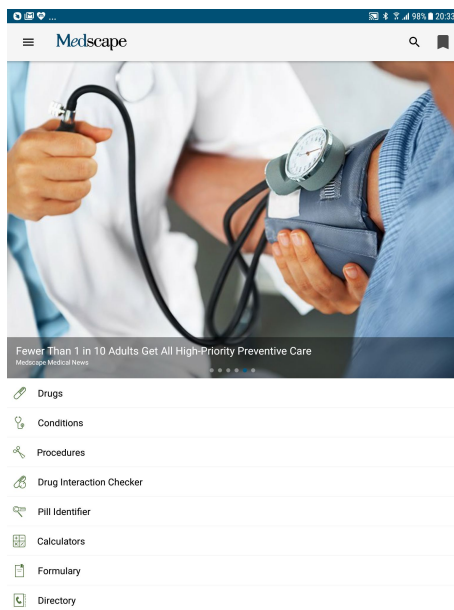
---

<sup>5</sup> dostupný z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.medscape.android>

<sup>6</sup> dostupný z <https://www.medscape.com>



## 1.1. Rešerše aplikací využívaných ve zdravotnictví



Obrázek 1.3: Úvodní obrazovka aplikace Medscape

### Výhody

- komplexní aplikace pro potřeby lékaře, obsahuje rozsáhlé informace z oblasti medicíny, které jsou navzájem propojené
- levé navigační menu s informacemi o uživateli
- poutavé novinky ze světa medicíny

### Nevýhody

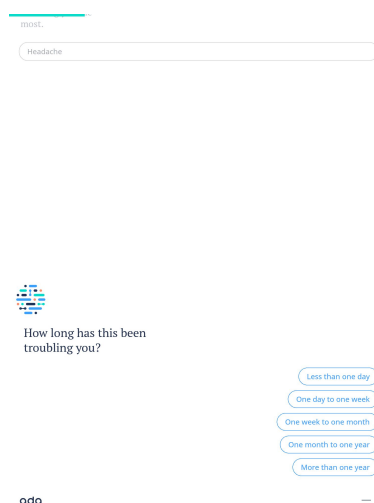
- nefunkčnost vyhledávání v horním menu, která při tak velkém množství informací někdy komplikuje jejich rychlé nalezení
- starší vzhled formulářů v kalkulech, obtížná interakce zejména s prvky typu radio button

### 1.1.2.3 Ada

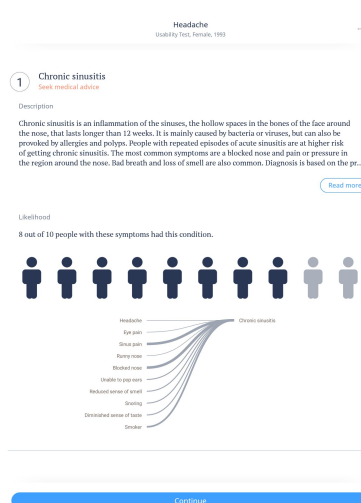
Ada<sup>7</sup> je na rozdíl od předchozích aplikací určená veřejnosti. Umožňuje diagnostiku onemocnění tak, že se uživatele dotazuje na symptomy a simuluje tak návštěvu u lékaře. Hodnocení 4,7 hvězdičky z pěti a jeden milion instalací vypovídají o oblibě této aplikace.

<sup>7</sup> dostupné z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ada.app>

## I. ANALÝZA



Obrázek 1.4: Příklad dotazu na symptom v aplikaci Ada



Obrázek 1.5: Prezentace výsledné diagnózy programu Ada

### Hlavní výhody

- jednoduché, moderní a přehledné rozhraní doplněné o poutavé grafy
- poskytuje uživateli z řad veřejnosti dostatek informací o jeho zdravotním stavu, ale přitom jej informacemi nezahlučuje
- umožňuje sledovat určené diagnózy, popř. vývoj závažnosti symptomů na časové ose
- příjemná simulace lékaře kladením otázek
- zobrazení lišty, která informuje o zbývajícím očekávaném délce vyšetření

### 1.1.3 Analytické a Business Intelligence nástroje

Součástí zadání je vnést do vznikající aplikace prvky shrnujících statistik. Proto je nutné zjistit aktuální řešení v této oblasti a analyzovat možnosti zobrazování statistických údajů a práce s nimi. Protože moderních nástrojů obsahujících statistiky medicínských dat není mnoho, zaměřuje se analýza spíše na BI software.

#### 1.1.3.1 SVOD

Webová aplikace SVOD<sup>8</sup> slouží k vizualizaci a analýze onkologických dat České Republiky [9].

<sup>8</sup> dostupný z <http://www.svod.cz>

Pro lepší porozumění nástroji je vhodné definovat tyto pojmy:

- **Epidemiologie** – vědní disciplína, která studuje výskyt a příčiny stavů a událostí, které se týkají zdraví určitých skupin v populaci [10]
- **Incidence** – jedná se o počet nových výskytů daného onemocnění za určité období [10]
- **TNM klasifikace** – označuje mezinárodní klasifikační systém používaný v onkologii. Kategorie T označuje zhoubná nádory, které se šíří v okolí místa svého vzniku, kategorie N ty, které metastázuji do spádových uzlin. Poslední kategorie M popisuje ty, které metastázuji do vzdálených orgánů [10].

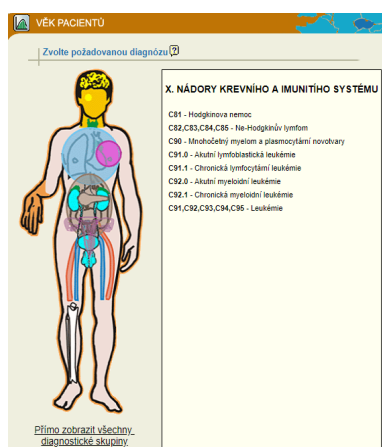
Existuje zde sedm typů analýz zhoubných nádorů:

- **Vývoj incidence a mortality v čase**
- **Změny vývoje incidence a mortality v čase (časové trendy)**
- **Analýza věkové struktury zemřelých pacientů**
- **Časový vývoj epidemiologických parametrů v krajích a jejich srovnání s referenčními standardy**
- **Porovnání incidence a mortality podle krajů**
- **Zastoupení klinických stádií a jejich časový vývoj**
- **Srovnání epidemiologie ČR a zahraničí**

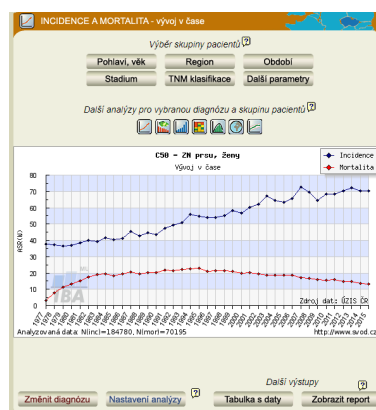
Při vstupu do zvolené analýzy je otevřeno nové okno s interaktivní figurínou, na které jsou barevně vyznačeny různé části těla (obrázek 1.6). Po označení vyznačeného orgánu myší se vedle figuríny objeví seznam rakovinových diagnóz, které s označenou částí souvisí. Je zde ovšem i možnost skrýt obrázek a zobrazit místo něho textový seznam diagnostických skupin. Mezi těmito možnostmi lze jednoduše přepínat.

Po výběru konkrétní diagnózy je zobrazeno okno s grafem (obrázek 1.7). Nejčastěji se jedná o sloupcový graf, nebo spojnicový graf, v relevantních případech je zde i graf ve tvaru ČR s vyznačenými hranicemi krajů a hodnotami pro daný kraj. Samotná oblast grafu není interaktivní, ale je možné provést filtraci zobrazených hodnot podle pohlaví a věku, klinického stadia onemocnění, časového období, regionu, nebo TNM klasifikace. V případě filtrace regionu je k dispozici interaktivní mapka. Stane-li se, že je (po vyfiltrování) v analýze malá skupina pacientů, aplikace zobrazí varování, že analýza může být zavádějící. Pro každou diagnózu lze přepínat mezi ostatními typy analýz pomocí ikon, nebo zobrazit detailní report se všemi typy analýz s možností uložení do pdf.

## I. ANALÝZA



Obrázek 1.6: Výběr diagnózy



Obrázek 1.7: Analýza vývoje incidence a mortality v čase

### Výhody

- výběr diagnózy pomocí obrázku, graf ČR
- dostatek zajímavých typů analýz, které poskytují podrobné informace
- možnost zobrazení přehledu všech analýz najednou pro danou diagnózu, jejich uložení do pdf

### Nevýhody

- okno s grafem je zbytečně malé, nevyužívá potenciál obrazovky
- při filtrování dat se graf ještě zmenší, aby bylo v tomto okně dostatek prostoru pro komponenty filtrů a uživatel tak má malý náhled
- princip otvírání nových oken prohlížeče je zastaralý, otevření nové analýzy znamená vytvoření dalšího okna, jejichž počet se v průběhu používání aplikace neovladatelně zvětšuje

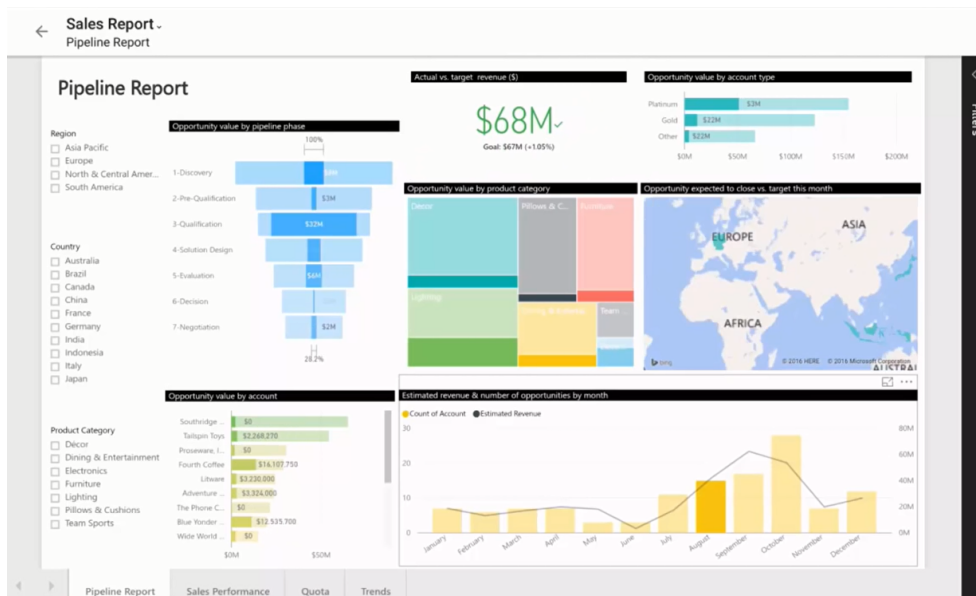
#### 1.1.3.2 Microsoft Power BI

Aplikace Microsoft Power BI<sup>9</sup> poskytuje velmi atraktivní rozhraní pro vizualizaci dat. Analyzovaná verze pro tablet je ovšem přístupná pouze po registraci firemním emailem, a proto byla analýza tohoto nástroje provedena s pomocí zdroje [11].

Sekke s reportem (obrázek 1.8) nabízí prostor pro různé typy grafů, které je možné prohlížet zároveň ve formě dostatečně velkých náhledů. Pomocí menu

<sup>9</sup> dostupný z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.microsoft.powerbim>

## 1.1. Rešerše aplikací využívaných ve zdravotnictví



Obrázek 1.8: Report v nástroji Microsoft Power BI (převzato z [11])

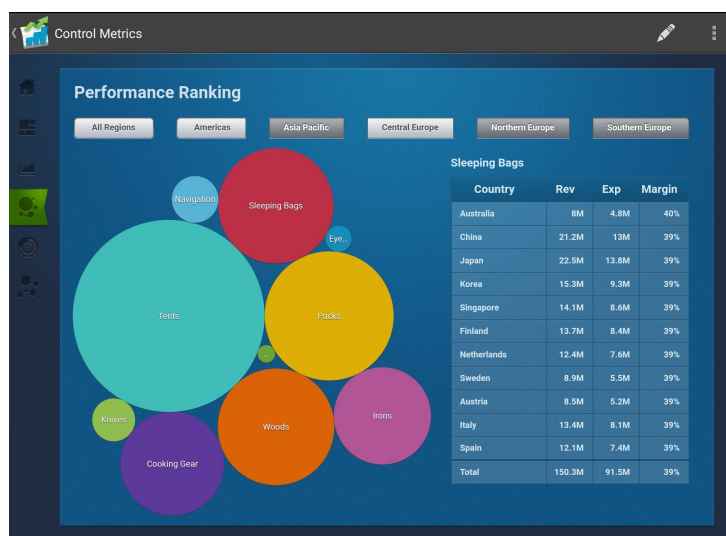
záložek v dolní části obrazovky je možné přecházet mezi stránkami reportu. Zobrazované grafy se okamžitě překreslují při změně filtrů v levém menu. Grafy samy o sobě jsou interaktivní. Pomocí dotyku je možné zvýraznit část grafu. Ostatní grafy na toto taktéž reagují a zvýrazní i svou příslušnou část dat.

Z reportu je možné vybrat pouze některé grafy a vytvořit z nich vlastní tzv. dashboard. Ten je možné zařadit do oblíbených. Zde je také z grafu možno udělat pouze obrázek a jako takový jej upravovat (např. podtrhnout štětcem důležitou část grafu, nebo krátce okomentovat). Obrázek grafu, nebo rovnou celý dashboard je možno sdílet s kolegou ve firmě. Prsty je také možné přibližovat, nebo odalovat vybranou část grafu a zobrazit graf na celou obrazovku.

Další zajímavou funkcí je načítání dat fotoaparátem pomocí QR kódu. Přítomno je levé navigační menu s uživatelským profilem. K vyhledávání slouží pravý panel.

### Hlavní výhody

- interaktivní grafy
- okamžité překreslování grafů při změně filtrů
- možnost vytvořit z grafu obrázek a jeho úprava
- sdílení s kolegy



Obrázek 1.9: Stránka reportu v aplikaci IBM Cognos Mobile

### 1.1.3.3 IBM Cognos Mobile

IBM Cognos Mobile<sup>10</sup> je mírně odlišný od předchozího nástroje. Každý report zde může mít unikátní grafiku založenou na různých principech. Jednotlivé reporty tak připomínají prezentace. V datovém reportu je možné zobrazovat texty, videa, grafy a tabulky. Report se může skládat z více stran, mezi nimiž je možné přecházet pomocí viditelného menu, nebo gesty.

Na obrázku 1.9 je zobrazena jedna ze stránek ukázkového reportu, který byl k dispozici spolu s instalací aplikace. Je zde jednoúrovňové filtrování podle regionů. Při jeho změně se graf překreslí. Podle toho, která část grafu je označena, dojde k zobrazení příslušných dat v tabulce vpravo.

Samotné grafy obecně mají nižší míru interaktivity než u předchozího nástroje. Nanejvýš lze označit danou oblast grafu. Není možné zvětšovat, nebo zmenšovat graf – na provedení příslušného gesta prsty reaguje celá stránka. Je zde rovněž k dispozici nástroj kreslení, ale ten již neumožňuje obrázek sdílet či uložit, hodí se tak spíše pro prezentační účely.

### Hlavní výhody

- nástroj nabízí originální reporty s různými grafickými prvky
- kreslení po obrazovce

<sup>10</sup> dostupný z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ibm.cogmob.artoo>

## 1.2 Analýza stávající webové aplikace

Alma Diagnostics<sup>11</sup> je poměrně rozsáhlá webová aplikace, která poskytuje uživatelské rozhraní k několika podpůrným (expertním) nástrojům pro diagnostiku rakovinových onemocnění. Dále obsahuje i sekci určenou široké veřejnosti, aby se mohla s konceptem podpůrných systémů seznámit. Aplikace také poskytuje možnost registrace nového uživatele a několik dalších funkcí, které přímo nesouvisí s diagnostikou a které budou čtenáři přiblíženy v poslední části analýzy.

### 1.2.1 Analýza expertních nástrojů

Aplikace Alma Diagnostics poskytuje dva zavedené a využívané expertní moduly (Bianta a Cractes). Modul Dithyron byl do aplikace začleněn poměrně nedávno v rámci jiné diplomové práce [12] a další dva moduly (Osteon a Cyclon) jsou teprve ve fázi přípravy. Přehled těchto modulů je uživateli k dispozici na hlavní stránce aplikace. Jejich účely jsou následující:

- **Bianta** – systém pro primární diagnostiku nádorového onemocnění (identifikuje typ a lokaci nádoru)
- **Cractes** – jeho účelem je pomoci s odhadem recidivy rakoviny
- **Dithyron** – diagnostika poruch štítné žlázy
- **Osteon** – určování poruch kostního metabolismu
- **Cyclon** – nástroj plánován pro využití v gynekologii, zejména endokrinních poruch a důvodů neplodnosti

V průběhu vzniku této práce bylo možno analyzovat první dva uvedené moduly. Ty jsou k dispozici pro přihlášení do aplikace, kde má uživatel možnost zvolit ten požadovaný.

Po volbě modulu má uživatel na výběr menu s těmito možnostmi:

- **Vytvořit nového pacienta** – název této možnosti může být poněkud matoucí, ve skutečnosti se totiž nejedná o vytváření pacienta v pravém slova smyslu, ale o tvorbu nového záznamu o měření pro specifikovaného pacienta
- **Zobrazit předchozí výsledky**
- **Doporučit markery**
- **Zobrazit výukové video, případně procesní model** – pouze pro modul Bianta, existují jako nápověda pro uživatele

---

<sup>11</sup> dostupné z <http://almadiagnostics.com>

## I. ANALÝZA

The screenshot displays the 'Vytvořit nového pacienta' (Create new patient) interface. At the top, there are navigation links: 'M Domů', 'Bianta', 'Doporučit', 'Vytvořit pacienta', and 'Zobrazit výsledky'. On the right, there are links for 'Sifro' and 'Usability Test'. The main heading is 'Vytvořit nového pacienta' with the ALMA DIAGNOSTICS logo. The form is divided into several sections: 'Příjmení' (Surname) with a text input; 'Křestní jméno' (First name) with a text input; 'ID' with a text input and a barcode icon; 'Pohlaví' (Gender) with radio buttons for 'Muž' (Male) and 'Žena' (Female); 'Rok narození' (Year of birth) with a date picker showing '1950'; 'Poznámky' (Notes) with a text area; and a 'Menu' sidebar with icons for import, copy, edit, and delete. Below the form, there is a section for marker selection: 'Pro věk a pohlaví pacienta je vhodné vzít v úvahu tyto markery:' (For the patient's age and gender, it is recommended to consider these markers:). It lists 'Typ' (All), 'Hlavní markery' (PSA (rPSA, proPSA), CEA, CYFRA 21-1, CA72-4), and 'Vedlejší markery' (B2M, CA19-9, NSE, AFP, SCCA). At the bottom, there is a table for marker entry with columns for 'Marker' (AFP), 'Datum' (10.06.2018), and 'Hodnota' (0,0). A '+3' button is next to the 'Přidat' (Add) button. A blue 'Potvrdit pacienta' (Confirm patient) button is at the very bottom.

Obrázek 1.10: Kompletní obrazovka vytvoření nového pacienta

V následujících analýze se budu zabývat modulem Bianta. Modul Cractes je, jak již lze tušit z jednotného menu výše, v klíčových principech uživatelského rozhraní podobný.

### 1.2.1.1 Tvorba nového pacienta (měření)

Uživatel má možnost volitelně vyplnit jméno, příjmení, identifikátor pacienta a poznámky k němu. Zda se jedná o volitelnou hodnotu je vždy u daného políčka uvedeno, včetně případné maximální délky položky. Povinné údaje tvoří pohlaví a věk pacienta, na jejichž základě modul doporučí vhodné nádorové markery pro laboratorní měření (po stisku tlačítka pokračovat).

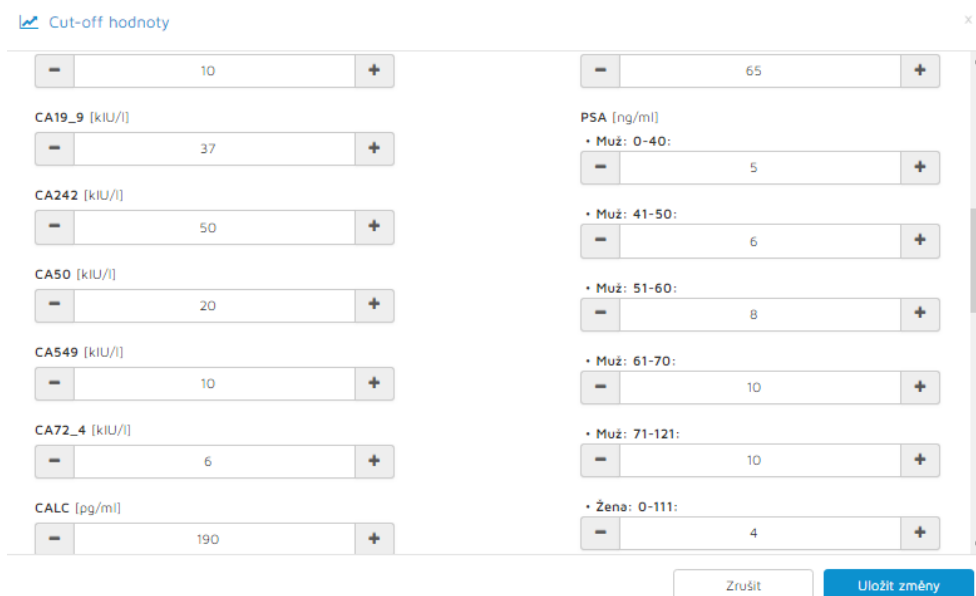
Doporučené markery se dělí na hlavní a vedlejší, avšak jejich použití není nijak závazné. Lékař sám je schopen zadat naměřenou hodnotu jakéhokoli z více než čtyřiceti existujících markerů v tomto modulu. Daný marker je možné vybrat z rozbalovacího menu. Specifikace data jeho měření a hodnoty jsou povinné, jelikož mají vliv na výpočet diagnózy.

Dále je při vytváření nového pacienta možno pomocí pravého menu jeho data importovat ze souboru, zkopírovat ze schránky, nebo vymazat všechna právě vyplněná data o pacientovi. Celá obrazovka vytváření nového pacienta, včetně přidávání měřených markerů se pro lepší představu nachází na obrázku 1.10.

Poslední z důležitých funkcí je nastavení hraničních (cut-off) hodnot, aby korespondovaly s používanými hodnotami laboratoře uživatele. Po otevření okna



## 1.2. Analýza stávající webové aplikace



Marker	Value
CA19_9 [kIU/l]	10
CA242 [kIU/l]	37
CA50 [kIU/l]	50
CA549 [kIU/l]	20
CA72_4 [kIU/l]	6
CALC [pg/ml]	190
PSA [ng/ml] - Muž: 0-40	65
PSA [ng/ml] - Muž: 41-50	5
PSA [ng/ml] - Muž: 51-60	6
PSA [ng/ml] - Muž: 61-70	8
PSA [ng/ml] - Muž: 71-121	10
PSA [ng/ml] - Žena: 0-111	4

Obrázek 1.11: Okno s možnostmi nastavení hraničních hodnot nádorových markerů

má uživatel k dispozici seznam všech markerů a k nim seznamy těchto hraničních hodnot, kterých v některých případech může být pro jeden marker více pro různá pohlaví a věkové kategorie (obrázek 1.11).

Po potvrzení pacienta je uživatel přesměrován na obrazovku s konkrétním výsledkem.

### 1.2.1.2 Zobrazení předchozích výsledků

Obrazovka obsahuje seznam všech předchozích měření přihlášeného uživatele. Každá položka je unikátně identifikována pomocí času a data, kdy bylo měření odesláno k vyhodnocení. Dále obsahuje jméno a příjmení pacienta (pokud bylo vyplněno), pohlaví, rok narození a seznam měřených markerů i s hodnotami. Každou položku seznamu lze vymazat, k čemuž stačí jedno kliknutí na tlačítko s ikonou kříže (neobjeví se tedy žádný další konfirmační dialog). Tato akce není zcela nevratná, neboť měření je stále archivováno a administrátor má oprávnění jej obnovit (stejně jako definitivně vymazat). Přejít na detail konkrétního výsledku je možné pomocí tlačítka s ikonou lupy.

Jestliže je uživatel ve skupině s dalšími lékaři-kolegy, může zobrazit i jejich seznamy a detaily konkrétních měření, nemá však oprávnění k mazání. Příklad obrazovky je zachycen na obrázku 1.12, kde lze rovněž vidět dva zašifrované záznamy. Možnostmi šifrování se bude podrobněji zabývat kapitola 1.2.3.

## I. ANALÝZA

ALMA DIAGNOSTICS s.r.o.  
Poříčany, Lipová 28, P5C 289 14  
Czech Republic  
ICO 04734319

Datum a čas	Příjmení	Křestní jméno	Rok narození	Pohlaví	Markery
2018-06-02 19:53:42	***	***	1992	♀	CA125 4.0, SCCA 8.0, TG 7.0, CA15-3 5.0, TK 6.0, B2M 5.0, CA72-4 8.0
2018-06-02 19:51:01	***	***	1992	♀	TG 0.0
2018-06-02 01:10:59	Růžička	Alan	1990	♂	CA19-9 35.0, CA125 35.0
2018-06-02 01:08:46	Křihová	Nela	1988	♀	CA125 43.0, CA19-9 36.0
2018-06-02 01:05:06	Řiha	Ladislav	1963	♀	CA125 35.0, CA15-3 10.0
2018-06-02 01:01:31	Řiha	Ladislav	1963	♂	CA15-3 10.0, CA125 40.0
2018-06-02 00:59:14	Sovová	Sára	1953	♀	CEA 3.3, NSE 54.9, B2M 4.6
2018-06-02 00:57:09	Svoboda	Roman	1950	♂	CA19-9 33.0, CEA 6.0, CYFRA 4.0
2018-06-02 00:55:37	Kučerová	Monika	1970	♀	CEA 4.0, B2M 4.0

Obrázek 1.12: Seznam předchozích měření pro fiktivní pacienty (uživatel ve skupině)

### 1.2.1.3 Zobrazení detailu výsledku měření

V horní části obrazovky se nachází souhrnné informace o pacientovi (jméno, příjmení, věk a pohlaví), pod nimi je řazeno vyhodnocení výsledků markerů a navržené diagnózy. Měření lze exportovat do PDF formátu, nebo jej použít jako předlohu pro nové měření (obrázek 1.13).

Dynamika vývoje markerů bere v úvahu všechna měření podle data a případně červeně zvýrazní kritické hodnoty.

Zhodnocení posledních výsledků zobrazuje slovní hodnocení nejaktuálnějších výsledků (např. hraniční koncentrace).

Seznam navržených skupin diagnóz je řazen od nejvíce pravděpodobných. Pro modul Bianta přicházejí v úvahu tyto skupiny:

- **Výpotky**
- **Nemaligní, popř. jiné příčiny zvýšených hodnot markerů** – nenádorová onemocnění, souběh několika onemocnění najednou, stavy, které nejsou onemocněním (např. těhotenství)

## 1.2. Analýza stávající webové aplikace

The screenshot shows a diagnostic report for a patient named Alan Růžička, born in 1990, male. At the top, there are buttons for 'Použít jako předlohu' and 'PDF'. The main content is divided into three sections:

- Dynamika vývoje markerů**: A table showing marker levels over time.
- Zhodnocení posledních výsledků (2.6.2018)**: A table summarizing the latest marker results.
- Nejvíce pravděpodobné jsou nemaligní příčiny dané CA125 a CA19-9:**: A list of potential non-malignant causes.

At the bottom, there is a section for 'Přichází-li v úvahu nádorová diagnóza, může se jednat o následující nádor:' followed by a table of suggested cancer types.

Datum	CA125	CA19-9
02.06.2018	35.0	35.0

Marker	Hodnota	Jednotky	Zhodnocení
CA19-9	35.00	klU/l	hraniční koncentrace
CA125	35.00	klU/l	hraniční koncentrace

Nejvíce pravděpodobné jsou nemaligní příčiny dané CA125 a CA19-9:

- Jaterní cirhóza
- Onemocnění jater
- Onemocnění žlučníku, žlučových cest
- Onemocnění slinivky břišní, pankreatitida

Přichází-li v úvahu nádorová diagnóza, může se jednat o následující nádor:

1)

Jméno:	Nádor střev
Pravděpodobnost:	37.8 %
Doporučené markery:	CEA, CA19-9, CA125, TPA, TPS, CA72-4, (NSE, AFP, TK, CA50, B2M, SCCA)
Vzdálené metastázy:	játra, plíce (více u rec.), omentum, peritoneum, kosti (páteř, pánev)

Obrázek 1.13: Detail navržené diagnózy systémem Bianta pro fiktivního pacienta

- **Nádorové diagnózy** – každá položka obsahuje jméno, pravděpodobnost, další doporučené markery pro další měření (hlavní i vedlejší, které jsou v závorkách) a umístění vzdálených metastáz
- **Zdravý pacient** – vylučuje se s předchozími skupinami a jsou zde navrženy další markery, které je případně vhodné měřit pro daný věk a pohlaví

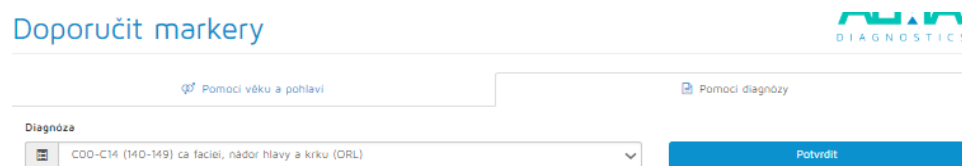
Dané měření je možno použít jako předlohu, tzn. zopakovat jej pro stejného pacienta a neaktuálněji měřené markery ve zvoleném modulu. Systém přesměruje uživatele na obrazovku vytváření nového pacienta, ovšem s předvyplněnými hodnotami.

### 1.2.1.4 Doporučení markerů

Uživatel má možnost zobrazit samostatně doporučené markery pro zadaný věk a pohlaví, nebo podle již známé diagnózy (obrázek 1.14). Ta může být vybrána z rozbalovacího menu, kde je jich k dispozici necelých třicet. Formát doporučení je stejný jako na obrázku 1.10.

### 1.2.2 Analýza sekce pro veřejnost

V této sekci, do níž je možno přejít ihned z úvodní stránky, má uživatel možnost se dozvědět, co jsou to expertní systémy a jakým způsobem pomáhají lékařům při rozhodování. Tyto informace jsou prezentovány formou bloku textu. Za ním je řa-



Obrázek 1.14: Možnosti doporučení markerů pro systém Bianta

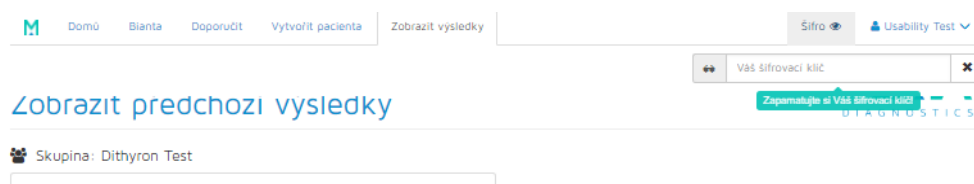
zeno velké tlačítko vybízející k vyzkoušení expertního systému a další text, tentokrát s informacemi o nádorových markerech a jejich využití v expertním systému. Následuje tabulka s přehledem nejpoužívanějších nádorových markerů (jeden řádek tvoří zkratka markeru, celé jméno a popis).

Po kliknutí na tlačítko umožňující zkoušku expertního systému se pod tímto tlačítkem vysune možnost doporučit markery na základě věku a pohlaví. Výstup z této akce je konzistentní s tím, který byl diskutován v předchozí kapitole. Je mírně nepraktické, že ihned po doporučení markerů je vlivem obnovení stránky uživatel přesměrován na její začátek a je nucen se přesunout nazpět, aby mohl přečíst výstup.

### 1.2.3 Analýza dalších funkcí aplikace

- **Přihlášení uživatele** – uživatel se přihlašuje na zvláštní obrazovce pomocí unikátního klíče, který obdržel při registraci
- **Registrace nového experta** – uživatel má možnost vyplnit registrační formulář, po jehož odeslání získá přístup k expertním systémům a 10 dotazů na měření zdarma. Při registraci musí uživatel vyplnit svůj název účtu, email a potvrdit, že je buď odborníkem, nebo se seznámil s riziky, jimž se vystavuje, pokud odborníkem není a vstupuje na stránky jim určené. Možnost přejít na registraci má uživatel hned z úvodní stránky, nebo z té, která obsluhuje přihlášení uživatele do systému.
- **Zobrazení informací o uživateli** – v pravém horním menu vidí uživatel tlačítko se svým názvem účtu, který zadal při registraci, nebo jméno *Neznámý*, pokud není přihlášen. Po kliknutí na toto tlačítko vidí zbývající počet zaplacených dotazů (pokud je přihlášen).
- **Změna jazyka aplikace** – jazykové preference je rovněž možno nastavit po kliknutí na název účtu. Na výběr je čeština, angličtina a slovenština.
- **Kontaktování Alma Diagnostics** – příslušné tlačítko se opět nachází v pravém horním menu pod názvem účtu a přesměruje uživatele na stránku společnosti Google, kde je uživatel vyzván k přihlášení do svého emailového účtu. Pokud je již do tohoto účtu přihlášen, je přesměrován rovnou na okno s novou emailovou správou pro Alma Diagnostics.

### 1.3. Analýza datových standardů ve zdravotnictví



Obrázek 1.15: Šifrovací mód

- **Šifrovací mód** – slouží k šifrování osobních údajů pacienta, kterými jsou v této aplikaci jméno, příjmení a identifikátor (může a nemusí být rodné číslo). Uživatel jej má možnost aktivovat po stisknutí tlačítka vedle názvu svého uživatelského profilu. Poté se vysune políčko, které vyzývá k zadání hesla. To uživatel potvrdí stiskem tlačítka myši mimo políčko. To, že není šifrovací mód zapnutý pozná uživatel pomocí ikony oka, v opačném případě se zobrazí ikona brýlí a šifrovací mód je aktivní pro zadané heslo. To znamená, že pokud v šifrovacím módu se stejným heslem bylo vytvořeno měření pro nějakého pacienta, uživatel vidí jeho osobní údaje, jinak pouze zástupné znaky (tři hvězdičky). Ukončit šifrovací mód je možné pomocí tlačítka křížek u políčka s šifrovacím heslem (obrázek 1.15).

## 1.3 Analýza datových standardů ve zdravotnictví

Datové standardy jsou důležité pro vzájemnou komunikaci zdravotnických systémů. Kapitola je zaměřena na analýzu jejich dvou významných zástupců – českého a zahraničního. Jsou zde popsány jejich základní principy a ke každému je uveden příklad.

### 1.3.1 Health Level Seven International (HL7)

Standard HL7 je dnešní době podporován ve více než 50 zemích světa [13]. Je využíván poskytovateli zdravotnických služeb, farmaceutickými firmami, obchodníky a dalšími organizacemi v USA, Kanadě, Austrálii, ale i v sousedním Německu, Polsku, Rakousku, nebo Švýcarsku [14].

Tento datový standard se prozatím neprosadil v České Republice, protože zde zaujímá významné místo jiný datový standard, o kterém bude zmínka v následující kapitole 1.3.2.

Primárně existuje HL7 Verze 2 (V2)[15] a HL7 Verze 3 (V3), přičemž první zmíněná je světově nejrozšířenější, a proto jí v této analýze bude dále věnována pozornost [16].

Jednotkou komunikace mezi systémy je zpráva. Těch existuje mnoho typů a každá je identifikována kódem. Podle zdroje [17] mezi nejdůležitější patří následující:

- ACK – potvrzuje příjem jiné zasláné zprávy

- ADT – vztahuje se k přijetí, propuštění, nebo přemístění pacienta
- DFT – v detailech popisuje finanční transakci
- MDM – týká se správy lékařské dokumentace
- ORM – vztahuje se k objednávce např. do lékárny, nebo na vyšetření (vytvoření, změna, nebo zrušení)
- ORU – přenáší pozorování a výsledky
- RDE – podobná funkce jako ORM s rozdílem, že konkrétní hodnoty v objednávce vyplňuje jiná strana (např. lékárna), než ta, která ji iniciovala
- SIU – informace ohledně plánování schůzek

Zpráva se skládá ze segmentů, případně jejich skupin. Pro každou je definováno, které segmenty (skupiny) jsou povinné a zda se mohou ve zprávě opakovat. Pokud se ve zprávě objeví neočekávaný segment, měl by být podle HL7 standardu ignorován. Každý segment je rovněž identifikován kódem, podobně jako samotná zpráva.

Konkrétní podoba zprávy HL7 je ilustrována na příkladu zprávy typu ORU [18] (zdrojový kód 1.1).

```
MSH|^~\&|LIS|MedicalCenter|HIS|MedicalCenter
|201802150930||ORU^R01|CNTRL-3456|P|2.4<cr>
```

```
PID|||555-44-4444||JONES^EVE^^^L|HALL|19620320|F||
|153 FERNWOOD DR.^ ^STATESVILLE^OH^35292|
|(206)3345232|(206)752-121|||AC555444444
||67-A4335^OH^20030520<cr>
```

```
OBR|1|845439^HIS|1045813^LIS|15545^GLUCOSE||
|200202150730|||||
555-55-5555^SMALL^PATRICIA P^^^^MD^^|F|
|444-44-4444^HOWARD^JON H^^^^MD<cr>
```

```
OBX|1|SN|1554-5^GLUCOSE^POST 12H
CFST:MCNC:PT:SER/PLAS:QN||^182|mg/dl|70_105|H||F<cr>
```

#### Zdrojový kód 1.1: Příklad zprávy typu ORU v HL7 V2

Úvodní segment s názvem MSH slouží jako hlavičkový. Hned za jeho názvem je uvedeno, že se bude dělit na podčásti znakem |. To je standardní a doporučený znak pro HL7 V2 zprávy. Další znaky definují kódování (první je separátor komponent v rámci části segmentu, další znak indikuje opakování, následuje tzv.

escape znak a separátor podkomponent). Ve svém těle segment identifikuje odesílatele zprávy, jimž je LIS v organizaci MedicalCenter a příjemcem HIS (nemocniční informační systém) umístěný tamtéž. Zpráva byla odeslána 15.2.2018 v 9.30 hodin. Identifikátorem zprávy je ORU a její spouštějící událostí R01 (nevyžádaný přenos ORU zprávy). Následuje unikátní a procesní identifikátor a přesná verze zprávy (2.4).

V segmentu PID [19] jsou uvedeny informace o pacientovi, jehož se zpráva týká. V tomto příkladě se jedná o Evu Jones, narozenou 20.3.1962 a žijící ve Statesville. Její identifikační číslo je 555-44-4444.

Segment OBR [20] identifikuje požadavek na vyšetření, v tomto případě vyšetření hladiny glukózy. Vyšetření bylo objednáno MUDr. Particií Small and vykonáno MUDr. Jonem Howardem.

Poslední OBX [21] segment obsahuje výsledek vyšetření (182 mg/dl).

#### 1.3.2 DASTA

Jedná se o český národní standard, který je od roku 2002 běžně používaný všemi významnými zdravotnickými informačními systémy v ČR [22]. Je pomocí něj možno komunikovat v klinické, laboratorní, administrativní, nebo statistické oblasti. Jeho součástí jsou číselníky, např. Národní číselník laboratorních položek. Standard DASTA je v dnešní době rozvíjen pod verzí DS4 [23], která plně nahradila původní DS3.

DASTA je mimo ČR využívána i na Slovensku, ale do dalších zemí zatím nepronikla (ani nebyla vyvinuta snaha o rozšíření standardu) [24]. Podle zahraničních odborníků je propracovanost DASTA v rámci EU unikátní a v některých aspektech je dokonce rozsáhlejší, než HL7. Příkladem jsou číselníky a datové struktury pro komunikaci s laboratoří.

Standard je definován pro formát, ke kterému je k dispozici rozsáhlá dokumentace<sup>12</sup>. Je zde uveden seznam položek, definován jejich význam, povolené vnořování, opakování, povinné atributy a možné hodnoty. Pro názornost jsou zde i příklady souborů.

V příkladu 1.2 založeném na dokumentaci je uvedeno, jakým způsobem je možné komunikovat informace o pacientovi a jeho laboratorním vyšetření.

```
<dsip:rodcis>7651019998</dsip:rodcis>
<dsip:jmeno>Michaela</dsip:jmeno>
<dsip:prijmeni>Jelinkova</dsip:prijmeni>
<dsip:dat_dn format="D">1976-01-01</dsip:dat_dn>
<dsip:sex>F</dsip:sex>
<dsip:pv_pac typ_pv="ZP" dat_ab="2005-12-01T12:53:12">
  <dsip:pv_zp>
    <dsip:cispoj>7052024826</dsip:cispoj>
    <dsip:kodpoj>111</dsip:kodpoj>
  </dsip:pv_zp>
</dsip:pv_pac>
```

Zdrojový kód 1.2: Příklad předávaných informací o pacientovi v DS4

<sup>12</sup>dostupné z <http://www.dastacr.cz/dasta/start.htm>

Povinné položky pacienta tvoří rodné číslo, jméno, příjmení, datum narození ve vybraném formátu, pohlaví a informace o pojišťovně.

Další část dokumentu tvoří obálka pro klinickou událost (zdrojový kód 1.3), ve které je sdělen výsledek vyšetření pacienta (<dsip:ku> a <dsip:ku\_z>). Typ zakázky (atribut typku) je zkratka pro laboratorní vyšetření podle číselníku. V dalším vnořeném bloku se v případě laboratorního vyšetření nachází datum a čas odběru, nebo ukončení sběru materiálů (<dsip:dat\_prov>).

Blok <dsip:dat\_vydani> označuje datum vydání výsledků, je určován informačním systémem odesílatele. Následuje provádějíci pracoviště a jeho neformátované sdělení.

Dále už je obálka pro samotné laboratorní vyšetření (<dsip:ku\_z\_lab>), ve kterém je mj. uveden klíč sdělované položky (klic\_nclp) a další informace týkající se formátu sdělení. Následuje datum a čas odběru příslušného vzorku, název, hodnota a jednotky dle příslušných číselníků.

```
<dsip:ku>
  <dsip:ku_z typku="LAB.VYS" fazespec="ZR" idku="MEDICALC.FNPL.1234567890">
    <dsip:dat_prov>2006-12-03T11:00:00</dsip:dat_prov>
    <dsip:dat_vydani>2006-11-03T11:00:00</dsip:dat_vydani>
    <dsip:p_pracoviste icz="44101000" icp="44101882" odb="501">
      <dsip:nazev>Biochemicka laborator</dsip:nazev>
    </dsip:p_pracoviste>
    <dsip:text>
      <dsip:p_text :space="preserve">
        Sdeleni
      </dsip:p_text>
    </dsip:text>
    <dsip:ku_z_lab klic_nclp="00123" typ_cispol="N" typpol_fh="2" stav_vys="A"
      typ_sdel_vys="N">
      <dsip:dat_du typ="A">2006-12-03T11:00:00</dsip:dat_du>
      <dsip:nazev_lclp>AST</dsip:nazev_lclp>
      <dsip:vrn priznak_kvant="R">
        <dsip:hodnota>0.5</dsip:hodnota>
        <dsip:jednotka>g/l</dsip:jednotka>
      </dsip:vrn>
    </dsip:ku_z_lab>
  </dsip:ku_z>
</dsip:ku>
```

Zdrojový kód 1.3: Příklad předávaných informací o vyšetření v DS4

V reálném souboru by obě tyto části byly obaleny blokem <dsip:ip> s atributem obsahující identifikátor pacienta. Důležité nadřazené bloky jsou i <ds:is> s identifikačními údaji o odesílateli souboru (např. IČ). Kořenový blok <ds:dasta> obsahuje hlavičku souboru s odkazy na validační schémata, identifikační číslo souboru, verze použitých číselníků atd.

## 1.4 Analýza mobilních databází

V této části bude popsáno, jaké jsou možnosti výběru mobilní vestavěné databáze. Nejprve bude pozornost zaměřena na nejznámějšího zástupce – SQLite a objektové nadstavby této databáze. Nakonec budou zmíněny i čistě objektové databáze.



### 1.4.1 Relační SQL databáze

Základní možností pro ukládání dat v mobilních aplikacích jsou vestavěné relační databáze. Nejpoužívanější, volně dostupnou a zavedenou databází je SQLite [25]. Jedná se o multiplatformní databázi, ovšem je použitelná i pro OS Android [26]. Knihovna ke své funkci potřebuje asi 500 kB operační paměti a celá databáze je uložena v jednom souboru. SQLite garantuje zpětnou kompatibilitu databázových souborů. Její první verze vyšla v roce 2000.

#### Výhody

- Možná konstrukce složitějších dotazů nad daty
- Soubor databáze je možné jednoduše přenést na jinou platformu

#### Nevýhody

- Vyžaduje převod objektů na databázové entity
- Nutnost psaní dotazů v jazyce SQL
- Nevaliduje SQL dotazy při překladu programu

### 1.4.2 ORM knihovny pro SQLite

Pro zjednodušení přístupu do SQLite je možné použít některou z dostupných ORM (Object-Relational Mapping) knihoven [27]. Tyto knihovny umožňují jednoduše mapovat objekty na databázové entity (obvykle s použitím anotací) a poskytují nástroje pro psaní dotazů přímo v použitém programovacím jazyce.

Typickými zástupci pro jazyk Java (Android) jsou například knihovny OrmLite [28], greenDAO [29], nebo Room [30], která byla vytvořena komunitou Google.

#### Výhody

- Pomáhají programátorovi automatizovat převod objektů na databázové entity
- Poskytují další funkcionalitu, jako např.:
  - automatické šifrování databázových entit
  - zjednodušení úprav databázových schémat
  - kontrolují validitu dotazů za překladu

#### Nevýhody

- Mohou mít o něco horší výkon, než jakého by dosahovalo použití samotné SQLite

### 1.4.3 Objektové databáze

Alternativou k relačním databázím jsou ty objektové, které umožňují definovat databázová schémata nad objekty a pracovat tak přímo s nimi [27].

#### 1.4.3.1 Realm

Je známým zástupcem této kategorie [31]. Jedná se o multiplatformní a volně dostupnou databázi.

##### Výhody

- AES šifrování dat
- umožňuje automatické zálohy a synchronizaci databáze v cloudu (komerční placená služba)

##### Nevýhody

- Vyšší paměťová náročnost oproti SQLite (nárokuje asi 3 až 4 MB)

#### 1.4.3.2 Object Box

Od roku 2017 konkuruje Object Box [32] předchozí databázi. Stejně jako Realm je multiplatformní a také volně dostupná.

##### Výhody

- Vyniká ve své rychlosti (je asi třikrát rychlejší než Realm [33] [34])
- automatická změna databázového schématu při změně objektů

##### Nevýhody

- Jedná se o novou databázi, což může znamenat neodladěné chyby

## 1.5 Analýza požadavků na vznikající aplikaci

V této části je popsána analýza funkčních a nefunkčních požadavků, které byly diskutovány v průběhu konzultací s vedoucím práce a vznikaly na základě předchozí analýzy a zadání práce.

### 1.5.1 Funkční požadavky

Funkční požadavky se týkají specifikace požadované funkcionality na vznikající aplikaci.

### 1.5.1.1 Přihlášení uživatele do aplikace

Uživatel se bude moci přihlásit pomocí svého platného unikátního klíče, který již v době používání aplikace vlastní. Přihlášení bude možné i bez internetového připojení, pokud se nejedná o první přihlášení daného uživatele do aplikace.

### 1.5.1.2 Zobrazení informací o účtu

Bude možné zobrazit zbývající počet dotazů přihlášeného uživatele na systém a datum do kterého bude účet aktivní, stejně jako název účtu.

### 1.5.1.3 Zobrazení seznamu předchozích měření

Uživatel bude mít k dispozici aktuální seznam předchozích měření. Součástí zobrazovaných informací v seznamu budou informace o pacientovi a datu, kdy bylo měření odesláno k vyhodnocení na server. Pokud není k dispozici internetové připojení, bude moci uživatel zobrazit poslední verzi seznamu z doby, kdy byl ještě připojen.

### 1.5.1.4 Zobrazení výsledku měření

Součástí zobrazovaných informací budou informace o pacientovi, vyhodnocení nejaktuálnějších laboratorních výsledků vyšetření a navrhané diagnózy řazené podle jejich relevance. Výsledek bude v případě nutnosti stažen ze serveru a bude poté k dispozici i offline. Uživatel bude informován o tom, který výsledek je dostupný (pokud není připojen k internetu).

### 1.5.1.5 Výmaz měření

Měření a jeho výsledek budou vymazány po tom, co se aplikace ujistí, že uživatel chce opravdu tuto akci provést.

### 1.5.1.6 Zopakování měření

Jednou vytvořené měření bude možné zopakovat (pouze v online režimu). Aplikace automaticky předvyplní existující údaje o pacientovi, názvy markerů, jejich laboratorní výsledky a kalendářní data z předchozího měření. Výjimku tvoří neodšifrované osobní údaje, které nebudou předvyplněny.

### 1.5.1.7 Vytvoření nového měření

Pokud je uživatel online, bude schopen vytvořit nové měření, kde bude moci specifikovat detaily o pacientovi (jméno, příjmení, identifikátor, poznámku, rok narození a pohlaví). Uživatel bude moci zadat laboratorní výsledky markerů, které jsou k dispozici ze serveru. Bude tak moci učinit na základě navržených markerů pro věk a pohlaví pacienta, nebo svého vlastního rozhodnutí. Uživatel bude moci zadat jeden marker vícekrát (např. různé hodnoty pro různá data).

#### **1.5.1.8 Úprava cut-off hodnoty markeru**

V rámci vytváření měření bude uživatel moci upravit cut-off referenční hodnoty markerů tak, aby se shodovaly s hodnotami jeho laboratoře.

#### **1.5.1.9 Šifrování osobních údajů pacienta**

V rámci ochrany osobních údajů vyšetřovaného pacienta bude mít odborník možnost tyto údaje šifrovat heslem, které si zvolí. Předmětem šifrování bude jméno, příjmení a identifikátor pacienta. Tyto údaje tak bez vědomí lékaře nebude moci vidět ani jeho kolega (v případě skupinového uživatele ve webové verzi aplikace).

#### **1.5.1.10 Zobrazení osobních údajů šifrovaných pacientů**

Uživatel bude moci zobrazit osobní údaje pacienta po zadání hesla, jinak uvidí pouze zástupné znaky údajů, jichž se šifrování týká. Daným heslem se odšifrují všechny záznamy v seznamu měření.

#### **1.5.1.11 Skrytí osobních údajů šifrovaných pacientů**

Bude možné opětovně skrýt všechny osobní údaje pacientů, které byly zobrazeny zadaným heslem.

#### **1.5.1.12 Zobrazení souhrnných statistik**

Statistiky se budou týkat všech měření přihlášeného uživatele. Tento funkční požadavek vynucuje stažení veškerých výsledků ze serveru.

#### **1.5.1.13 Zobrazení informací o fungování expertního systému**

Uživatel si bude moci přečíst krátký přehled o tom, co jsou expertní systémy a jak konkrétně Alma Diagnostics využívá nádorové markery k určování diagnózy. Tyto informace budou veřejně dostupné.

#### **1.5.1.14 Zobrazení návrhu doporučených markerů**

Zobrazení hlavních a vedlejších markerů na základě odpovědi ze serveru. Dotaz bude možno provést po poskytnutí roku narození a pohlaví osoby. Zobrazit tento návrh bude možné i bez přihlášení v rámci toho, aby si uživatel expertní systém mohl vyzkoušet.

#### **1.5.1.15 Zobrazení podrobných informací o nejčastěji používaných markerech**

Zobrazení zkratky markeru, celého názvu, jeho popisu a informace o tom, které části lidského těla se týká. Tyto informace budou dostupné bez přihlášení

#### **1.5.1.16 Zobrazení kontaktních informací Alma Diagnostics**

K dispozici bude logo organizace, kontaktní email a adresa. Tyto informace budou veřejně dostupné.

#### **1.5.1.17 Detekce připojení**

Uživatel bude informován o tom, že internetové připojení přestalo/začalo být k dispozici a jsou omezené resp. opět zpřístupněné některé funkce aplikace.

### **1.5.2 Nefunkční požadavky**

Nefunkční požadavky specifikují další požadavky a omezení na software, které se ale netýkají jeho funkcionality.

#### **1.5.2.1 Jazyk**

Aplikace bude lokalizovaná v anglickém jazyce.

#### **1.5.2.2 Konzistence dat s webovou aplikací**

Pokud uživatel vytvoří, smaže, nebo upraví data v aplikaci, nalezne stejná data i ve webové verzi.

#### **1.5.2.3 Nutné připojení k internetu pro některé funkce**

Toto opatření slouží mimo jiné k zajištění konzistence. Bez připojení k internetu nebudou dostupné tyto funkce:

- první přihlášení uživatele do aplikace
- návrh markerů pro zadaný věk a pohlaví
- první stažení/aktualizace seznamu měření
- zobrazení výsledku měření, který nebyl při online používání aplikace stažen
- zobrazení a výpočet statistik, aby byly k dispozici všechny aktuální výsledky a měření
- vytvoření nového měření
- úprava cut-off hodnot markerů

### **1.5.2.4 Orientace zobrazení aplikace**

Aplikace bude podporovat pouze jednu orientaci zobrazení. Bude tak dostačující jeden návrh uživatelského rozhraní aplikace. Po analýze BI a analytických systémů byla zvolena orientace na šířku, aby zařízení poskytovalo dostatek prostoru pro grafy a interaktivní prvky.

### **1.5.2.5 Zařízení**

Aplikace bude fungovat na tabletech s minimální velikostí displaye 8" a rozlišením 1280 x 800. Primárně bude však optimalizovaná na velikost displaye 9.7" a rozlišení 2048 x 1536. Aplikace bude spustitelná na zařízeních s verzí Android 6.0 a vyšší.

### **1.5.2.6 Intuitivní uživatelské rozhraní**

Uživatel by měl umět využívat rozhraní automaticky, bez studia příručky k použití. S intuitivností souvisí i standardní využívání komponent Android.

---

# Návrh

Návrh je po analýze další důležitou fází v softwarovém projektu. Měl by pokrývat všechny důležité části budoucí aplikace, protože je základem pro jejich úspěšnou realizaci.

## 2.1 Návrh uživatelského rozhraní

Návrh uživatelského rozhraní je postaven v první řadě na standardních Android komponentách, dále na analýze ostatních aplikací, ale některé dílčí části jsou inspirovány i původní webovou aplikací.

### 2.1.1 Identifikace vhodných Android komponent

Android Material Design<sup>13</sup> definuje celou řadu komponent uživatelského rozhraní. V této sekci budou vybrány ty, které se nejvíce hodí k charakteru aplikace.

#### 2.1.1.1 Navigation drawer

Navigation drawer [35] je komponenta, která poskytuje přístup do různých částí aplikace. Pro účely vznikající aplikace je vhodná pro přihlašování uživatele, nebo pro navigaci mezi nesouvisejícími částmi aplikace, jako je kontakt, odkaz na expertní modul, nebo tlačítko pro přechod na domovskou obrazovku. Komponenta bude také poskytovat detaily uživatele. Bude výsuvná z levé strany pomocí gesta, nebo ji bude možné zobrazit po kliknutí na ikonu v horním menu. Na různých obrazovkách bude nutné rozumně volit mezi touto ikonou (a tedy přítomností navigation drawer) a šipky zpět.

---

<sup>13</sup>dostupné z: <https://material.io/design/introduction/>

### 2.1.1.2 Floating action button

Toto tlačítko je velmi častým prvkem nejen Android aplikací. Představuje primární, nebo nejčastější akci obrazovky [36]. V některých situacích je možné použít i dvě tyto komponenty na jedné obrazovce, jestliže představují rozdílné, a přece stejně důležité akce. Přítomnost více tlačítek není doporučena. Plovoucího tlačítka je možné využít pro přidávání nového měření pacienta, nebo markeru, hodí se i pro přechod na zobrazení statistik předchozích měření.

### 2.1.1.3 Indikátor průběhu

Komponenta s anglickým názvem progress indicator [37] má za úkol informovat uživatele o průběhu akce (jako je např. načítání aplikace). Zprostředkovává aplikační stav a dostupné akce (např. zda je možné opustit danou obrazovku). Bude důležitá zejména při čekání na výsledek síťové komunikace, nebo na vyhledání dat v databázi. Není možné přesně předem určit, jak dlouho tato akce bude trvat (nanejvýš je možné ovlivnit horní mez v případě nastavení časového limitu pro síťovou komunikaci). Proto bude zapotřebí využít nedeterministický indikátor.

### 2.1.1.4 Snackbar

Je vhodný pro informování uživatele o akci, kterou aplikace právě vykonala [38]. Jedná se o krátkou zprávu, která je umístěna v dolní části obrazovky nanejvýš několik sekund. Nevyžaduje od uživatele reakci, nebo manuální odstranění z obrazovky, a proto jej nevyrušuje při práci.

### 2.1.1.5 Stepper

Slouží k vyplňování např. delšího formuláře jeho rozložením do více logických kroků tak, aby se každý vešel na jednu obrazovku [39]. Informuje uživatele o počtu kroků a o tom, který je povinný, nebo volitelný. Zajišťuje validaci vstupů tím způsobem, že nedovolí uživateli pokračovat, pokud nejsou vyplněna všechna potřebná políčka. Je možné využít jej k vyplňování informací o nově vznikajícím měření, kde v prvním kroku bude nutné specifikovat detaily pacienta, v dalším informace o naměřených hodnotách markerů a v posledním zkontolovat či upravit cut-off hodnoty. V takovém případě je vhodné využít horizontální stepper, který je vhodný pro širší obrazovky, a je zde evidentní, že následující krok je závislý na tom předchozím.

### 2.1.1.6 Tabs

Komponenta, která může být do češtiny volně přeložena jako záložky, slouží k organizaci skupin obsahu které jsou navzájem propojené a na stejné úrovni hierarchie [40]. Záložky se hodí k zobrazování navržených výsledků pacienta, vzhledem k tomu, že ve webové verzi aplikace se jedná o dlouhou stránku s různými, ale



přesto souvisejícími informacemi o diagnóze. Záložky umožní zobrazit a utřídit každou část obsahu na jednu obrazovku.

### 2.1.1.7 Seznam

Seznam je jeden kontinuální sloupec složený z řádků obsahu [41]. Položky seznamu mohou být složeny z obrázků či ikon, primárního textu, metadat, nebo akčních tlačítek. Řádky by měly být navzájem lehce porovnatelné, a proto by měly být elementy v seznamu umístěné na stejných pozicích. Grafické prvky jako obrázky a ikony by měly být umístěné u krajů řádků. Zajistit řád je také možné umístěním nejvíce rozlišujících komponent obsahu po ty nejméně rozlišující v řádku zleva doprava. Seznam může být využit k zobrazení všech měření, podobně jako ve stávající aplikaci. Do řádku bude vhodné umístit ikonu pro indikaci, zda je výsledek měření k dispozici v offline režimu a akční tlačítka pro zopakování měření a výmaz výsledku. Kliknutím na řádek se zobrazí detailní informace o výsledcích měření. Komponenta se také hodí pro zobrazení a vzájemné porovnávání typů navržených diagnóz.

### 2.1.1.8 Dialogy

Dialogy informují uživatele o akcích, které by měl provést, mohou obsahovat kritické informace, nebo vyžadují rozhodnutí uživatele [42]. Objevují se na popředí a zablokují všechny ostatní funkce aplikace, dokud není provedena požadovaná akce, nebo nejsou ukončeny jiným způsobem (rozpuštěny). Proto jsou poněkud rušivým elementem a neměly by být využívány velmi často. Ve vznikající aplikaci se dialog hodí pro přihlašování uživatele, nebo při výmazu měření, kdy se aplikace musí ujistit o tom, že si uživatel opravdu přeje tuto akci vykonat. Může být vhodný pro potvrzení volby věku a pohlaví při doporučování markerů, nebo při výběru markerů k měření.

## 2.1.2 Lo-fi prototyp

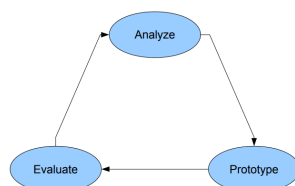
Také nazývaný mock-up, nebo wireframe, je typ prototypu uživatelského rozhraní, ve kterém je vytvořena základní představa o rozložení komponent [43][44]. Může být vytvořen pomocí tužky a papíru, nebo v jednoduchém grafickém programu. Jeho výroba by měla být co nejpřímočařejší, protože jej bude nutné často upravovat. Typicky při vytváření prototypu probíhá několik iterací na bázi analýzy, vytvoření/úpravy prototypu a jeho zhodnocení (obrázek 2.1).

### 2.1.2.1 Postup tvorby

Zvoleným nástrojem pro tvorbu prototypu je program Balsamiq<sup>14</sup>. Tento software umožňuje pohodlně vytvářet wireframy díky rozmanitým komponentám

---

<sup>14</sup>dostupný z <https://balsamiq.com>



Obrázek 2.1: Diagram iterace vytváření lo-fi prototypu (převzato z [43])

a ikonám, které obsahuje. Je pomocí něj možno vytvářet klikatelné wireframy ve formátu PDF pro lepší představu o návaznosti obrazovek.

Prototyp byl upravován v rámci dvou iterací během konzultací s vedoucím práce. Jeho první verze byla opravena, protože se ukázalo, že nedostatečně využívá potenciál obrazovky cílového zařízení.

Plná finální verze vytvořeného prototypu se nachází v příloze C. V následujícím textu budou popsány pouze nejpodstatnější vytvořené obrazovky.

### 2.1.2.2 Úvodní obrazovka

Ihned po spuštění aplikace je zobrazeno logo Alma Diagnostics a dále úvodní obrazovka s přehledem všech modulů, ať už současných, nebo plánovaných. U modulu, do kterého uživatel nemá přístup, je zobrazena ikona zavřeného zámku. Uživatel nemůže přistoupit do modulu, pokud se neautentifikoval, nebo pokud daný modul není k dispozici. Sekce pro veřejnost je v aplikaci pojata jako samostatný modul s volným přístupem. Návrh úvodní obrazovky pro nepřihlášeného uživatele se nachází na obrázku 2.2.

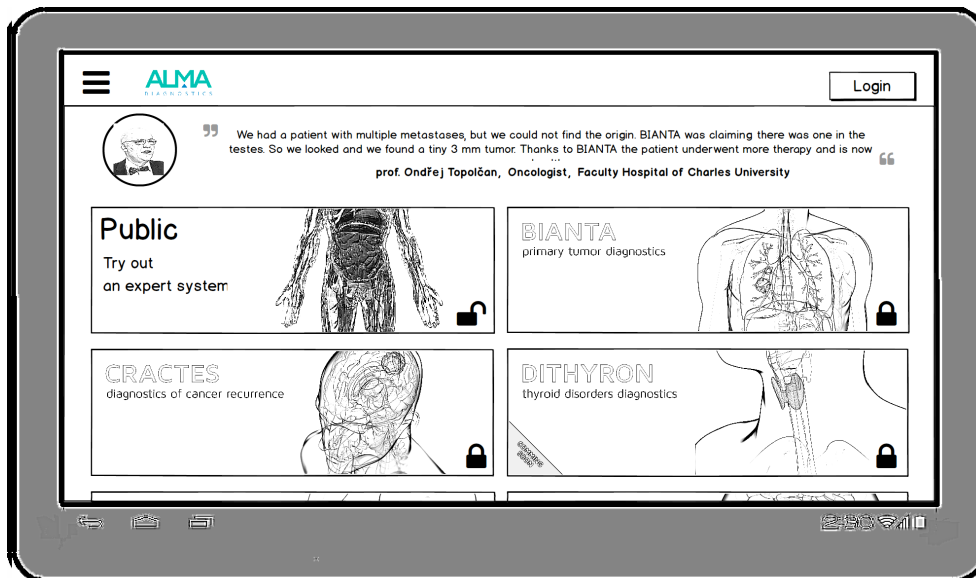
### 2.1.2.3 Navigační menu a profil uživatele

Úvodní obrazovka poskytuje navigační menu (komponenta navigation drawer 2.1.1.1), které pro nepřihlášeného uživatele poskytuje možnost přihlásit se, informace o jazyku aplikace, častých otázkách a kontaktu. Přihlášený uživatel má navíc na výběr placené moduly a svůj profil (obrázky 2.3 a 2.4). V profilu uvidí datum ukončení přístupu do aplikace a počet zbývajících dotazů na expertní systém. Větším rozdílem oproti stávající aplikaci je možnost nastavit ve svém profilu heslo pro šifrování osobních údajů pacientů.

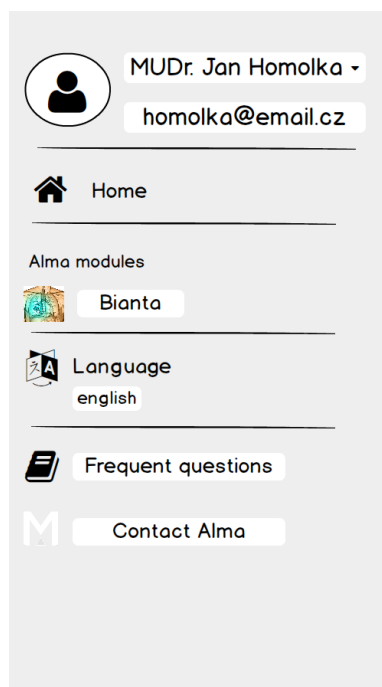
### 2.1.2.4 Přehled nejčastějších markerů

Po vstupu do veřejného modulu má uživatel k dispozici obrazovku s textovými informacemi o expertním modulu. Tlačítkem, které nabízí zkoušku expertního systému, přejde uživatel na obrazovku s možností doporučení nejčastějších markerů podle věku a pohlaví. Tato obrazovka je inspirována systémem SVOD popsaném v sekci 1.1.3.1. Uživatel má možnost zobrazit nejčastější markery, část těla,

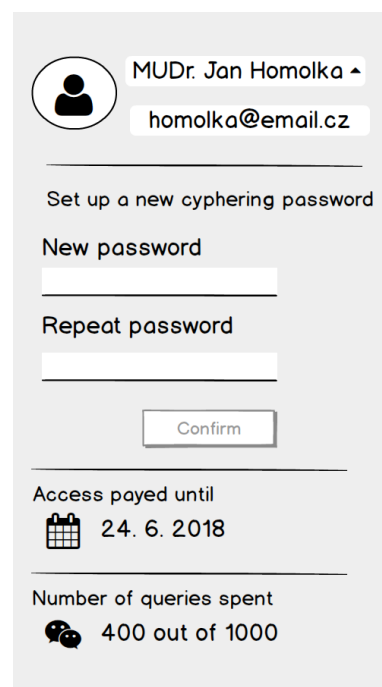
## 2.1. Návrh uživatelského rozhraní



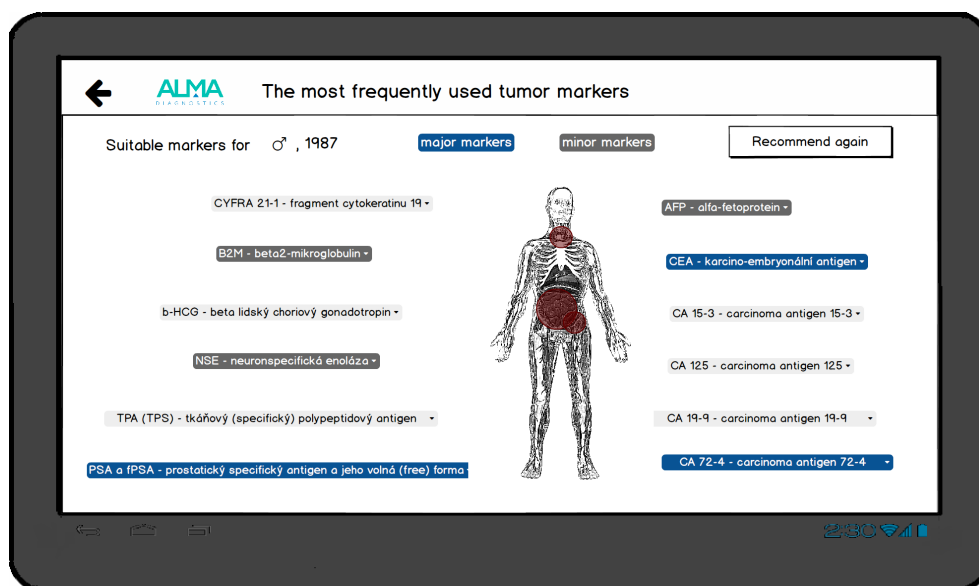
Obrázek 2.2: Návrh úvodní obrazovky



Obrázek 2.3: Návrh menu (při-  
hlášení uživatele)



Obrázek 2.4: Návrh uživatelského profilu



Obrázek 2.5: Návrh obrazovky s doporučením nejčastějších markerů

ke které se váží na postavě člověka a jejich popis v rozbalovacím menu. Jejich doporučení je možné na základě vyplnění věku a pohlaví v dialogovém okně, které se objeví po stisku tlačítka na obrazovce. Doporučené markery jsou poté barevně označeny, podle toho, jestli se jedná o hlavní, nebo vedlejší. Stav obrazovky po doporučení markerů je vidět na obrázku 2.5.

### 2.1.2.5 Úvodní obrazovka modulu Bianta

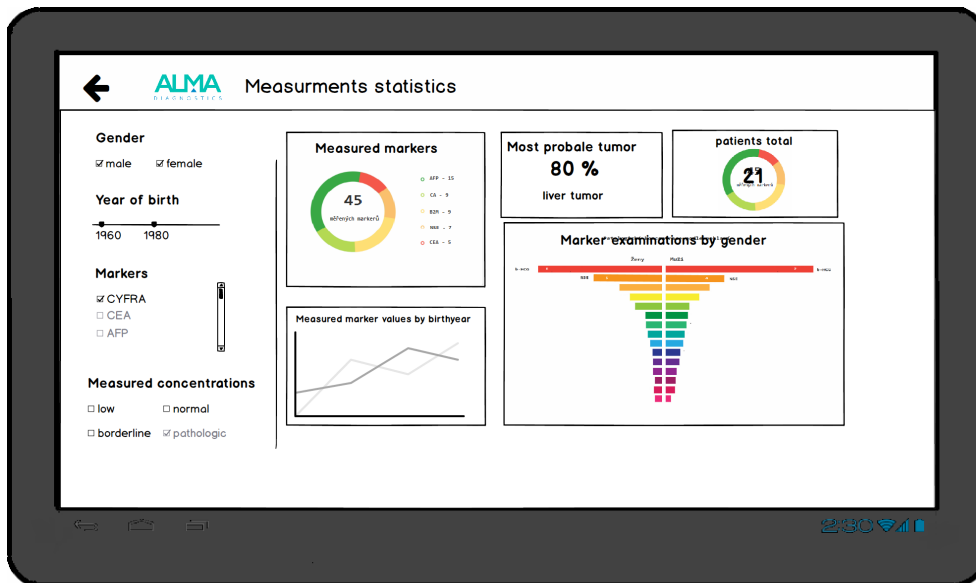
Tuto obrazovku tvoří na rozdíl od původní aplikace seznam předchozích měření. Jsou zde přítomny dvě plovoucí tlačítka – pro vytvoření nového měření a zobrazení statistik všech měření.

### 2.1.2.6 Shrnující statistiky

Tato obrazovka (obrázek 2.6) je dostupná po přechodu do modulu Bianta po stisku plovoucího tlačítka. Byla inspirována především programem Microsoft Power BI analyzovaným v sekci 1.1.3.2. Levé menu tvoří filtry. Při úpravě kteréhokoli z nich budou překresleny všechny grafy v hlavní části obrazovky. Filtrovat data bude možné podle pohlaví, věku, názvů měřených markerů a jejich výsledných koncentrací.

Navržené grafy k zobrazení s ohledem na data, se kterými webová aplikace pracuje, jsou následující:

- Počty vyšetření jednotlivých markerů – formou koláčového grafu, v jehož středu bude součet těchto vyšetření



Obrázek 2.6: Návrh obrazovky pro shrnující statistiky

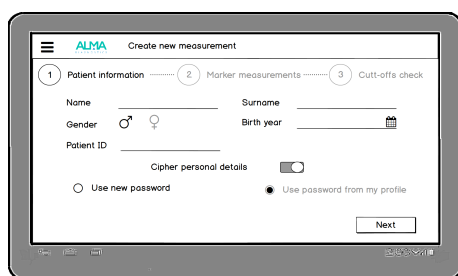
- Počty vyšetření pacientů, rozdělených na zdravé pacienty a ty s navrženou diagnózou – také formou koláčového grafu
- Nejpravděpodobnější nádorová diagnóza – její název a pravděpodobnost, textová forma
- Průměrná naměřená hodnota pro jednotlivé markery v závislosti na věku pacienta – spojnicový graf
- Počet vyšetření jednotlivých markerů podle pohlaví pacienta – horizontální sloupcový graf

### 2.1.2.7 Tvorba nového měření

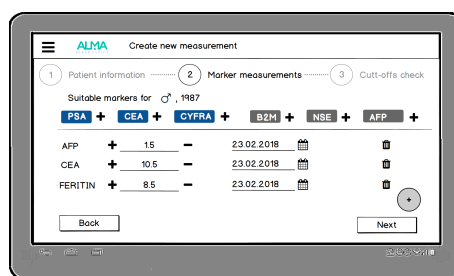
Jak již bylo navrženo v sekci 2.1.1.5, tvorba nového měření se bude skládat ze tří kroků za využití komponenty stepper. Oproti původní aplikaci bude ve formuláři pro vytváření nového pacienta explicitní možnost šifrování, buď pomocí hesla z uživatelského profilu, nebo nově zvoleného hesla (obrázek 2.7).

V druhém kroku budou zobrazeny navržené markery hlavní a vedlejší pro daného pacienta. Ty bude možné přidat do měření kliknutím na daný marker, nebo na tlačítko plus u jeho názvu. Libovolný jiný marker bude možné přidat pomocí plovoucího tlačítka, které nabídne uživateli dialogové okno. V něm bude uživatel moci označit všechny potřebné markery a potvrdit jejich výběr. Tyto způsoby výběru markerů byly navrženy proto, aby uživatel nebyl nucen hledat každý marker jednotlivě z výsuvného menu. Příklad markerů přidávaných do měření je zobrazen

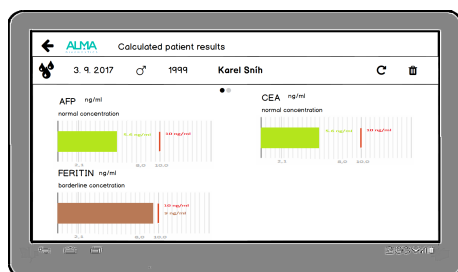
## 2. NÁVRH



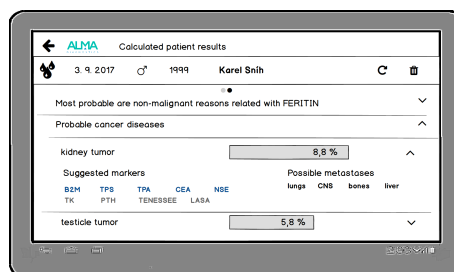
Obrázek 2.7: Návrh tvorby nového měření (krok č. 1)



Obrázek 2.8: Návrh tvorby nového měření (krok č. 2)



Obrázek 2.9: Prezentace navržené výsledku (část č. 1)



Obrázek 2.10: Prezentace navržené výsledku (část č. 2)

na obrázku 2.8. V posledním kroku má uživatel možnost upravit relevantní cut-off hodnoty pro zadaný věk, pohlaví a markery. Není tak opět nucen hledat sám potřebné v dlouhém seznamu.

### 2.1.2.8 Prezentace výsledků měření pacienta

V první části obrazovky bude zobrazeno zhodnocení měřených hodnot markerů, jak slovně, tak pomocí grafů, které nebyly v původní aplikaci (obrázek 2.9). Graf bude barevně rozlišovat naměřenou hodnotu podle hladiny koncentrace. Také bude červenou barvou upozorňovat na hraniční cut-off hodnotu.

V druhé části obrazovky, se bude nacházet seznam s navrženými diagnózami. Rakovinové diagnózy budou mít oproti původní aplikaci svojí pravděpodobnost vyznačenou pomocí grafu a markery navržené k dalšímu měření budou barevně rozlišeny na hlavní a vedlejší. Diagnózy budou zobrazeny v seznamu a detail se zobrazí po rozkliknutí dané položky (obrázek 2.10). Bude tak možné lépe navzájem porovnávat pravděpodobnosti rakovinových diagnóz a v daném okamžiku zobrazit pouze ty informace, které si uživatel přeje.

## 2.2 Návrh komunikace serveru s mobilní aplikací

Protože webový server dosud neposkytoval žádné API, které by mohlo sloužit pro komunikaci s mobilní aplikací, bylo nutné jej navrhnout. K tomu byl již v zadání práce zvolen architektonický styl REST.

REST je v dnešní době vedoucím modelem pro webové API [45]. Je orientován na zdroje nacházející se na webu, které jsou identifikovány pomocí URI. Protokolem, který slouží k manipulaci se zdroji je HTTP. Zdrojem může být cokoli, např. webová stránka, nebo PDF dokument. Důležité je, že odpovídá jedné nebo více entitám v datovém modelu, má svůj identifikátor a reprezentaci, aby k němu mohl uživatel přistupovat (pomocí HTTP operací). Hlavní rysem RESTu je bezstavovost, tzn., že webová služba nepoužívá paměť, aby uchovávala svůj stav. Stav aplikačního serveru je komunikován skrze HTTP metadata a reprezentaci zdrojů.

Pro přenos dat mezi klientem a serverem (reprezentace zdroje) byl zvolen datový formát JSON. Vzhledem k tomu, že je webový server naprogramován v jazyce Python a pro práci s objekty využívá datové struktury typu slovník a seznam, bude serializace do tohoto formátu u většiny objektů přímočará.

### 2.2.1 Popis výměny dat mezi klientem a serverem

V následující sekci bude podrobněji popsána výměna dat mezi klientem a serverem ve formátu JSON, která bude probíhat za pomoci navržených URI. Jejich celkový přehled a k nim definovaných HTTP operací se nachází v tabulce 2.1. Kořenovým URL je <http://almadiagnostics.com/mobile/>.

#### 2.2.1.1 Dostupné markery modulu Bianta

- operace: GET
- URI: bianta/markers

Ze serveru je možné získat identifikátory všech dostupných markerů a jejich jednotky.

#### 2.2.1.2 Doporučené markery

- operace: GET
- URI: bianta/markers?gender={gender}&birth\_year={year}, kde gender nabývá hodnotu male, nebo female a year hodnotu od roku 1900 po současnost.

Poskytnete identifikátory hlavních a vedlejších markerů pro zadaný dotaz.

### 2.2.1.3 Autentifikace uživatele

- operace: POST
- URI: login

Vzhledem k tomu, že optimalizace síťové bezpečnosti není předmětem této práce, byl využit stávající způsob autentifikace tak, jak probíhá ve webovém rozhraní.

Aplikace pošle k ověření na server unikátní klíč. V případě, že je platný, odešle server odpověď, která se skládá z číselného ID přihlašovaného uživatele, unikátního klíče a textu se zprávou o stavu přihlašování. Server pošle aplikaci cookie, kterou je dále nutné používat v jakékoli další komunikaci se serverem, která vyžaduje personalizovaný přístup k datům.

Jestliže je na server odeslán chybný, nebo neplatný klíč, odpověď se skládá pouze z chybové zprávy.

### 2.2.1.4 Informace o přihlášeném uživateli

- operace: GET
- URI: users/{userid}, kde userid je identifikátor, který byl získán ze serveru při autentifikaci

Server je schopen poskytnout data, která se skládají z počtu dotazů uživatele do systému, maxima možných dotazů uživatele, názvu účtu, emailu, konce platnosti účtu a opět uživatelského ID. Dále jsou zde informace o názvech účtů a ID uživatelů ve skupině.

### 2.2.1.5 Cut-off hodnoty přihlášeného uživatele

- operace: GET
- URI: users/{userid}/cutoffs, kde userid je identifikátor, který byl získán ze serveru při autentifikaci

K dispozici je seznam všech identifikátorů markerů a číselných hodnot k nim. V některých případech se jedná o jednu hodnotu, ale častěji jsou rozděleny podle pohlaví, případně věkových intervalů.

### 2.2.1.6 Tvorba nového měření

- operace: POST
- URI: bianta/{userid}/measurements, kde userid je identifikátor, který byl získán ze serveru při autentifikaci



Na server bude odesláno k vyhodnocení nové měření, která se skládá z informací o pacientovi (jméno, příjmení, pohlaví, rok narození, identifikátor, poznámka a příznak, zda je šifrován) a seznamu měřených markerů (pro každou položku je odeslán identifikátor markeru, datum a naměřená hodnota).

Konkrétní formát tohoto dotazu je ilustrován v příkladu 2.1.

```
{ "patient":
  {
    "name": "Michaela",
    "surname": "Jelinkova",
    "gender": "female",
    "birthyear": 1976,
    "id": "",
    "note": "",
    "ciphered": 0
  }, "markers": [ {
    "marker": "TG",
    "date": "01.06.2018",
    "value": 2.0
  }, {
    "marker": "CEA",
    "date": "01.06.2018",
    "value": 7.0
  } ]
}
```

Zdrojový kód 2.1: Příklad měření odesílaného na server

### 2.2.1.7 Všechna předchozích měření uživatele

- operace: GET
- URI: `bianta/{userid}/measurements`, kde `userid` je identifikátor, který byl získán ze serveru při autentifikaci

Server jako odpověď vrací všechny dotazy uživatele na předchozí měření. Data poskytnuté serverem pro jednu položku obsahují opět informace o pacientovi (jeho jméno a příjmení pacienta, pohlaví, rok narození, identifikátor, poznámka a příznak, zda je šifrován) a informace o seznamu měřených markerů (identifikátor markeru, datum a naměřená hodnota pro každou položku). Navíc je v odpovědi ID uživatele, čas a datum, kdy byl dotaz uskutečněn a jednoznačný identifikátor, založený na tomto datu a času.

HTTP operace	URI
GET	bianta/markers
GET	bianta/markers?gender={gender}&birth_year={year}
POST	login
GET	users/{userid}
GET	users/{userid}/cutoffs
GET/POST	bianta/{userid}/measurements
GET/DELETE	bianta/{userid}/measurements/{mid}
PUT	users/{userid}/cutoffs

Tabulka 2.1: Přehled způsobu komunikace aplikace se serverem

### 2.2.1.8 Výsledek daného měření

- operace: GET, DELETE
- URI: bianta/{userid}/measurements/{mid}, kde userid je identifikátor, který byl získán ze serveru při autentifikaci a mid je identifikátor daného měření, který je vracen ze serveru při dotazu na všechna měření

Server poskytuje pro tento dotaz detailní informace o navržené diagnóze pacienta a zahrnuje zhodnocení výsledků markerů. Poskytované informace byly analyzovány v části 1.2.1.3.

Výsledek je možné smazat operací DELETE, v takovém případě není očekávána odpověď.

## 2.3 Návrh využití datových standardů

Bylo zjištěno, že oba analyzované datové standardy mají významné místo při předávání dat mezi zdravotnickými systémy. Jeden v českém, druhý v zahraničním prostředí. Proto bude navrženo využití obou z nich.

Datové standardy se ve vznikající aplikaci hodí především pro poskytnutí vstupních dat o pacientovi a jeho laboratorních výsledcích. Předávání výstupní diagnózy zpět do jiných systémů je problematické, protože stávající server poskytuje množinu navržených diagnóz, které jsou možné s určitou pravděpodobností. Ve stávajícím procesu tedy chybí možnost lékaře říci, které diagnóza je správná (pokud je taková navržena).

### 2.3.1 Návrh využití HL7 V2

Ze segmentu MSH bude nejprve zjištěn oddělovač jeho částí (první znak za názvem segmentu MSH, obvykle |) a dále oddělovač komponent v části segmentu (druhý znak za názvem segmentu, obvykle ^).

Přehled využití dat ze segmentu PID (Patient Identification) se nachází v tabulce 2.2. Je vidět, že klíčové položky pro aplikaci (rok narození a pohlaví) jsou volitelnými položkami segmentu, budou proto muset být v případě, že chybějí, doplněny ručně a uživatel (lékař) bude muset být na toto upozorněn.

Část segmentu (povinnost výskytu)	Využití
3 (povinná)	ID pacienta
5 – první dvě položky (povinná)	příjmení, jméno
7 – první čtyři číslice (volitelná)	datum narození
8 (volitelná)	pohlaví

Tabulka 2.2: Využití dat ze segmentu PID

Jak získat potřebné informace o měření je uvedeno v tabulkách 2.3 a 2.4. V případě nepřítomnosti naměřené hodnoty není možno pokračovat ve vyhodnocení měření aplikací a uživatel musí být opět upozorněn.

Část segmentu (povinnost výskytu)	Využití
4 – druhá položka (povinná)	identifikátor markeru
7 – prvních osm číslic (povinná)	rok měsíc a den měření

Tabulka 2.3: Využití dat ze segmentu OBR

Část segmentu (povinnost výskytu)	Využití
3 – druhá položka (povinná)	identifikátor markeru
5 – druhá položka (volitelná)	naměřená hodnota
6 (volitelná)	jednotky

Tabulka 2.4: Využití dat ze segmentu OBX

V příkladu 2.2 jsou pomocí notace HL7 zapsána data potřebná pro vytvoření nového měření v aplikaci. Data odpovídají těm, která jsou zapsána pomocí JSON v sekci 2.2.1.6.

```
PID|||1234567890||Jelinkova^Michaela^^^^^|19760101|F||||| < cr>
OBR|||^TG|||201806010730||||| < cr>
OBX|||^TG||^2.0|ng/ml||| < cr>
OBR|||^CEA|||201806010730||||| < cr>
OBX|||^CEA||^7.0|ng/ml||| < cr>
```

Zdrojový kód 2.2: Příklad potřebných dat zapsaných pomocí HL7

### 2.3.2 Návrh využití DASTA DS4

Potřebné informace o pacientovi je možné vyparsovat z XML bloků <dsip:sex>, <dsip:jmeno>, <dsip:prijmeni> a rok narození jako z <dsip:dat\_dn> (první

## 2. NÁVRH

---

čtyři číslice). Identifikátor pacienta je možné získat buď z bloku `<dsip:rodcis>`, nebo alternativně z atributu `<dsip:id_pac>` bloku `<dsip:ip>`.

Konkrétní hodnoty pro jednotlivé markery jsou v blocích `<dsip:ku_z_lab>`. Položka `<dsip:nazev_lslp>` v takovém bloku udává název markeru a další potřebné informace jsou v částech `<dsip:jednotka>` pro jednotku, `<dsip:hodnota>` pro naměřenou hodnotu markeru a `<dsip:dat_du>` pro datum (je nutné vyparsovat v pořadí rok, měsíc a den oddělené pomlčkou).

Příklad 2.3 znázorňuje zápis potřebných dat pro vytvoření nového měření v aplikaci. Zápis dat je možné porovnat se sekci 2.3.1 a opět zápisem pomocí JSON v sekci 2.2.1.6.

```
<dsip:ip id_pac="1234567890">
  <dsip:jmeno>Michaela</dsip:jmeno>
  <dsip:prijmeni>Jelinkova</dsip:prijmeni>
  <dsip:dat_dn format="D">1976-01-01</dsip:dat_dn>
  <dsip:sex>F</dsip:sex>
  <dsip:ku>
    <dsip:ku_z>
      <dsip:ku_z_lab>
        <dsip:dat_du>2018-06-01T07:30:00</dsip:dat_du>
        <dsip:nazev_lclp>TG</dsip:nazev_lclp>
        <dsip:vrn>
          <dsip:hodnota>2.0</dsip:hodnota>
          <dsip:jednotka>ng/ml</dsip:jednotka>
        </dsip:vrn>
      </dsip:ku_z_lab>
      <dsip:ku_z_lab>
        <dsip:dat_du>2018-06-01T07:30:00</dsip:dat_du>
        <dsip:nazev_lclp>CEA</dsip:nazev_lclp>
        <dsip:vrn>
          <dsip:hodnota>7.0</dsip:hodnota>
          <dsip:jednotka>ng/ml</dsip:jednotka>
        </dsip:vrn>
      </dsip:ku_z_lab>
    </dsip:ku_z>
  </dsip:ku>
</dsip:ip>
```

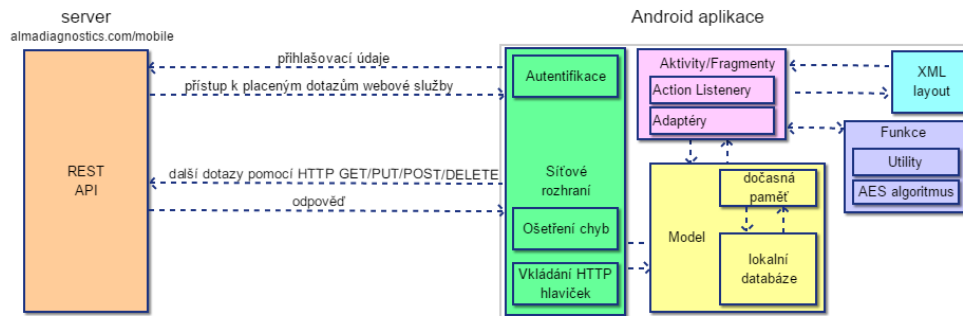
Zdrojový kód 2.3: Příklad potřebných dat zapsaných pomocí DS4

## 2.4 Návrh funkčního jádra aplikace

Na obrázku 2.11 je vidět celkový přehled architektury aplikace včetně znázornění komunikace se serverem, která byla již popsána v sekci 2.2. Tato sekce bude podrobněji zaměřena hlavně funkci aktivit a fragmentů a datovou část aplikace. Způsob realizace síťového rozhraní a šifrovacího algoritmu bude uveden v kapitole Implementace (kapitola 3).

### 2.4.1 Základní stavební prvky aplikace

Klíčovou komponentou ve vývoji mobilní aplikace je aktivita (Activity) [46]. Dá se říci, že slouží jako přístupový bod v aplikaci, skrze něhož uživatel s touto aplikací interaguje. Poskytuje okno pro vykreslování uživatelského rozhraní. Obvykle jedna aktivita tedy implementuje jednu aplikační obrazovku. Každá aktivita může spustit jinou, aby se mohl uživatel pohybovat na různé obrazovky. Typicky je



Obrázek 2.11: Přehled architektury

jedna z aktivit definována jako hlavní a je spuštěna ihned po startu aplikace. Ačkoli aktivity dohromady poskytují ucelenou prezentaci aplikace, jsou jen velmi volně propojeny na úrovni kódu a existují mezi nimi minimální závislosti.

V průběhu své existence prochází aktivita sérií stavů (životní cyklus) [47]. Pro přechod mezi těmito stavy slouží specifické metody, tzv. callbacks, které aktivitu informují o tom, že byl stav změněn. Metody jsou volány systémem, programátor je pouze implementuje. Povinné je implementovat callback `onCreate()`, protože je zavolán, když systém aktivitu vytvoří [47]. Jeho implementace by měla zahrnovat inicializaci základní logiky obrazovky, např. přiřazení obrazovce souboru, ve kterém je definováno uživatelské rozhraní a nahrání příslušných dat do jeho komponent, inicializace proměnných.

Volitelnou modulární součástí aktivity je fragment [48]. Ten reprezentuje chování určitého logického celku uživatelského rozhraní na obrazovce. Aktivita může být složena z několika fragmentů, kde každý má svůj vlastní životní cyklus, je informován o vstupních událostech a může být dokonce dynamicky přidán, nebo odebrán za chodu aktivity. Lze o něm tedy přemýšlet jako o podaktivitě, která může být znovu použita v různých aktivitách.

Z pohledu Model View Controller architektonického paradigmatu [49] [50], může být každá aktivita chápána jako controller pro danou obrazovku, protože je nutné, aby pracovala jak s datovou, tak se zobrazovací částí aplikace, a aby zachycovala vstup od uživatele a reagovala na něj. Čisté view budou tvořit XML soubory, pomocí kterých se v mobilních aplikacích standardně definuje rozložení a typy komponent na obrazovce [51].

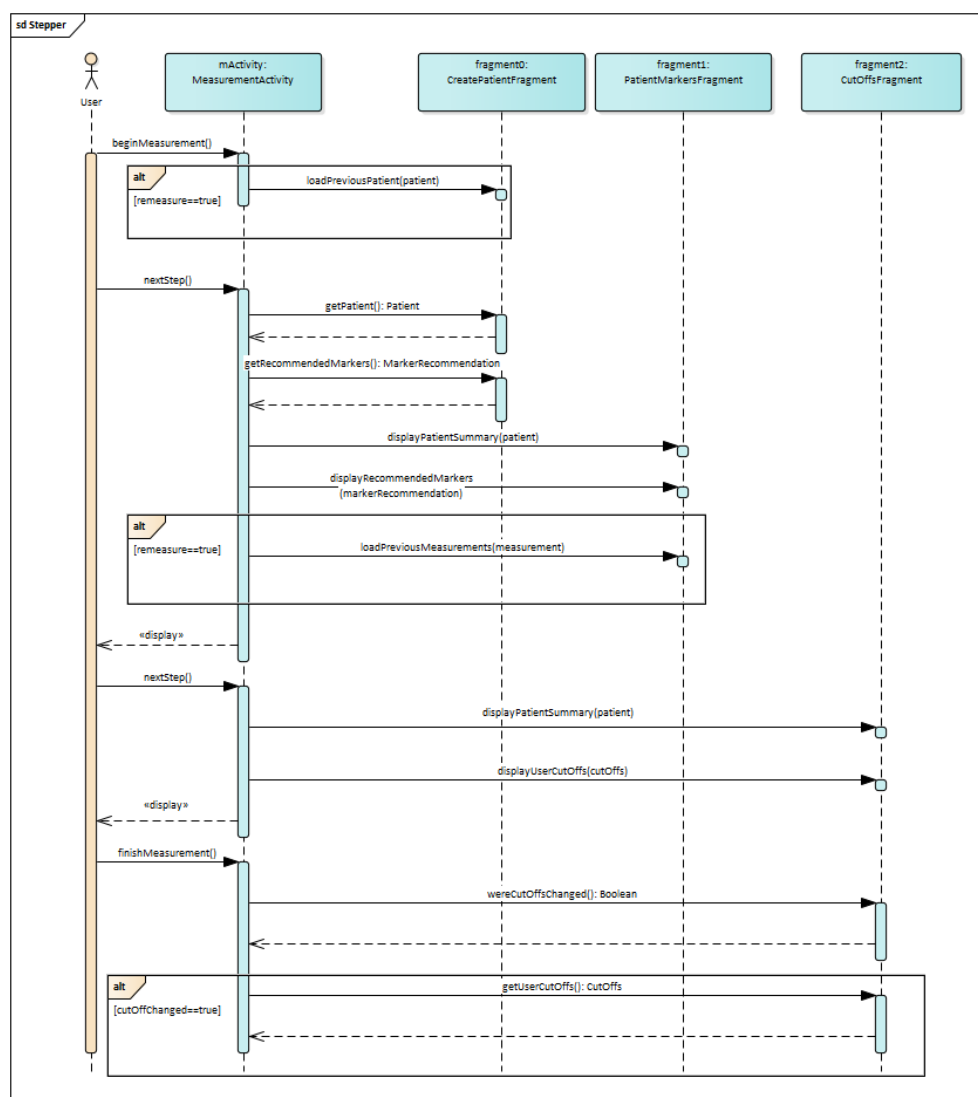
#### 2.4.1.1 Návrh využití fragmentů

Fragmenty se hodí pro implementaci vytváření nového měření, které sice probíhá ve třech obrazovkách, ale jedná se o jeden logický celek. Všechny tři obrazovky mají společnou horní část (zobrazování kroků) a tlačítka v dolní části. Ta část obrazovky, která se mění, bude ale implementována jiným fragmentem. Podobně se fragmenty hodí pro zobrazování navržených výsledků. Fragmenty se

## 2. NÁVRH

často využívají i pro implementaci dialogů [52], protože se jedná o dočasnou část obrazovky.

Na obrázku 2.12 je vidět znázornění komunikace mezi aktivitou a fragmenty při již zmíněném vytváření nového měření. Uživatel přechází mezi jednotlivými kroky, na což reaguje MeasurementActivity. Ta funguje jako prostředník při předávání potřebných dat mezi jednotlivými kroky. Fragment sám neví o přítomnosti dalších. Je tedy možné v případě změn vložit další krok.



Obrázek 2.12: Sekvenční diagram komunikace

### 2.4.2 Práce s daty uvnitř aplikace

Datovou část (model) aplikace je podle zdroje [53] vhodné rozdělit na in-memory cache a databázi, pouze pakliže se zde požadovaná data nenachází, je nutno přistoupit k síťovému zdroji dat. Controller by přitom neměl být zbytečně zatěžován tím, z kterého zdroje data pocházejí, když o ně požádá v rámci zajištění chodu aplikace. Měl by přistupovat k objektu s jednotným rozhraním, který controller notifikuje o tom, že data jsou k dispozici, nebo je nebylo možné získat (např. při chybě sítě).

Toto chování je implementací principu Separation of concerns [54], který říká, že v rámci zajištění udržitelnosti aplikace je nutné identifikovat a oddělit komponenty změny. V tomto případě se tak síťové rozhraní, databáze, nebo implementace cache může změnit nezávisle na controlleru.

Notifikace příchodu dat je možná pomocí objektu LiveData, který je pozorovatelným kontejnerem pro datový objekt [53]. Controller se registruje k pozorování tohoto objektu a pokud je tento kontejner v rámci modelu změněn, je controller okamžitě informován. Využitím objektu LiveData a design patternu Observer [50] opět není vytvářena explicitní a neměnná závislost mezi zúčastněnými částmi aplikace.

#### 2.4.2.1 Návrh cache

Cache je vhodné implementovat na základě jednoznačných ID objektů. K tomu se hodí hašovací tabulka.

#### 2.4.2.2 Datový model

V diagramech 2.13 a 2.14 jsou zachyceny datové struktury, které budou v aplikaci využívány, a vztahy mezi nimi. V druhém zmíněném diagramu je zobrazena detailní podoba navrženého výsledku `BiantaResult`.

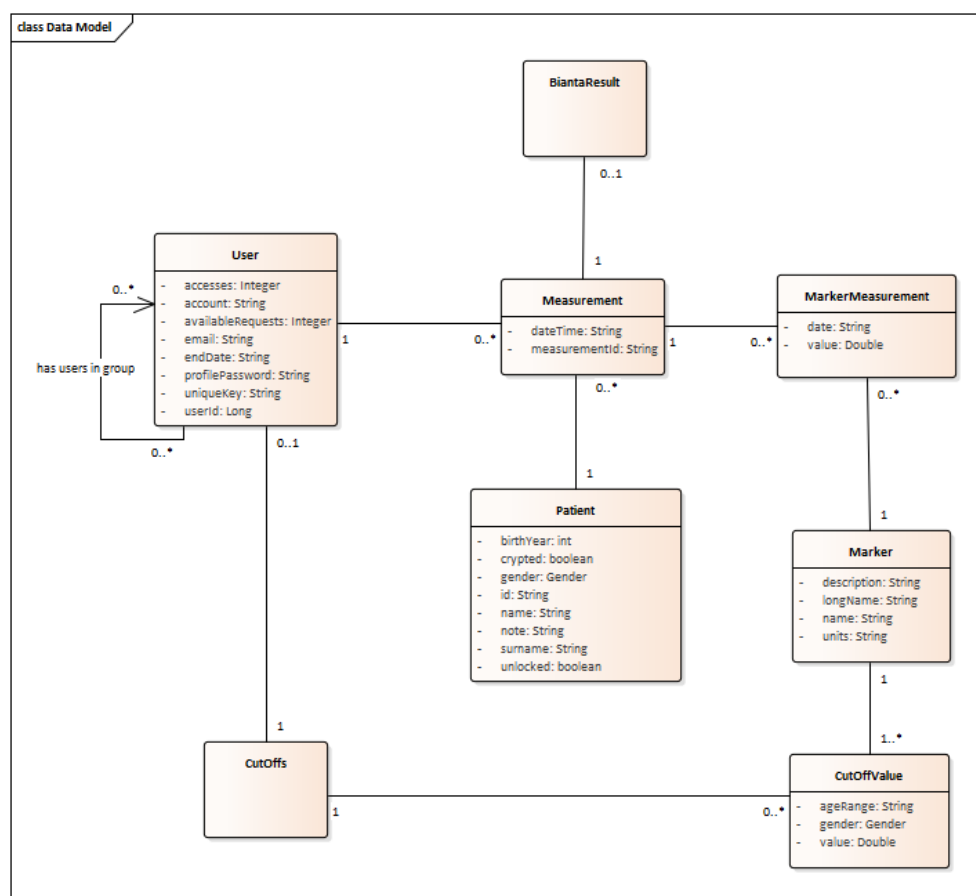
#### 2.4.2.3 Návrh databáze

Pro zajištění offline funkcionality bude nutné ukládat tato data:

- všechna dostupná data týkající se uživatele (včetně unikátního klíče pro offline autentifikaci)
- všechna měření, která byla k dispozici při posledním online přístupu do aplikace
- všechny výsledky měření, které uživatel již v minulosti v aplikaci zobrazil
- cut-off hodnoty uživatele, pro zobrazení grafů ve výsledcích měření

Jak vyplývá z návrhu komunikace mezi klientem a serverem v sekci 2.2.1 a návrhu cache 2.4.2.1, bude nutné objekty párovat přímo v kódu na základě jejich

## 2. NÁVRH



Obrázek 2.13: Datový model

identifikátorů získaných ze serveru i bez přítomnosti databáze. Ta by tedy spíše měla sloužit pro jednotlivé objekty jako perzistentní kontejner, když data z jiných zdrojů nebudou k dispozici. Tomuto popisu odpovídají objektové databáze. Časté přístupy do databáze je nutné očekávat zejména při zobrazování jednotlivých výsledků, které jsou neměnné a pokud jsou jednou uloženy do databáze, je zbytečné je znovu někdy v budoucnu požadovat ze sítě. Proto byla vybrána objektová databáze Object Box, neboť jde podle analýzy o velmi rychlou databázi.

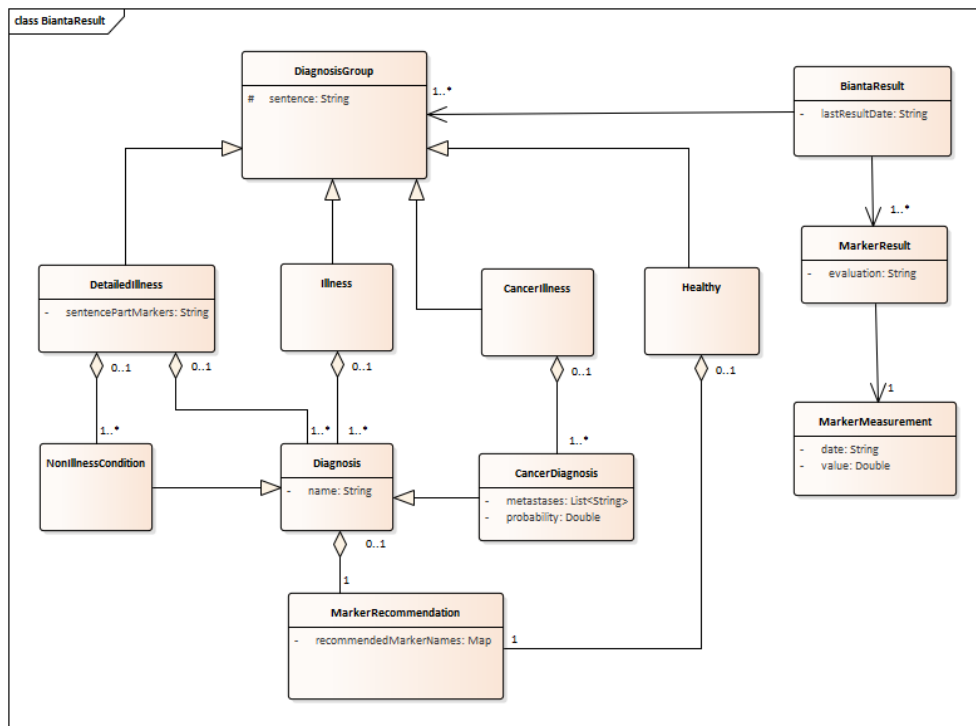
### 2.4.3 Zjišťování stavu sítě

K tomuto účelu se hodí komponenta broadcast receiver [55], skrze niž jsou do aplikace komunikovány nejčastěji systémové události, které přímo nesouvisí s tím, jak uživatel aplikaci používá (nejde tedy o systémové události zmíněné v 2.4.1). Systém pomocí broadcastu doručuje zprávy hromadně všem aplikacím, dokonce i těm, které právě nejsou aktivní.

Aktivita, která chce reagovat na příchozí informace musí daný broadcast re-



## 2.4. Návrh funkčního jádra aplikace



Obrázek 2.14: Datový model výsledků

ceiver registrovat, proto je toto chování je podobné publish-subscribe návrhovému vzoru [56].



---

# Implementace

Kapitola implementace bude podrobněji zaměřena na způsob využití knihovny pro síťovou komunikaci. Dále budou zmíněny důležité implementační detaily realizace databáze a nakonec některá specifika a problémy, které se vyskytly při implementaci uživatelského rozhraní.

## 3.1 Správa zdrojového kódu

Pro správu verzí zdrojového kódu byl na počátku implementace založen repozitář na serveru Bitbucket<sup>15</sup>. Pro práci s ním byl zvolen software Sourcetree<sup>16</sup>. Na repozitář byly kromě zdrojového kódu ukládány také implementační úkoly, problémy, nebo návrhy na zlepšení v rámci tzv. Issues. Tato kombinace nástrojů byla využita především proto, že se již v minulosti osvědčila při práci na jiných projektech.

Ke konci implementaci projektu byly zdrojové kódy přesouvány do repozitáře, který je spravován vedoucím práce, na server GitLab<sup>17</sup>.

## 3.2 Implementace síťové komunikace

Implementaci připojení a datovou komunikaci se serverem usnadnila knihovna Retrofit<sup>18</sup>. Pro realizaci navržených URI pro RESTovou komunikaci bylo implementováno rozhraní `RETSERVICE`. Byly zde specifikovány metody, které se mají volat pro konkrétní požadavek na server a jejich signatury. Knihovna Retrofit definuje sérii anotací, které byly doplněny k metodám, jak je vidět na hlavičce metody pro dotaz na výsledek nového měření v příkladu 3.1.

---

<sup>15</sup>dostupný z <https://bitbucket.org/product>

<sup>16</sup>dostupný z <https://www.sourcetreeapp.com>

<sup>17</sup>dostupný z <https://gitlab.com>

<sup>18</sup>dostupné z <http://square.github.io/retrofit/>

V příkladu se nachází anotace metody, které definuje URI, na které je nutné se připojit pomocí HTTP POST. Hlavička metody `newMeasurement` obsahuje dva vstupní parametry, které jsou připojeny k dotazu. Identifikátor uživatele je doplněn rovnou do URI. Tělo dotazu posílané na server je určeno druhým parametrem.

```
1 @POST("bianta/{userid}/measurements")
2     Call<BiantaResult> newMeasurement(
3         @Path("userid") Long userId,
4         @Body Measurement body
5     );
```

Zdrojový kód 3.1: Hlavička metody pro dotaz na výsledek nového měření

Samotnou implementaci všech metod zajistila knihovna Retrofit. Ta také umožňuje přidávat do HTTP komunikace vlastní hlavičky. K tomuto účelu byla implementována metoda `intercept` ve třídě `ReceiveHeadersInterceptor` a také ve třídě `SendHeadersInterceptor`. Obě třídy bylo nutné registrovat jako `ty`, které přijímají, resp. vkládají hlavičky k dotazu. Pomocí nich bylo implementováno získávání a přeposílání cookie, nastavení jazyka komunikace (angličtina) a přenášený formát (JSON).

Protože komunikace probíhá ve formátu JSON, bylo nutné definovat serializaci a deserializaci ke každému přenášenému objektu. Proto knihovna Retrofit spolupracuje v implementaci s knihovnou GSON<sup>19</sup>. Tato definuje, jakým způsobem se mají převádět JSON struktury na Java objekty. Také definuje různé anotace, kterými je možné označit objekty a jejich atributy, podle nichž má převod probíhat. Anotace byly využity v případě velmi jednoduchých objektů, jejichž JSON struktura odpovídala i struktuře v Javě. Ve většině případů bylo ale zapotřebí napsat a registrovat vlastní serializátory a deserializátory.

### 3.3 Implementace ukládání objektů do databáze

Každý objekt, který bylo nutné uložit do databáze Object Box musel být anotován jako `@Entity`. Do objektu bylo nutné doplnit další atribut (databázový identifikátor) typu `long` a označit jej anotací `@Id`. Jeho hodnota pro každý objekt je spravována samotnou databází.

Knihovna poté umožňovala uložení objektu do jeho vlastního úložného prostoru. Získání takového prostoru pro objekt uživatele a příklad databázového dotazu je ve fragmentu kódu 3.2.

```
1 Box<User> userBox =
2     DatabaseProvider.getDatabaseInstance()
3     .boxFor(User.class);
4     ...
```

---

<sup>19</sup>dostupné z <https://github.com/google/gson>

```

5 User databaseUser =
6 userBox.query()
7 .equal(User_.userId, userId).
8 .build().findUnique();

```

Zdrojový kód 3.2: Získání úložného prostoru pro objekt uživatele

V průběhu implementace se ukázalo, že databáze nepodporuje ukládání některých datových typů jako takových, např. vlastní enumerace, nebo objekty v mapě. Proto bylo nutné pro účely uložení takových objektů definovat jejich konverzi na objekty typu `String` a zpět. K vyřešení tohoto problému bylo využito již existujících serializátorů a deserializátorů.

Jestliže nějaký objekt obsahoval atribut, jehož typ neodpovídal základním typům v Javě (šlo tedy o vlastní datový typ), bylo pro jeho uložení nutné obalit jej šablonou `ToOne<>`. Deklaraci seznamu (objekt typu `List`) bylo nutné nahradit objektem `ToMany`.

## 3.4 Šifrování

Bylo nutné, aby samotná aplikace zajišťovala dešifrování osobních údajů pacienta, jinak by uživatel nemohl odkrýt zašifrované výsledky offline. Nakonec se ukázalo jako přímočařejší implementovat i samotné šifrování. Aby bylo vše v souladu se serverem byl použit algoritmus AES knihovny `javax.crypto` s nastavením `CBC` a `PKCS5PADDING`. Velikost bloku je 16, což je i velikost náhodně vygenerovaného počátečního vektoru. Na tuto velikost byl normalizován i šifrovací klíč (buď oříznut a nebo doplněn mezerami).

## 3.5 Implementace prvků uživatelského rozhraní

V této sekci bude zmíněno, jakým způsobem byly implementovány některé prvky uživatelského rozhraní. Výsledná podoba všech obrazovek se nachází v příloze D.

### 3.5.1 Implementace zobrazování markerů na postavě člověka

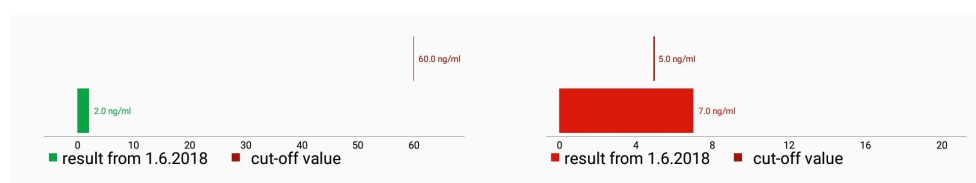
Samotný obrázek člověka překrývá další vrstva, která je kromě vyznačených částí průhledná. Výhodou je, že překrývající vrstva je paměťově nenáročná a rychle se načítá.

Pro implementaci výsuvných popisků k markerům byla použita komponenta `ExpandableLayout`<sup>20</sup>.

<sup>20</sup>dostupné z <https://github.com/AAkira/ExpandableLayout>

### 3.5.2 Implementace grafů pro zhodnocení hladiny markerů

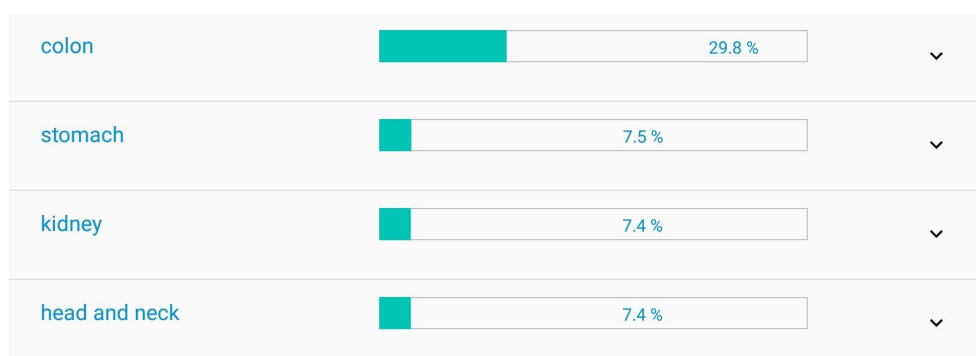
Podoba grafu se zde mírně liší od návrhu, protože používaná knihovna pro vykreslování grafů MPAndroidChart<sup>21</sup> původní implementaci neumožňovala. Problém spočíval v tom, že při přítomnosti pouze jednoho sloupce u horizontálního grafu se u něj nezobrazovaly popisky. Knihovna také obsahovala chybu, která neumožňovala vykreslit pouze jednu hraniční hodnotu ve vertikálním směru v tomto typu grafu<sup>22</sup>. Proto je zobrazování cut-off hodnoty v grafu řešeno tak, že se jedná o další sloupec horizontálního grafu, jehož většina je průhledná. Výsledná podoba grafů je na obrázku 3.1.



Obrázek 3.1: Grafy pro zhodnocení hladin markerů

### 3.5.3 Implementace grafu pravděpodobnosti onemocnění

Opět z důvodu chyby v knihovně MPAndroidChart při zobrazování jednosloupčového horizontálního grafu byla vytvořena vlastní komponenta. Ta je velmi jednoduchá a je založena na přítomnosti dvou komponent typu TextView (komponenta pro zobrazování textu). Jedna z nich má nastaveno modré, druhá průhledné pozadí a jejich šířka se nastavuje podle dané pravděpodobnosti onemocnění. Podle podílu modré plochy je rozhodnuto, jestli se pravděpodobnost zobrazí v levém TextView bíle, nebo v pravém modře.



Obrázek 3.2: Graf pravděpodobnosti onemocnění

<sup>21</sup> dostupné z <https://github.com/PhilJay/MPAndroidChart>

<sup>22</sup> dostupné z <https://github.com/PhilJay/MPAndroidChart/issues/266>

### 3.6 Použité knihovny a jejich verze

V tabulce 3.1 jsou shrnuty využití knihovny. Všechny jsou dostupné pod licenci Apache-2.0.

Knihovna	Verze	Využití v projektu
Object Box	1.5.0	databáze
MPAndroidChart	3.0.3	implementace grafů
MultiSlider <sup>23</sup>	1.3	vizualizace rozmezí hodnot
ExpandableLayout	1.4.2	grafický prvek pro vysouvatelný obsah
Retrofit	2.0.2	síťová komunikace
GSON	2.6.2	serializace/deserializace JSON formátu
android-material-stepper <sup>24</sup>	4.3.1	dělení obrazovky na kroky

Tabulka 3.1: Knihovny využití při implementaci

### 3.7 Použité ikony a grafika

Použité barvy a obrázky jsou v souladu s těmi, které se objevují i ve webové verzi aplikace, nebo byly pro její účely pořízeny.

Využité byly některé vektorové ikony, které jsou k dispozici ve vývojovém prostředí Android Studio pod licenci Apache-2.0.

Ostatní použité ikony jsou ze serveru [flaticon.com](https://flaticon.com), licencované pod Flaticon Basic Licence<sup>25</sup>, nebo pod CC BY 3.0<sup>26</sup>.

<sup>25</sup><https://file000.flaticon.com/downloads/license/license.pdf>

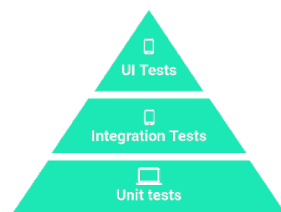
<sup>26</sup><https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>





# Testování

Testování mobilních aplikací by mělo probíhat na třech základních úrovních [57], kterými jsou jednotkové testy, integrační testy a testy uživatelského rozhraní, jak znázorňuje pyramida na obrázku č. 4.1. V této kapitole budu klást důraz zejména na testy uživatelského rozhraní, které pomohou ověřit úspěšnost jednoho z cílů práce, kterým je intuitivní rozhraní.



Obrázek 4.1: Pyramida testovacích úrovní [57]

## 4.1 Integrační testy

Jde o testy střední velikosti, které ověřují, jak aplikace integruje několik funkčních jednotek, nicméně stále netestují aplikaci jako celek [57]. Takto je vhodné testovat např. využití služeb aplikací. Mohou běžet na emulátorech, nebo reálných zařízeních.

V mé práci probíhalo testování manuálně. Jako první bylo použito při integraci komunikace se sítí. Při vývoji funkčnosti aplikace byly nejdříve využívány lokální data. V momentě, kdy aplikace fungovala s těmito daty, byly nahrazeny sítíovým zdrojem a bylo ověřováno chování aplikace ve stejných případech.

Také byla tímto způsobem testována databáze. Při vývoji byla nejprve využívána pouze dočasná paměť. Ta byla po připojení databáze dočasně vyřazena z provozu, aby se ověřilo, že databáze dokáže uchovat a poskytnout stejná data. Až poté byla testována spolupráce obou komponent.

### 4.2 Testování uživatelského rozhraní

V této části popíše heuristickou analýzu, což je forma testování rozhraní bez uživatele. Dále se budu zabývat uživatelským testováním. Využití kombinace obou přístupů je výhodné, protože vede k nalezení různých problémů [58].

#### 4.2.1 Heuristická analýza

Pro účely heuristické analýzy byl využita ta nejdůležitější – Nielsenova heuristika [58] [59]. Body heuristiky byly brány do úvahy již při samotném návrhu a byla provedena také na konečné verzi aplikace. V následujícím textu se budu zabývat všemi deseti body, jichž se heuristika týká a uvedu, jakým způsobem byl daný bod splněn, případně jaké problémy pomohl odhalit ve finální verzi aplikace.

##### 4.2.1.1 Viditelnost stavu systému

Aplikace reaguje na vstup uživatele. Pokud akce uživatele vyžaduje čekání, je zobrazena animovaná komponenta (Progress Bar), která informuje uživatele, že systém provádí akci. Uživatel bude čekat vždy maximálně 20 sekund (na tuto dobu je nastaven maximální čas síťové komunikace). Pokud si uživatel přeje akci přesto ukončit dříve, může tak učinit hardwarovým tlačítkem.

##### 4.2.1.2 Shoda mezi systémem a realitou

V aplikaci jsou hojně využívány ilustrativní ikony, např. ikony znázorňující pohlaví, ikona grafu pro zobrazení statistik, ikona popelnice pro vymazání měření apod.

Možným problémem je to, že ikona oka je použita pro zobrazení skrytých šifrovaných informací o pacientech a zároveň je zobrazena u políčka, do kterého má být napsáno šifrovací heslo. V druhém případě ale není určena k vykonávání žádné akce, pouze má ilustrovat to, že obsah políčka souvisí se šifrováním.

##### 4.2.1.3 Minimální zodpovědnost a stres

V aplikaci existuje pouze jedna nevratná akce, a to smazání měření. Uživateli je zobrazen v při výmazu měření dialog, který vyžaduje potvrzení této akce. Vytváření nového měření je rozděleno do kroků a uživatel se kdykoli může vrátit zpět a opravit údaje. ;

Jako vylepšení připadá v úvahu zobrazení varovné ikony ve zmíněném dialogu. V textu dialogu není také explicitně řečeno, že akci nelze vrátit.

##### 4.2.1.4 Shoda s použitou platformou a obecnými standardy

Aplikace byla navrhována s využitím standardních Android komponent.

### 4.2.1.5 Prevence chyb

Pokud to použité komponenty umožňují, lze do políček zadat pouze relevantní hodnoty – do pole pro rok narození lze vyplnit jen celé číslo a do pole pro naměřenou hodnotu celé, nebo desetinné číslo. Všechny vyplňované hodnoty jsou poté ještě v logice aplikace kontrolovány. V případě jména a příjmení je to regulární výraz, datum narození je ověřeno oproti rozmezí povolených hodnot a dále je kontrolována maximální povolená délka identifikátoru a poznámky. Při zadání nevalidní hodnoty není možné pokračovat do dalšího kroku a je zobrazeno chybové hlášení u relevantního políčka. V případě pohlaví nemá uživatel možnost zadat nevalidní hodnotu, stejně jako v případě názvů markerů – uživatel vybírá tyto hodnoty z nabízených.

Problémem je, že na první pohled není vidět, které položky formuláře vytváření nového měření jsou povinné a které volitelné, není zobrazena maximální délka políčka, případně rozsah možných hodnot. Na obrazovce s měřením markerů není zobrazeno žádné výchozí měření, aby uživatel viděl příklad. Jestliže nezadá žádný marker k měření, bude na to upozorněn až při stisku tlačítka pro pokračování na další krok.

### 4.2.1.6 Kouknu a vidím

Uživatel je informován o své pozici pomocí zvýrazněného čísla kroku při vytváření nového měření, pomocí nadpisu na dané obrazovce, nebo díky komponentě na obrazovce s výsledky, která indikuje na které ze dvou částí obrazovek se uživatel nachází. V offline režimu jsou nedostupné akce zobrazeny jako neaktivní v šedé barvě. Uživatel není zatěžován momentálně nepotřebnými informacemi.

### 4.2.1.7 Flexibilita a efektivita

Problematické je, že jako výchozí je nastavena možnost šifrovat pomocí profilového hesla při vytváření nového měření. To ale uživatel při prvním kontaktu s aplikací nemá nastaveno. Celá možnost šifrování by měla být raději vypnuta, což by měl být výchozí stav, aby zbytečně nezatěžoval nezkušenného uživatele.

### 4.2.1.8 Minimalita

Aplikace zobrazuje informace, které jsou v danou chvíli relevantní.

### 4.2.1.9 Smysluplná chybová hlášení

V případě zadání nevalidní hodnoty je u daného pole zobrazen vykřičník. Při přechodu na pole je zobrazeno chybové hlášení, které popisuje situaci.

### 4.2.1.10 Náповěda a dokumentace

Při vytváření nového měření by se alespoň v prvním kroku hodila kontextová nápověda, která by uživatele informovala o povolených hodnotách políček a o způsobu použití šifrování.

### 4.2.2 Testování s uživateli

S testováním souhlasily dvě studentky medicíny, které také v nedávné době testovaly webovou verzi aplikace (vznikající modul Dithyron) v práci [12]. Další účastník testování byl z řad veřejnosti, díky kterému bude možné určit hlavně to, zda je část pro veřejnost srozumitelná a zda je aplikace intuitivní pro běžného uživatele mobilních aplikací.

#### 4.2.2.1 Testovací scénáře

1. Aplikaci máte nově staženou do Vašeho zařízení a chcete si ji vyzkoušet. Své přístupové údaje však nemáte momentálně u sebe. Rád/a byste přesto zjistil/a, jaké jsou rizikové markery pro Váš věk a pohlaví.
2. Získal/a jste přístupové údaje do aplikace a chystáte se ji začít využívat. Ze všeho nejdříve byste ale rád/a překontroloval/a dobu platnosti svého účtu, abyste v případě potřeby mohl/a kontaktovat administrátora a platnost prodloužit.
3. V modulu Bianta vytvořte nové měření pro nového pacienta a vyplňte údaje o něm (muž, rok narození 1970, ostatní údaje vyplňte dle svého uvážení). Vyplňte pro tohoto pacienta tyto hodnoty markerů, které máte k dispozici z laboratoře:
  - 1.5.2018, CEA, 4.5
  - 1.5.2018, B2M, 5.0
  - 1.5.2018, NSE, 14.0
  - 1.5.2018, ALT, 1.0
  - 1.5.2018, GMT, 1.0

Cut-off hodnota markeru NSE je pro Vaše pracoviště vyšší o 1.5 oproti výchozí hodnotě aplikace.
4. Rozhodnete se znovu přeměřit pacienta z předchozího bodu. K dispozici máte nové laboratorní výsledky:
  - 1.5.2018, CEA, 6.5
  - 1.5.2018, B2M, 6.0
  - 1.5.2018, NSE, 14.0

- 1.5.2018, ALT, 1.0
  - 1.5.2018, GMT, 1.0
5. Z aplikace se odhlašte. Po nějakém čase chcete aplikaci znovu použít, ale nemáte k dispozici síť. Přesto se přihlásíte a prohlédnete si jeden z Vámi vybraných offline dostupných výsledků.
  6. Za okamžik budete mít internet opět k dispozici a prohlédnete si tedy i celkové statistiky všech Vašich předchozích měření. Z grafů určete, které markery, jejichž koncentrace je hodnocena jako hraniční se vyskytují ve výsledcích. Jak se hodnoty těchto markerů liší pro různé věkové kategorie?

### 4.2.2.2 Účel testovacích scénářů

1. Scénář má za úkol zjistit, jestli uživatel dokáže najít v aplikaci veřejnou sekci a je mu srozumitelné její použití.
2. Slouží ke zjištění, zda uživatel umí přistoupit ke svému profilu a vyhledat v něm potřebné informace.
3. Scénář testuje celkové porozumění formuláři na vytváření nového měření a orientaci v navržených výsledcích. Dává si za cíl zjistit, jak bude uživatel reagovat na možnost šifrování a zda bude chtít vyplňovat i údaje, které nemá explicitně zadány.
4. Testování srozumitelnosti ikony pro zopakování měření.
5. Scénář testuje, zda je uživatel schopen určit, které výsledky jsou dostupné offline.
6. Zjišťování toho, zda si uživatel všimne kdy začnou být dostupné online funkce. Testuje srozumitelnost grafů a to, jestli uživatel použije filtrování.

### 4.2.2.3 Testerka č. 1

Testerka si dobrovolně zvolila testovat aplikaci na tabletu s pomocí klávesnice a občasného používání dotykového pera.

1. Scénář byl splněn bez problémů.
2. Uživatelka správně přešla na levé výsuvné menu, ale svůj profil nenašla. Zadanou informaci hledala rovnou v kontaktech.
3. Testerka bez problémů začala vytvářet nové měření a vyplnila všechna dostupná pole. Jen váhala, co má vyplnit do pole pro identifikátor. Nakonec začala vyplňovat rodné číslo i s lomítkem, ale to poté musela vymazat, protože kapacita pole je deset znaků. Testerka měla problémy s předvybranou

možností šifrovat pacienta pomocí profilového hesla. Když ji tato možnost nefungovala, zašifrovala pacienta dobrovolně pomocí nového hesla. Jen ji zde chyběla možnost odkrýt heslo pro kontrolu. Na další obrazovce bez problémů vybrala markery k měření, které byly na první pohled vidět v doporučených markerech. Měla ale problémy najít ostatní markery a klikala na nadpisy k doporučeným markerům s nadějí, že se zobrazí všechny dostupné. V třetím kroku si testerka nevšimla, že se jedná o vyplňování cut-off hodnot a myslela, že jde o rekapitulaci předchozího kroku. Testerka obecně vůbec nepoužívala tlačítka plus a mínus pro úpravu číselných hodnot.

Výsledky naměřených markerů určovala s pomocí porovnávání s cut-off hodnotami. Barev grafů a zhodnocení koncentrace poskytnutého serverem si nejprve vůbec nevšimla. Poznamenala, že by uvítala v grafu přítomnost i více cut-off hodnot pro daný marker. Obrazovka s diagnózami ji byla srozumitelná, pouze se pokoušela klikat na markery, které měly na této obrazovce stejný grafický formát jako při vytváření měření.

4. Tlačítko pro zopakování stejného měření použila bez problémů, jen ji zarazilo, že se do prvního kroku nenahrály některé informace o pacientovi, byly totiž zašifrovány.
5. Tento scénář byl splněn bez problémů.
6. Uživatelka čekala až tlačítko pro vstup do statistik přestane být zašedlé. Ve filtrech i grafech se zorientovala, pouze jí vadilo, že některé barvy se v nich opakují pro různé markery. Uvítala by větší grafy, byly by tak přehlednější. V každodenní praxi by nicméně statistiky spíše nepoužívala. Jejich využití vidí na konferencích.

##### 4.2.2.4 Testerka č. 2

Testerka upřednostnila držet tablet v ruce, ovládat jej prsty a používat softwarovou klávesnici.

1. V tomto scénáři měla testerka problém pouze s tím, že samotná šipka u rozbalovacího popisu markeru nereagovala na dotyk.
2. Uživatelka přešla na svůj profil, nicméně v profilu přehlédla hledanou informaci.
3. Uživatelka opět nevěděla jak přesně vyplnit pole s identifikátorem. Byl zjištěn i problém s tím, že část formuláře vztahující se k šifrování byl překryt softwarovou klávesnicí. Testerka se nechtěla šifrováním vůbec zabývat, ale nevšimla si tlačítka pro jeho vypnutí. V dalším kroku testerka opět nevěděla, kde jsou všechny dostupné markery. Cut-off hodnoty vyplnila bez problémů. Obecně testerka preferovala vyplňování informací o markerech

a pacientovi ve webovém rozhraní, ale úprava cut-off hodnot ji více vyhovovala v aplikaci.

V části s výsledky byla nadšená z přítomnosti grafů, ale málem přehlédla to, že je možné přejít ještě na druhou část obrazovky s diagnózami. Ta ji přišla srozumitelná.

4. Testerka našla tlačítko ke zopakování měření bez problémů.
5. I tento scénář byl splněn bez komplikací. Testerka přikládala dostupnosti offline výsledků velký praktický význam.
6. Po tom, co bylo možné přejít do statistik se testerka pokoušela nejdříve hledat první požadované informace o markerech se jen v grafech, pomocných filtrů si nevšímalá. Na druhou otázku se zase naopak nejdříve pokoušela odpovědět s pomocí filtru pro věk. Testerka opět vidí potenciál statistik v tom, že je bude možné konzultovat s kolegy na konferencích, případně ukázat pro informaci svému pacientovi tyto anonymní souhrnné informace.

### 4.2.2.5 Tester č. 3

Tester z řad veřejnosti se také rozhodl ovládat tablet pomocí softwarové klávesnice a prstů.

1. Část pro veřejnost našel bez problémů a velmi se mu líbila možnost zobrazit informace o markerech na člověku a rozbalovací popisky. V této části strávil řádově delší čas, než předchozí uživatelky. Tester se pokoušel klikat i přímo na části těla člověka v domněnku, že rozhraní funguje i opačně a že budou označeny relevantní markery.
2. V tomto scénáři měl uživatel podobný problém jako předchozí uživatelka. V uživatelském profilu ho jako první zaujal formulář s nastavením hesla. K čemu slouží si nepřečetl a automaticky předpokládal, že jim může změnit své přístupové heslo, které se mu zdálo uživatelsky nepřívětivé, protože bylo složeno z písmen a pomlček.
3. V tomto scénáři se vyskytly obdobné problémy jako u předchozí testerky. Tester pro zobrazení všech dostupných markerů klikal na názvy jejich skupin (hlavní/vedlejší). V možnosti přidat navržené markery nejprve chybně viděl matematickou rovnici. Tester navíc navrhl, aby se zvýraznilo tlačítko pro pokračování v momentě, kdy jsou vyplněny všechny potřebné hodnoty v daném kroku.
4. Tlačítko pro zopakování měření bylo použito bez problémů.
5. Scénář byl splněn bez problémů.
6. Tester ocenil interaktivní grafy a využíval filtraci dat.

#### 4.2.2.6 Vyhodnocení výsledků testování

V tabulce 4.1 se nachází přehled identifikovaných problémů při testování s uživateli. Tyto problémy navíc pokrývají i většinu těch nalezených pomocí heuristiky. V tabulce je ke každému problému počet jeho výskytů při uživatelském testování a priorita, které byla problému přiřazena podle toho, do jaké míry komplikuje interakci s aplikací.

Nalezený problém	Výskyt	Priorita
Nenalezení zadané informace v profilu	3/3	Vysoká
Nejistota, co vyplnit jako identifikátor pacienta	3/3	Vysoká
Problém s šifrováním pomocí profilového hesla	3/3	Vysoká
Nenalezení všech dostupných markerů k měření	3/3	Vysoká
Klávesnice zakrývá část obrazovky s nastavením šifrování	2/3	Vysoká
Uživatel si nevšiml druhé části obrazovky s výsledky	2/3	Vysoká
Problém s vypnutím šifrování	2/3	Vysoká
Preference větších grafů	1/3	Střední
Zvýraznění tlačítka pro přechod na další krok	1/3	Střední
Nenalezení uživatelského profilu	1/3	Střední
Ikona šipky nereaguje na dotyk	1/3	Střední
Není možné odkrýt zadané heslo	1/3	Střední
Stejná grafika interaktivních a neinteraktivních markerů	1/3	Střední
Chybějící možnost změny přístupového hesla v profilu	1/3	Nízká
Preference klikatelných částí těla	1/3	Nízká
Preference lepšího barevného rozlišení informací v grafu	1/3	Nízká

Tabulka 4.1: Přehled výsledků testování



---

## Výsledky

Tato kapitola si dává za cíl shrnout praktické výstupy práce, kterými jsou jednotlivé součásti výsledné aplikace.

### 5.1 Výsledná podoba uživatelského rozhraní

V rámci uživatelského rozhraní proběhly mnohé změny, které jej odlišují od původní aplikace. Byla nově implementována část se statistikami a sekce pro veřejnost byla pojata interaktivněji. Od původní aplikace se výrazně liší i prezentace navržených výsledků a tvorba nového měření. Jiným způsobem je pojatá také možnost šifrování, jehož implementace byla ve webové aplikaci problematická [12]. Snahou bylo využít standardní komponenty pro mobilní Android aplikace. Cílem těchto změn byla také větší intuitivnost a atraktivita práce s aplikací pro lékaře i neodbornou veřejnost.

V této části je uvedeno pouze několik obrázků. Všechny výsledné obrazovky je možno shlédnout v příloze D.

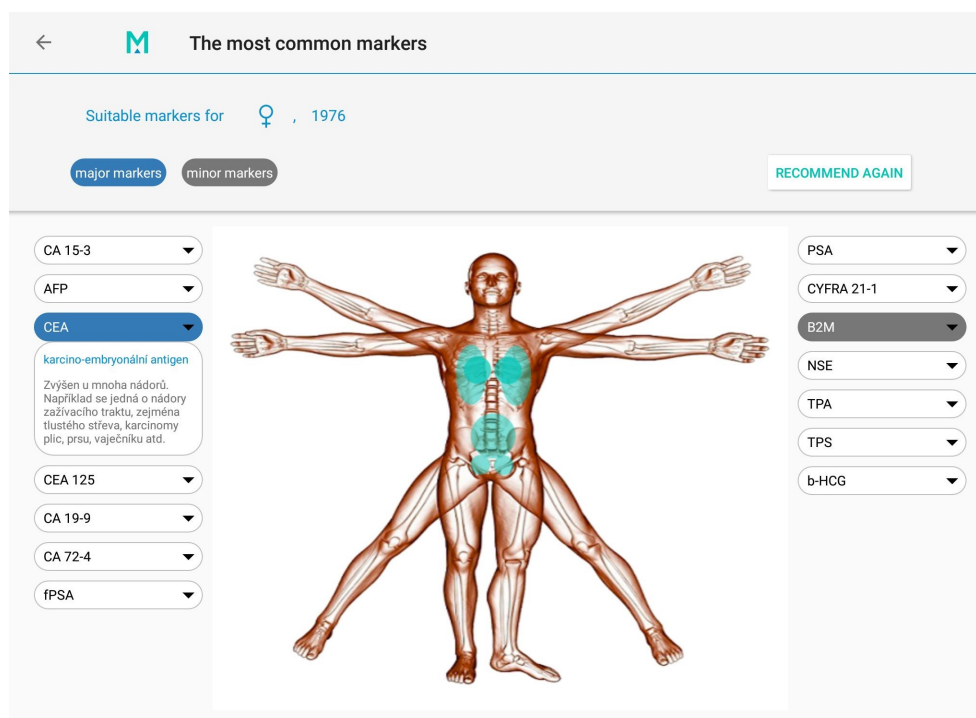
#### 5.1.1 Úvodní obrazovka

Úvodní obrazovka obsahuje přehled všech dostupných i plánovaných modulů, které by do budoucna motivovaly uživatele k dalšímu využití aplikace. Formou modulu je řešena i sekce pro veřejnost.

#### 5.1.2 Zobrazování markerů pro veřejnost

Obrázek 5.1 zachycuje interaktivní zobrazování markerů na postavě člověka. V rozhraní je postaráno o to, aby byl v danou chvíli zobrazen popis a obrázek pouze k jednomu markeru.

## 5. VÝSLEDKY



Obrázek 5.1: Výsledná podoba zobrazování markerů

### 5.1.3 Profil a menu přihlášeného uživatele

V bočním výsuvném menu byl sjednocen přístup k nesouvisejícím částem aplikace. Pro uživatele je zde možnost přístupu k osobním informacím v rámci svého profilu. Nově byla navržena možnost nastavení osobního šifrovacího hesla.

### 5.1.4 Přehled předchozích měření

Přehled předchozích měření je zobrazen v seznamu podobně jako ve webové aplikaci. Nově bylo přidáno tlačítko pro zopakování měření, aby uživatel, pokud chce tuto akci provést, nemusel přecházet do výsledků a až tam hledat tuto volbu, jako je tomu ve webové verzi. Byly zde navrženy plovoucí tlačítka (primární akce) pro přechod na jiné obrazovky ve stylu Android.

### 5.1.5 Tvorba nového měření

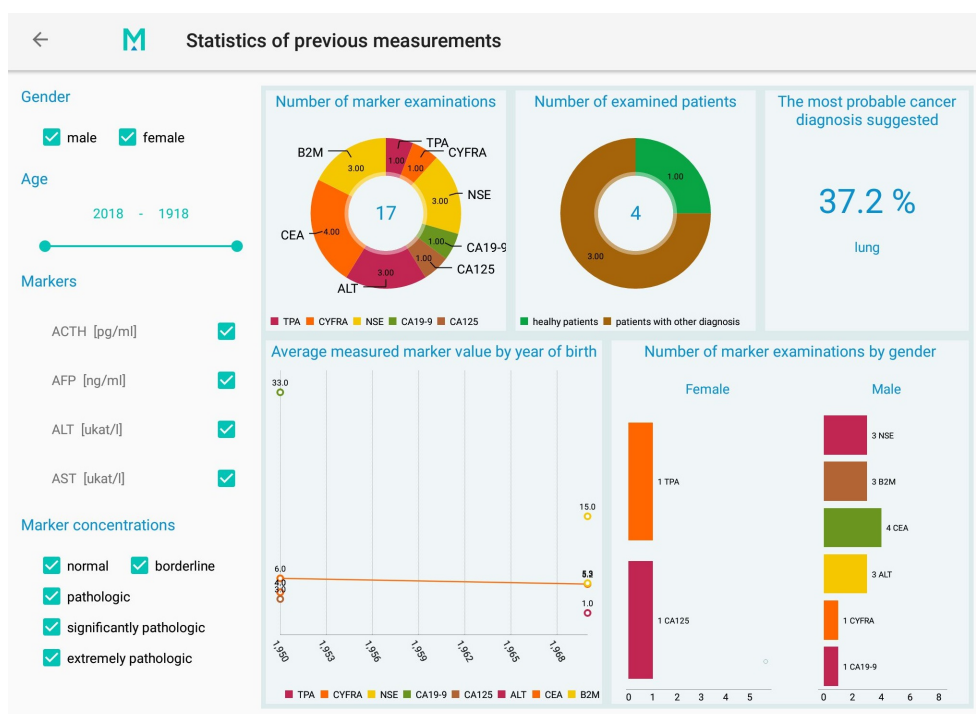
Tvorba nového měření je rozdělena do tří logických celků. Důraz je kladen na jednoduchost přidávání navržených markerů do měření a na snadnou úpravu cut-off hodnot tak, aby uživatel nebyl nucen hledat ty relevantní v dlouhém seznamu.

### 5.1.6 Prezentace navržených výsledků

Prezentace výsledků tvoří dva logické celky. V prvním jsou nově navrženy grafy pro lepší vizualizaci zhodnocení hladin markerů. Druhá část obrazovky je řešena formou seznamu s rozbalovacími položkami. To proto, aby uživatel mohl zobrazit jen tu diagnózu, kterou si právě zvolí a nebyl zahlcen všemi informacemi najednou. Prezentace jedné diagnózy se vejde na jednu obrazovku. Nové jsou zde grafy pravděpodobností rakovinových diagnóz pro jejich snadné porovnávání.

### 5.1.7 Obrazovky pro statistiky

Výsledná podoba je vidět na obrázku 5.2. Grafy jsou animovány při jejich překreslování (po použití filtrů, nebo při načtení obrazovky). Koláčovými grafy je možné otáčet, ostatní zvětšovat a zmenšovat prsty. Části grafů reagují na dotyk.



Obrázek 5.2: Výsledná podoba statistik

## 5.2 Databáze

Dalším praktickým výstupem je implementovaná databáze, která snižuje komunikační a výpočetní zátěž kladenou na server. Ve webové aplikaci nebyly ukládány výsledky měření, a tak jejich výpočet probíhal vždy znovu. Díky lokální da-

tabázi je možné offline přihlášení uživatele a zobrazování jeho předchozích měření.

### **5.3 Aplikační logika**

Chod aplikace je založen na komunikaci se serverem pomocí nově navrženého rozhraní ve stylu REST. Součástí logiky v aplikaci je také přítomnost šifrovacího algoritmu AES, který je implementován tak, aby byl kompatibilní s jeho serverovou verzí.

---

## Diskuze

V průběhu práce bylo navrhováno nové uživatelské rozhraní. Jak vyplývá z testování, statistické rozhraní inspirované nástrojem Microsoft Power BI se ukázalo jako dobré. Vhodným rozšířením by mohla být možnost zvětšení daného grafu na celou obrazovku, jak také navrhla jedna z testerek. Dále by bylo vhodné implementovat tlačítko pro obnovení výchozí zobrazované části grafu (v případě, že uživatel prsty zvětšuje a zmenšuje zobrazovanou oblast).

V průběhu návrhu bylo ponecháno zobrazování navržených markerů tak, jak je přítomno ve webové aplikaci, ale ostatní markery byly přesunuty do dialogu. Testování ukázalo, že uživatelé mají problém s nalezením všech dostupných markerů, což je nutné vylepšit.

Testování poukázalo na nedostatky v oblasti používání šifrování. Samotný koncept šifrování údajů o pacientovi tak, jak byl navržen a implementován do aplikace, se neukázal jako špatný, ale spíše bylo matoucí jeho výchozí nastavení. To je nutné do budoucna vylepšit, bude-li možnost šifrování údajů samotným lékařem ponechána. Další možností je řešit šifrování pouze na úrovni aplikační logiky a nezatěžovat tímto přímo lékaře. Jako heslo šifrování osobních údajů by mohl sloužit např. samotný unikátní klíč, který slouží pro přihlašování do aplikace. Všechny osobní údaje by tak bylo možné automaticky šifrovat při jejich ukládání do databáze a síťovém přenosu. Na straně klienta by bylo možné údaje šifrovat a na straně serveru zase rozšifrovat a naopak. K tomuto účelu by se hodilo i využití asymetrického šifrovacího algoritmu (např. RSA). Je-li řeč o síťové komunikaci, je třeba do budoucna zabezpečit všechna přenášená data, nejen ta o pacientovi.

Aplikace byla testována nezávisle dvěma studentkami medicíny a jedním běžným uživatelem Android aplikací. V rámci procesu testování uživateli je ale nutné aplikaci vyzkoušet i v reálném provozu (nemocnice) a ověřit tak, že její používání napomáhá lékařům a jeho práci na druhou stranu nezpomaluje, nebo nekomplikuje. Pokud by se ukázalo, že mobilní aplikace je v reálné praxi využitelná, poskytlo by to motivaci pro implementaci dalších modulů pro mobilní využití, které by mohly vycházet z existujícího základu.

Dobrou volbou bylo využití objektové databáze. Ta umožňovala ukládat navržené datové struktury poměrně přímočaře. Další možností rozšíření by bylo exportovat danou databázi při případné přeinstalaci aplikace a poté importovat data zpět. Tak by bylo možné zamezit opakovanému stahování výsledků ze serveru, protože při odstranění aplikace ze zařízení se smaže i obsah databáze.

Možným rozšířením je také zapojit aplikaci do procesu průběžné integrace na serveru GitLab.

Aplikaci by bylo také vhodné po opravení identifikovaných chyb umístit na server Google Play a sledovat názory uživatelů.

---

## Závěr

V práci byla provedena analýza systémů využívaných ve zdravotnictví, včetně těch mobilních. Stejně tak byla provedena analýza nejvýznamnějších BI aplikací. Mezi analytickými aplikacemi byla rovněž zkoumána i jedna týkající se onkologických onemocnění. Byla analyzována a popsána funkcionality webové aplikace Alma Diagnostics a poté byly stanoveny funkční a nefunkční požadavky na nově vznikající mobilní aplikaci.

Na základě předchozí analýzy a standardních komponent pro Android mobilní aplikace byl navržen prototyp uživatelského rozhraní obsahující prvky statistik. Pro potřeby aplikace byla také navržena síťová komunikace se serverem v duchu architektonického stylu REST. Celková architektura aplikace zahrnovala i databázi, která byla navržena tak, aby ukládala všechna nezbytná data pro offline prohlížení výsledků daným uživatelem.

Byly analyzovány dva významné datové standardy pro přenos medicínských dat (HL7 a DASTA) a navrženo jejich možné využití.

Na základě návrhu byla implementována aplikace, která využívá zmíněné síťové rozhraní. Rovněž byla implementována databáze. Implementace získávání dat pomocí datových standardů nebylo cílem práce.

Aplikace byla otestována za účelem ověření intuitivnosti práce s aplikací. Možnosti rozšíření byly podrobněji rozebrány v kapitole 6.

Všechny cíle práce byly splněny.





---

## Literatura

- [1] Martínez-Pérez, B.; De la Torre Díez, I.; Lopez-Coronado, M.; aj.: Mobile Clinical Decision Support Systems and Applications: A Literature and Commercial Review. *Journal of medical systems*, ročník 38, č. 4, 2014: s. 1–10, ISSN 0148-5598.
- [2] eZDRAV: eHealth v EU. *eZDRAV* [online]. [cit. 2018-06-21]. Dostupné z: <http://www.ezdrav.cz/ehealth-v-eu/>
- [3] Adil, R.: The Usage of Tablets in the Healthcare Industry. *Healthcare IT News* [online]. [cit. 2018-06-22]. Dostupné z: <https://www.healthcareitnews.com/blog/usage-tablets-healthcare-industry>
- [4] Masarykova Univerzita: Laboratorní a nemocniční informační systém. *med.muni.cz* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.med.muni.cz/pes/index.php?id=1194>
- [5] STAPRO: FONS Openlims. *STAPRO* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://www.stapro.cz/produkty-fons/fons-openlims/>
- [6] DS Soft: ENVIS LIMS. *Efasoft* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <http://efasoft.cz/>
- [7] ICZ: ICZ AMIS\*HD. *ICZ Group* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://www.iczgroup.com/produkty-a-sluzby/zdravotnictvi/nemocnicni-informacni-system/>
- [8] STAPRO: FONS AKORD [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: [http://www.stapro.cz/wp-content/uploads/FONS\\_Akord.pdf](http://www.stapro.cz/wp-content/uploads/FONS_Akord.pdf)
- [9] Dušek, L.; Mužík, J.; Kubásek, M.; aj.: *Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice* [online]. Brno: Masarykova Univerzita, ISSN 1802-8861, [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.svod.cz/?sec=svod>

- [10] Porta, M.: *A dictionary of Epidemiology*. New York: Oxford University Press, šesté vydání, 2014, ISBN 978-0-19-997672-0, 376 s.
- [11] Power BI Android tablet app preview. In: *Youtube* [online]. [cit. 2018-06-05]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ueaA40WpcBw>
- [12] Krnáčová, P.: *Revitalizace diagnostického nástroje v medicíně*. Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2018.
- [13] Health Level Seven International: About HL7. *Health Level Seven International* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=common>
- [14] Sedláčková, E.: *Datový standard zdravotnických informačních systémů*. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012.
- [15] Health Level Seven International: *HL7 Version 2 Product Suite*. 2011.
- [16] Health Level Seven International: HL7 Standards – Section 1: Primary Standards. *Health Level Seven International* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: [http://www.hl7.org/implement/standards/product\\_section.cfm?section=1](http://www.hl7.org/implement/standards/product_section.cfm?section=1)
- [17] Corepoint Health: HL7 Messages. *Corepoint Health* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-messages>
- [18] Ringholm: HL7 Message examples: version 2 and version 3. *Ringholm Whitepapers* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: [http://www.ringholm.com/docs/04300\\_en.htm](http://www.ringholm.com/docs/04300_en.htm)
- [19] Corepoint Health: HL7 PID Segment. *Corepoint Health* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-pid-segment>
- [20] Corepoint Health: HL7 OBR segment. *Corepoint Health* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-obr-segment>
- [21] Corepoint Health: HL7 OBX segment. *Corepoint Health* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://corepointhealth.com/resource-center/hl7-resources/hl7-obx-segment>
- [22] Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací: DASTA. *Dastacr.cz* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.dastacr.cz>

- 
- [23] Ministerstvo zdravotnictví České republiky: *Datový standard MZ ČR DS 04.17.01*. 2017.
- [24] Česká společnost zdravotnické informatiky a vědeckých informací: DASTA a projekty e-Health. *Dastacr.cz* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.dastacr.cz/info-10.html>
- [25] greenrobot: Mobile databases: SQLite and SQLite alternatives for Android and iOS. *greenrobot* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://greenrobot.org/news/mobile-databases-sqlite-alternatives-and-nosql-for-android-and-ios/>
- [26] Open Source: SQLite. *SQLite* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.sqlite.org>
- [27] greenrobot: SQLite, ORMs, NoSQL: what Android developers use and why. *greenrobot* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://greenrobot.org/android/sqlite-orms-nosql-what-android-developers-use-and-why/>
- [28] Watson, G.: Ormlite – Lightweight Object Relational Mapping (ORM) Java Package. *OrmLite* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://ormlite.com/>
- [29] greenrobot: greenDAO: Android ORM for your SQLite database. *greenrobot* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://greenrobot.org/greendao/>
- [30] Google Developers: Room Persistence Library. *Android developer libraries* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/room>
- [31] Realm: Realm. *Realm.io* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://realm.io>
- [32] ObjectBox: ObjectBox – The fast and easy object-oriented database for small devices. *ObjectBox.io* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://objectbox.io>
- [33] Yankov, R.: Realm, ObjectBox or Room: Which one is for you?. *Dev Labs* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://notes.devlabs.bg/realm-objectbox-or-room-which-one-is-for-you-3a552234fd6e>
- [34] Dabrowski, P.: Realm vs ObjectBox – Write Transactions Comparison. *Netguru* [online]. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.netguru.co/codestories/realm-vs-objectbox-comparison>

- [35] Google: Navigation drawer. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/navigation-drawer.html>
- [36] Google: Buttons: floating action button. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/buttons-floating-action-button.html>
- [37] Google: Progress indicators. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/progress-indicators.html>
- [38] Google: Snackbars. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/snackbars.html>
- [39] Google: Steppers. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/archive/guidelines/components/steppers.html>
- [40] Google: Tabs. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/tabs.html>
- [41] Google: Lists. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/lists.html>
- [42] Google: Dialogs. *Material Design guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://material.io/design/components/dialogs.html>
- [43] Žikovský, P.: MI-NUR – Návrh UI, prototypy [prednáška]. 2018, Praha, ČVUT.
- [44] Garrett, J. J.: *The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond*. San Francisco: New Riders, druhé vydání, 2010, ISBN 978-0321683687, 192 s.
- [45] Richardson, L.; Ruby, S.: *RESTful Web Services*. Sebastopol: O'Reilly Media, první vydání, 2007, ISBN 978-0596529260, 454 s.
- [46] Google Developers: Introduction to Activities. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/components/activities/intro-activities>
- [47] Google Developers: Understand the Activity Lifecycle. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/components/activities/activity-lifecycle>
- [48] Google Developers: Fragments. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/components/fragments>

- 
- [49] Fowler, M.: *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Boston: Addison-Wesley, první vydání, 2002, ISBN 978-0321127426, 560 s.
- [50] Gamma, E.; Helm, R.; Johnson, R.; aj.: *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Boston: Addison-Wesley, první vydání, 1994, ISBN 978-0201633610, 395 s.
- [51] Google Developers: Layouts. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/topics/ui/declaring-layout>
- [52] Google Developers: DialogFragment. *Android API reference* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/reference/android/app/DialogFragment>
- [53] Google Developers: Guide to App Architecture. *Android Jetpack guide* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/jetpack/docs/guide>
- [54] Mannaert, H.; Verelst, J.; De Bruyn, P.: *Normalized Systems Theory: From Foundations for Evolvable Software Toward a General Theory for Evolvable Design*. Antwerp: Koppa, první vydání, 2016, ISBN 978-90-77160-091, 528 s.
- [55] Google Developers: Application Fundamentals. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/components/fundamentals>
- [56] Google Developers: Broadcasts overview. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/guide/components/broadcasts>
- [57] Google Developers: Fundamentals of Testing. *Android developer guides* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: <https://developer.android.com/training/testing/fundamentals>
- [58] Žikovský, P.: MI-NUR – Semestrálka, Testing without users [prednáška]. 2018, Praha, ČVUT.
- [59] Nielsen, J.: *Usability Engineering*. Massachusetts: Morgan Kaufmann, první vydání, 1993, ISBN 978-0125184069, 362 s.



## Seznam použitých zkratk

- LIS** Laboratorní informační systém(y)
- NIS** Nemocniční informační systém(y)
- UI** User Interface
- GUI** Graphical User Interface
- XML** Extensible Markup Language
- REST** Representational State Transfer
- API** Application Interface
- JSON** JavaScript Object Notation
- CRUD** Create, Read, Update, Delete
- HTTP** Hypertext Transfer Protocol
- ID** Identifikátor
- BI** Business Intelligence
- RSA** Rivest–Shamir–Adleman kryptosystém





---

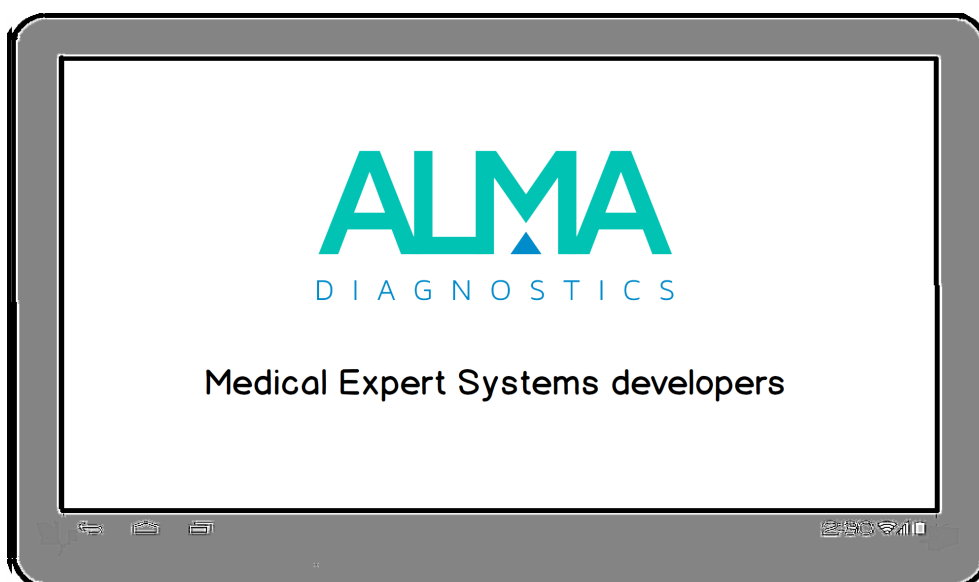
## Obsah přiloženého CD

	readme.txt .....	stručný popis obsahu CD
	key.txt .....	testovací přístupové údaje do aplikace
	exe .....	adresář se spustitelnou formou implementace
	src	
	_impl .....	zdrojové kódy implementace
	_thesis .....	zdrojová forma práce ve formátu $\LaTeX$
	text .....	text práce
	_DP_Dočekalů_Danny.pdf .....	text práce ve formátu PDF



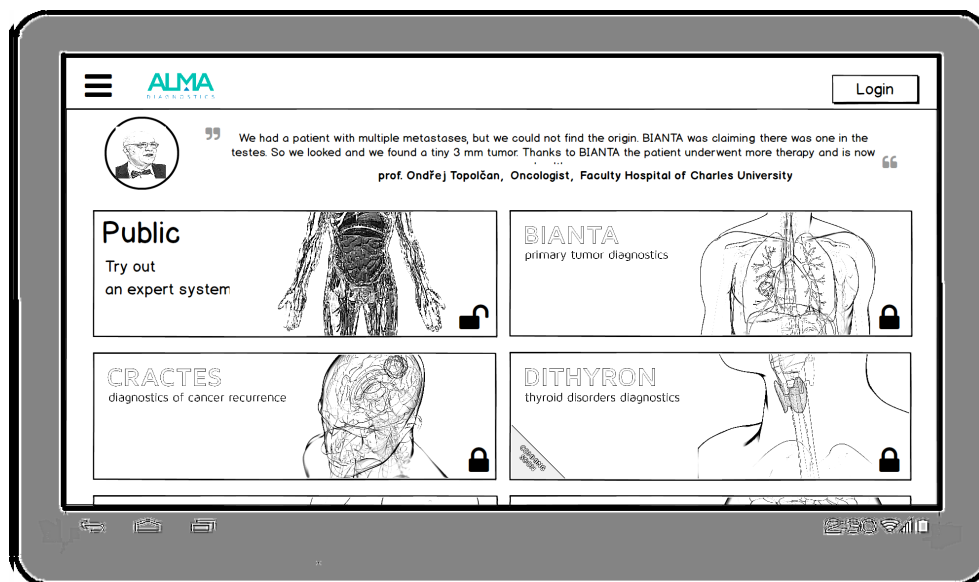
---

## Finální verze lo-fi prototypu

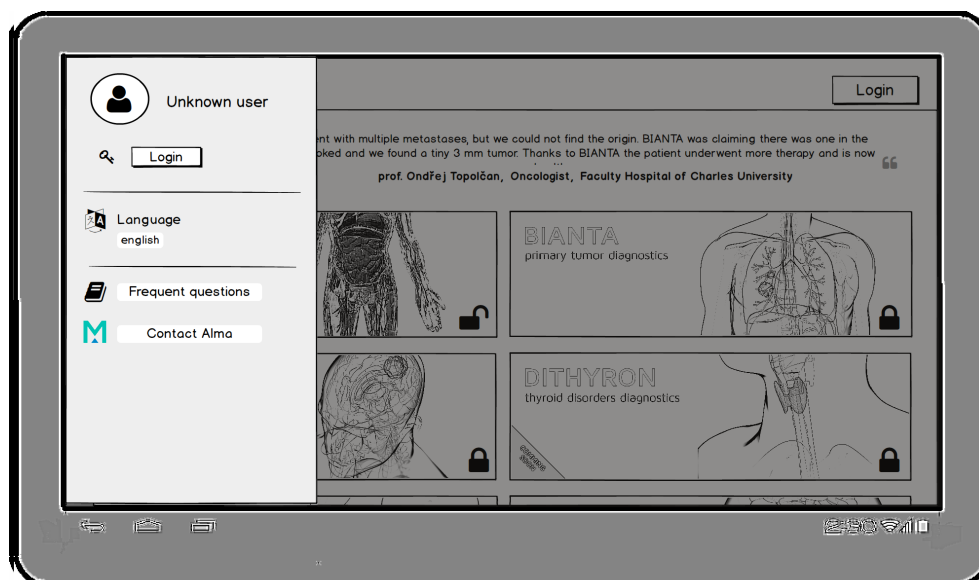


Obrázek C.1: Návrh počáteční obrazovky

## C. FINÁLNÍ VERZE LO-FI PROTOTYPU



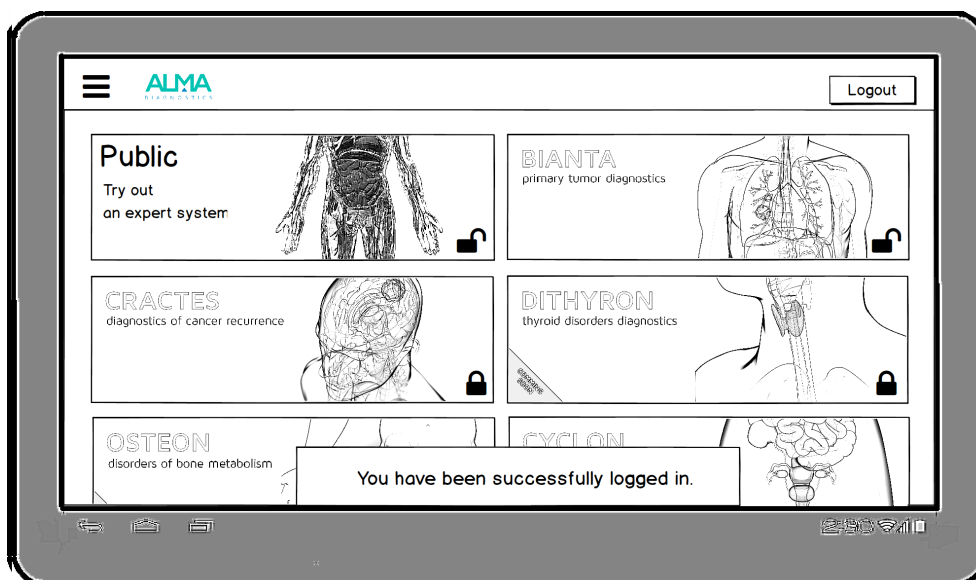
Obrázek C.2: Návrh úvodní obrazovky



Obrázek C.3: Návrh profilu pro nepřihlášeného uživatele

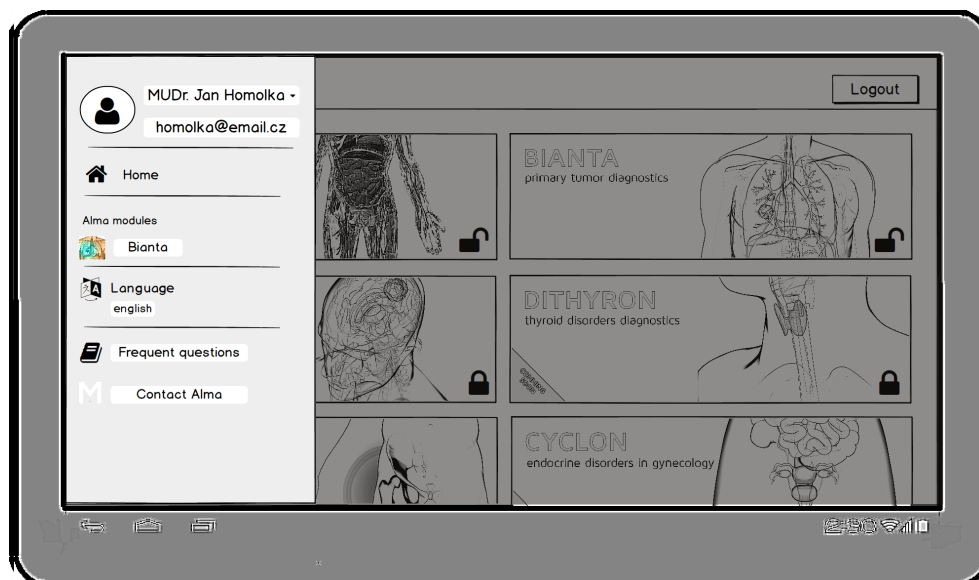


Obrázek C.4: Návrh přihlašovacího dialogu

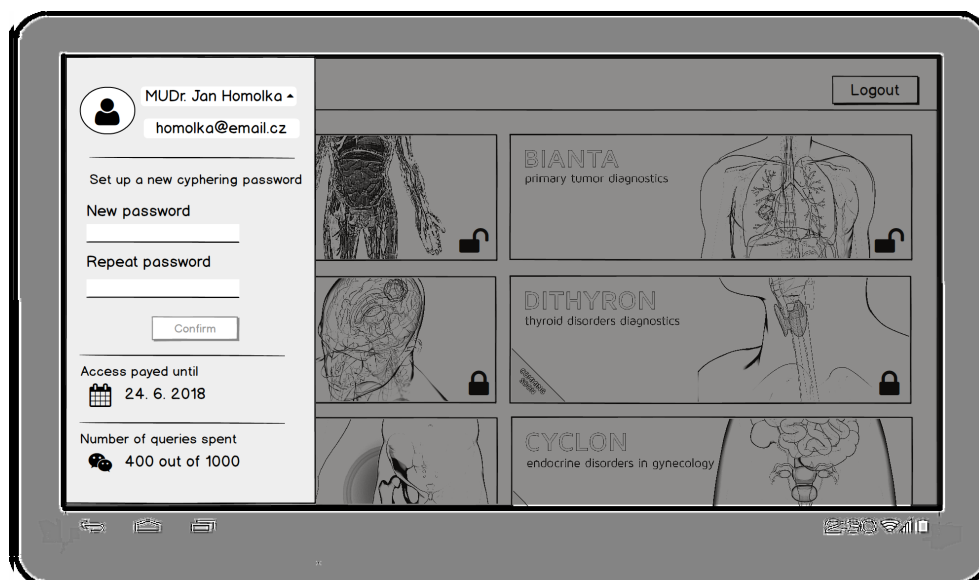


Obrázek C.5: Návrh úvodní obrazovky po přihlášení

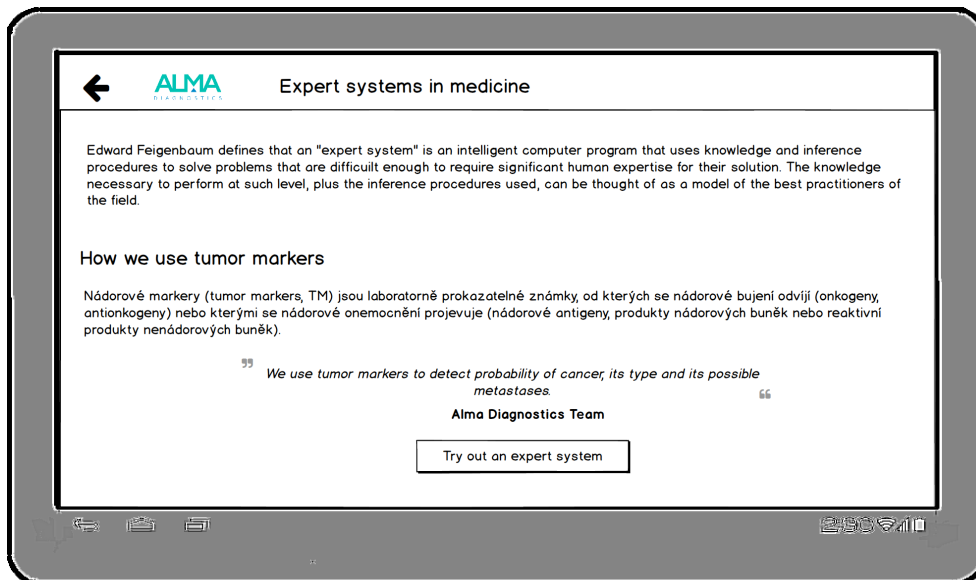
## C. FINÁLNÍ VERZE LO-FI PROTOTYPU



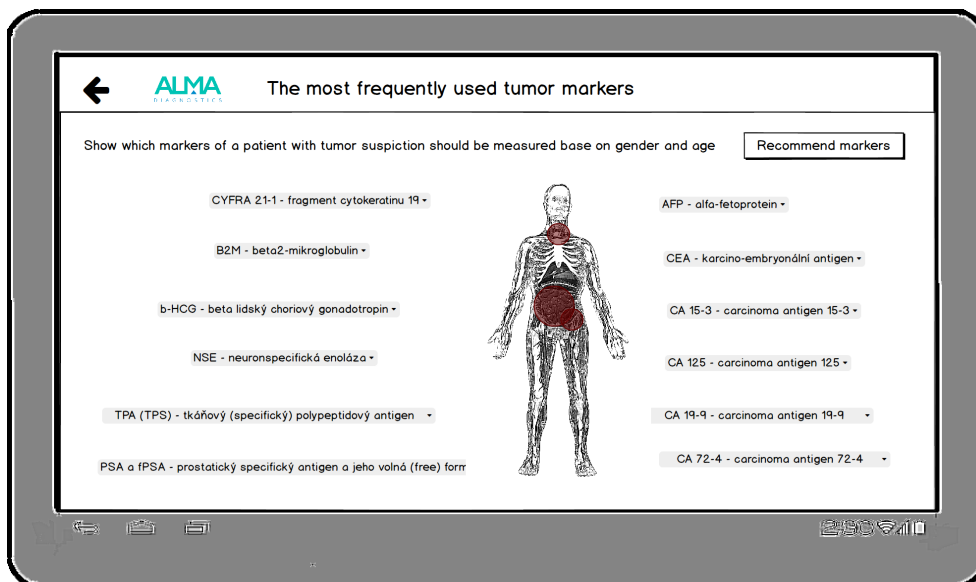
Obrázek C.6: Návrh menu pro přihlášeného uživatele



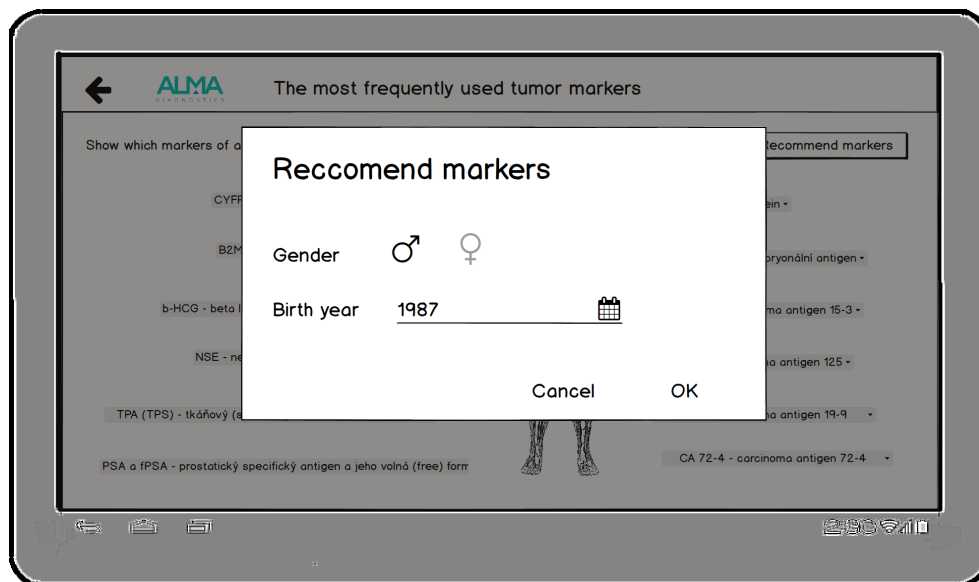
Obrázek C.7: Návrh profilu uživatele



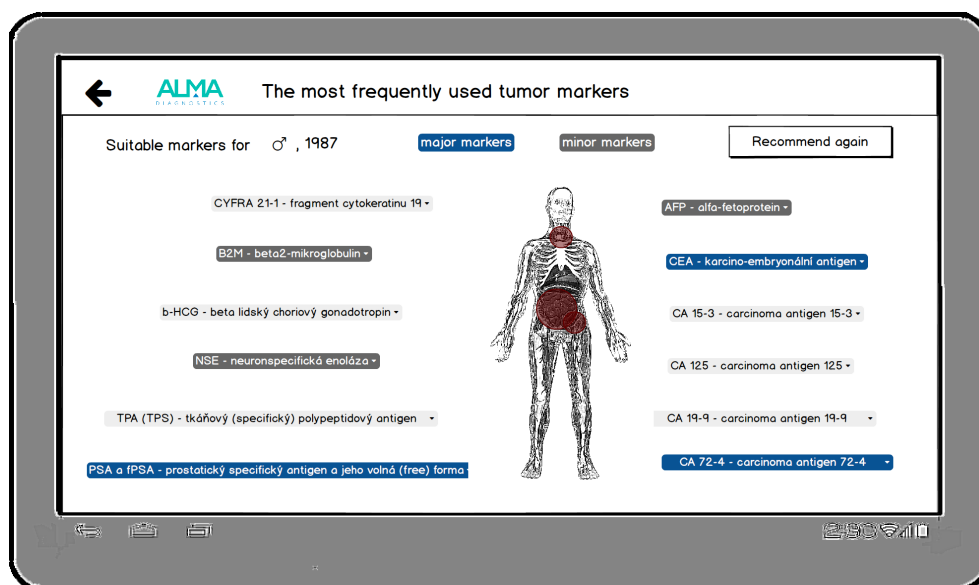
Obrázek C.8: Návrh obrazovky s informacemi o expertním systému



Obrázek C.9: Návrh zobrazování nejčastějších markerů

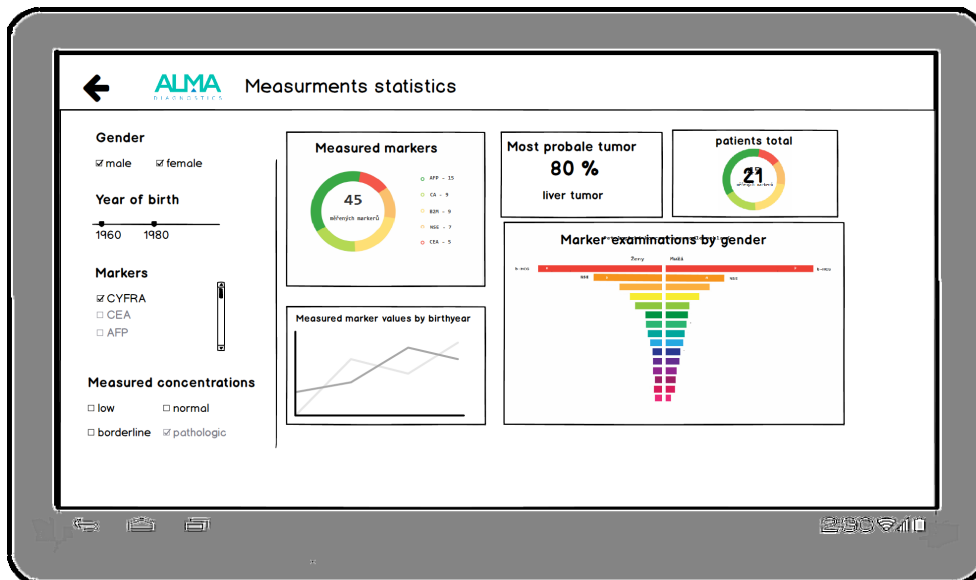


Obrázek C.10: Návrh dialogu pro doporučení markerů



Obrázek C.11: Návrh zobrazení doporučených markerů



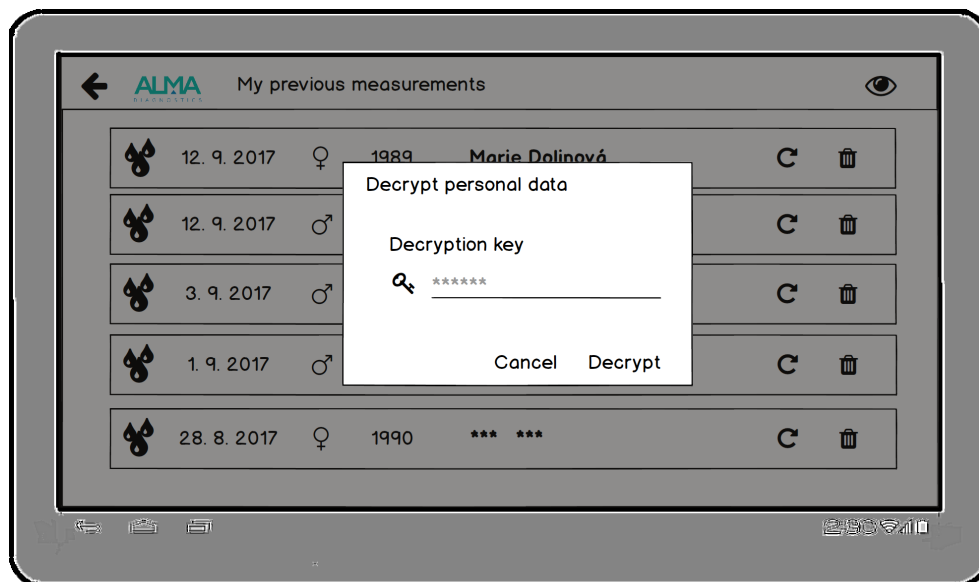


Obrázek C.12: Návrh statistik

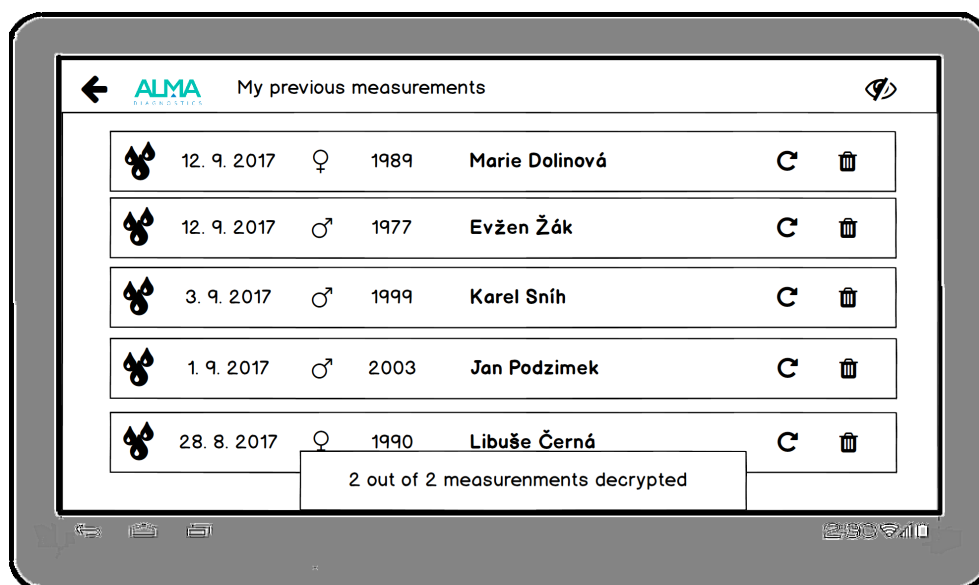
**My previous measurements**

	12. 9. 2017	♀	1989	Marie Dolinová		
	12. 9. 2017	♂	1977	Evžen Žák		
	3. 9. 2017	♂	1999	Karel Snih		
	1. 9. 2017	♂	2003	*** **		
	28. 8. 2017	♀	1990	*** **		

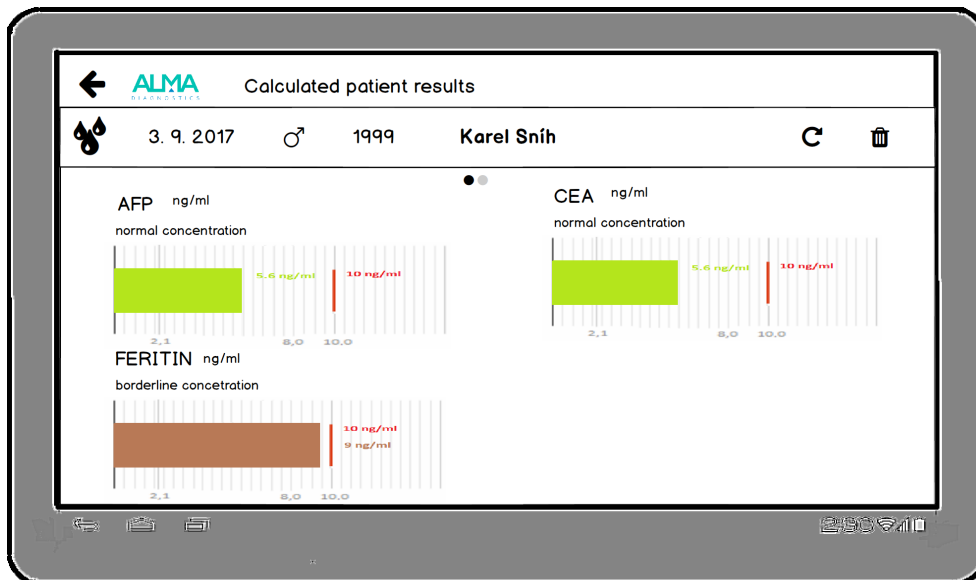
Obrázek C.13: Návrh přehledu měření



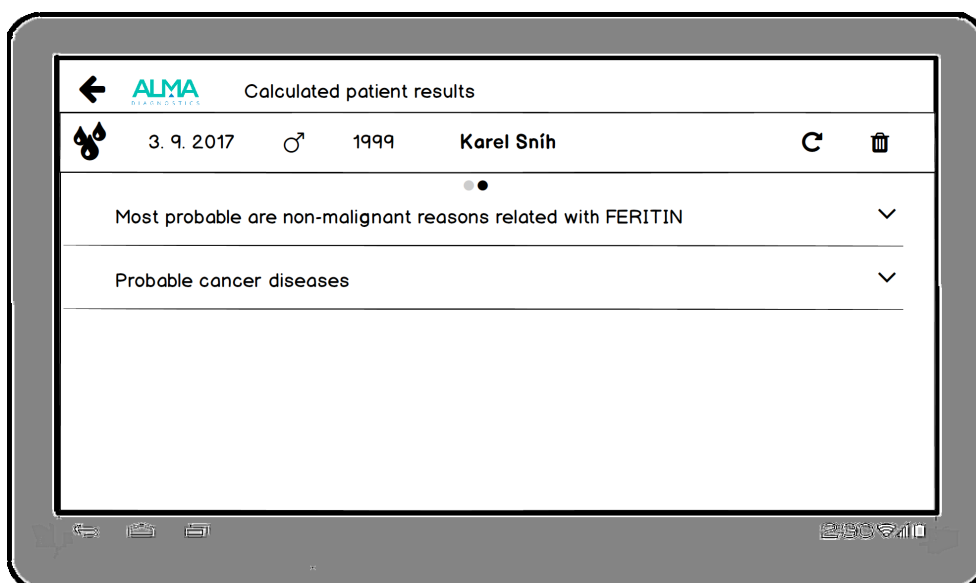
Obrázek C.14: Návrh dialogu pro zobrazení šifrovaných údajů



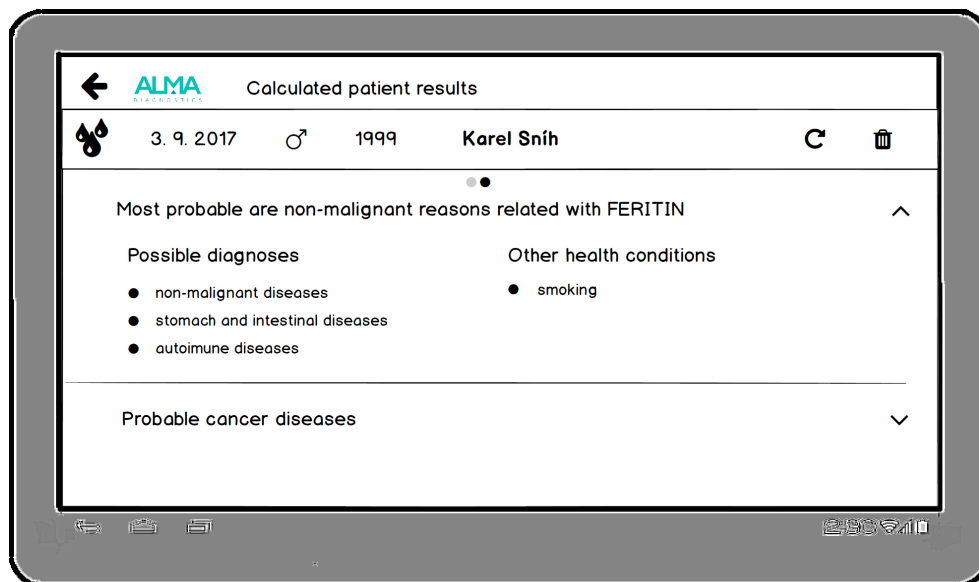
Obrázek C.15: Návrh zobrazení rozšifrovaných údajů



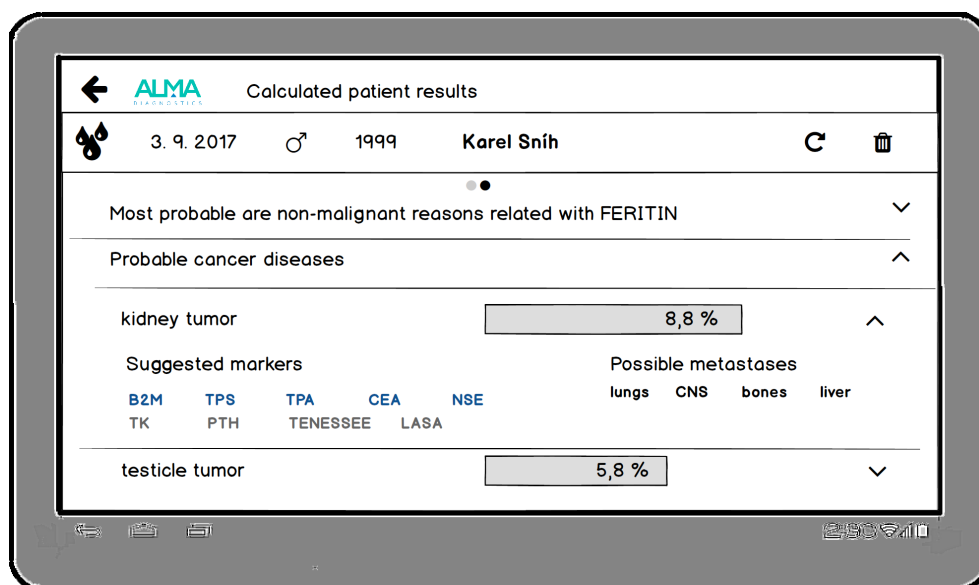
Obrázek C.16: Návrh zobrazení zhodnocení výsledků markerů



Obrázek C.17: Návrh přehledu diagnóz



Obrázek C.18: Návrh detailu skupiny diagnóz



Obrázek C.19: Návrh detailu rakovinové diagnózy

ALMA Create new measurement

1 Patient information ..... 2 Marker measurements ..... 3 Cutt-offs check

Name \_\_\_\_\_ Surname \_\_\_\_\_

Gender   Birth year \_\_\_\_\_

Patient ID \_\_\_\_\_

Cipher personal details

Use new password  Use password from my profile

Next

Obrázek C.20: Návrh formuláře pacienta

ALMA Create new measurement

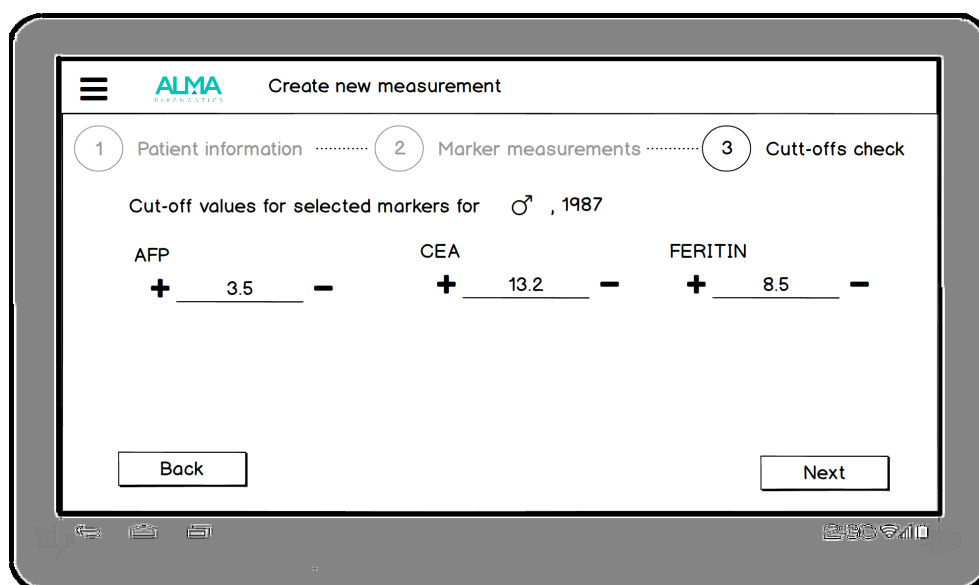
1 Patient information ..... 2 Marker measurements ..... 3 Cutt-offs check

Suitable markers for  , 1987

Marker	Value	Unit	Date	Action
PSA	+			
CEA	+			
CYFRA	+			
B2M	+			
NSE	+			
AFP	+			
AFP	+	1.5	23.02.2018	🗑️
CEA	+	10.5	23.02.2018	🗑️
FERITIN	+	8.5	23.02.2018	🗑️

Back Next

Obrázek C.21: Návrh kroku pro měření markerů



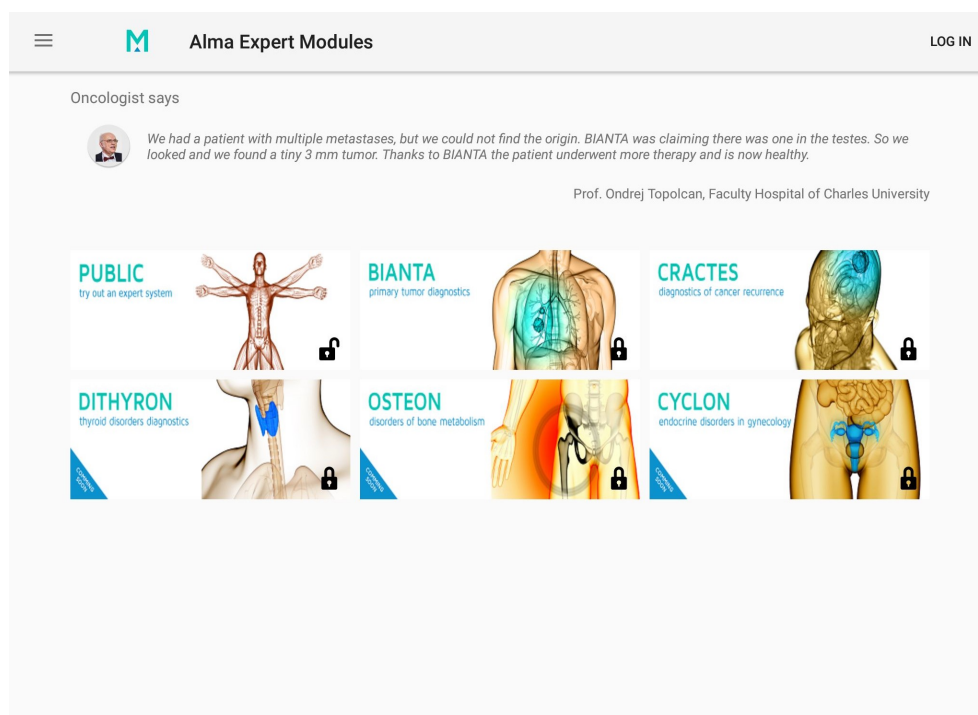
Obrázek C.22: Návrh kontroly cut-off hodnot

## Výsledný vzhled aplikace

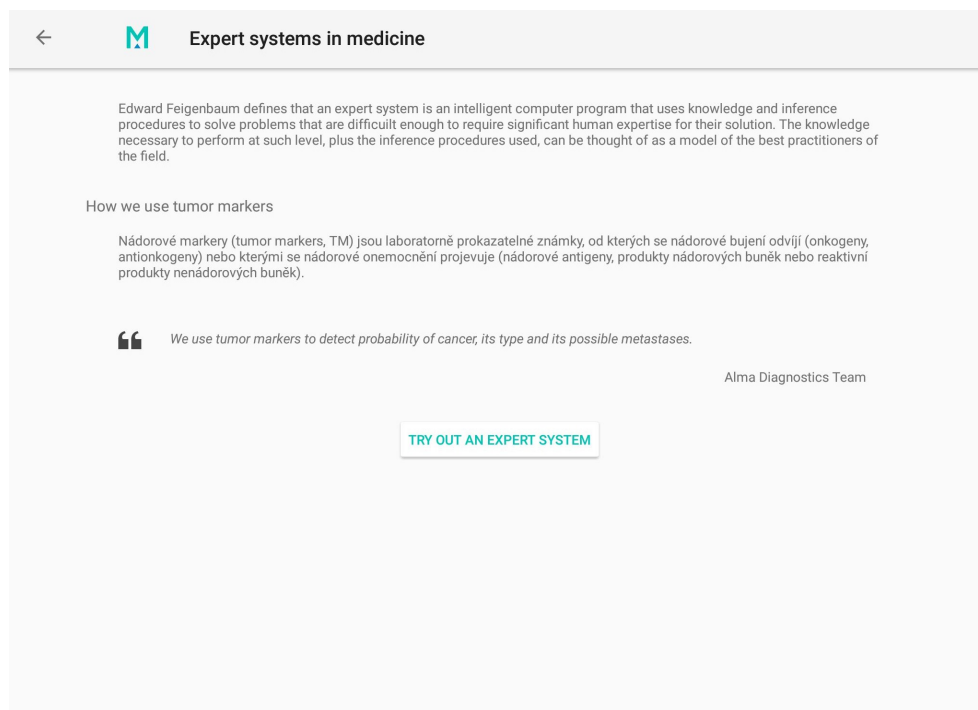


Obrázek D.1: Počáteční obrazovka s logem

## D. VÝSLEDNÝ VZHLED APLIKACE

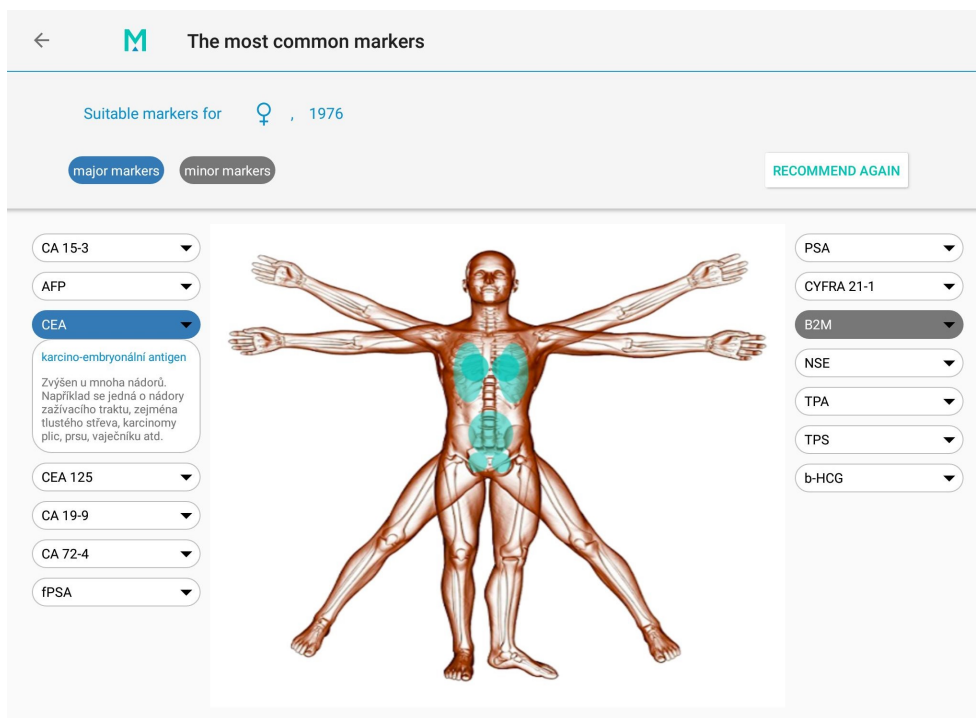


Obrázek D.2: Úvodní obrazovka

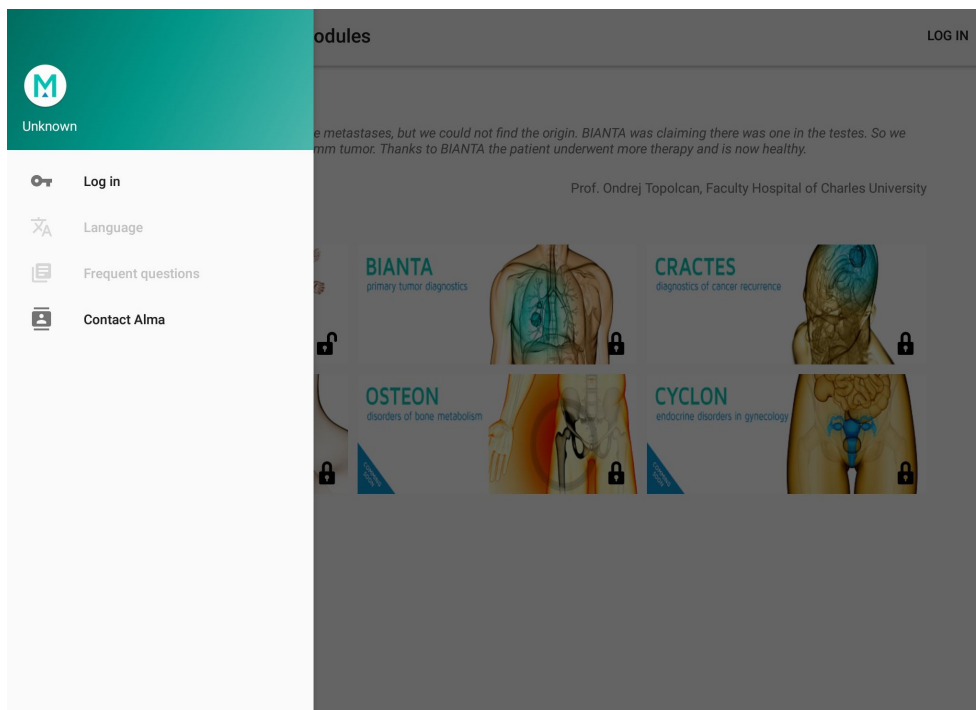


Obrázek D.3: Informace o expertním systému



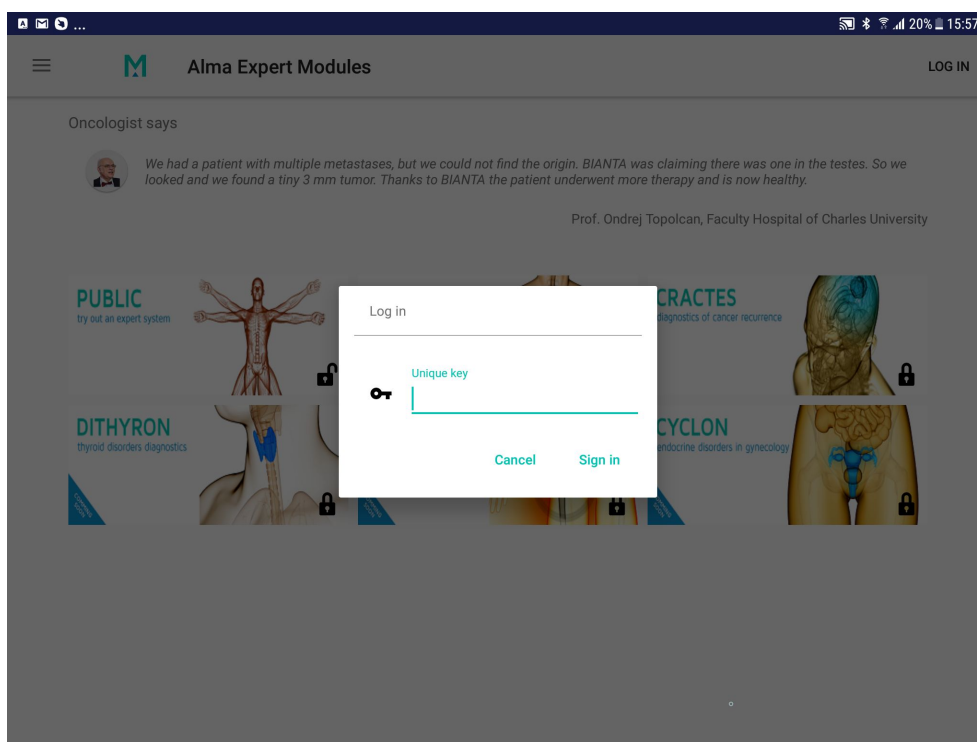


Obrázek D.4: Výsledná podoba zobrazování markerů

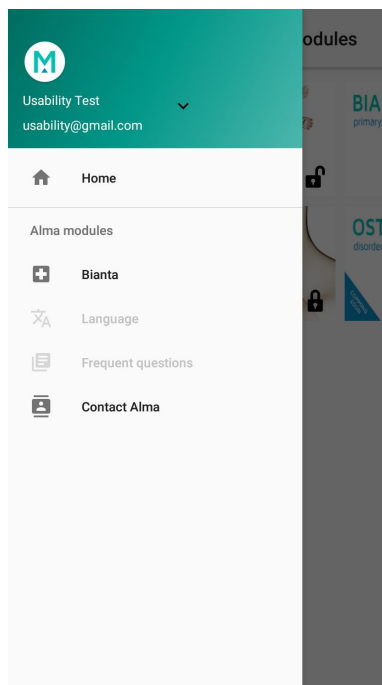


Obrázek D.5: Profil nepřihlášeného uživatele

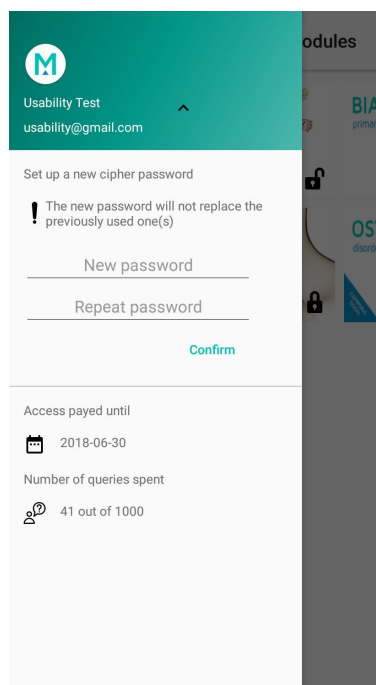
## D. VÝSLEDNÝ VZHLED APLIKACE



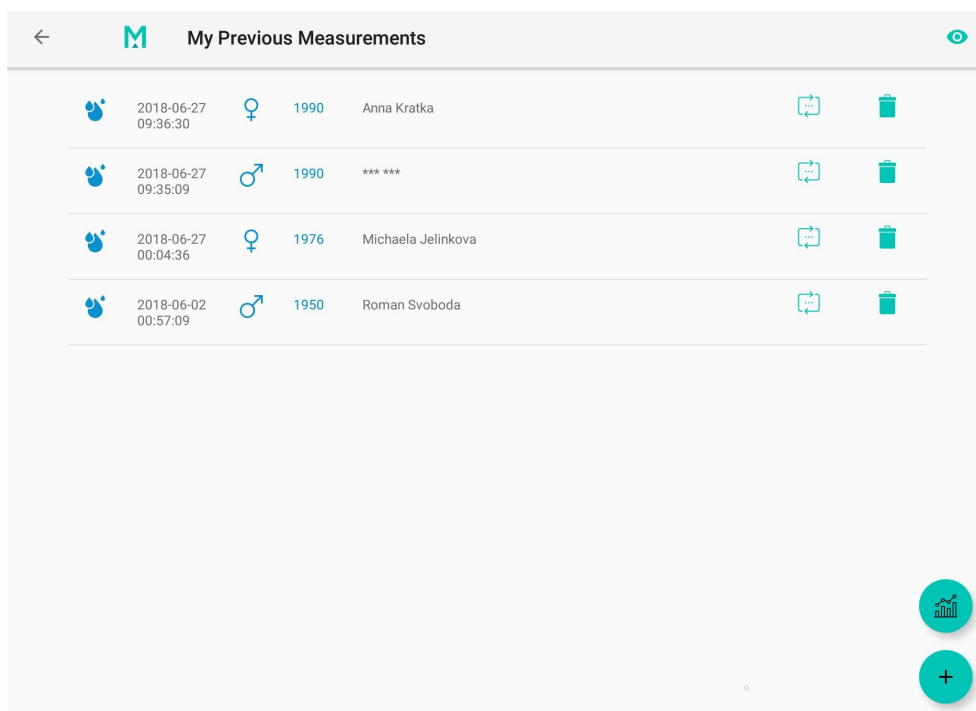
Obrázek D.6: Přihlašovací dialog



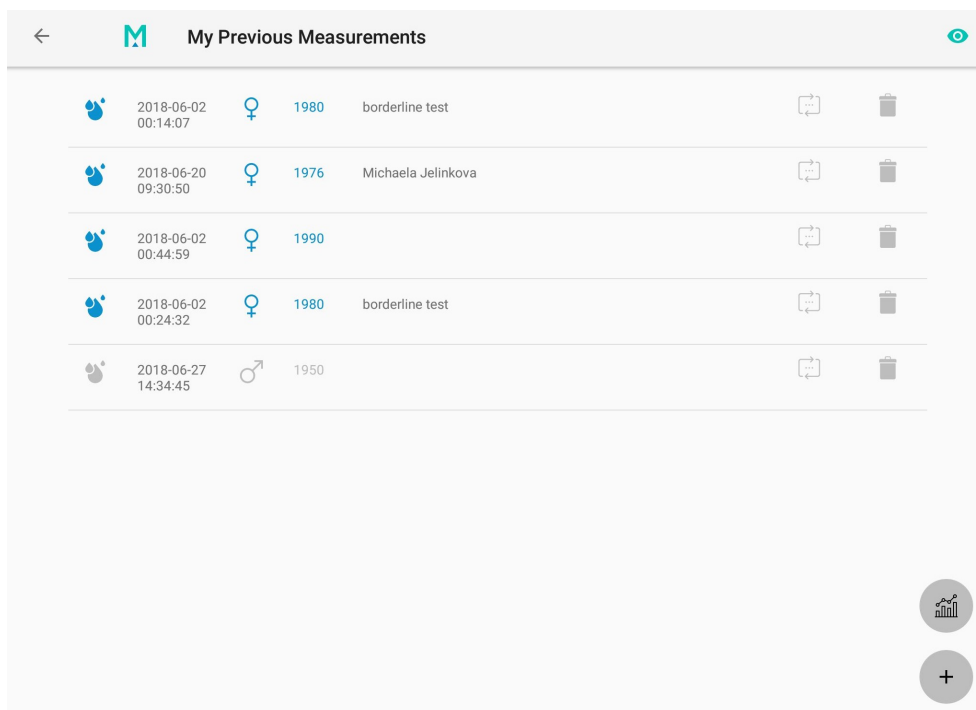
Obrázek D.7: Menu



Obrázek D.8: Uživatelský profil

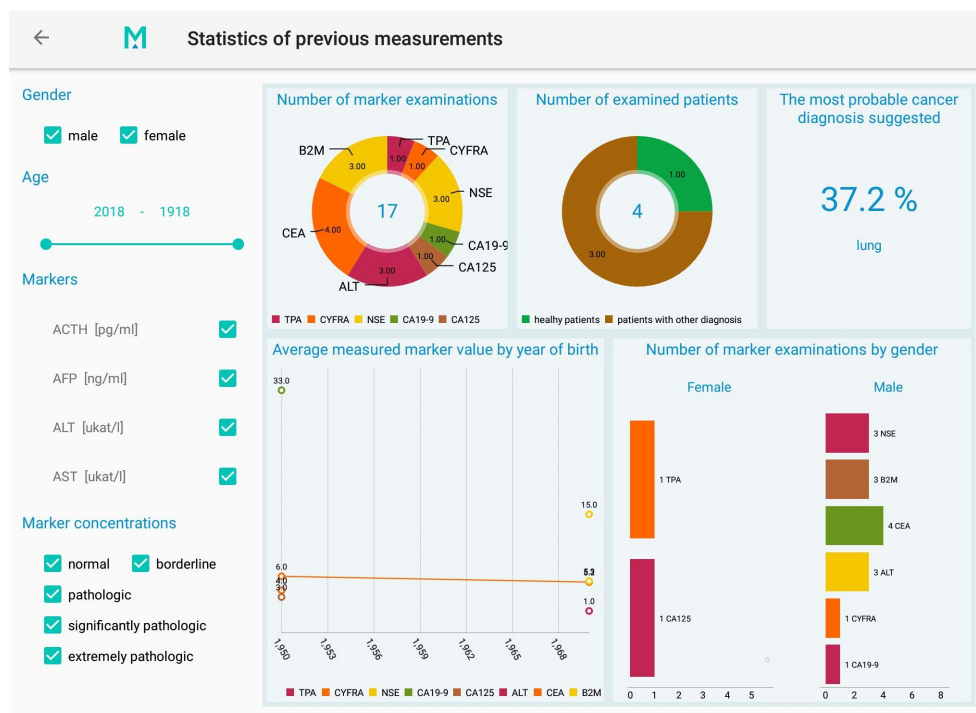


Obrázek D.9: Přehled měření



Obrázek D.10: Přehled měření offline mód

## D. VÝSLEDNÝ VZHLED APLIKACE



Obrázek D.11: Výsledná podoba statistik

**Create new measurement**

1 Patient details — 2 Marker details — 3 Check cut-off values

Michaela Jelinkova

♀ ♂ — 1976 +

7651019998 Note

Cipher personal details

Use new password  Use password from my profile

Password Repeat password

NEXT >

Obrázek D.12: Formulář pacienta

☰ M Create new measurement

1 Patient details — 2 Marker details — 3 Check cut-off values

Suitable markers for ♀, 1976

major markers minor markers

CA15-3 + SCCA + CA125 + CEA +

CYFRA + TG + B2M + CA72-4 +

CA19-9 +

---

🔹 B2M [mg/l]	-	<u>2.0</u>	+	<u>02.06.2018</u>	📅	🗑️
🔹 CEA [ng/ml]	-	<u>9.0</u>	+	<u>02.06.2018</u>	📅	🗑️

⊕

< BACK NEXT >

Obrázek D.13: Výběr markerů

☰ M Create new measurement

1 Patient details — 2 Marker details — 3 Check cut-off values

Current cut-off values for selected markers for ♀, 1976

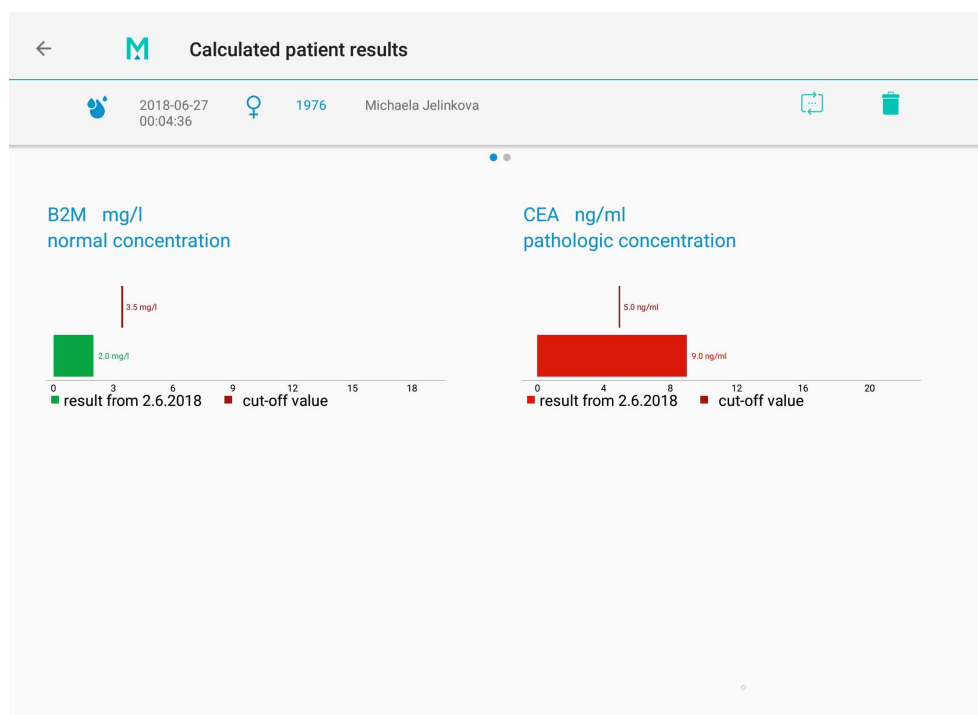
CEA [ng/ml] B2M [mg/l]

- 5.0 + - 3.5 +

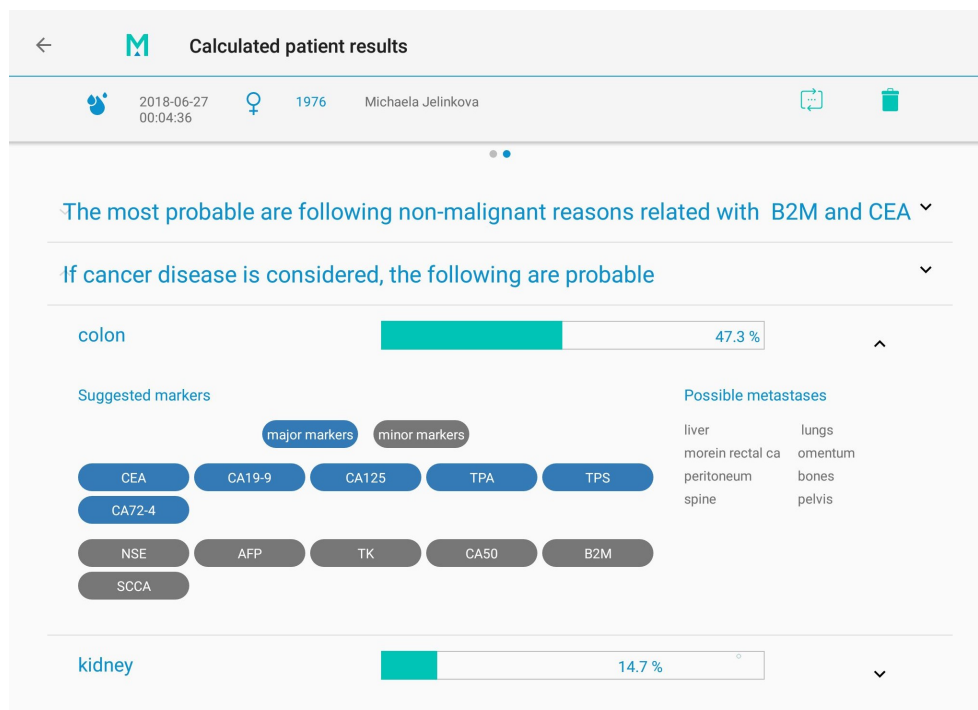
< BACK COMPLETE

Obrázek D.14: Kontrola cut-off hodnot

## D. VÝSLEDNÝ VZHLED APLIKACE



Obrázek D.15: Zhodnocení markerů



Obrázek D.16: Diagnózy