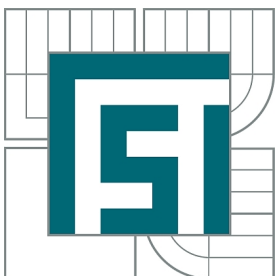


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV MATEMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MATHEMATICS

## STATISTICKÉ MODELY ÚSPĚŠNOSTI RŮZNÉ TECHNIKY KOPŮ V RUGBY

STATISTICAL MODELS OF SUCCESS OF VARIOUS TECHNIQUES OF RUGBY KICKING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

KATEŘINA VRBACKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JOSEF BEDNÁŘ, Ph.D.

BRNO 2015



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav matematiky

Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Kateřina Vrbacká

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Matematické inženýrství (3901R021)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Statistické modely úspěšnosti různé techniky kopů v rugby**

v anglickém jazyce:

#### **Statistical Models of Success of Various Techniques of Rugby Kicking**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V práci bude pomocí statistických metod vyhodnocována úspěšnost kopů v rugby. Předpokládá se ověření dominantních faktorů (poloha míče, styl kopu, typ hráče) a jejich interakcí. Z matematického aparátu se předpokládá využití statistických testů o podílech a Chí-kvadrát testu nezávislosti.

Cíle bakalářské práce:

1. Stručný úvod do problému
2. Popis statistických nástrojů vhodných k řešení problému
3. Aplikace statistických nástrojů na konkrétní studentkou posbíraná data

Seznam odborné literatury:

1. Meloun, M., Militký, J.: Kompendium statistického zpracování dat. Academica, Praha, 2002.
2. Montgomery, D.,C.and Runger, G.,C.:Applied Statistics and Probability for Engineers. John Wiley & Sons, 2010.
3. Anděl, J.: Základy matematické statistiky. MATFYZPRESS, Praha, 2005.
4. Minitab User's Guide 2: Data Analysis and Quality tools. USA, 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Bednář, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

---

prof. RNDr. Josef Šlapal, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá testováním statistických hypotéz a jejich praktickým využitím. Statisticky modelujeme úspěšnost kopu v rugby a zkoumat dominantní faktory (poloha míče, styl kopu, typ hráče) a jejich interakce. Z matematického aparátu využijeme Chí-kvadrát test nezávislosti a logistickou regresi. Výsledný model zpracujeme v softwaru MINITAB. Výsledkem práce pak bude přesný popis dané situace.

## **Abstract**

This bachelor thesis is dealing with the testing of statistical hypothesis and their practical use. We model the success of rugby kicking and analyze the dominant factors (ball position, kicking technique, player) and their interactions. We will use some mathematical terms such as chi-square test of independence and logistic regression. The final model will be processed by software MINITAB. The outcome from this thesis will be the exact description of this situation.

## **Klíčová slova**

rugby, kop, statistický model, dominantní faktor, chí-kvadrát test, logistická regrese

## **Keywords**

rugby, kick, statistical model, dominant factor, chi-square test, logistic regression

# Bibliografická citace

VRBACKÁ, K. *Statistické modely úspěšnosti různé techniky kopů v rugby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Josef Bednář, Ph.D..

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením pana Ing. Josefa Bednáře, Ph.D.

.....

Kateřina Vrbacká

25.května 2015

© Kateřina Vrbacká, 2015.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě strojního inženýrství. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů*

## Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Josefu Bednářovi za jeho cenné připomínky a rady při psaní mé práce a za pomoc při finálních úpravách. Dále chci poděkovat hráčům JIMI Rugby Clubu Vyškov, konkrétně Martinu Kovářovi, Lukáši Chalabalovi, Adamu Souralovi a Davidu Šenkovi za hodiny ztrávené na hřišti při získávání potřebných dat.





# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Teoretická příprava</b>	<b>12</b>
2.1	Testování statistických hypotéz . . . . .	12
2.2	Testy hypotéz o parametru binomického rozdělení . . . . .	14
2.3	Chí-kvadrát testy . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Popis problému</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Statistický model</b>	<b>19</b>
4.1	Chí kvadrát testy nezávislosti . . . . .	19
4.2	Vytvoření statistického modelu . . . . .	20
4.3	Popis modelu . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Grafické výstupy</b>	<b>27</b>
5.1	Pravděpodobnostní plocha . . . . .	27
5.2	Vrstevnicový graf . . . . .	28
5.3	Graf hlavních efektů . . . . .	29
5.4	Grafy interakcí . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>30</b>



# 1 Úvod

Statistika je nedílnou součástí našeho každodenního života. Na tento fakt však většina lidí zapomíná nebo si ho neuvědomuje.

Při odchodu z domu přemýšlíme, zda bude pršet a máme si vzít deštník. Při cestě v MHD doufáme, že náš autobus nebude mít příliš velké zpoždění. Ve zprávách a novinách každý den vídáme grafy a tabulky, informující nás o porodnosti, růstu nezaměstnanosti nebo průměrném platu. Všechny tyto situace jsou velmi dobře popsateľné právě díky různým statistickým metodám a programům.

Obrovské využití má statistika také ve sportu. Můžeme se s ní setkat při sázení na vybrané zápasy nebo duely, při odhadování vrcholu výkonnosti sportovce nebo při modelování daných sportovních situací. V této práci se zaměříme na konkrétní sport a konkrétní situaci - kopání na branku v rugby.

Tuto situaci jsem vybrala záměrně z několika důvodů. Je dobře statisticky popsateľná, můžeme sledovat závislosti mezi jednotlivými ovlivňujícími faktory (styl kopu, poloha míče...) a také má obrovský význam pro hru, jako takovou. Rugby na vrcholové úrovni (ať už světové nebo republikové) je velmi vyrovnaná hra a velmi často dochází k těsným vítězstvím - takzvaně „o prokop“. Zápasy často rozhodují kopáči a jejich úspěch či neúspěch při jednotlivých kopech. Popsání této situace může být proto velice přínosné.

## 2 Teoretická příprava

### 2.1 Testování statistických hypotéz

**Statistická hypotéza**  $H_0$  je tvrzení o vlastnostech rozdělení pravděpodobnosti pozorované náhodné veličiny  $X$  s distribuční funkcí  $F(x, \vartheta)$  nebo náhodného vektoru  $(X, Y)$  se simultální distribuční funkcí  $F(x, y, \vartheta)$  apod. Postup, jímž ověřujeme danou hypotézu, se nazývá **test statistické hypotézy**.

Proti testované hypotéze  $H_0$ , nazývané také **nulová hypotéza**, stavíme tzv. **alternativní hypotézu**  $H_A$ , kterou volíme podle požadavků úlohy.

Jestliže  $H_0$  je hypotéza, že parametr  $\vartheta$  má hodnotu  $\vartheta_0$ , píšeme

$$H_0 : \vartheta = \vartheta_0.$$

Případ

$$H_A : \vartheta \neq \vartheta_0$$

je **dvoustranná** alternativní hypotéza a

$$H_A : \vartheta > \vartheta_0 \text{ respektive } H_A : \vartheta < \vartheta_0$$

je **jednostranná** alternativní hypotéza.

Hypotéza může být **jednoduchá**, jestliže uvažujeme jedinou hypotetickou hodnotu  $\vartheta = \vartheta_0$  anebo naopak **složená**, např.  $\vartheta \neq \vartheta_0$ .

Dále rozdělujeme hypotézy na **parametrické**, kdy jde o tvrzení o parametrech pozorované náhodné veličiny  $X$  a na **neparametrické**, kdy jde o tvrzení o kvalitativních vlastnostech této náhodné veličiny.

Alternativní hypotézy  $H_A$  se někdy označují symboly  $H_1, H_2$ .

Pro testování hypotézy  $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$  proti nějaké zvolené alternativní hypotéze  $H_0$  se konstruuje vhodná statistika

$$T(X_1, \dots, X_n),$$

tzv. **testové kritérium**.

Obor hodnot testového kritéria  $T(X_1, \dots, X_n)$  se za předpokladu, že platí hypotéza  $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$  rozdělí na dvě disjunktní podmnožiny: **kritický obor**  $W_\alpha$  a jeho doplněk  $\overline{W}_\alpha$ .

Kritický obor  $W_\alpha$  se vzhledem k alternativní hypotéze  $H_A$  stanoví tak, aby pravděpodobnost toho, že testové kritérium  $T(X_1, \dots, X_n)$  nabude hodnotu z kritického oboru  $W_\alpha$  byla  $\alpha$  (pro diskrétní náhodnou veličinu  $T$  nejvýše  $\alpha$ ).

Číslo  $\alpha > 0$  je **hladinou významnosti** testu a volíme ji blízkou nule, obvykle 0,05 nebo 0,01. Hladina významnosti se někdy uvádí také v procentech.[3]

Dalším důležitým pojmem je tzv. **p-hodnota**. Užívá se pro rozhodování o nulové hypotéze  $H_0$  místo porovnání hodnoty testovacího kritéria s kritickými hodnotami. P-hodnota je pravděpodobnost, s jakou testovací statistika nabývá hodnot „horších“ (více svědčících proti testované hypotéze), než je pozorovaná hodnota statistiky. P-hodnota je obvyklým výstupem počítačových programů na testování hypotéz, udává mezní hladinu významnosti, při které bychom hypotézu ještě zamítali. Hypotézu  $H_0$  zamítáme na hladině  $\alpha$ , právě když je  $p$  – hodnota menší než  $\alpha$ . [1]

Rozhodnutí o hypotéze  $H_0$  je založeno na následující konvenci. Jestliže tzv. **pozorovaná hodnota testového kritéria**

$$t = T(x_1, \dots, x_n)$$

na získaném statistickém oboru  $(x_1, \dots, x_n)$  padne do kritického oboru, tedy  $t \in W_\alpha$ , **zamítáme** hypotézu  $H_0$  a současně **nezamítáme** hypotézu  $H_A$  na hladině významnosti  $\alpha$ . Jestliže naopak nepadne  $t$  do kritického oboru, tedy  $t \in \bar{W}_\alpha$ , **nezamítáme** hypotézu  $H_0$  a současně **zamítáme** hypotézu  $H_A$  na hladině významnosti  $\alpha$ .

Nezamítnutí hypotézy  $H_0$ , respektive  $H_A$ , neznamená prokázání její platnosti, neboť jsme na základě realizace náhodného výběru získali pouze informace, které nestačí na její zamítnutí. Je-li to možné, je vhodné před **přijetím** dané hypotézy zvětšit rozsah statistického souboru a znovu hypotézu  $H$  testovat.

Při testování hypotézy  $H_0$  mohou nastat čtyři možnosti. Jestliže zamítáme neplatnou hypotézu anebo nezamítáme platnou hypotézu, je vše v pořádku. Při rozhodnutí o hypotéze  $H_0$  na základě testu se můžeme dopustit jedné ze dvou chyb:

1. **Chyba prvního druhu** nastane, jestliže hypotéza  $H_0$  platí, avšak  $t \in W_\alpha$ , takže hypotézu  $H_0$  zamítáme. Pravděpodobnost této chyby je hladina významnosti

$$\alpha = P(T \in W_\alpha / H).$$

2. **Chyba druhého druhu** nastane, jestliže hypotéza  $H_0$  neplatí, avšak  $t \notin W_\alpha$ , takže hypotézu  $H_0$  nezamítáme. Pravděpodobnost této chyby je

$$\beta = P(T \notin W_\alpha / H_A)$$

a pravděpodobnost

$$1 - \beta = P(T \in W_\alpha / H_A)$$

je tzv. **síla testu**.

	H	PLATÍ	NEPLATÍ
ZAMÍTÁME		chyba 1. druhu	—
NEZAMÍTÁME		—	chyba 2. druhu

Tabulka 2.1: *Možné varianty při testování hypotézy  $H$ .*

Hladina významnosti, tj. pravděpodobnost chyby prvního druhu  $\alpha$  má ten praktický význam, že při mnoha opakovaných realizacích náhodného výběru (řádově v tisících) a současně platnosti testované hypotézy  $H_0$  se v přibližně  $100\alpha$  % testech této hypotézy zmýlíme, tedy zamítneme platnou hypotézu. Podobně když hypotéza  $H_0$  neplatí, se v přibližně  $100\beta$  % testech mýlíme a nezamítneme ji. Snížením hladiny významnosti  $\alpha$  se při nezměněném rozsahu statistického souboru  $n$  zvýší  $\beta$  a naopak, takže pro zvolenou hladinu významnosti  $\alpha$  zajišťujeme snížení  $\beta$  zvýšením rozsahu  $n$ . Riziko chyb prvního i druhého druhu nelze v reálných úlohách eliminovat, pouze je můžeme snížit. [3]

Celý proces testování statistických hypotéz můžeme tedy shrnout do několika kroků.

1. **Oblast zájmu:** Z kontextu problému vybereme, co nás zajímá.
2. **Nulová hypotéza  $H_0$ :** Definujeme nulovou hypotézu  $H_0$ .
3. **Alternativní hypotéza  $H_A$ :** Specifikujeme vhodnou alternativní hypotézu  $H_A$ .
4. **Testová statistika:** Vybereme vhodnou testovou statistiku.
5. **Zamítnutí  $H_0$ :** Definujeme zamítnuté kritérium pro nulovou hypotézu.
6. **Výpočty:** Vypočítáme potřebné vzorové množství, které dosadíme do statistického testu a dojdeme k výsledku.
7. **Závěr:** Rozhodneme, zda má být  $H_0$  zamítnuta nebo ne a pojednáme o daném problému.

Tento postup se běžně aplikuje při řešení praktických problémů. Před samotným testováním je velmi důležité všechny body pečlivě promyslet. Není nutností vždy dodržet všech sedm kroků, ale je dobré se ho držet alespoň rámcově.[5]

## 2.2 Testy hypotéz o parametru binomického rozdělení

Pokud se zamyslíme nad problematikou kopů, dojdeme k závěru, že vyhodnocovat budeme fakt, zda hráč branku prokopl či nikoliv. Jedná se tedy o náhodnou veličinu  $X$ , udávající počet nastoupení sledovaného jevu („prokopu“) v posloupnosti  $n$  vzájemně nezávislých pokusů. Zvolíme tomu odpovídající rozdělení (diskrétní) tzv. **Binomické rozdělení  $Bi(n, p)$** , kde  $n$  je přirozené číslo,  $p$  je reálné číslo,  $0 < p < 1$ , které má pravděpodobnostní funkci

$$p(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, x = 0, 1, \dots, n.$$

Při testování hypotézy  $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$  jde o test hypotézy, že podíl prvků  $\vartheta_0$  základního souboru má sledovanou vlastnost. Uvedeme pouze testová kritéria pro dvoustranné alternativní hypotézy, neboť testy hypotéz pro jednostranné alternativní hypotézy se odlišují pouze tím, že mají jednostranné kritické obory a odpovídající kritické hodnoty.

**Test hypotézy  $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$ .**

Pozorovaná hodnota testového kritéria pro  $n > 30$  je

$$t = \frac{\frac{x}{n} - \vartheta_0}{\sqrt{\frac{\vartheta_0(1-\vartheta_0)}{n}}}$$

a doplněk kritického oboru

$$\bar{W}_\alpha = \langle -u_{1-\alpha/2}; u_{1-\alpha/2} \rangle,$$

kde  $u_{1-\alpha/2}$  je  $(1 - \alpha/2)$ -kvantil normálního rozdělení  $N(0, 1)$ , jehož hodnoty lze získat ze statistických tabulek. Uvedený test je pouze přibližný, avšak jeho přesnost je pro velká  $n$  v praktických úlohách obvykle postačující.

V softwaru MINITAB, který budeme používat v praktické části práce se užívá Fischerův exaktní test. Díky němu můžeme zrušit aproximaci Normálního rozdělení a dále pracovat s rozdělením Binomickým.

**Test hypotézy**  $H_0 : \vartheta_1 = \vartheta_2$ .

U tohoto testu předpokládáme, že pozorováním dvou nezávislých náhodných veličin  $X, Y$  s parametry  $\vartheta_1, \vartheta_2$  byly získány realizace vzájemně nezávislých náhodných výběrů s rozsahy  $n_1, n_2$  a počty  $x, y$  prvků se sledovanou vlastností.

Pozorovaná hodnota testového kritéria za předpokladu  $n_1 > 50$  a  $n_2 > 50$  je

$$t = \frac{\frac{x}{n_1} - \frac{y}{n_2}}{\sqrt{\bar{f}(1-\bar{f})}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

pro

$$\bar{f} = \frac{x + y}{n_1 + n_2}$$

a doplněk kritického oboru

$$\bar{W}_\alpha = \langle -u_{1-\alpha/2}; u_{1-\alpha/2} \rangle,$$

kde  $u_{1-\alpha/2}$  je  $(1 - \alpha/2)$ -kvantil normálního rozdělení  $N(0, 1)$ , jehož hodnoty lze získat ze statistických tabulek. Uvedený test je pouze přibližný, avšak jeho přesnost je pro velké rozsahy  $n_1, n_2$  v praktických úlohách obvykle postačující.[3]

## 2.3 Chí-kvadrát testy

Chí-kvadrát testy jsou založeny na pozorování rozdílnosti mezi naměřenými četnostmi a četnostmi ideálními. K pozorování těchto četností užíváme **kontingenční tabulku** (pro kvalitativní znaky) nebo **korelační tabulku** (pro znaky kvantitativní), do které zaznamenáváme pozorované četnosti  $n_{ij}$ , řádkové četnosti  $n_{i.}$  a sloupcové četnosti  $n_{.j}$ . Ve všech těchto případech značí indexy  $i$  a  $j$   $i$ -tý řádek a  $j$ -tý sloupec tabulky.

### Chí-kvadrát test nezávislosti (Pearsonův test nezávislosti)

Tento test patří mezi neparametrické metody, což znamená, že nevyžaduje znalost rozdělení zkoumaných statistických proměnných. Při tomto testu definujeme hypotézy

$H_0$ : Sledované znaky jsou nezávislé.

$H_A$ : Sledované znaky jsou závislé.

Před samotným testováním je třeba zkonstruovat **teoretické četnosti**

$$e_{ij} = \frac{n_{i.} n_{.j}}{n^2},$$

které by tabulka při stejných okrajových četnostech obsahovala v případě nezávislosti sledovaných znaků. Testové kritérium je pak založeno na rozdílu  $n_{ij} - e_{ij}$ :

$$K = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}},$$

kde  $r$  značí počet řádků a  $c$  počet sloupců kontingenční tabulky (řádek a sloupec s marginální četnostmi nezapočítáváme).

Testové kritérium  $K$  má při platnosti hypotézy  $H_0$  a za předpokladu, že všechny  $e_{ij}$  jsou větší než 1 a alespoň 80 procent z nich je větší než 5, přibližně rozdělení chí-kvadrát o  $\nu$  stupních volnosti, přičemž  $\nu = (r - 1)(c - 1)$ .

Hypotéza  $H_0$  o nezávislosti se pak zamítá na hladině významnosti  $\alpha$ , je li

$$K \geq \chi_{1-\alpha; (r-1)(c-1)}^2,$$

tj. překročí-li hodnota testového kritéria 100(1 -  $\alpha$ )-ní kvantil rozdělení  $\chi^2$  s počtem stupňů volnosti  $\nu = (r - 1)(c - 1)$ . [6]

Z tohoto testu pak vychází další z chí-kvadrát testů - test o rozdělení. Vzhledem k tomu, že testy o parametrech binomického rozdělení závisejí na tvaru pozorovaných rozdělení, je zapotřebí testovat, zda pozorovaná náhodná veličina (náhodný vektor) má předpokládané rozdělení. K tomu využijeme následující test hypotéz o rozdělení, který se také nazývá test dobré shody.

### Chí kvadrát test o rozdělení (Pearsonův test dobré shody)

Testujeme hypotézu  $H_0$ , že pozorovaná náhodná veličina  $X$  má distribuční funkci  $F(x)$ , proti alternativní hypotéze  $H_A$ , že  $X$  nemá distribuční funkci  $F(x)$ . Roztřídíme získaný statistický soubor  $(x_1, \dots, x_n)$  do  $m$  tříd s četnostmi  $f_j$  a vypočteme teoretické absolutní četnosti

$$\tilde{f}_j = n \left( F(x_j^+) - F(x_{j-1}^+) \right)$$

pro  $j = 1, \dots, m$ , kde  $x_{j-1}^+$  značí pravý koncový bod  $j$ -té třídy, přičemž klademe  $x_0^+ = -\infty$  a  $x_m^+ = \infty$ . Statistický soubor roztřídíme tak, aby ve všech třídách byly dostatečně velké teoretické absolutní četnosti - obvykle požadujeme, aby  $\tilde{f}_j > 5$ . Toho lze při dostatečně velkém rozsahu  $n$  dosáhnout vhodnou volbou tříd nebo sloučením již získaných sousedních tříd. Pozorovaná hodnota testového kritéria je

$$t = \sum_{j=1}^m \frac{(f_j - \tilde{f}_j)^2}{\tilde{f}_j} = \left( \sum_{j=1}^m \frac{f_j^2}{\tilde{f}_j} \right) - n$$

a doplněk kritického oboru

$$\bar{W}_\alpha = \langle 0; \chi_{1-\alpha}^2 \rangle,$$

kde  $\chi_{1-\alpha}^2$  je  $(1-\alpha)$ -kvantil Pearsonova rozdělení  $\chi^2(k)$  s  $k = m - q - 1$  stupni volnosti. Kvantily tohoto rozdělení lze získat ze statistických tabulek. Číslo  $q$  je počet parametrů hypotetického rozdělení náhodné veličiny  $X$ , které jsme nuceni odhadnout z roztříděného statistického souboru pro určení hodnot distribuční funkce  $F(x)$ . Uvedený test je zjednodušenou, ale obvykle používanou variantou přesného testu chí-kvadrát. [3]



### 3 Popis problému

V této kapitole se budeme věnovat pochopení nematematické části práce. Seznámíme se s některými ragbyovými pojmy<sup>1</sup>, které budeme v práci používat a popíšeme si praktickou část práce.

Nejdříve jsme zvolili dominantní faktory:

- Styl kopu
- Typ hráče
- Poloha  $X$
- Poloha  $Y$

Dále bylo nutné rozmyslet potřebné množství dat a jednotlivé varianty daných faktorů. Pro pokus jsme vybrali čtyři hráče a tím jsme také definovali faktor Typ hráče (budeme značit A, B, C, D). Styl kopu byl definován pravidly: KPP<sup>2</sup> a drop<sup>3</sup>. Varianty polohy  $X$  a  $Y$  jsme určili dle obrázků 3.1 a 3.2 po konzultaci s kopáči<sup>4</sup> tak, aby umožňovaly co nejlepší projevení závislostí s ohledem na místa, kde jsou kopy nejčastěji prováděny. Středem souřadného systému se stala poloha 1, ležící 15 metrů od brankové čáry<sup>5</sup> a 34 metrů od obou pomezních čar<sup>6</sup>. Další body byly vzhledem ke středu 1 zvoleny ve vzdálenosti  $x = \pm 19$  metrů a  $y = \pm 5$  metrů. Samotné kopání jsme pak rozdělili na dvě fáze. V první bylo nutné uskutečnit 90 kopů pro určení lineárních a interakčních členů (z míst 2, 3, 4, 5 vždy po 10ti kopech od každého stylu, z místa 1 pak od každého stylu 5 kopů). V druhé 50 kopů pro určení kvadratických členů vzdáleností  $X$  a  $Y$  (z míst 1, 6, 7, 8, 9 vždy po 5ti kopech od každého stylu).

---

<sup>1</sup>Podrobná pravidla k pročení v [2].

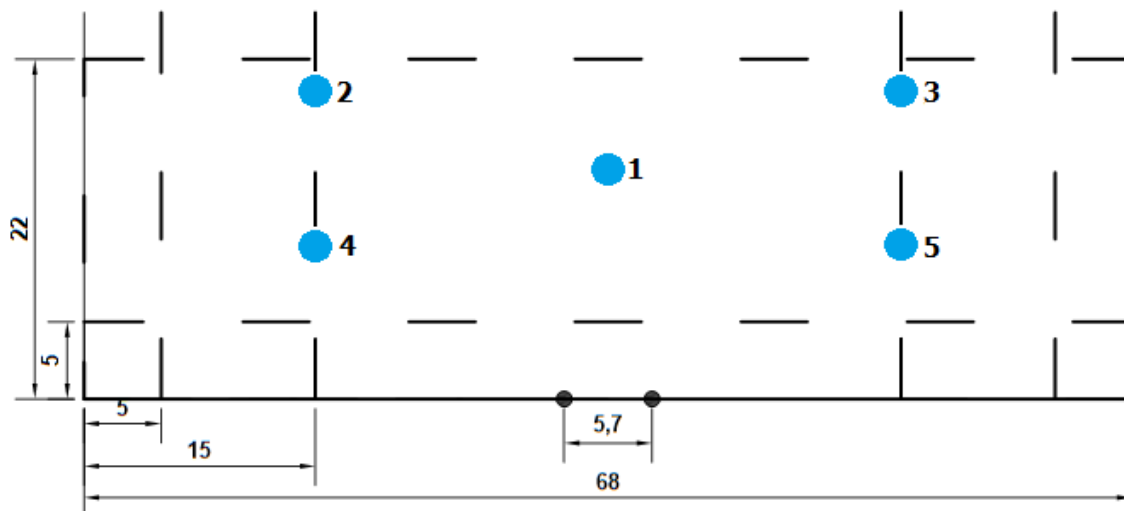
<sup>2</sup>Kop po pětce. Druh kopu, kdy hráč kope do nehybného míče na malém podstavci.

<sup>3</sup>Druh kopu, kdy míč může být odkopnut až po odrazu od země.

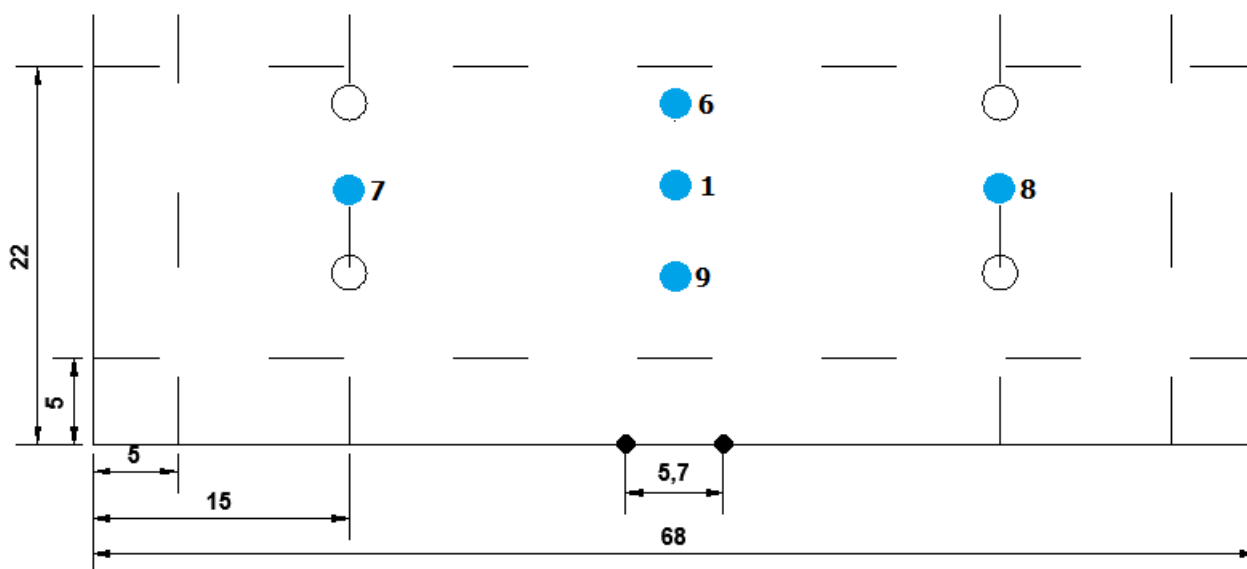
<sup>4</sup>Kopáč - hráč provádějící kop na branku.

<sup>5</sup>Čára vymezující konec hrací plochy, na níž se nachází branka.

<sup>6</sup>Čára vyznačující aut.



Obrázek 3.1: Rozmístění kopů v 1. fázi.



Obrázek 3.2: Rozmístění kopů v 2. fázi.

Po definování všech podmínek jsme v softwaru MINITAB vygenerovali záznamové tabulky pro hráče. Pořadí kopů bylo znáhodněno, čímž jsme zamezili vzájemnému ovlivnění jednotlivých kopů. To by mohlo nastat, pokud bychom nechali kopáče kopat po sobě více kopů ze stejného místa nebo stejným stylem.

Tabulky se získanými daty jsou k dispozici v příloze A.

## 4 Statistický model

Nyní můžeme začít se samotným testováním dat a modelováním. Nejdříve si pro hrubou orientaci vypočítáme úspěšnosti jednotlivých kopáčů a úspěšnost celkovou. Tato data si znázorníme v jednoduché tabulce. S úspěšností budeme dále pracovat i v softwaru MINITAB.

	Hráč A	Hráč B	Hráč C	Hráč D	CELKEM
KPP	71%	84%	70%	83%	<b>77%</b>
drop	59%	41%	47%	80%	<b>57%</b>
<b>CELKEM</b>	<b>65%</b>	<b>63%</b>	<b>59%</b>	<b>81%</b>	<b>67%</b>

Tabulka 4.1: Úspěšnost jednotlivých hráčů a celková úspěšnost

Následně provedeme Chí-kvadrát testy a zjistíme tak základní závislosti. Pro zlepšení představy o průběhu závislosti pak použijeme logistickou regresi (více o logistické regresi v [4]).

### 4.1 Chí kvadrát testy nezávislosti

Pro výpočet Chí-kvadrát testu nezávislosti využijeme software MINITAB. Ověříme si nezávislost úspěšnosti kopu na faktoru hráč. Hypotézy  $H_0$  a  $H_A$  tedy volíme takto:

$H_0$  = Úspěšnost kopu nezávisí na hráči.

$H_A$  = Úspěšnost kopu závisí na hráči.

Po otestování v softwaru dostaneme jako výstup následující tabulku (obrázek 4.1).

Pokud se nejdříve zaměříme na hodnoty v jednotlivých buňkách tabulky, zjistíme četnosti (*Count*), teoretické četnosti (*Expected Count*) a hodnotu testového kritéria (*Contribution of Chi – square*). Po sečtení hodnot testového kritéria ze všech buněk dostaneme hodnotu celkovou.

P-hodnota tohoto testu je rovna nule. Hypotézu o nezávislosti zamítáme na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tedy úspěšnost alespoň jednoho hráče je rozdílná.

### Chi-Square Test for Association: ÚSPĚŠNOST; hráč

Rows: ÚSPĚŠNOST Columns: hráč

	A	B	C	D	All
A	50 55,75 0,5930	55 55,75 0,0101	46 55,75 1,7052	72 55,75 4,7365	223
N	40 34,25 0,9653	35 34,25 0,0164	44 34,25 2,7755	18 34,25 7,7099	137
All	90	90	90	90	360

Cell Contents: Count  
Expected count  
Contribution to Chi-square

Pearson Chi-Square = 18,512; DF = 3; P-Value = 0,000  
Likelihood Ratio Chi-Square = 19,589; DF = 3; P-Value = 0,000

Obrázek 4.1: *Chí kvadrát test nezávislosti: úspěšnost-hráč*

Nyní si pouze ve zkratce ukážeme výsledky chí-kvadrát testů pro jednotlivé hráče. Opět definujeme hypotézy  $H_0$  a  $H_A$ , tentokrát následujícím způsobem:

$H_0$  = Úspěšnost kopu nezávisí na stylu.

$H_A$  = Úspěšnost kopu závisí na stylu.

Hypotézu  $H_0$  zamítáme na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  pro hráče B a C, styl kopu je tedy významný. Hypotézu  $H_0$  nezamítáme na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  pro hráče A a D, styl kopu tedy není významný.

**Results for hráč = A**  
Rows: ÚSPĚŠNOST Columns: styl  
Pearson Chi-Square = 2,543; DF = 1; P-Value = 0,111  
Likelihood Ratio Chi-Square = 2,554; DF = 1; P-Value = 0,110

**Results for hráč = B**  
Rows: ÚSPĚŠNOST Columns: styl  
Pearson Chi-Square = 27,535; DF = 1; P-Value = 0,000  
Likelihood Ratio Chi-Square = 28,860; DF = 1; P-Value = 0,000

**Results for hráč = C**  
Rows: ÚSPĚŠNOST Columns: styl  
Pearson Chi-Square = 8,552; DF = 1; P-Value = 0,003  
Likelihood Ratio Chi-Square = 8,655; DF = 1; P-Value = 0,003

**Results for hráč = D**  
Rows: ÚSPĚŠNOST Columns: styl  
Pearson Chi-Square = 0,189; DF = 1; P-Value = 0,664  
Likelihood Ratio Chi-Square = 0,189; DF = 1; P-Value = 0,664

Obrázek 4.2: *Chí kvadrát test nezávislosti pro jednotlivé hráče: úspěšnost-styl*

## 4.2 Vytvoření statistického modelu

Nyní se přesuneme k samotnému modelování. V softwaru MINITAB použijeme logistickou regresi (více v kap. 4.3) a vytvoříme první model, který bude obsahovat faktory a jejich vzájemné interakce. U faktorů X a Y navíc využijeme interakcí druhého řádu. Protože našim cílem je vytvořit model, ve kterém jsou obsažené informace statisticky významné. Textovým výstupem procedury je obrázek 4.3.

Nyní se zaměříme na výsledné p-hodnoty, které nám poslouží jako ukazatel významnosti jednotlivých členů modelu. Testovat budeme na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  jako v předchozích testech. Definujeme nulovou a alternativní hypotézu:

$H_0$  = Sledovaný faktor či interakce je nevýznamná.

$H_A$  = Sledovaný faktor či interakce je významná.

Nulovou hypotézu zamítáme, pokud je p-hodnota menší než  $\alpha = 0,05$  a nezamítáme, pokud je p-hodnota větší než  $\alpha = 0,05$ .

Jako první odstraníme proměnnou Blocks<sup>7</sup>, která nám v 1. modelu vychází jako nevýznamná. Po opětovném přepočítání vygenerujeme nový model (obrázek 4.4).

Ve druhém modelu opět vybíráme nevýznamnou proměnnou nebo interakci a sledujeme, jak se model (obrázek 4.5) změní. Budeme vždy vybírat interakci s největší p-hodnotou (tedy tu nejméně významnou). Jelikož se zabýváme hierarchickým modelem, nesmíme odstranit proměnné X, Y, hráč a styl, pokud je některá z jejich interakcí významná.

Tímto způsobem pokračujeme, dokud z modelu neodstraníme všechny nevýznamné interakce.

#### Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč; Blocks

Deviance Table					
Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	21	152,566	7,2651	152,57	0,000
X	1	0,067	0,0669	0,07	0,796
Y	1	0,839	0,8389	0,84	0,360
styl	1	3,061	3,0606	3,06	0,080
hráč	3	31,211	10,4038	31,21	0,000
<b>Blocks</b>	<b>1</b>	<b>1,550</b>	<b>1,5497</b>	<b>1,55</b>	<b>0,213</b>
X*X	1	63,174	63,1743	63,17	0,000
Y*Y	1	1,157	1,1566	1,16	0,282
X*Y	1	4,807	4,8072	4,81	0,028
X*styl	1	2,985	2,9852	2,99	0,084
X*hráč	3	0,885	0,2951	0,89	0,829
Y*styl	1	0,389	0,3891	0,39	0,533
Y*hráč	3	2,780	0,9265	2,78	0,427
styl*hráč	3	14,321	4,7737	14,32	0,002
Error	538	556,575	1,0345		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.3: Model 1 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Blocks

#### Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table					
Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	20	151,017	7,5508	151,02	0,000
X	1	0,068	0,0681	0,07	0,794
Y	1	0,850	0,8503	0,85	0,356
styl	1	3,062	3,0624	3,06	0,080
hráč	3	31,154	10,3847	31,15	0,000
X*X	1	69,198	69,1979	69,20	0,000
<b>Y*Y</b>	<b>1</b>	<b>0,043</b>	<b>0,0433</b>	<b>0,04</b>	<b>0,835</b>
X*Y	1	4,784	4,7841	4,78	0,029
X*styl	1	2,988	2,9885	2,99	0,084
X*hráč	3	0,881	0,2938	0,88	0,830
Y*styl	1	0,396	0,3960	0,40	0,529
Y*hráč	3	2,811	0,9370	2,81	0,422
styl*hráč	3	14,282	4,7606	14,28	0,003
Error	539	558,125	1,0355		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.4: Model 2 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y\*Y

<sup>7</sup>Proměnná Blocks označuje 1. a 2. fázi kopání.

**Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč**

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	19	150,973	7,9460	150,97	0,000
X	1	0,068	0,0676	0,07	0,795
Y	1	0,853	0,8527	0,85	0,356
styl	1	3,061	3,0614	3,06	0,080
hráč	3	31,152	10,3839	31,15	0,000
X*X	1	75,979	75,9789	75,98	0,000
X*Y	1	4,792	4,7918	4,79	0,029
X*styl	1	2,986	2,9856	2,99	0,084
<b>X*hráč</b>	<b>3</b>	<b>0,883</b>	<b>0,2942</b>	<b>0,88</b>	<b>0,830</b>
Y*styl	1	0,396	0,3962	0,40	0,529
Y*hráč	3	2,822	0,9407	2,82	0,420
styl*hráč	3	14,284	4,7613	14,28	0,003
Error	540	558,168	1,0336		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.5: Model 3 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou X\*hráč

**Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč**

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	16	150,091	9,3807	150,09	0,000
X	1	0,080	0,0801	0,08	0,777
Y	1	0,855	0,8552	0,86	0,355
styl	1	3,071	3,0714	3,07	0,080
hráč	3	31,152	10,3841	31,15	0,000
X*X	1	75,984	75,9845	75,98	0,000
X*Y	1	4,791	4,7905	4,79	0,029
X*styl	1	3,136	3,1361	3,14	0,077
<b>Y*styl</b>	<b>1</b>	<b>0,393</b>	<b>0,3929</b>	<b>0,39</b>	<b>0,531</b>
Y*hráč	3	2,837	0,9458	2,84	0,417
styl*hráč	3	14,441	4,8135	14,44	0,002
Error	543	559,051	1,0296		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.6: Model 4 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y\*styl

**Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč**

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	15	149,698	9,9799	149,70	0,000
X	1	0,074	0,0744	0,07	0,785
Y	1	0,517	0,5174	0,52	0,472
styl	1	3,116	3,1158	3,12	0,078
hráč	3	31,116	10,3720	31,12	0,000
X*X	1	75,881	75,8813	75,88	0,000
X*Y	1	4,987	4,9871	4,99	0,026
X*styl	1	3,234	3,2338	3,23	0,072
<b>Y*hráč</b>	<b>3</b>	<b>2,726</b>	<b>0,9087</b>	<b>2,73</b>	<b>0,436</b>
styl*hráč	3	14,287	4,7623	14,29	0,003
Error	544	559,444	1,0284		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.7: Model 5 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y\*hráč

Po všech úpravách dostaneme finální model (obrázek 4.10) s následujícími významnými interakcemi: X\*X, X\*Y, styl\*hráč.

### Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table					
Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	12	146,972	12,2476	146,97	0,000
X	1	0,102	0,1016	0,10	0,750
Y	1	0,385	0,3850	0,39	0,535
styl	1	3,081	3,0815	3,08	0,079
hráč	3	30,972	10,3241	30,97	0,000
X*X	1	75,672	75,6721	75,67	0,000
X*Y	1	5,085	5,0853	5,09	0,024
X*styl	1	3,395	3,3947	3,39	0,065
styl*hráč	3	14,165	4,7218	14,17	0,003
Error	547	562,170	1,0277		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.8: Model 6 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou  $X*styl$

## 4.3 Popis modelu

Zatím jsme se zabývali pouze tvorbou modelu a nebrali jsme v úvahu další výstupy a komentáře programu MINITAB. Nyní si však po částech popíšeme celý model a ukážeme některé grafické výstupy.

V úvodu modelu (obrázek 4.9) se seznámíme s metodou (*Method*), kterou byl model vytvořen. Vidíme, že byla využita logistická regrese (*Logit*), pro kategorické proměnné byly využity hodnoty (1;0) a celkem jsme použili 560 řádků dat. Toto číslo odpovídá počtu uskutečněných kopů. *Response Information* nám pak v krátkosti ukazuje počet úspěšných (A) a neúspěšných (N) kopů.

### Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Method		
Link function		Logit
Categorical predictor coding		(1; 0)
Rows used		560

Response Information			
Variable	Value	Count	(Event)
ÚSPĚŠNOST	A	376	
	N	184	
	Total	560	

Obrázek 4.9: Konečný model - 1.část

Prvním důležitým výstupem je, pro nás již známá, *Deviance Table* (obrázek 4.10). V tabulce jsou uvedeny všechny proměnné a jejich významné interakce, hodnota testové statistiky Chí-kvadrát a již zmiňovaná p-hodnota. Dále také normovaná odchylka (*Adj Dev*) a normovaná střední hodnota (*Adj Mean*).

Deviance Table

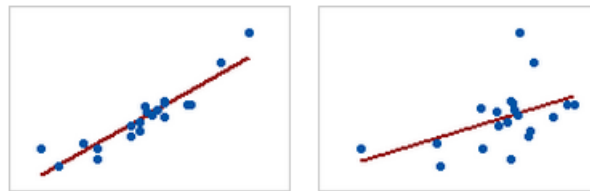
Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	11	143,577	13,0525	143,58	0,000
X	1	1,786	1,7857	1,79	0,181
Y	1	0,262	0,2624	0,26	0,608
styl	1	2,986	2,9860	2,99	0,084
hráč	3	31,082	10,3608	31,08	0,000
X*X	1	76,492	76,4917	76,49	0,000
X*Y	1	4,926	4,9260	4,93	0,026
styl*hráč	3	14,266	4,7552	14,27	0,003
Error	548	565,565	1,0321		
Total	559	709,142			

Model Summary

Deviance	Deviance	AIC
R-Sq	R-Sq(adj)	
20,25%	18,70%	589,56

Obrázek 4.10: Konečný model - 2.část

*Model Summary* nás pak pomocí *Deviance R-Sq* (dále  $R^2$ ) informuje o celkové schopnosti modelu popsat spolehlivě danou situaci. Zjednodušeně řečeno, kolik % variability daný model popisuje. Pro lepší pochopení ilustrujeme význam  $R^2$  hodnoty na následujícím obrázku.



Obrázek 4.11: [4] Význam hodnoty  $R^2$ . vlevo:  $R^2 = 88.5\%$ , vpravo:  $R^2 = 22.6\%$

Dalším výstupem je tabulka *Coefficients* (obrázek 4.12), kde získáme koeficienty (*Coef*) k rovnicím logistické regrese. Můžeme si také všimnout sloupce *SE Coef*, který udává hodnotu směrodatné chyby nebo tzv. variability střední hodnoty koeficientu.

Coefficients

Term	Coef	SE Coef
Constant	2,140	0,382
X	0,00776	0,00582
Y	0,0121	0,0237
styl		
KPP	0,667	0,388
hráč		
B	-0,871	0,387
C	-0,572	0,381
D	1,188	0,411
X*X	-0,006355	0,000876
X*Y	0,00288	0,00131
styl*hráč		
KPP B	1,709	0,587
KPP C	0,572	0,551
KPP D	-0,462	0,597

Obrázek 4.12: Konečný model - 3.část



Tabulka *Odds Ratios* (obrázek 4.13) ukazuje šance pro jednotlivé spojité i kategorické proměnné. Šance však nejsou počítány pro proměnné, které jsou zahrnuty v interakcích. Ty totiž závisí také na hodnotách ostatních proměnných. V našem případě se jedná o všechny proměnné a proto tabulka neobsahuje žádná data.

```
Odds Ratios for Continuous Predictors

      Odds   95%
      Ratio  CI
X      *   (*; *)
Y      *   (*; *)

Odds Ratios for Categorical Predictors

Level A      Level B      Odds   95%
                                Ratio  CI
styl
  Any level  Any level      *   (*; *)
hráč
  Any level  Any level      *   (*; *)
```

Obrázek 4.13: *Konečný model - 4.část*

Nejdůležitějším výstupem, který uplatníme při grafickém zpracování dat, je rovnice regrese (*Regression Equation*). Pro jednotlivé kombinace kategoriálních proměnných styl a hráč vypočítáme pomocí koeficientů z obrázku 4.12 hodnotu  $Y'$ . To závisí, jak na již zmiňovaných koeficientech, tak na spojitych proměnných a jejich vzájemných interakcích. Po dosazení  $Y'$  do rovnice regrese pak dostaneme danou úspěšnost.

```
Regression Equation

P(A) = exp(Y')/(1 + exp(Y'))

styl hráč
drop A    Y' = 2,140 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
drop B    Y' = 1,269 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
drop C    Y' = 1,568 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
drop D    Y' = 3,328 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
KPP A    Y' = 2,807 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
KPP B    Y' = 3,645 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
KPP C    Y' = 2,807 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
KPP D    Y' = 3,533 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
```

Obrázek 4.14: *Konečný model - 5.část*

Například pro hráče *C*, styl *drop* bude rovnice vypadat následovně:

$$P(A) = \frac{e^{1,568+0,007760X+0,01211Y-0,006355X*X+0,002881X*Y}}{1 + e^{1,568+0,007760X+0,01211Y-0,006355X*X+0,002881X*Y}}$$

Poslední část modelu (obrázek 4.15) nám ukazuje hodnoty testu Dobré shody (*Goodness-of-Fit Tests*) a nejvýznamnější odlehlé hodnoty (*Fits and Diagnostics for Unusual Observations*). Sloupec *Obs* udává pořadí neúspěšného kopu, sloupec *Fit* pak pravděpodobnost, s jakou by měl být kop úspěšný.

```

Goodness-of-Fit Tests

Test          DF  Chi-Square  P-Value
Deviance      548    565,56     0,293
Pearson       548    526,21     0,741

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

      Obs      Observed
      Probability      Fit      Resid      Std Resid
21      0,0000    0,8947    -2,1219    -2,14    R
100     0,0000    0,8620    -1,9903    -2,01    R
106     0,0000    0,8620    -1,9903    -2,01    R
118     0,0000    0,8620    -1,9903    -2,01    R
364     0,0000    0,8947    -2,1219    -2,14    R
434     0,0000    0,9760    -2,7311    -2,74    R

R Large residual

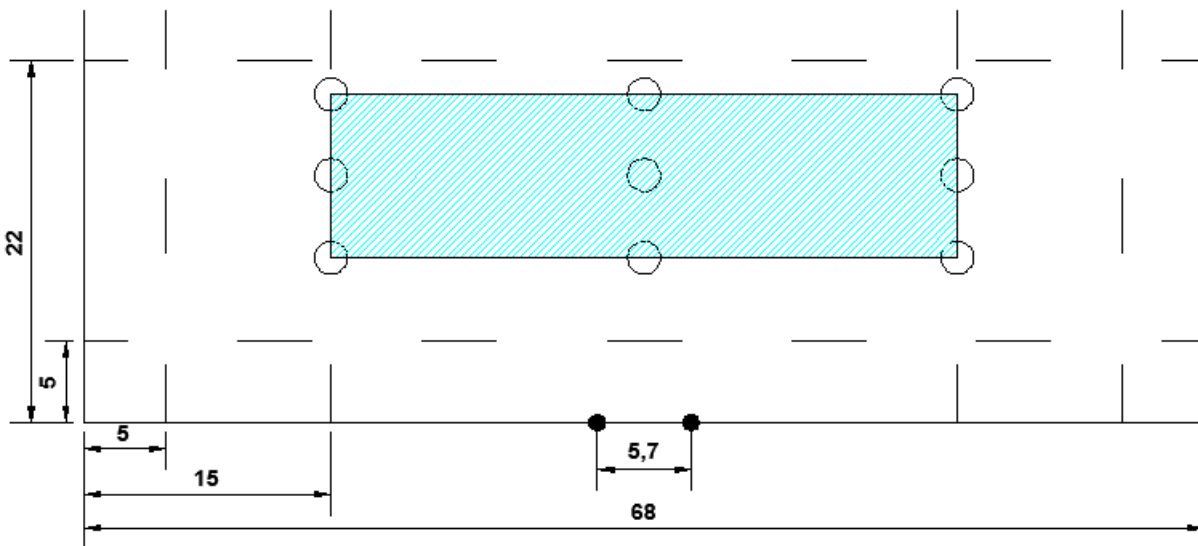
```

Obrázek 4.15: *Konečný model - 6.část*

## 5 Grafické výstupy

Nyní přejdeme od popisu dat do oblasti grafických výstupů. Prostředí MINITAB nám jich nabízí celou škálu. V této kapitole uvedeme jen některé z nich. V přílohách pak uvedeme kompletní grafický výstup z modelu pro jednotlivé hráče.

Je nutné zdůraznit, že se pohybujeme pouze v oblasti, jejímiž krajními body, jsou místa provedení kopů (viz obrázek 5.1). Rovnice logistické regrese platí v této oblasti a jejím „blízkém“ okolí, nelze je však použít na celé ploše hřiště.



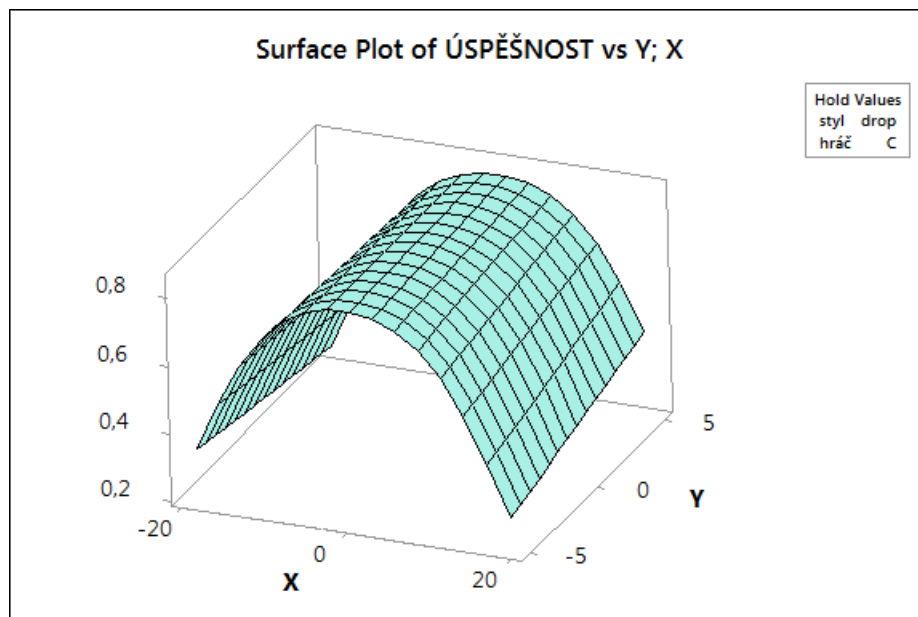
Obrázek 5.1: Pozorovaná oblast

### 5.1 Pravděpodobnostní plocha

Prvním z výstupů je tzv. *Surface Plot* neboli pravděpodobnostní plocha závislosti úspěšnosti na souřadnicích X a Y. Na obrázku 5.2 názorně ukážeme tuto plochu například pro kategoriální proměnné hráč C, styl *drop*. Rovnici této plochy najdeme v kapitole 4.3.

Můžeme si všimnout významného kvadratického zakřivení plochy ve směru X a drobného natočení ve směrech X a Y.

Tento výstup je názorný, pro naše účely však nedostačující. Při čtení grafu nám jasně nevyplývají úspěšnosti ve zvolené oblasti. Vybereme tedy další z grafických výstupů - *Contour Plot*.

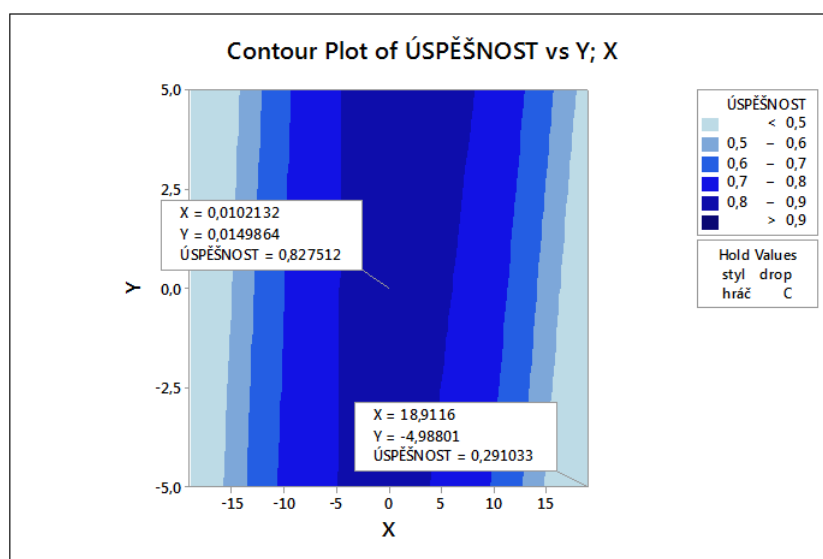


Obrázek 5.2: Pravidelnostní plocha

## 5.2 Vrstevníkový graf

*Contour Plot* neboli vrstevníkový graf nám vykreslí úspěšnost ve vybrané oblasti. Díky 2D zobrazení můžeme lépe vyčíst jednotlivé úspěšnosti, závislé na pozici X, Y. Pro názornost vybereme opět graf pro kategoriální proměnné hráč C, styl drop.

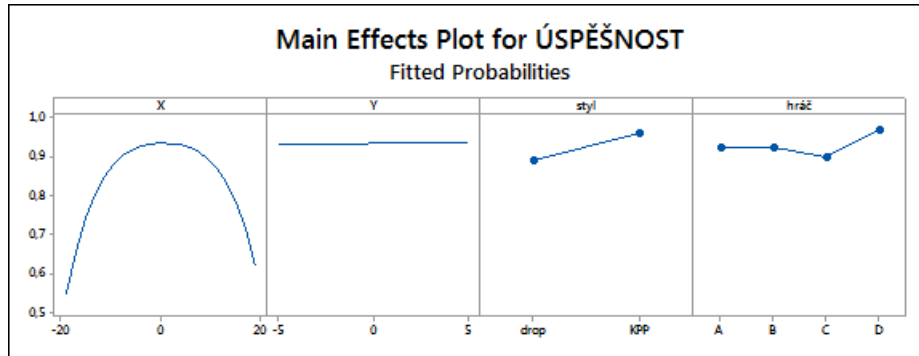
V tomto grafu si můžeme také pomocí funkce *Plant Flag* zobrazit pravděpodobnost v jakémkoli bodě. Jedinou nevýhodou této funkce je, že není možné hodnoty souřadnic X a Y přepisovat. Může se nám tedy stát, že nezískáme přesnou hodnotu. Takto vzniklé odchylky jsou však zanedbatelné.



Obrázek 5.3: Vrstevníkový graf

### 5.3 Graf hlavních efektů

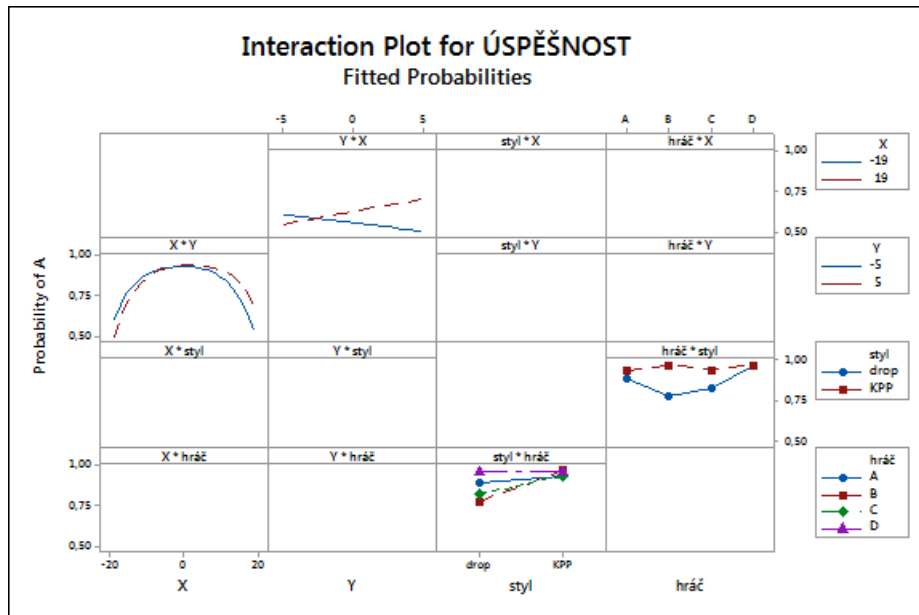
Dalším výstupem je *Main Effects Plot*. Ukazuje nám závislost úspěšnosti na jednotlivých faktorech. Můžeme si například všimnout významného vlivu proměnné X a naprosto zanedbatelného vlivu proměnné Y.



Obrázek 5.4: Závislost úspěšnosti na proměnných

### 5.4 Grafy interakcí

Na obrázku 5.5 si ukážeme závislost úspěšnosti na významných interakcích. Jelikož jsme při tvorbě modelu některé z interakcí odstranili z důvodu jejich nevýznamnosti, nejsou tyto interakce zaznamenány ani v následujících grafech.



Obrázek 5.5: Grafy vzájemných interakcí

## 6 Závěr

V úvodu této práce jsme se seznámili s teorií testování statistických hypotéz, jejíž znalost je nezbytná pro analyzování jakýchkoliv dat. Z nejdůležitějších pojmů můžeme zmínit nulovou a alternativní hypotézu, hladinu významnosti, p-hodnotu nebo Chí-kvadrát test nezávislosti.

Ve třetí kapitole jsme stručně čtenáře uvedli do problému, vysvětlili některé ragbyové pojmy a popsali způsob získávání dat. Dále jsme definovali dominantní faktory experimentu.

Ve čtvrté kapitole jsme se již zaměřili na řešení daného problému a vytvoření statistického modelu. Pro hrubou orientaci jsme do jednoduché tabulky zanesli procentuální úspěšnosti jednotlivých hráčů. Ta se pohybuje mezi 60 a 80 %. To odpovídá obecně známému tvrzení o úspěšnosti českých kopáčů, jakémusi pravidlu tzv. „dva ze tří“. Toto tvrzení se nám v celkové úspěšnosti (67%) potvrdilo až nebezpečně přesně (viz tabulka 4.1). Musíme ho však vyvrátit, protože jsme ukázali, že úspěšnost závisí hned na několika faktorech a to jak lineárně, tak kvadraticky. Není tedy možné popsat danou situaci takto jednoduše. Dalším krokem proto bylo modelování úspěšnosti v závislosti na faktorech.

Prvním testem jsme ukázali závislost úspěšnosti na hráči. Další test jsme proto provedli zvlášť pro každého hráče. Zaměřili jsme se na úspěšnost v závislosti na stylu. U tohoto testu se nám statisticky významná závislost projevila pouze u hráčů B a C.

Protože nám opět vyšly nekonzistentní výsledky, rozhodli jsme se celou situaci popsat modelově, logistickou regresí. V prvním modelu jsme vzali v úvahu všechny faktory a jejich interakce, u faktorů X a Y navíc i interakce kvadratické. Z modelu jsme postupně odstranili nevýznamné interakce a faktory a dospěli tak k závěrečnému modelu, kde významnou roli hrají pouze faktor hráč, kvadratický člen  $X^2$ , interakce  $X*Y$  a  $styl*hráč$ . Tento model jsme pak podrobněji popsali.

V poslední kapitole jsme si ukázali základní grafické výstupy a lépe tak graficky znázornili matematický model popisující celou situaci. Tyto výstupy jsme graficky rozvedli v přílohách.

Model, i když zdaleka nepokrývá všechny faktory ovlivňující kop (vítr, déšť, povrch hřiště, atd.), je názorný a danou situaci navzdory některým odlehlým hodnotám názorně popisuje. Zakřivení ve směru X a závislost  $styl*hráč$  jsme předpokládali, nezávislost na faktoru Y je lehce překvapující. Můžeme také předpokládat, že model by se lehce změnil, pokud bychom např. rozšířili nebo zúžili danou oblast.

## Reference

- [1] FRIESL, Michal. *P-hodnota*. [online]. [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/friesl/hpsb/phodn.html>
- [2] HAITMAN, Milan a Tomáš TŮMA. *Pravidla hry Ragby: Česká verze Pravidel ragby 2012* [online]. In: . [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: [http://www.ragby.cz/common/download/pravidla\\_ragby\\_2012.pdf](http://www.ragby.cz/common/download/pravidla_ragby_2012.pdf)
- [3] KARPÍŠEK, Zdeněk. *Matematika IV: statistika a pravděpodobnost*. Vyd. 2., dopl. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 170 s. ISBN 80-214-2522-9.
- [4] MINITAB INC. *R-squared* [online]. [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/regression-and-correlation/goodness-of-fit-statistics/r-squared/>
- [5] MONTGOMERY, D.,C.a RUNGER, G.,C. *Applied Statistics and Probability for Engineers*. John Wiley and Sons, 2010.
- [6] ŠKALOUDOVÁ, Alena. *Kontingenční tabulky*. In: [online]. [cit. 2015-02-16]. Dostupné z: [http://pedf.cuni.cz/kpsp/skalouda/chi\\_kvadrat.doc](http://pedf.cuni.cz/kpsp/skalouda/chi_kvadrat.doc)

## Seznam obrázků

3.1	Rozmístění kopů v 1. fázi. . . . .	18
3.2	Rozmístění kopů v 2. fázi. . . . .	18
4.1	Chí kvadrát test nezávislosti: úspěšnost-hráč . . . . .	20
4.2	Chí kvadrát test nezávislosti pro jednotlivé hráče: úspěšnost-styl . . . . .	20
4.3	Model 1 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Blocks . . . . .	21
4.4	Model 2 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y*Y . . . . .	21
4.5	Model 3 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou X*hráč . . . . .	22
4.6	Model 4 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y*styl . . . . .	22
4.7	Model 5 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y*hráč . . . . .	22
4.8	Model 6 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou X*styl . . . . .	23
4.9	Konečný model - 1.část . . . . .	23
4.10	Konečný model - 2.část . . . . .	24
4.11	Význam hodnoty $R^2$ . . . . .	24
4.12	Konečný model - 3.část . . . . .	24
4.13	Konečný model - 4.část . . . . .	25
4.14	Konečný model - 5.část . . . . .	25
4.15	Konečný model - 6.část . . . . .	26
5.1	Pozorovaná oblast . . . . .	27
5.2	Pravděpodobnostní plocha . . . . .	28
5.3	Vrstevnicový graf . . . . .	28
5.4	Závislost úspěšnosti na proměnných . . . . .	29
5.5	Grafy vzájemných interakcí . . . . .	29



## Seznam tabulek

2.1	Možné varianty při testování hypotézy $H$ . . . . .	13
4.1	Úspěšnost jednotlivých hráčů a celková úspěšnost . . . . .	19

## Seznam příloh

**Příloha A:** Vstupní data

**Příloha B:** Grafické výstupy pro hráče A

**Příloha C:** Grafické výstupy pro hráče B

**Příloha D:** Grafické výstupy pro hráče C

**Příloha E:** Grafické výstupy pro hráče D

## Příloha A - Vstupní data

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
63	1	1	1	A	drop	19	5	A
8	2	1	1	A	KPP	19	5	N
2	3	1	1	A	KPP	-19	-5	N
46	4	1	1	A	KPP	-19	5	N
65	5	1	1	A	drop	-19	-5	A
80	6	1	1	A	KPP	19	5	N
7	7	1	1	A	drop	19	5	A
20	8	1	1	A	KPP	19	-5	N
33	9	1	1	A	drop	-19	-5	N
56	10	1	1	A	KPP	19	5	A
29	11	1	1	A	drop	-19	5	N
3	12	1	1	A	drop	19	-5	N
9	13	1	1	A	drop	-19	-5	N
4	14	1	1	A	KPP	19	-5	A
82	15	0	1	A	KPP	0	0	A
40	16	1	1	A	KPP	19	5	A
90	17	0	1	A	KPP	0	0	A
25	18	1	1	A	drop	-19	-5	A
15	19	1	1	A	drop	19	5	N
53	20	1	1	A	drop	-19	5	N
85	21	0	1	A	drop	0	0	N
31	22	1	1	A	drop	19	5	A
87	23	0	1	A	drop	0	0	A
41	24	1	1	A	drop	-19	-5	N
1	25	1	1	A	drop	-19	-5	A
34	26	1	1	A	KPP	-19	-5	A
30	27	1	1	A	KPP	-19	5	N
32	28	1	1	A	KPP	19	5	N
81	29	0	1	A	drop	0	0	A
23	30	1	1	A	drop	19	5	A
12	31	1	1	A	KPP	19	-5	A
43	32	1	1	A	drop	19	-5	N
19	33	1	1	A	drop	19	-5	N
21	34	1	1	A	drop	-19	5	N
86	35	0	1	A	KPP	0	0	A
13	36	1	1	A	drop	-19	5	A
66	37	1	1	A	KPP	-19	-5	N
70	38	1	1	A	KPP	-19	5	N
22	39	1	1	A	KPP	-19	5	A
48	40	1	1	A	KPP	19	5	A
27	41	1	1	A	drop	19	-5	N
49	42	1	1	A	drop	-19	-5	A

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
36	43	1	1	A	KPP	19	-5	N
26	44	1	1	A	KPP	-19	-5	N
24	45	1	1	A	KPP	19	5	A
71	46	1	1	A	drop	19	5	N
5	47	1	1	A	drop	-19	5	N
83	48	0	1	A	drop	0	0	A
14	49	1	1	A	KPP	-19	5	A
61	50	1	1	A	drop	-19	5	N
11	51	1	1	A	drop	19	-5	N
59	52	1	1	A	drop	19	-5	A
69	53	1	1	A	drop	-19	5	N
62	54	1	1	A	KPP	-19	5	A
38	55	1	1	A	KPP	-19	5	A
18	56	1	1	A	KPP	-19	-5	A
35	57	1	1	A	drop	19	-5	A
28	58	1	1	A	KPP	19	-5	A
58	59	1	1	A	KPP	-19	-5	A
10	60	1	1	A	KPP	-19	-5	A
51	61	1	1	A	drop	19	-5	N
47	62	1	1	A	drop	19	5	N
77	63	1	1	A	drop	-19	5	A
72	64	1	1	A	KPP	19	5	A
78	65	1	1	A	KPP	-19	5	A
73	66	1	1	A	drop	-19	-5	N
6	67	1	1	A	KPP	-19	5	N
55	68	1	1	A	drop	19	5	N
89	69	0	1	A	drop	0	0	A
37	70	1	1	A	drop	-19	5	A
75	71	1	1	A	drop	19	-5	N
68	72	1	1	A	KPP	19	-5	A
74	73	1	1	A	KPP	-19	-5	N
79	74	1	1	A	drop	19	5	A
84	75	0	1	A	KPP	0	0	A
16	76	1	1	A	KPP	19	5	A
45	77	1	1	A	drop	-19	5	A
54	78	1	1	A	KPP	-19	5	A
17	79	1	1	A	drop	-19	-5	A
50	80	1	1	A	KPP	-19	-5	N
42	81	1	1	A	KPP	-19	-5	N
76	82	1	1	A	KPP	19	-5	A
44	83	1	1	A	KPP	19	-5	N
52	84	1	1	A	KPP	19	-5	A
64	85	1	1	A	KPP	19	5	A
88	86	0	1	A	KPP	0	0	A
67	87	1	1	A	drop	19	-5	N
39	88	1	1	A	drop	19	5	N
57	89	1	1	A	drop	-19	-5	A

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
60	90	1	1	A	KPP	19	-5	A
63	1	1	1	B	drop	19	5	N
8	2	1	1	B	KPP	19	5	A
2	3	1	1	B	KPP	-19	-5	A
46	4	1	1	B	KPP	-19	5	N
65	5	1	1	B	drop	-19	-5	A
80	6	1	1	B	KPP	19	5	A
7	7	1	1	B	drop	19	5	A
20	8	1	1	B	KPP	19	-5	N
33	9	1	1	B	drop	-19	-5	A
56	10	1	1	B	KPP	19	5	N
29	11	1	1	B	drop	-19	5	N
3	12	1	1	B	drop	19	-5	N
9	13	1	1	B	drop	-19	-5	A
4	14	1	1	B	KPP	19	-5	A
82	15	0	1	B	KPP	0	0	A
40	16	1	1	B	KPP	19	5	N
90	17	0	1	B	KPP	0	0	A
25	18	1	1	B	drop	-19	-5	N
15	19	1	1	B	drop	19	5	A
53	20	1	1	B	drop	-19	5	A
85	21	0	1	B	drop	0	0	A
31	22	1	1	B	drop	19	5	N
87	23	0	1	B	drop	0	0	A
41	24	1	1	B	drop	-19	-5	A
1	25	1	1	B	drop	-19	-5	N
34	26	1	1	B	KPP	-19	-5	A
30	27	1	1	B	KPP	-19	5	N
32	28	1	1	B	KPP	19	5	N
81	29	0	1	B	drop	0	0	A
23	30	1	1	B	drop	19	5	N
12	31	1	1	B	KPP	19	-5	A
43	32	1	1	B	drop	19	-5	N
19	33	1	1	B	drop	19	-5	N
21	34	1	1	B	drop	-19	5	A
86	35	0	1	B	KPP	0	0	A
13	36	1	1	B	drop	-19	5	A
66	37	1	1	B	KPP	-19	-5	A
70	38	1	1	B	KPP	-19	5	A
22	39	1	1	B	KPP	-19	5	N
48	40	1	1	B	KPP	19	5	A
27	41	1	1	B	drop	19	-5	N
49	42	1	1	B	drop	-19	-5	N
36	43	1	1	B	KPP	19	-5	A
26	44	1	1	B	KPP	-19	-5	N
24	45	1	1	B	KPP	19	5	A
71	46	1	1	B	drop	19	5	N

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
5	47	1	1	B	drop	-19	5	N
83	48	0	1	B	drop	0	0	A
14	49	1	1	B	KPP	-19	5	A
61	50	1	1	B	drop	-19	5	N
11	51	1	1	B	drop	19	-5	A
59	52	1	1	B	drop	19	-5	A
69	53	1	1	B	drop	-19	5	N
62	54	1	1	B	KPP	-19	5	A
38	55	1	1	B	KPP	-19	5	A
18	56	1	1	B	KPP	-19	-5	A
35	57	1	1	B	drop	19	-5	N
28	58	1	1	B	KPP	19	-5	A
58	59	1	1	B	KPP	-19	-5	A
10	60	1	1	B	KPP	-19	-5	A
51	61	1	1	B	drop	19	-5	N
47	62	1	1	B	drop	19	5	A
77	63	1	1	B	drop	-19	5	N
72	64	1	1	B	KPP	19	5	A
78	65	1	1	B	KPP	-19	5	N
73	66	1	1	B	drop	-19	-5	N
6	67	1	1	B	KPP	-19	5	N
55	68	1	1	B	drop	19	5	A
89	69	0	1	B	drop	0	0	A
37	70	1	1	B	drop	-19	5	A
75	71	1	1	B	drop	19	-5	N
68	72	1	1	B	KPP	19	-5	A
74	73	1	1	B	KPP	-19	-5	A
79	74	1	1	B	drop	19	5	N
84	75	0	1	B	KPP	0	0	A
16	76	1	1	B	KPP	19	5	A
45	77	1	1	B	drop	-19	5	N
54	78	1	1	B	KPP	-19	5	A
17	79	1	1	B	drop	-19	-5	N
50	80	1	1	B	KPP	-19	-5	A
42	81	1	1	B	KPP	-19	-5	A
76	82	1	1	B	KPP	19	-5	A
44	83	1	1	B	KPP	19	-5	A
52	84	1	1	B	KPP	19	-5	A
64	85	1	1	B	KPP	19	5	A
88	86	0	1	B	KPP	0	0	A
67	87	1	1	B	drop	19	-5	N
39	88	1	1	B	drop	19	5	A
57	89	1	1	B	drop	-19	-5	N
60	90	1	1	B	KPP	19	-5	A
63	1	1	1	C	drop	19	5	N
8	2	1	1	C	KPP	19	5	A
2	3	1	1	C	KPP	-19	-5	N

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
46	4	1	1	C	KPP	-19	5	N
65	5	1	1	C	drop	-19	-5	N
80	6	1	1	C	KPP	19	5	A
7	7	1	1	C	drop	19	5	N
20	8	1	1	C	KPP	19	-5	N
33	9	1	1	C	drop	-19	-5	A
56	10	1	1	C	KPP	19	5	A
29	11	1	1	C	drop	-19	5	N
3	12	1	1	C	drop	19	-5	N
9	13	1	1	C	drop	-19	-5	A
4	14	1	1	C	KPP	19	-5	A
82	15	0	1	C	KPP	0	0	A
40	16	1	1	C	KPP	19	5	N
90	17	0	1	C	KPP	0	0	A
25	18	1	1	C	drop	-19	-5	A
15	19	1	1	C	drop	19	5	N
53	20	1	1	C	drop	-19	5	A
85	21	0	1	C	drop	0	0	A
31	22	1	1	C	drop	19	5	A
87	23	0	1	C	drop	0	0	A
41	24	1	1	C	drop	-19	-5	N
1	25	1	1	C	drop	-19	-5	N
34	26	1	1	C	KPP	-19	-5	N
30	27	1	1	C	KPP	-19	5	N
32	28	1	1	C	KPP	19	5	A
81	29	0	1	C	drop	0	0	A
23	30	1	1	C	drop	19	5	N
12	31	1	1	C	KPP	19	-5	N
43	32	1	1	C	drop	19	-5	N
19	33	1	1	C	drop	19	-5	A
21	34	1	1	C	drop	-19	5	A
86	35	0	1	C	KPP	0	0	A
13	36	1	1	C	drop	-19	5	N
66	37	1	1	C	KPP	-19	-5	N
70	38	1	1	C	KPP	-19	5	A
22	39	1	1	C	KPP	-19	5	N
48	40	1	1	C	KPP	19	5	A
27	41	1	1	C	drop	19	-5	N
49	42	1	1	C	drop	-19	-5	N
36	43	1	1	C	KPP	19	-5	N
26	44	1	1	C	KPP	-19	-5	N
24	45	1	1	C	KPP	19	5	N
71	46	1	1	C	drop	19	5	A
5	47	1	1	C	drop	-19	5	A
83	48	0	1	C	drop	0	0	A
14	49	1	1	C	KPP	-19	5	N
61	50	1	1	C	drop	-19	5	N

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
11	51	1	1	C	drop	19	-5	A
59	52	1	1	C	drop	19	-5	N
69	53	1	1	C	drop	-19	5	N
62	54	1	1	C	KPP	-19	5	A
38	55	1	1	C	KPP	-19	5	A
18	56	1	1	C	KPP	-19	-5	A
35	57	1	1	C	drop	19	-5	N
28	58	1	1	C	KPP	19	-5	A
58	59	1	1	C	KPP	-19	-5	N
10	60	1	1	C	KPP	-19	-5	A
51	61	1	1	C	drop	19	-5	N
47	62	1	1	C	drop	19	5	A
77	63	1	1	C	drop	-19	5	A
72	64	1	1	C	KPP	19	5	A
78	65	1	1	C	KPP	-19	5	A
73	66	1	1	C	drop	-19	-5	N
6	67	1	1	C	KPP	-19	5	N
55	68	1	1	C	drop	19	5	A
89	69	0	1	C	drop	0	0	A
37	70	1	1	C	drop	-19	5	N
75	71	1	1	C	drop	19	-5	N
68	72	1	1	C	KPP	19	-5	A
74	73	1	1	C	KPP	-19	-5	A
79	74	1	1	C	drop	19	5	N
84	75	0	1	C	KPP	0	0	A
16	76	1	1	C	KPP	19	5	A
45	77	1	1	C	drop	-19	5	N
54	78	1	1	C	KPP	-19	5	A
17	79	1	1	C	drop	-19	-5	N
50	80	1	1	C	KPP	-19	-5	N
42	81	1	1	C	KPP	-19	-5	A
76	82	1	1	C	KPP	19	-5	A
44	83	1	1	C	KPP	19	-5	N
52	84	1	1	C	KPP	19	-5	N
64	85	1	1	C	KPP	19	5	A
88	86	0	1	C	KPP	0	0	A
67	87	1	1	C	drop	19	-5	A
39	88	1	1	C	drop	19	5	N
57	89	1	1	C	drop	-19	-5	N
60	90	1	1	C	KPP	19	-5	A
63	1	1	1	D	drop	19	5	A
8	2	1	1	D	KPP	19	5	A
2	3	1	1	D	KPP	-19	-5	N
46	4	1	1	D	KPP	-19	5	A
65	5	1	1	D	drop	-19	-5	A
80	6	1	1	D	KPP	19	5	N
7	7	1	1	D	drop	19	5	A



StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
20	8	1	1	D	KPP	19	-5	N
33	9	1	1	D	drop	-19	-5	A
56	10	1	1	D	KPP	19	5	A
29	11	1	1	D	drop	-19	5	A
3	12	1	1	D	drop	19	-5	A
9	13	1	1	D	drop	-19	-5	A
4	14	1	1	D	KPP	19	-5	N
82	15	0	1	D	KPP	0	0	A
40	16	1	1	D	KPP	19	5	A
90	17	0	1	D	KPP	0	0	A
25	18	1	1	D	drop	-19	-5	A
15	19	1	1	D	drop	19	5	N
53	20	1	1	D	drop	-19	5	A
85	21	0	1	D	drop	0	0	A
31	22	1	1	D	drop	19	5	A
87	23	0	1	D	drop	0	0	A
41	24	1	1	D	drop	-19	-5	N
1	25	1	1	D	drop	-19	-5	A
34	26	1	1	D	KPP	-19	-5	A
30	27	1	1	D	KPP	-19	5	N
32	28	1	1	D	KPP	19	5	A
81	29	0	1	D	drop	0	0	A
23	30	1	1	D	drop	19	5	A
12	31	1	1	D	KPP	19	-5	A
43	32	1	1	D	drop	19	-5	A
19	33	1	1	D	drop	19	-5	A
21	34	1	1	D	drop	-19	5	N
86	35	0	1	D	KPP	0	0	A
13	36	1	1	D	drop	-19	5	A
66	37	1	1	D	KPP	-19	-5	A
70	38	1	1	D	KPP	-19	5	N
22	39	1	1	D	KPP	-19	5	A
48	40	1	1	D	KPP	19	5	A
27	41	1	1	D	drop	19	-5	N
49	42	1	1	D	drop	-19	-5	A
36	43	1	1	D	KPP	19	-5	A
26	44	1	1	D	KPP	-19	-5	A
24	45	1	1	D	KPP	19	5	A
71	46	1	1	D	drop	19	5	A
5	47	1	1	D	drop	-19	5	A
83	48	0	1	D	drop	0	0	A
14	49	1	1	D	KPP	-19	5	A
61	50	1	1	D	drop	-19	5	N
11	51	1	1	D	drop	19	-5	A
59	52	1	1	D	drop	19	-5	A
69	53	1	1	D	drop	-19	5	A
62	54	1	1	D	KPP	-19	5	A

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
38	55	1	1	D	KPP	-19	5	N
18	56	1	1	D	KPP	-19	-5	A
35	57	1	1	D	drop	19	-5	A
28	58	1	1	D	KPP	19	-5	A
58	59	1	1	D	KPP	-19	-5	A
10	60	1	1	D	KPP	-19	-5	A
51	61	1	1	D	drop	19	-5	N
47	62	1	1	D	drop	19	5	A
77	63	1	1	D	drop	-19	5	A
72	64	1	1	D	KPP	19	5	A
78	65	1	1	D	KPP	-19	5	A
73	66	1	1	D	drop	-19	-5	N
6	67	1	1	D	KPP	-19	5	A
55	68	1	1	D	drop	19	5	A
89	69	0	1	D	drop	0	0	A
37	70	1	1	D	drop	-19	5	A
75	71	1	1	D	drop	19	-5	N
68	72	1	1	D	KPP	19	-5	A
74	73	1	1	D	KPP	-19	-5	A
79	74	1	1	D	drop	19	5	A
84	75	0	1	D	KPP	0	0	A
16	76	1	1	D	KPP	19	5	A
45	77	1	1	D	drop	-19	5	A
54	78	1	1	D	KPP	-19	5	N
17	79	1	1	D	drop	-19	-5	A
50	80	1	1	D	KPP	-19	-5	A
42	81	1	1	D	KPP	-19	-5	A
76	82	1	1	D	KPP	19	-5	A
44	83	1	1	D	KPP	19	-5	N
52	84	1	1	D	KPP	19	-5	N
64	85	1	1	D	KPP	19	5	A
88	86	0	1	D	KPP	0	0	A
67	87	1	1	D	drop	19	-5	A
39	88	1	1	D	drop	19	5	A
57	89	1	1	D	drop	-19	-5	A
60	90	1	1	D	KPP	19	-5	A
63	1	0	2	A	KPP	0	0	A
8	2	1	2	A	KPP	0	-5	A
2	3	1	2	A	KPP	19	0	A
46	4	0	2	A	drop	0	0	N
65	5	1	2	A	KPP	-19	0	A
80	6	1	2	A	drop	19	0	N
7	7	1	2	A	KPP	-19	0	N
20	8	1	2	A	drop	0	5	A
33	9	0	2	A	drop	0	0	A
56	10	0	2	A	KPP	0	0	A
29	11	1	2	A	drop	0	-5	A

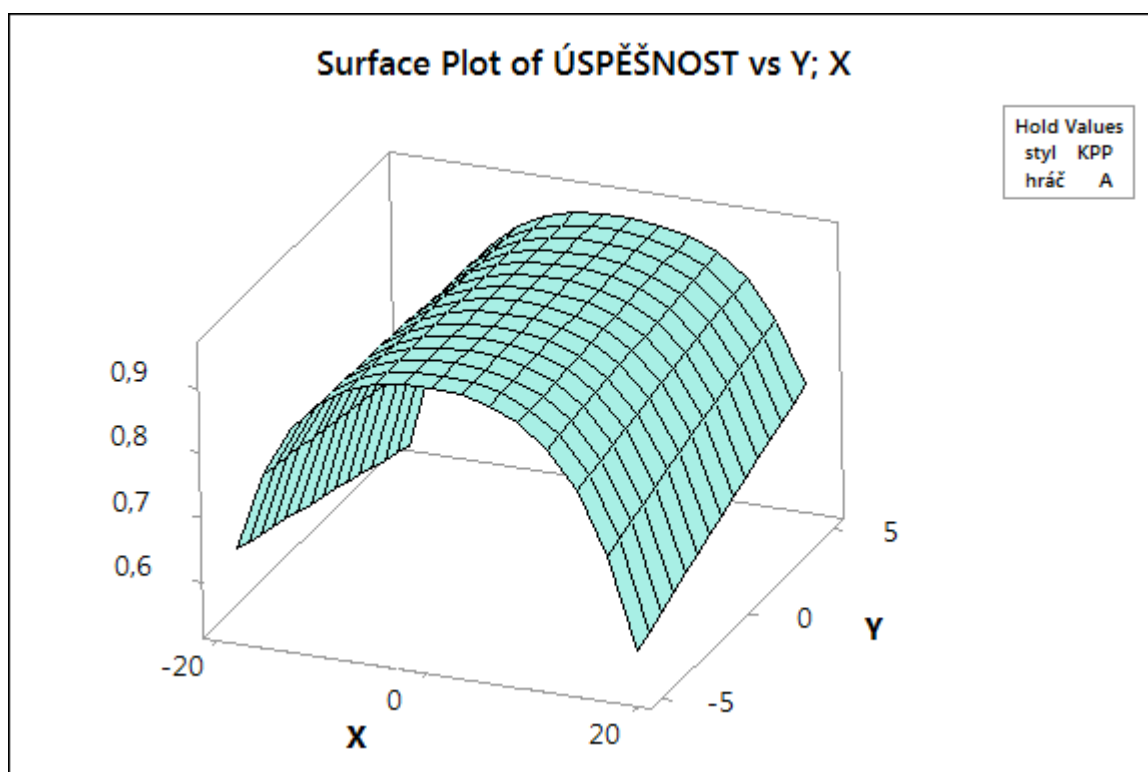
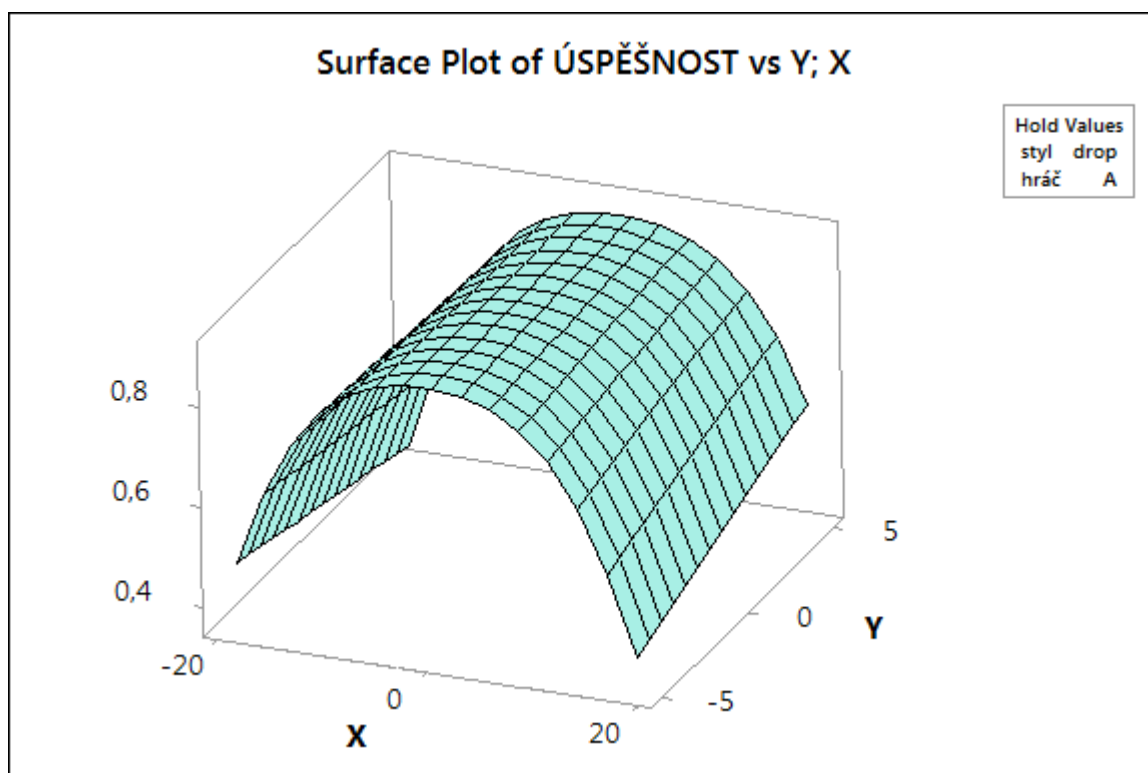
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
3	12	1	2	A	KPP	0	-5	A
9	13	1	2	A	drop	-19	0	N
4	14	0	2	A	KPP	0	0	A
82	15	1	2	A	KPP	19	0	A
40	16	1	2	A	KPP	0	5	A
90	17	1	2	A	drop	0	-5	A
25	18	1	2	A	drop	-19	0	N
15	19	1	2	A	KPP	-19	0	A
53	20	1	2	A	drop	19	0	A
85	21	1	2	A	drop	19	0	A
31	22	1	2	A	KPP	19	0	N
87	23	1	2	A	drop	0	5	A
41	24	1	2	A	KPP	0	5	A
1	25	1	2	A	drop	0	5	A
34	26	1	2	A	KPP	0	-5	A
30	27	0	2	A	KPP	0	0	A
32	28	1	2	A	drop	-19	0	A
81	29	1	2	A	drop	19	0	A
23	30	1	2	A	KPP	19	0	A
12	31	1	2	A	KPP	0	5	A
43	32	1	2	A	drop	0	-5	A
19	33	1	2	A	KPP	0	-5	A
21	34	1	2	A	KPP	-19	0	A
86	35	1	2	A	drop	0	5	A
13	36	0	2	A	drop	0	0	A
66	37	1	2	A	KPP	0	5	A
70	38	1	2	A	drop	0	-5	A
22	39	0	2	A	drop	0	0	A
48	40	1	2	A	drop	-19	0	N
27	41	1	2	A	KPP	-19	0	N
49	42	1	2	A	drop	19	0	A
36	43	1	2	A	KPP	19	0	N
26	44	1	2	A	drop	0	5	A
24	45	1	2	A	KPP	0	5	A
71	46	0	2	A	drop	0	0	A
5	47	1	2	A	drop	0	-5	A
83	48	1	2	A	KPP	0	-5	A
14	49	1	2	A	drop	-19	0	A
61	50	0	2	A	KPP	0	0	A
63	1	0	2	B	KPP	0	0	A
8	2	1	2	B	KPP	0	-5	A
2	3	1	2	B	KPP	19	0	A
46	4	0	2	B	drop	0	0	N
65	5	1	2	B	KPP	-19	0	A
80	6	1	2	B	drop	19	0	N
7	7	1	2	B	KPP	-19	0	A
20	8	1	2	B	drop	0	5	N

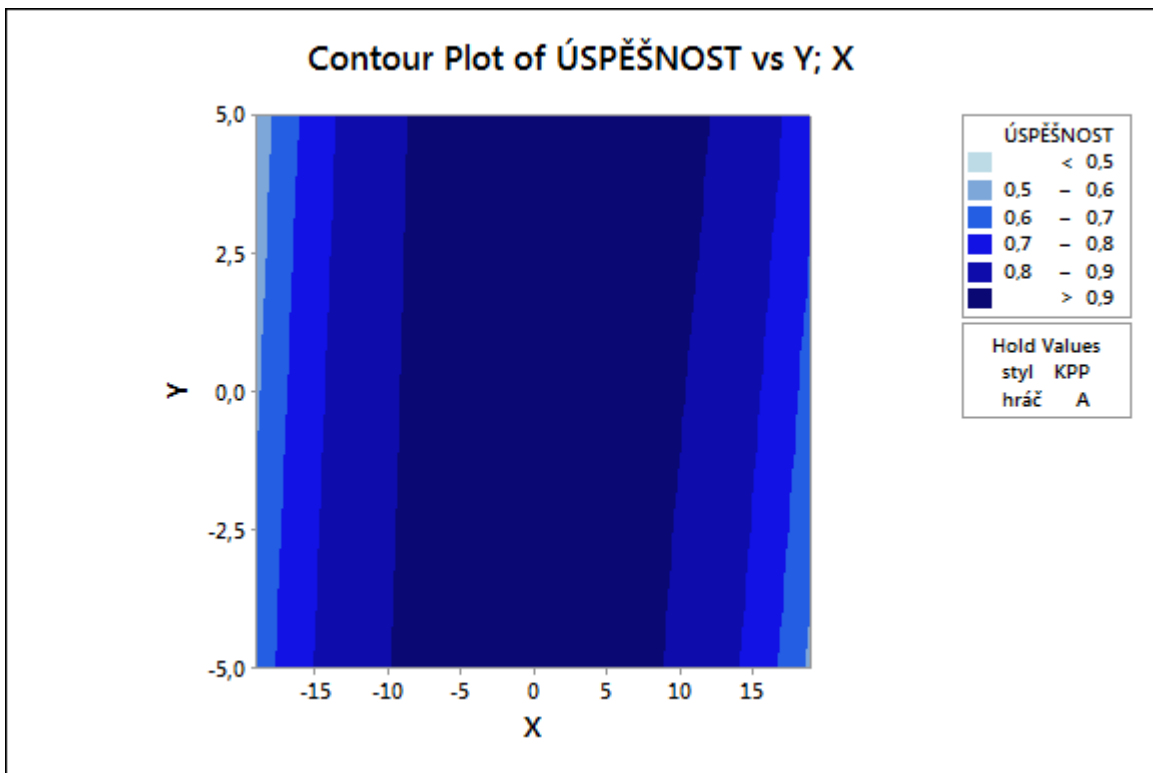
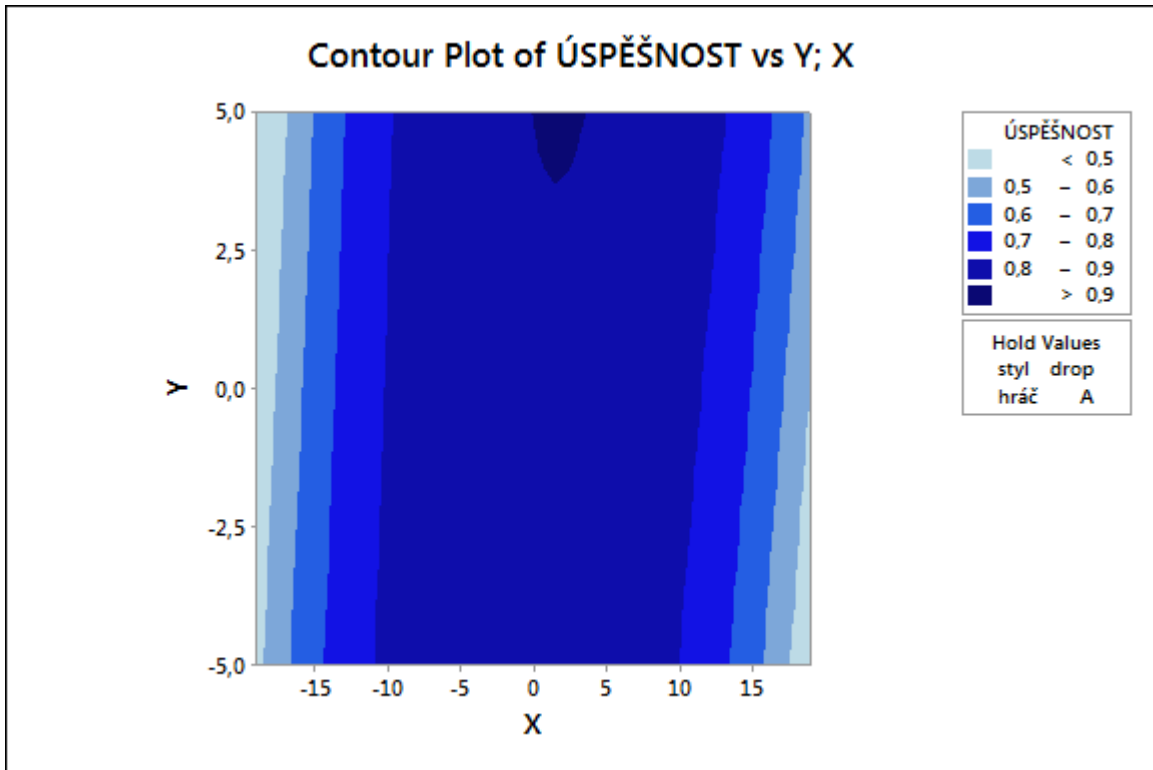
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
33	9	0	2	B	drop	0	0	N
56	10	0	2	B	KPP	0	0	A
29	11	1	2	B	drop	0	-5	A
3	12	1	2	B	KPP	0	-5	A
9	13	1	2	B	drop	-19	0	N
4	14	0	2	B	KPP	0	0	A
82	15	1	2	B	KPP	19	0	A
40	16	1	2	B	KPP	0	5	A
90	17	1	2	B	drop	0	-5	A
25	18	1	2	B	drop	-19	0	N
15	19	1	2	B	KPP	-19	0	A
53	20	1	2	B	drop	19	0	N
85	21	1	2	B	drop	19	0	N
31	22	1	2	B	KPP	19	0	A
87	23	1	2	B	drop	0	5	N
41	24	1	2	B	KPP	0	5	N
1	25	1	2	B	drop	0	5	A
34	26	1	2	B	KPP	0	-5	A
30	27	0	2	B	KPP	0	0	A
32	28	1	2	B	drop	-19	0	N
81	29	1	2	B	drop	19	0	A
23	30	1	2	B	KPP	19	0	A
12	31	1	2	B	KPP	0	5	A
43	32	1	2	B	drop	0	-5	N
19	33	1	2	B	KPP	0	-5	A
21	34	1	2	B	KPP	-19	0	A
86	35	1	2	B	drop	0	5	N
13	36	0	2	B	drop	0	0	N
66	37	1	2	B	KPP	0	5	A
70	38	1	2	B	drop	0	-5	N
22	39	0	2	B	drop	0	0	A
48	40	1	2	B	drop	-19	0	A
27	41	1	2	B	KPP	-19	0	A
49	42	1	2	B	drop	19	0	N
36	43	1	2	B	KPP	19	0	A
26	44	1	2	B	drop	0	5	A
24	45	1	2	B	KPP	0	5	A
71	46	0	2	B	drop	0	0	N
5	47	1	2	B	drop	0	-5	A
83	48	1	2	B	KPP	0	-5	A
14	49	1	2	B	drop	-19	0	A
61	50	0	2	B	KPP	0	0	A
63	1	0	2	C	KPP	0	0	A
8	2	1	2	C	KPP	0	-5	A
2	3	1	2	C	KPP	19	0	A
46	4	0	2	C	drop	0	0	A
65	5	1	2	C	KPP	-19	0	N

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
80	6	1	2	C	drop	19	0	N
7	7	1	2	C	KPP	-19	0	A
20	8	1	2	C	drop	0	5	A
33	9	0	2	C	drop	0	0	A
56	10	0	2	C	KPP	0	0	A
29	11	1	2	C	drop	0	-5	A
3	12	1	2	C	KPP	0	-5	A
9	13	1	2	C	drop	-19	0	N
4	14	0	2	C	KPP	0	0	A
82	15	1	2	C	KPP	19	0	A
40	16	1	2	C	KPP	0	5	A
90	17	1	2	C	drop	0	-5	A
25	18	1	2	C	drop	-19	0	N
15	19	1	2	C	KPP	-19	0	A
53	20	1	2	C	drop	19	0	N
85	21	1	2	C	drop	19	0	A
31	22	1	2	C	KPP	19	0	A
87	23	1	2	C	drop	0	5	A
41	24	1	2	C	KPP	0	5	A
1	25	1	2	C	drop	0	5	N
34	26	1	2	C	KPP	0	-5	A
30	27	0	2	C	KPP	0	0	A
32	28	1	2	C	drop	-19	0	N
81	29	1	2	C	drop	19	0	N
23	30	1	2	C	KPP	19	0	A
12	31	1	2	C	KPP	0	5	A
43	32	1	2	C	drop	0	-5	A
19	33	1	2	C	KPP	0	-5	A
21	34	1	2	C	KPP	-19	0	A
86	35	1	2	C	drop	0	5	N
13	36	0	2	C	drop	0	0	A
66	37	1	2	C	KPP	0	5	A
70	38	1	2	C	drop	0	-5	A
22	39	0	2	C	drop	0	0	A
48	40	1	2	C	drop	-19	0	N
27	41	1	2	C	KPP	-19	0	N
49	42	1	2	C	drop	19	0	N
36	43	1	2	C	KPP	19	0	A
26	44	1	2	C	drop	0	5	A
24	45	1	2	C	KPP	0	5	A
71	46	0	2	C	drop	0	0	A
5	47	1	2	C	drop	0	-5	A
83	48	1	2	C	KPP	0	-5	A
14	49	1	2	C	drop	-19	0	N
61	50	0	2	C	KPP	0	0	A
63	1	0	2	D	KPP	0	0	A
8	2	1	2	D	KPP	0	-5	A

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
2	3	1	2	D	KPP	19	0	A
46	4	0	2	D	drop	0	0	A
65	5	1	2	D	KPP	-19	0	N
80	6	1	2	D	drop	19	0	N
7	7	1	2	D	KPP	-19	0	A
20	8	1	2	D	drop	0	5	A
33	9	0	2	D	drop	0	0	A
56	10	0	2	D	KPP	0	0	A
29	11	1	2	D	drop	0	-5	A
3	12	1	2	D	KPP	0	-5	A
9	13	1	2	D	drop	-19	0	N
4	14	0	2	D	KPP	0	0	A
82	15	1	2	D	KPP	19	0	A
40	16	1	2	D	KPP	0	5	A
90	17	1	2	D	drop	0	-5	A
25	18	1	2	D	drop	-19	0	A
15	19	1	2	D	KPP	-19	0	A
53	20	1	2	D	drop	19	0	A
85	21	1	2	D	drop	19	0	N
31	22	1	2	D	KPP	19	0	A
87	23	1	2	D	drop	0	5	A
41	24	1	2	D	KPP	0	5	A
1	25	1	2	D	drop	0	5	A
34	26	1	2	D	KPP	0	-5	A
30	27	0	2	D	KPP	0	0	A
32	28	1	2	D	drop	-19	0	N
81	29	1	2	D	drop	19	0	A
23	30	1	2	D	KPP	19	0	A
12	31	1	2	D	KPP	0	5	A
43	32	1	2	D	drop	0	-5	A
19	33	1	2	D	KPP	0	-5	A
21	34	1	2	D	KPP	-19	0	A
86	35	1	2	D	drop	0	5	A
13	36	0	2	D	drop	0	0	A
66	37	1	2	D	KPP	0	5	A
70	38	1	2	D	drop	0	-5	A
22	39	0	2	D	drop	0	0	A
48	40	1	2	D	drop	-19	0	N
27	41	1	2	D	KPP	-19	0	N
49	42	1	2	D	drop	19	0	N
36	43	1	2	D	KPP	19	0	A
26	44	1	2	D	drop	0	5	A
24	45	1	2	D	KPP	0	5	A
71	46	0	2	D	drop	0	0	A
5	47	1	2	D	drop	0	-5	A
83	48	1	2	D	KPP	0	-5	A
14	49	1	2	D	drop	-19	0	A
61	50	0	2	D	KPP	0	0	A

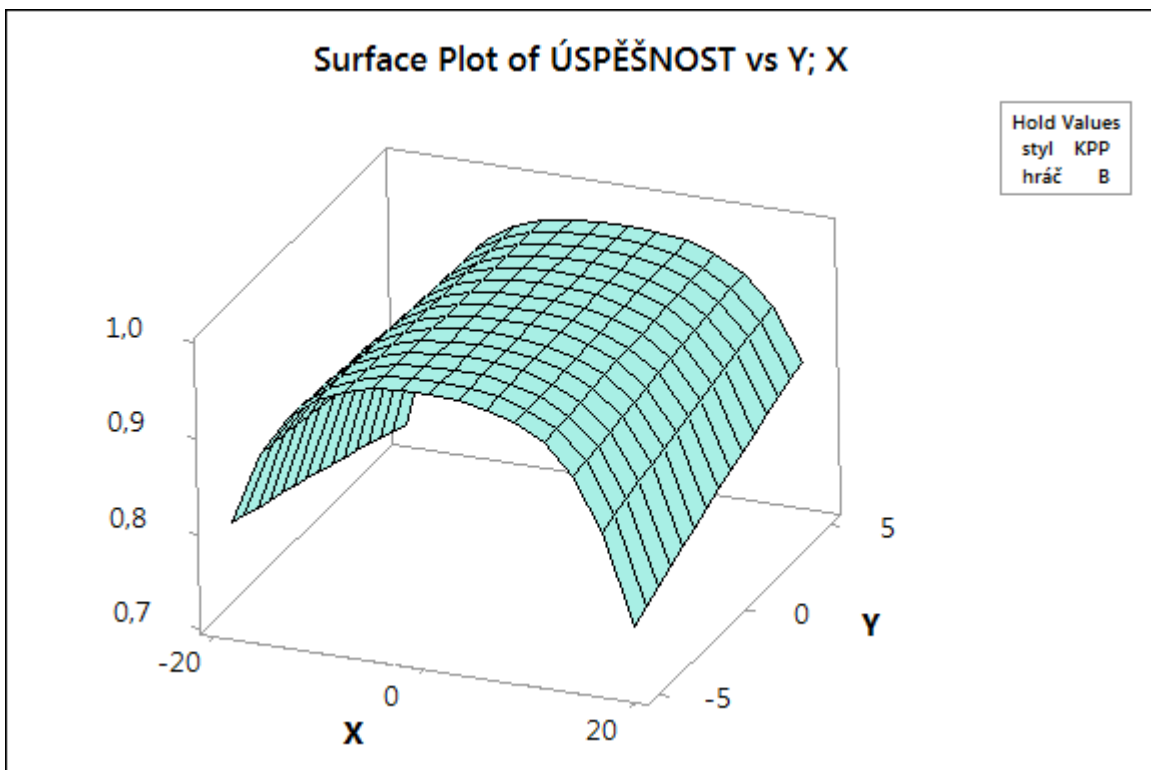
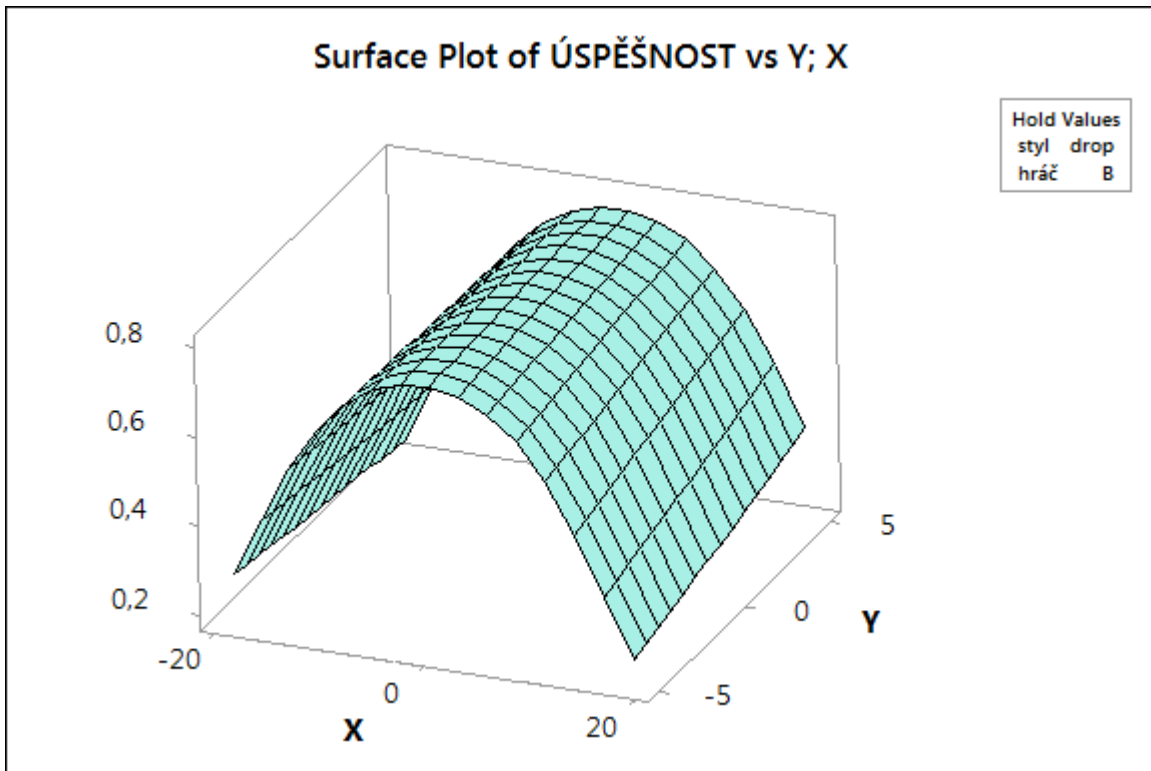
## Příloha B - Grafické výstupy pro hráče A

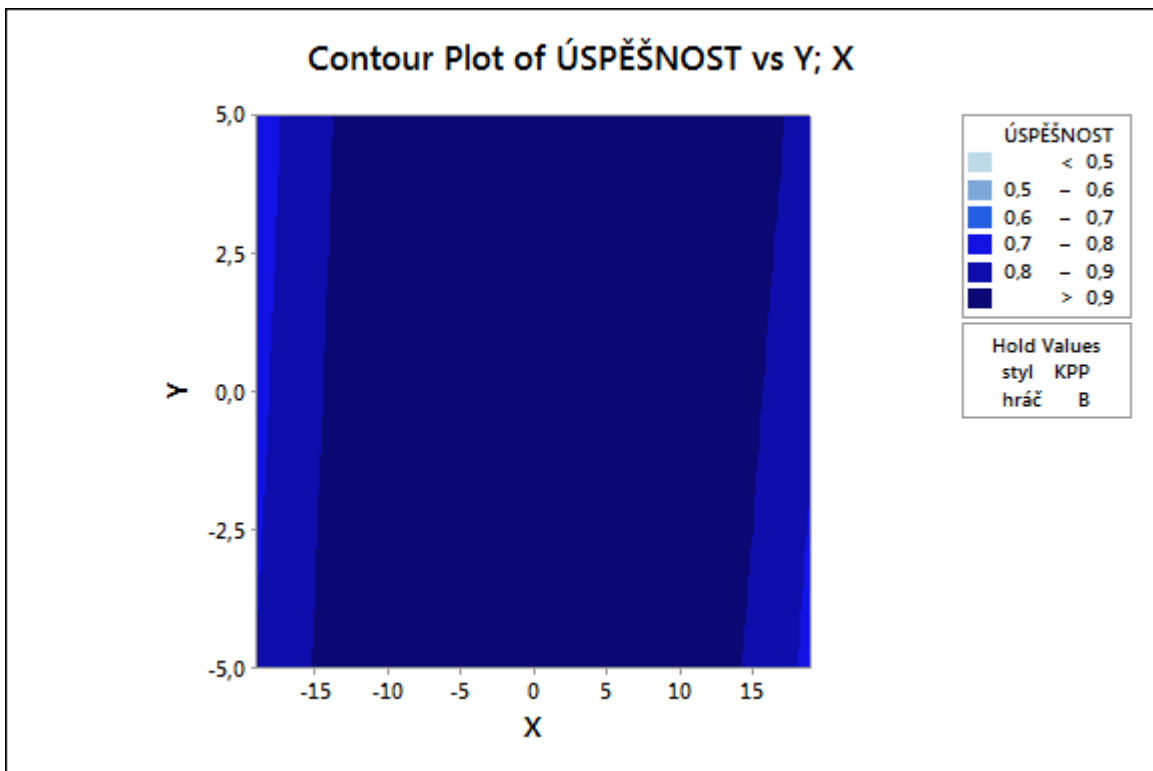
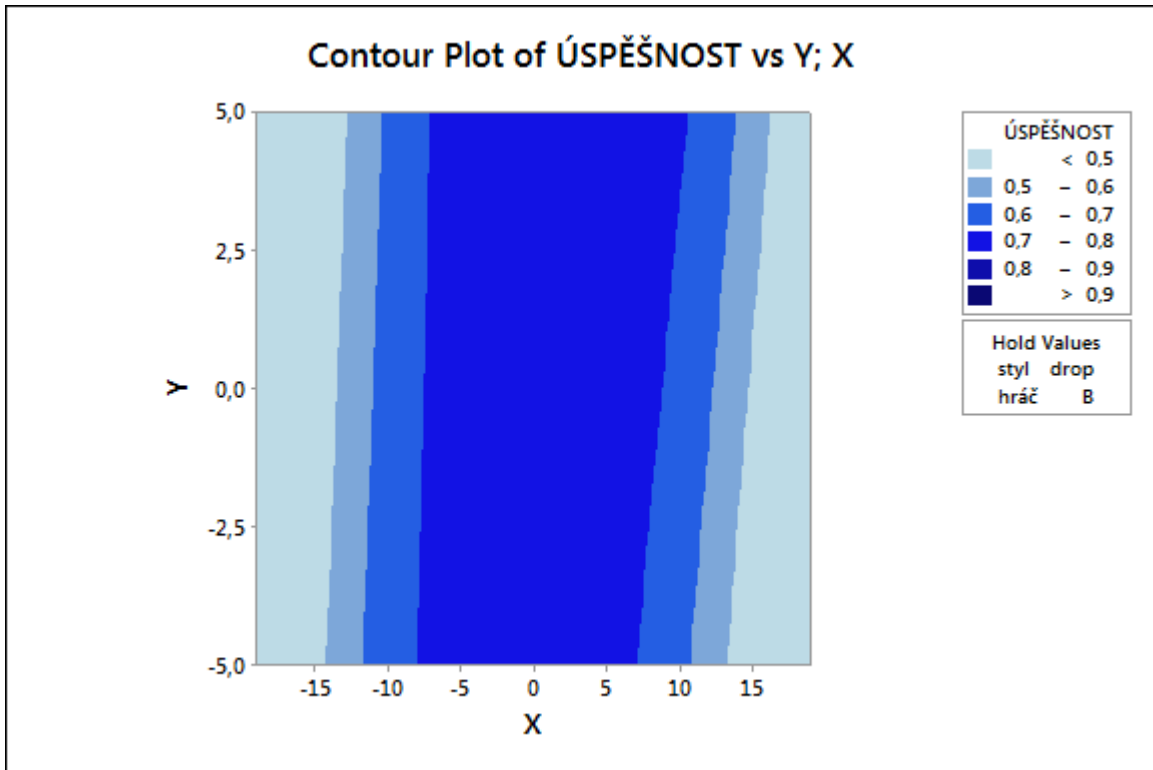




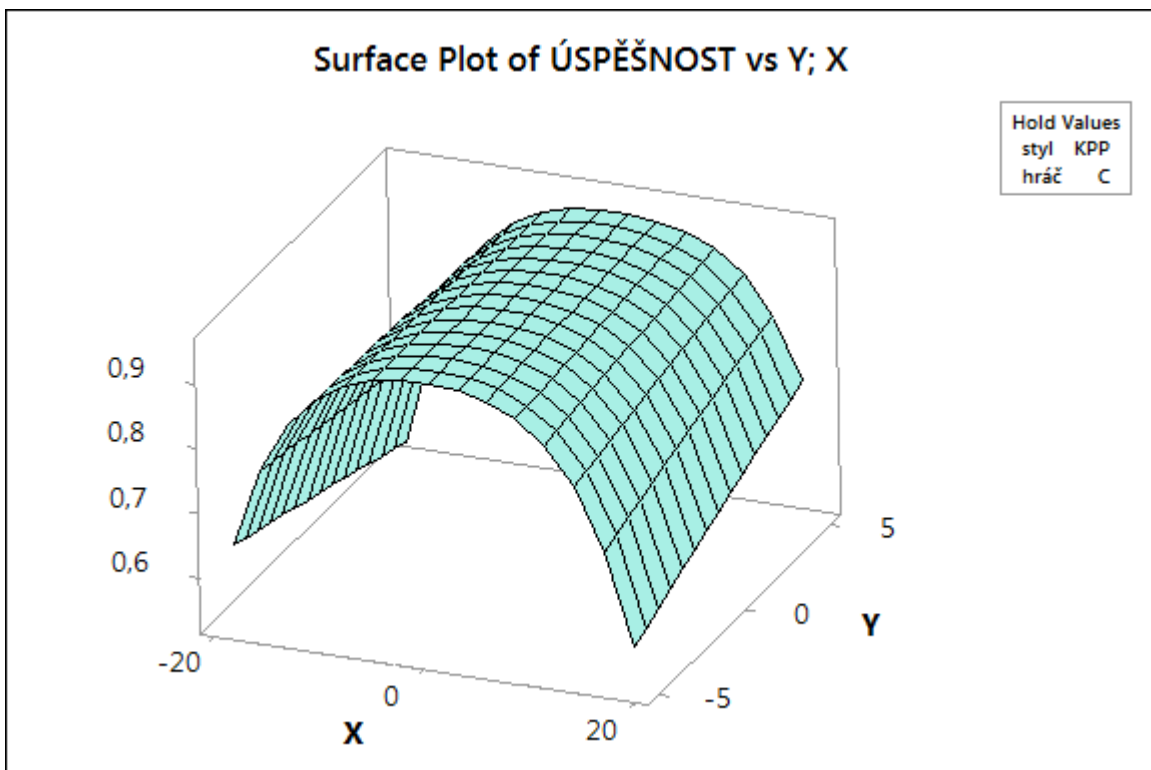
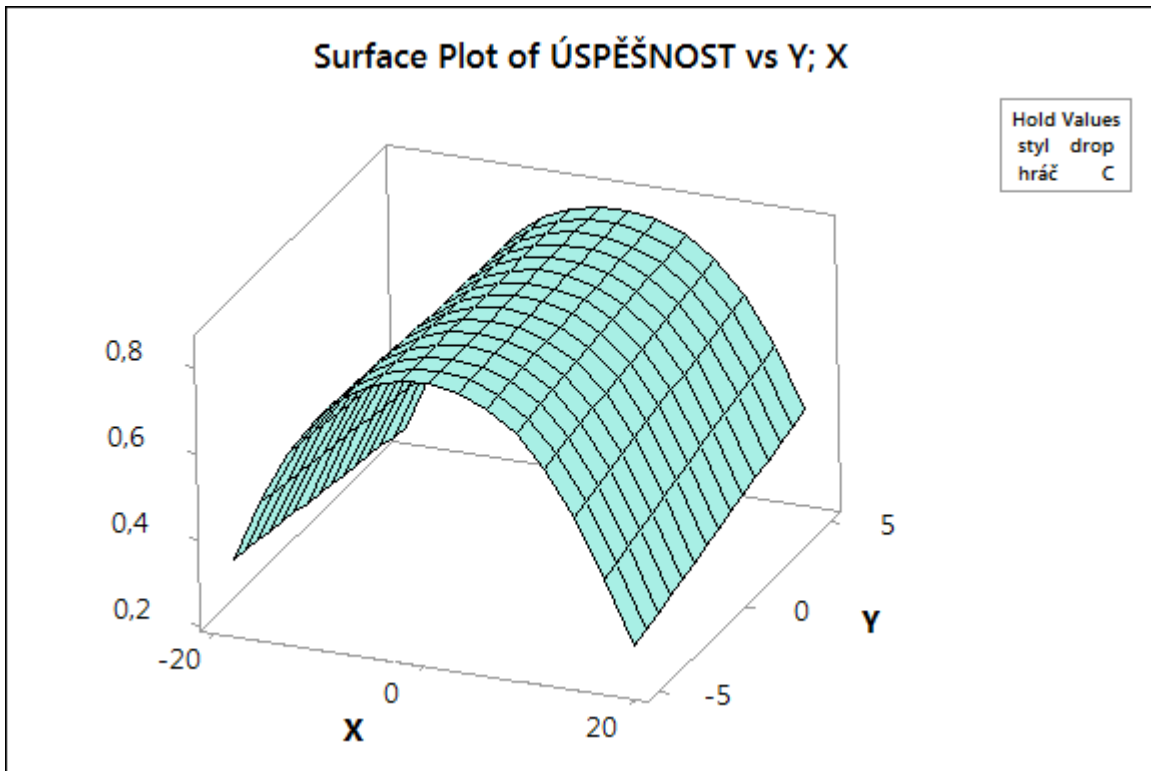


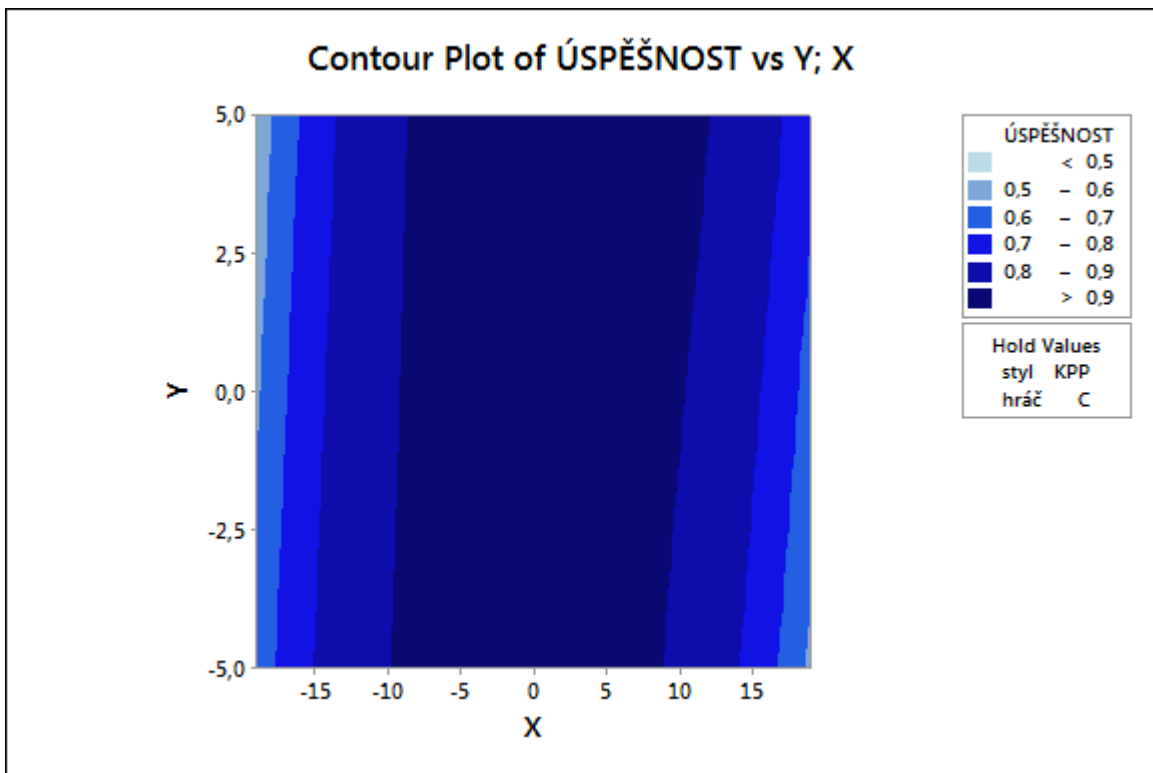
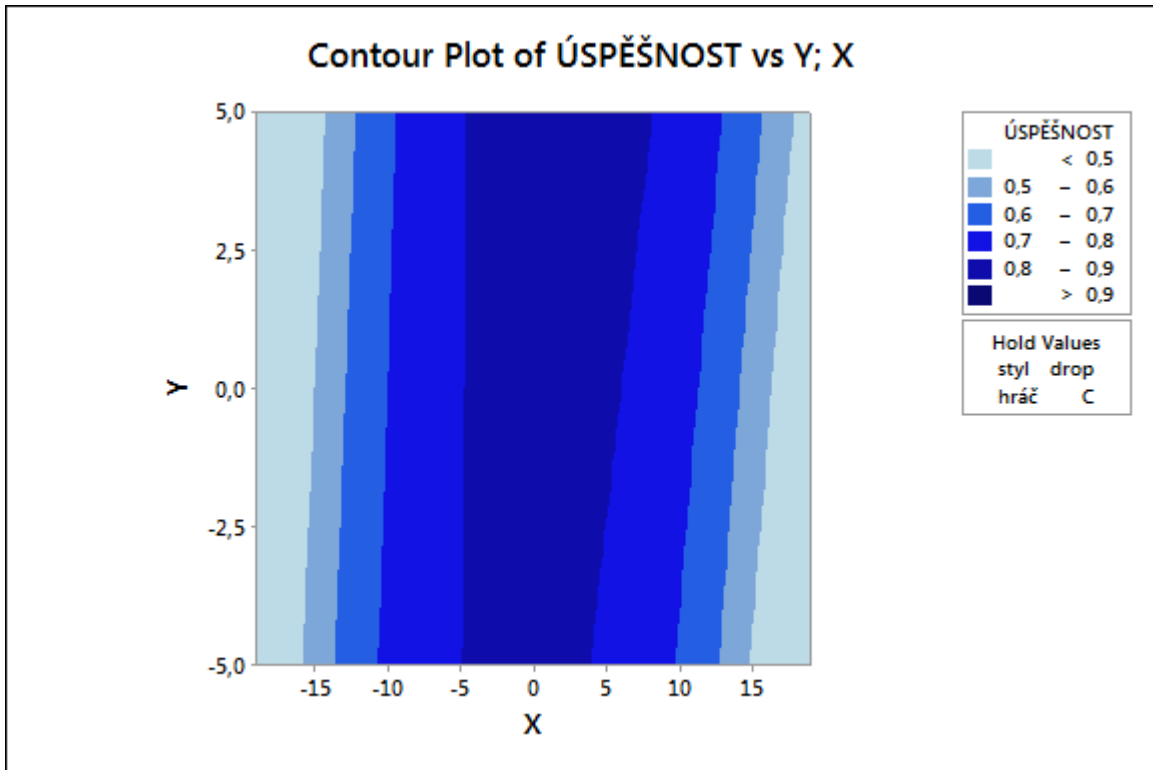
## Příloha C - Grafické výstupy pro hráče B





## Příloha D - Grafické výstupy pro hráče C





## Příloha E - Grafické výstupy pro hráče D

