

IV. CVIČENÍ ZE STATISTIKY

Vážení studenti,

úkolem dnešního cvičení je naučit se analyzovat data kvantitativní povahy. K tomuto budeme opět používat program Excel 2007 MS Office.

1. Jak můžeme analyzovat kvantitativní data?

Krátce si připomeňme základní fakta ze statistické teorie testování hypotéz.

a) Hodnocení rozdílů dvou výběrových průměrů nezávislých souborů – dvouvýběrový t-test.

Teoretický úvod:

Předpokládejme, že máme dva nezávislé soubory reprezentující dvě populace. Předpokládejme, že sledovaná numerická veličina je v obou populacích normálně rozložená s neznámými populačními průměry μ_1 a μ_2 . Nulová hypotéza předpokládá „nulový rozdíl mezi populačními průměry“, tedy že $\mu_1 = \mu_2$. K tomu, abychom mohli průměry dvou populací porovnat, je třeba spočítat testovou statistiku t . Výpočet je založen na rozdílu mezi průměry obou výběrů, variabilitě sledované veličiny a velikosti obou výběrů. Přesný vzorec naleznete ve výukových textech. Tato testová statistika je rozložena podle Studentova t -rozdělení s $n_1 + n_2 - 2$ stupni volnosti. Stupně volnosti jsou parametrem t -rozdělení. Pomocí statistického modulu programu Excel najdeme přesnou p -hodnotu. Tato pravděpodobnost odpovídá pravděpodobnosti výskytu takovéto nebo ještě extrémnější hodnoty testového kritéria t za předpokladu platnosti nulové hypotézy. Pokud je menší než 0,05, nulovou hypotézu zamítáme. Znamená to, že pravděpodobnost, že by pozorované rozdíly vznikly pouze náhodou, je menší než 5 %.

Klasický dvouvýběrový t -test, kromě normálního rozložení sledované veličiny, předpokládá také, že rozptyly jsou v obou populacích shodné. Tento předpoklad se testuje na základě výběrových odhadů směrodatných odchylek s_1 a s_2 F -testem. V případě nestejných směrodatných odchylek se použije modifikovaný výpočet testové statistiky t a také počet stupňů volnosti je výsledkem poměrně složitého výpočtu.

Data, se kterými budete pracovat, naleznete v souboru

F:\SOFTWARE\biostatistika\data\analýza dat.xlsx

Analýza dat.xls [Režim kompatibility] - Microsoft Excel															
Domů Vložení Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení															
Arial CE 10 Zalamovat text Sloučit a zarovnat na střed Číslo Podmíněné formátování Formátovat jako tabulku Stylů buněk Vložit Odstranit Formát Seřadit a Najít a filtrovat Úpravy															
G6															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Zaměstnanec č.	Věk	cholesterol	BMI	Kouření										
2	1	27	4,61	24,9	1		KOUŘENÍ: 1 = kuřáci 2 = nekuřáci								
3	2	29	3,93	19,8	1										
4	3	42	5,45	26,1	1										
5	4	36	5,84	26,1	1										
6	5	51	4,87	23,1	1										
7	6	35	4,57	25,0	1										
8	7	22	3,65	20,7	1										
9	8	19	3,67	23,6	1										
10	9	50	5,00	24,8	1										
11	10	21	3,30	30,2	1										
12	11	19	3,49	21,0	1										
13	12	31	4,85	24,7	1										
14	13	21	3,76	19,6	1										
15	14	36	5,90	24,6	1										
16	15	21	5,92	22,1	1										
17	16	23	5,22	23,7	1										
18	17	20	2,86	21,1	1										
19	18	21	4,97	27,7	1										
20	19	41	4,93	24,5	1										
21	20	22	3,82	22,5	1										
22	21	34	6,17	24,8	1										
23	22	42	4,61	27,2	1										
24	23	33	5,63	31,7	1										
25	24	21	5,39	24,5	1										
26	25	30	5,70	28,4	1										
27	26	24	3,55	23,7	1										
28	27	37	4,48	26,8	1										

Na listu „dvouvýběrový t-test“ jsou data 237 zaměstnanců nemocnice. Ve sloupci A **Zaměstnanec č.** je uvedena identifikace. Druhý sloupec (B) **Věk** udává věk zaměstnance v letech. Třetí sloupec (C) **Cholesterol** obsahuje informaci o hodnotě celkového cholesterolu měřeného v mmol/l, ve sloupci D je zadána hodnota body mass indexu **BMI** každého zaměstnance a znak **Kouření** rozlišuje kuřáky (kódováno 1) a nekuřáky (kódováno 2).

Zadání úkolu

Vaším úkolem bude prověřit, jestli zaměstnanci, kteří kouří, jsou stejně staří jako zaměstnanci, kteří nekouří či zda se tyto skupiny věkově odlišují. Dále je třeba zjistit, jestli má kouření vliv na hodnoty celkového cholesterolu a BMI.

Stanovíme nulové a alternativní hypotézy:

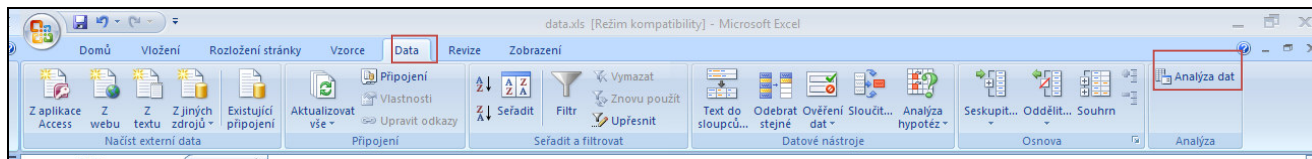
1. Nulová hypotéza: Kuřáci a nekuřáci se neliší ve věku.
Alternativní hypotéza: Kuřáci a nekuřáci se liší ve věku.
2. Nulová hypotéza: Kuřáci a nekuřáci se neliší v celkovém cholesterolu.
Alternativní hypotéza: Kuřáci a nekuřáci se liší v celkovém cholesterolu.

Postup ověření první hypotézy:

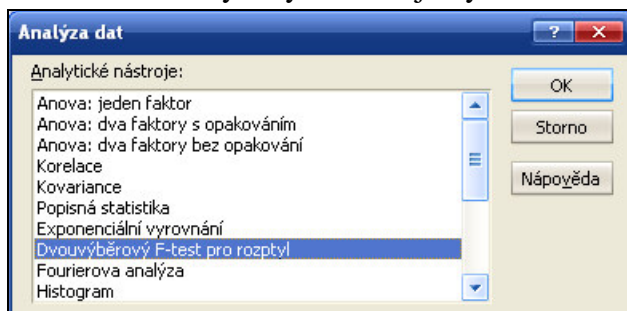
1. Pomocí F-testu ověříme zda, rozptyl veličiny **Věk** je stejný v populaci kuřáků a v populaci nekuřáků. Tento nástroj je obsažen v položce **Analýza dat**. (Analýzu dat nastavte stejným způsobem jako při použití nástroje Popisná statistika – klikněte na ikonu , otevřete **Možnosti aplikace Excel**, vyberte položku **Doplňky**, nastavte **Analytické nástroje** jako

Aktivní doplněk k dispozici a klikněte na tlačítko **Přejít**, zaškrtněte **Analytické nástroje** a potvrďte **OK**.

2. Z hlavního menu vyberte položku **Data** a klikněte na položku **Analýza dat**.



3. Ze seznamu analytických nástrojů vyberte **Dvouvýběrový F-test pro rozptyl**.

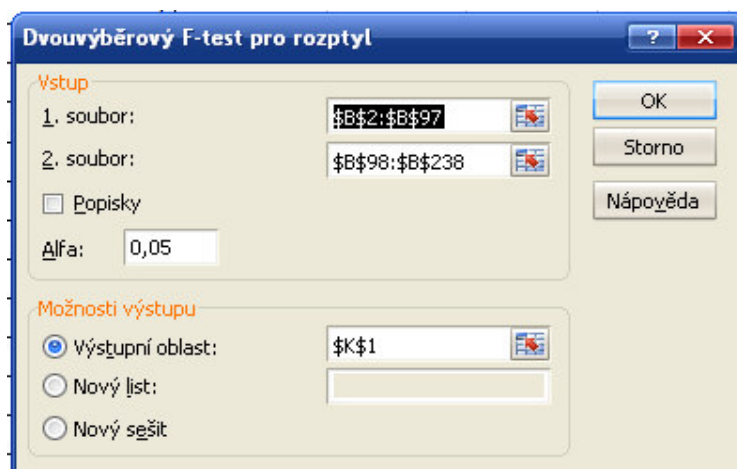


Vyplňte dialogové okno **Dvouvýběrový F-test pro rozptyl**.

Do pole **1. soubor** zadejte adresu buněk, které obsahují věk kuřáků – buňky B2:B97.

Do pole **2. soubor** zadejte adresu buněk, které obsahují věk nekuřáků – buňky B98:B238.

Hladinu **alfa** ponechte nastavenou na standardní hodnotu 0,05 a do pole **Výstupní oblast** zadejte adresu buňky K1. Potvrďte tlačítkem **OK**.



Dostanete výstupní tabulku:

Dvouvýběrový F-test pro rozptyl		
	Soubor 1	Soubor 2
Stř. hodnota	34,79166667	38,24822695
Rozptyl	124,5245614	145,9308004
Pozorování	96	141
Rozdíl	95	140
F	0,853312399	
P(F<=f) (1)	0,204586369	
F krit (1)	0,729135678	

Soubor 1 představuje kuřáky, Soubor 2 nekuřáky.

Str. hodnota je aritmetický průměr veličiny **Věk** pro 1. i 2. soubor. **Rozptyl** nám udává hodnotu rozptylu v obou souborech. V řádku **Pozorování** je uvedeno, kolik pacientů bylo zařazeno do jednotlivých souborů. Položka **Rozdíl** nám udává počet stupňů volnosti. Název rozdíl je překladatelskou chybou. Dále je uvedena hodnota testového kritéria **F**, dosažená hladina statistické významnosti **P** a kritická hodnota **F krit.**

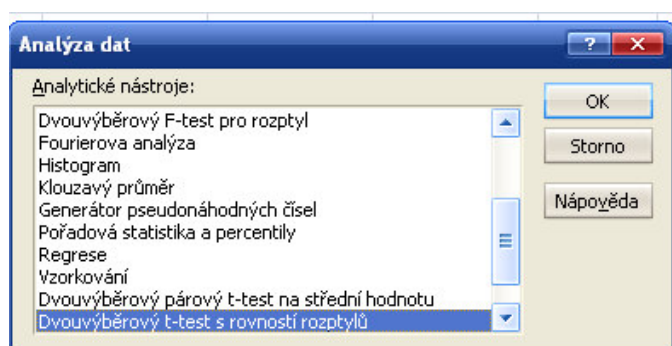
Pokud je p -hodnota větší nebo rovna 0,05, znamená to, že rozptyly v obou populacích jsou shodné.

Pokud je p -hodnota menší než 0,05, rozptyly ve sledovaných populacích nejsou shodné.

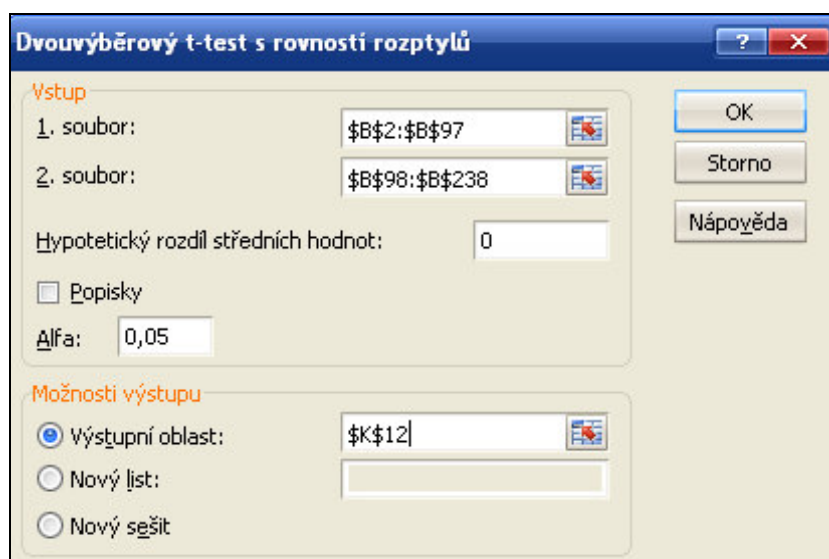
V tomto případě $p = 0,205$, což je větší než 0,05, rozptyly jsou tedy shodné.

Provedení t -testu.

4. Klikněte na **Analýza dat** a z nabídky analytických nástrojů vyberte **Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů**.



5. Vyplňte dialogové okno **Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů** obdobným způsobem jako v případě F-testu. Soubory jsou totožné, hypotetický rozdíl středních hodnot je roven 0, hodnotu hladiny alfa nechejte na hodnotě 0,05.
6. Do pole **Výstupní oblast** zadejte adresu buňky K12. Klikněte na **OK**



Tabulka s výsledky t -testu

Dvouvýběrový t -test s rovností rozptylů		
	Soubor 1	Soubor 2
Stř. hodnota	34,79166667	38,24822695
Rozptyl	124,5245614	145,9308004
Pozorování	96	141
Společný rozp.	137,2772144	
Hyp. rozdíl stř.	0	
Rozdíl	235	
t Stat	-2,22954328	
$P(T \leq t) (1)$	0,013361777	
t krit (1)	1,651363544	
$P(T \leq t) (2)$	0,026723553	
t krit (2)	1,970110009	

Soubor 1 představuje opět kuřáky, **Soubor 2** zaměstnance nekuřáky.

Stř. hodnota je aritmetický průměr veličiny **Věk** u kuřáků a nekuřáků. **Rozptyl** nám udává hodnotu rozptylu v obou souborech. V řádku **Pozorování** je uvedeno, kolik osob bylo zařazeno do jednotlivých souborů. V následujícím řádku je spočítán **Společný rozptyl** pro 1. a 2. soubor. **Hyp. rozdíl středních hodnot** je nulový, což je v souladu s naší nulovou hypotézou. Položka „**Rozdíl**“ nám udává počet stupňů volnosti. K výpočtu bylo použito vzorce $n_1 + n_2 - 2 = 95 + 141 - 2 = 235$. Dále je uvedena hodnota testového kritéria **t Stat**, dosažená hladina statistické významnosti **$P (1)$** pro jednostranný test (1) a kritická hodnota **t krit** pro jednostranný test. Vzhledem k oboustranné formulaci alternativní hypotézy nás zajímá hladina dosažené statistické významnosti pro oboustranný test **$P (2) = 0,026$** .

Je zřejmé, že dosažená hodnota signifikance je podstatně menší než stanovená hladina 0,05, je tedy oprávněné zamítnout nulovou hypotézu.

Závěr testování: Zamítáme nulovou hypotézu: Kuřáci a nekuřáci se neliší ve věku. Dvouvýběrovým t -testem bylo prokázáno, že kuřáci jsou statisticky významně mladší než nekuřáci. Průměrný věk kuřáků je 34,8 roků, nekuřáků 38,2 roků.

Postup ověření druhé hypotézy:

Nulová hypotéza: Kuřáci a nekuřáci se neliší v celkovém cholesterolu.

Alternativní hypotéza: Kuřáci a nekuřáci se liší v celkovém cholesterolu.

Postup bude obdobný jako v prvním příkladu:

1. Pomocí F -testu opět ověřte zda, rozptyl veličiny celkový cholesterol je stejný v populaci kuřáků a v populaci nekuřáků.
2. Vyberte položku **Data** v hlavním menu a klikněte na **Analýza dat**.
Vyplňte dialogové okno **Dvouvýběrový F-test pro rozptyl**:

Dvouvýběrový F-test pro rozptyl

Vstup

1. soubor: \$C\$2:\$C\$97

2. soubor: \$C\$98:\$C\$238

☐ Popisky

Alfa: 0,05

Možnosti výstupu

☒ Výstupní oblast: \$O\$1

☐ Nový list:

☐ Nový sešit

OK Storno Nápověda

Potvrďte tlačítkem **OK**.

Tabulka s výsledky *F*-testu:

Dvouvýběrový F-test pro rozptyl		
	<i>Soubor 1</i>	<i>Soubor 2</i>
Stř. hodnota	5,09625	5,013191489
Rozptyl	1,571356316	1,028124742
Pozorování	96	141
Rozdíl	95	140
F	1,528371269	
P(F<=f) (1)	0,011123303	
F krit (1)	1,356899584	

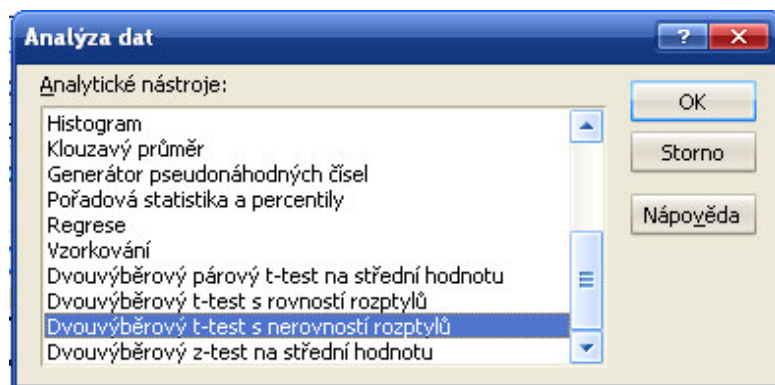
Soubor 1 představuje kuřáky, **Soubor 2** nekuřáky.

Stř. hodnota je aritmetický průměr celkového cholesterolu pro 1. i 2. soubor. **Rozptyl** nám udává hodnotu rozptylu v obou souborech. V řádku **Pozorování** je uvedeno, kolik osob bylo zařazeno do jednotlivých souborů. Položka „**Rozdíl**“ nám udává počet stupňů volnosti. Dále je uvedena hodnota testového kritéria *F*, dosažená hladina statistické významnosti **P** a kritická hodnota **F krit**.

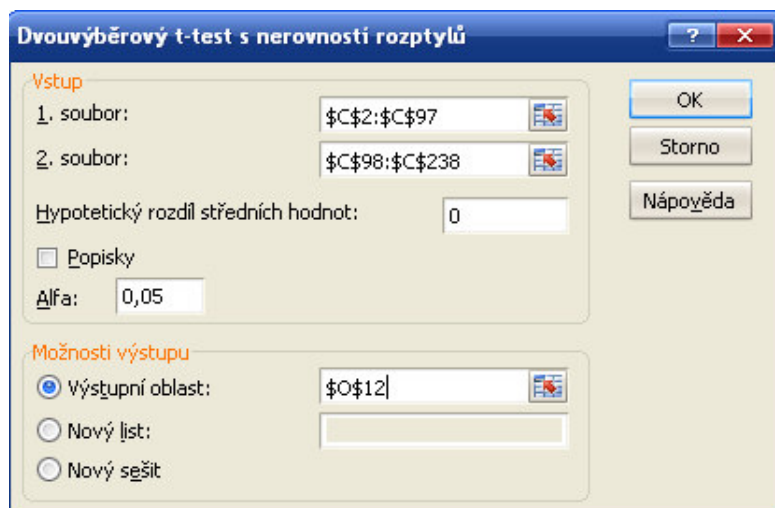
Dosažená hladina statistické významnosti pro *F*-test nabyla hodnoty 0,011, je tedy menší než 0,05, rozptyly v obou populacích tedy nejsou shodné. Vidíme, že veličina **celkový cholesterol** je ve skupině kuřáků variabilnější (má větší rozptyl) než ve skupině nekuřáků.

Proveďte dvouvýběrový *t*-test.

3. Zvolte **Analýza dat** a z nabídky analytických nástrojů vyberte **Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů**.



4. Vyplňte dialogové okno **Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů** obdobným způsobem jako v případě *F*-testu. Soubory jsou totožné, hypotetický rozdíl středních hodnot je roven 0, hodnotu hladiny alfa nechejte na hodnotě 0,05.
5. Klikněte na **OK**.



Tabulka s výsledky *t*-testu

Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů		
	Soubor 1	Soubor 2
Stř. hodnota	5,09625	5,013191489
Rozptyl	1,571356316	1,028124742
Pozorování	96	141
Hyp. rozdíl stř.	0	
Rozdíl	175	
t Stat	0,539979333	
P(T<=t) (1)	0,294948879	
t krit (1)	1,653607438	
P(T<=t) (2)	0,589897759	
t krit (2)	1,973612422	

Soubor 1 představuje kuřáky, **Soubor 2** nekuřáky.

Stř. hodnota je aritmetický průměr celkového cholesterolu kuřáků a nekuřáků. Všimněte si těchto hodnot, které se příliš neliší (5,096 mmol/l u kuřáků a 5,0132 u nekuřáků). Položka **Rozptyl** nám udává hodnotu rozptylů sledované veličiny v obou souborech.

V řádce **Pozorování** je uvedeno, kolik osob bylo zařazeno do jednotlivých souborů. Položka **Rozdíl** nám udává počet stupňů volnosti. K výpočtu počtu stupňů volnosti bylo použito složitějšího vzorce než v předchozím příkladu, kde byl splněn předpoklad rovnosti rozptylů. Dále je uvedena hodnota testového kritéria **t Stat**, dosažená hladina statistické významnosti **P (1)** pro jednostranný test a kritická hodnota **t krit** pro jednostranný test (1). Vzhledem k oboustranné formulaci alternativní hypotézy nás zajímá hladina dosažené statistické významnosti pro oboustranný test **P (2) = 0,590**.

Je zřejmé, že dosažená hodnota signifikance je větší než stanovená hladina 0,05, a tudíž není možné zamítnout nulovou hypotézu.

- 1) **Závěr testování:** Přijímáme nulovou hypotézu: „Kuřáci a nekuřáci se neliší v celkovém cholesterolu.“

Úkol k samostatnému řešení:

Zjistěte, zda kouření ovlivňuje tělesnou hmotnost zaměstnanců nemocnice. Tělesná hmotnost je vyjádřena indexem BMI.

Návod:

Stanovte nulovou a alternativní hypotézu. Ověřte, zda rozptyly veličiny **BMI** jsou shodné v obou zkoumaných populacích (u kuřáků a nekuřáků).

Zvolte vhodný typ dvouvýběrového t -testu.

Proveďte t -test a na základě dosažené hladiny statistické významnosti (p -hodnoty) rozhodněte o platnosti dané nulové hypotézy.

b) Hodnocení rozdílů dvou výběrových průměrů párových dat – párový t -test.

Teoretický úvod:

Nyní uvažujme situaci, kdy na skupině vybraných jedinců provedeme určité měření a potom znovu za jiných okolností nebo po provedení určitého zásahu (léčby apod.) provedeme totéž měření na týchž jedincích ještě jednou. Půjde o to zjistit, zda měl zásah vliv na průměrnou hodnotu sledované veličiny, jinými slovy, zda se průměr před zásahem μ_1 rovná průměru po zásahu μ_2 . Nulová hypotéza opět předpokládá, že se tyto průměry neliší. Ze sledované populace pořídíme náhodný výběr o rozsahu n jedinců. Provedeme dvakrát měření dané numerické veličiny – jednou před zásahem, podruhé po zásahu a spočteme rozdíl těchto hodnot pro každého jedince. Získáme tak n dvojic měření a n rozdílů. Spočteme průměr těchto rozdílů (diferencí) a označíme $\bar{d}$. Pokud platí nulová hypotéza a zásah neměl na měřenou veličinu žádný vliv, bude $\bar{d}$ velice blízký nule. Bude-li naopak $\bar{d}$ od nuly daleko, bude to svědčit o tom, že zásah určitým způsobem ovlivnil sledovanou numerickou veličinu. K tomu abychom mohli vyjádřit, jak daleko je $\bar{d}$ od nuly, spočítáme hodnotu testové statistiky t . Výpočet statistiky t vychází z průměrné difference $\bar{d}$, rozptylu diferencí a rozsahu náhodného výběru. Přesný vzorec naleznete ve výukových textech. Tato testová statistika je rozložena podle Studentova t -rozdělení s $n - 1$ stupni volnosti. Pomocí statistického modulu programu Excel najdeme přesnou p hodnotu. Tato pravděpodobnost odpovídá pravděpodobnosti výskytu takovéto nebo ještě extrémnější hodnoty testového kritéria za předpokladu, že platí

nulová hypotéza. Pokud je dosažená hladina statistické významnosti p menší než 0,05, nulovou hypotézu zamítáme. Znamená to, že pravděpodobnost, že by pozorované rozdíly vznikly pouze náhodou, je menší než 5 %.

Data, se kterými budete pracovat, naleznete v souboru

F:\SOFTWARE\biostatistika\data\analýza dat.xlsx na listu „*párový t-test*“

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Pacient č.	Věk	Pohlaví	Imunosupresivum	Kreatinin před transplantací	Kreatinin 6 měsíců po transplantaci	Albumin před transplantací	Albumin 6 měsíců po transplantaci	Kyselina močová před transplantací	Kyselina močová 6 měsíců po transplantaci
1	1	72,4	ž	Cyklosporin	816	103	42	42	325	359
2	2	35,3	m	Cyklosporin	587	162	62	50	152	536
3	3	44,1	ž	Prograf	480	133	47	44	222	556
4	4	68,6	m	Cyklosporin	722	139	43	45	253	280
5	5	32,0	m	Prograf	962	141	46	43	501	397
6	6	51,0	ž	Prograf	868	145	34	43	304	388
7	7	48,3	m	Prograf	578	99	43	44	411	358
8	8	43,7	m	Cyklosporin	464	138	43	51	313	303
9	9	29,3	ž	Cyklosporin	439	101	30	40	203	142
10	11	58,1	m	Cyklosporin	474	142	45	46	289	470
11	12	62,1	ž	Cyklosporin	359	108				
12	14	58,9	m	Cyklosporin	432	77	50	47	199	520
13	15	51,3	m	Prograf	634	89	52	51	180	590
14	16	68,9	m	Cyklosporin	448	135	42	47	210	321
15	17	54,9	m	Prograf	502	118	46	42	206	384

Na listu „*párový t-test*“ jsou zaznamenána data pacientů, kterým byla transplantována ledvina. Ve sloupci (A) **Pacient č.** je uvedena identifikace. Ve sloupci (B) je zaznamenán **Věk** pacienta v letech, ve sloupci (C) jeho **Pohlaví** a ve sloupci (D) je uvedeno **Imunosupresivum**, které pacienti po transplantaci užívali. Ve sloupcích (E) a (F) najdete hodnoty **Kreatininu** naměřené před transplantací a 6 měsíců po transplantaci v $\mu\text{mol/l}$. Ve sloupcích (G) a (H) jsou hodnoty **Albuminu** naměřené před transplantací a 6 měsíců po transplantaci v g/l . Ve sloupcích (I) a (J) najdete hodnoty **Kyseliny močové** naměřené před transplantací a 6 měsíců po transplantaci v $\mu\text{mol/l}$. Je zřejmé, že všechny veličiny ve sloupcích (E) až (J) jsou kvantitativního typu a byly získány opakovaným měřením. Jedná se tedy o párová data – páry jsou vyznačeny barevným označením sloupců stejnou barvou.

Zadání úkolu

Vaším úkolem bude posoudit, zda vlivem transplantace došlo ke změnám biochemických parametrů – kreatininu, albuminu a kyseliny močové.

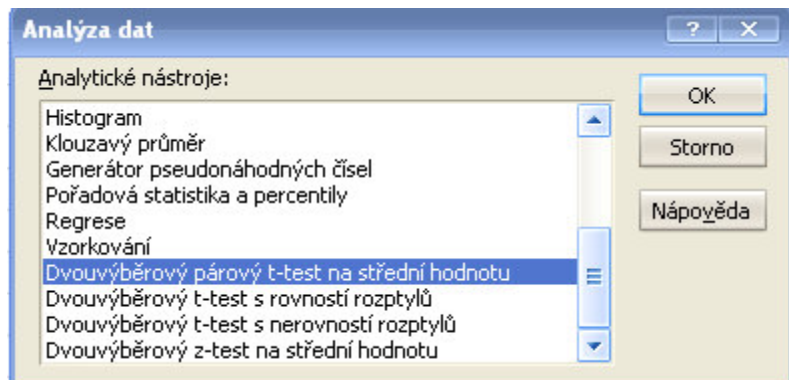
Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu:

Nulová hypotéza: Hladina kreatininu 6 měsíců po transplantaci ledviny se neliší od hladiny před transplantací.

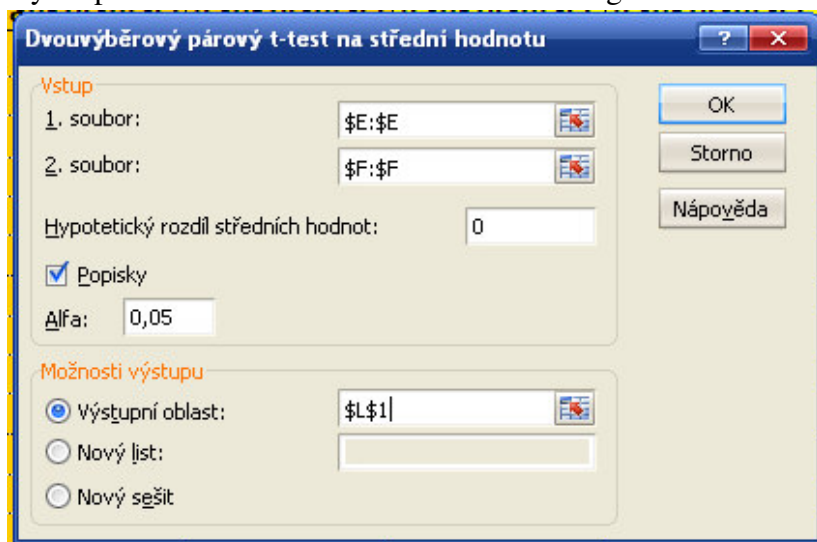
Alternativní hypotéza: Hladina kreatininu 6 měsíců po transplantaci ledviny se liší od hladiny před transplantací.

Postup ověření hypotézy:

1. Klikněte na položku **Analýza dat** v hlavním menu a z nabídky analytických nástrojů vyberte **Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu**. Slovo „dvouvýběrový“ zde nemá opodstatnění, pracujeme pouze s jedním výběrem, jedná se opět o překladatelskou chybu.



Výběr potvrďte tlačítkem **OK**. Dostanete dialogové okno:



2. Do pole **1. soubor** zadejte adresu oblasti buněk s hodnotami ze sloupce E **Kreatinin před transplantací**.
3. Do pole **2. soubor** zadejte adresu oblasti buněk s hodnotami ze sloupce F **Kreatinin 6 měsíců po transplantaci**.
4. Do pole **Hypotetický rozdíl středních hodnot** napište číslo nula (nulová hypotéza předpokládá, že rozdíl středních hodnot (průměrů) je roven nule).
5. Zatrhněte políčko **Popisky**, protože jste v polích 1. a 2. soubor zadali data i s buňkami v prvním řádku, kde jsou popisky. Do pole **Výstupní oblast** zadejte adresu L1.
6. Klikněte na **OK**.

Dostanete následující tabulku:

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu		
	Kreatinin před transplantací	Kreatinin 6 měsíců po transplantaci
Stř. hodnota	642,14	124,64
Rozptyl	29577,38816	1225,70449
Pozorování	50	50
Pears. korelace	0,063710142	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	49	
t Stat	21,11422377	
P(T<=t) (1)	1,48375E-26	
t krit (1)	1,676550893	
P(T<=t) (2)	2,9675E-26	
t krit (2)	2,009575199	

V prvním řádku je uveden aritmetický průměr hladiny kreatininu zjištěný před transplantací (1. sloupec) a po transplantaci (2. sloupec). Všimněte si značného rozdílu mezi oběma hodnotami.

V druhém řádku jsou uvedeny rozptyly veličiny, třetí řádek **Pozorování** nás informuje o počtu jedinců, kteří byli zařazeni do sledování. Na dalším řádku je vypočítán **Pearsonův korelační koeficient**, jehož hodnota vypovídá o téměř nulové korelaci mezi hodnotami zjištěnými před transplantací a po transplantaci.

Hyp. rozdíl stř. hodnot je roven 0, tak jak to předpokládá stanovená nulová hypotéza.

Položka **Rozdíl** udává počet stupňů volnosti vypočítaný podle vzorce $n - 1 = 50 - 1 = 49$. Dále je uvedena hodnota testové statistiky **t Stat**, dosažená hladina statistické významnosti **P** pro jednostranný test (1), kritická hodnota pro jednostranný test. Pro posouzení platnosti nulové hypotézy je nejdůležitější hodnota dosažené statistické významnosti pro oboustranný test **P(2)**, která je v našem případě rovna $2,968 \cdot 10^{-26}$.

Je zřejmé, že dosažená hodnota signifikance je podstatně menší než stanovená hladina 0,05, jsme tedy oprávněni zamítnout nulovou hypotézu.

7. Učiníme závěr testování:

Zamítáme nulovou hypotézu: „Hladina kreatininu 6 měsíců po transplantaci ledviny se neliší od hladiny před transplantací.“ a přijímáme alternativní hypotézu: „Hladina kreatininu 6 měsíců po transplantaci ledviny se liší od hladiny před transplantací.“ Průměrná hladina kreatininu se vlivem transplantace ledviny statisticky významně snížila, z průměrné hodnoty 642,14 $\mu\text{mol/l}$ na průměrnou hodnotu 124,64 $\mu\text{mol/l}$.

Pro porovnání uvádíme tabulku s referenčními mezemi kreatininu:

Analyt	Jednotky	Materiál
Kreatinin	$\mu\text{mol/l}$	Sérum
Referenční meze		Odběrová nádoba
0-1 rok	21-36	Sarstedt, zkumavka s bílým uzávěrem a granulátem pro urychlení srážení
1-15 roků	31-62	
Muži nad 15 roků	60-110	
Ženy nad 15 roků	53-97	
Varovné intervaly		Kritické intervaly
> 400		> 800

Úkol k samostatnému řešení:

Posuďte, zda vlivem transplantace došlo ke změnám dalších biochemických parametrů – **albuminu a kyseliny močové**.

Návod:

Stanovte nulové a alternativní hypotézy.

Proveďte t -testy, v prvním případě porovnejte hodnoty sloupců G a H, ve druhém úkolu porovnejte hodnoty obsažené ve sloupcích I a J. Na základě dosažených hladin statistické významnosti (p -hodnoty) rozhodněte o platnosti nulových hypotéz.