



**MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Terézia Vondráčková

**Interpretace grafu zaznamenaného siloměrnou plošinou
žáky středních škol sledovaná oční kamerou**

Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Martina Kekule, Ph.D.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Fyzika zaměřená na vzdělávání

Praha 2018

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce RNDr. Martině Kekule, Ph.D, která mi neuvěřitelně pomohla. Děkuji jí za její ochotu a za cenné rady, které mi během psaní této práce poskytla. Také jsem ráda za její optimismus a projevené nadšení při celém výzkumu. Můj dík patří také žákům, kteří byli tak ochotní a zúčastnili se celého testování.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona v platném znění, zejména skutečnost, že Univerzita Karlova má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Praze dne.....

Terézia Vondráčková

Název práce: Interpretace grafu zaznamenaného siloměrnou plošinou žáky středních škol sledovaná oční kamerou

Autor: Terézia Vondráčková

Katedra / Ústav: Katedra didaktiky fyziky

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Martina Kekule, Ph.D., Katedra didaktiky fyziky

Abstrakt: Tato práce se zabývá řešením úloh sledované pomocí oční kamery. Pojednává o samotné metodě tzv. eye-trackingu, která se dále použila při výzkumu postupu žáků při řešení zadaných problémů. Zkoumaní byli žáci střední školy, kteří řešili 6 fyzikálních úloh zaměřených na interpretaci grafu z mechaniky. Během doby, kdy řešili úkoly, byli zároveň sledováni oční kamerou, která detailně zaznamenala pohyb jejich očí. Z tohoto pohybu se dá dále odvodit, jakou strategii použili při řešení. Z výsledků je zřejmé, že v určitých případech docházelo u více žáků k typickým miskoncepcím identifikovaným při práci s grafy. Informace o tomto tématu mohou sloužit například učitelům k zefektivnění vlastní výuky do budoucna.

Klíčová slova: řešení úloh, interpretace grafu, oční kamera, vzdělávání

Title: High school students' interpretation of a graph from mechanics observed by the eye-tracking method

Author: Terézia Vondráčková

Department: Department of Physics Education

Supervisor: RNDr. Martina Kekule, Ph.D., Department of Physics Education

Abstract: This bachelor thesis deals with the solution of tasks monitored by the eye-tracker. We were examining high school students who solved 6 tasks focused on the interpretation of a graph in mechanics. They were monitored by the eye-tracker during their solving of the tasks. Based on their recorder eyes' position we can figure out their strategies of solution. We identified several typical misconceptions when working with graphs and typical students' approaches to the graph interpretation. Information about this topic can be useful, for example, to teachers for their future teaching.

Keywords: problem solving, graph's interpretation, eye-tracking, physics education

Obsah

Úvod	1
1. Základní informace	2
1.1 Metoda oční kamery	2
1.2 Výzkumy pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání	5
1.2.1 Přehled provedených výzkumů	6
1.3 Dřepování na siloměrné plošině.	7
1.4 Miskoncepce při práci s grafy.	9
2. Cíle a metoda výzkumu	11
2.1 Cíle výzkumu.	11
2.2 Zadání experimentu	11
2.3 Účastníci	13
2.4 Průběh sběru dat.	13
2.5 Možnosti zpracování dat	14
3. Výsledky výzkumu	16
3.1 Řešení žáků jednotlivých úkolů	16
3.2 Rozbor prvního seznámení s grafem.	35
3.3 Vliv otázky na interpretaci grafu žáky	40
3.3.1 Typické prohlížení daného grafu při sérii otázek.	40
3.3.2 Typické chybné přístupy při interpretaci grafu	43
Závěr	46
Seznam použité literatury	48
Seznam obrázků	49
Přílohy	51

Úvod

Asi každý učitel někdy přemýšlel nad tím, jak jeho žáci přemýšlejí nad úlohami. Jestli rozumí zadání, zda umí řešit zadané úkoly, nebo jestli se doberou ke správné odpovědi. O něco těžší je pro žáky umět pracovat s grafy přiloženými k úlohám. Žáci se s grafy budou setkávat i v reálném životě, proto je pro ně důležité naučit se s nimi pracovat. Při řešení takových úloh se ukazuje, že se dopouštějí při interpretaci typických chyb, tzv. miskonceptů. Z práce Martiny Gřondilové (2004) je vidět, že interpretace grafů je pro žáky obtížná a graf často chápou spíše jako náčrt reálné situace. Z toho vyplývá, že má smysl se na interpretaci grafů podívat více do hloubky. To nám umožní například oční kamera. Díky ní jsme schopni zaznamenat proces přemýšlení žáků při řešení takových úloh. Dosud se žáci testovali jen klasickým způsobem, kdy odpovídali na dotazníky, vyplňovali testy, ale tímto způsobem získáme jen výslednou odpověď. Proces přemýšlení se dal do jisté míry zaznamenat jen tím způsobem, že přemýšleli tzv. „nahlas“ (angl. think aloud). Tato metoda však představuje další kognitivní zátěž, které se můžeme vyhnout za použití metody oční kamery. Cílem této práce tedy bylo pozorovat přístupy žáků při interpretaci komplexního grafu a vlivu zadaných otázek na tuto probíhající interpretaci.

Tato práce se skládá ze tří kapitol.

V první kapitole jsou informace týkající se oční kamery. Dále jsou zde shrnuty výzkumy, které se ve fyzikálním vzdělávání uskutečnily s pomocí oční kamery. Následně je v této kapitole rozebráno dřepování na siloměrné plošině a jsou zde uvedeny i typické miskoncepce, kterých se žáci dopouštějí při práci s grafy.

V další kapitole jsou uvedeny cíle výzkumu, který proběhl. V této kapitole je popsáno zadání experimentu a je zde uveden průběh testování, i kdo se testování účastnil. V závěru kapitoly se rozebírají možnosti zpracování získaných dat.

V poslední třetí kapitole jsou uvedeny výsledky celého výzkumu.

1. Základní informace

Metoda oční kamery (nebo-li eye-tracking) se hojně využívá v mnoha různých odvětvích pro sledování zaměření pozornosti zkoumaných osob. Existují dva základní druhy pozornosti tzv. „bottom-up“ a „top-down“ (Duchowski, 2007).

1) bottom-up: Jedná se o takový druh pozornosti, kdy nás něco tak významně zaujme, že si nemůžeme pomoci a musíme se tam automaticky podívat. Může jít například o symetrii/asymetrii na obrazech, nebezpečné symboly, velmi rozdílný kontrast atd...

2) top-down: Jestliže jsme již před tím o něčem přemýšleli, máme o tom nějakou představu a naši pozornost směřujeme na vyhledávání konkrétních informací. Například jestliže dostaneme za úkol odhadnout věk člověka, podíváme se mu na tvář (hledáme rysy, které by nám pomohly) a naopak spíše budeme ignorovat pozadí/prostředí, ve kterém se člověk nachází atd...

Těchto poznatků se využívá např. v reklamách, které se pomocí zpětné vazby z oční kamery mohou koncipovat tak, aby co nejvíce zaujaly zákazníky. Oční kamery se využívá tedy v marketingu i v médiích, ale například i v medicíně. Pro nás je však zajímavější využití ve vzdělávání, konkrétněji ve vzdělávání fyzikálním.

Tato kapitola tedy charakterizuje metodu oční kamery a stručně shrnuje různé výzkumy v oblasti fyzikálního vzdělávání, které byly za pomoci oční kamery provedeny. Dále jsou v této kapitole uvedeny informace týkající se grafu, který byl použit ve výzkumu. Konkrétně je zde popsáno dřepování na siloměrné plošině a také miskoncepce, ke kterým dochází při interpretaci grafů ve fyzice.

1.1 Oční kamera

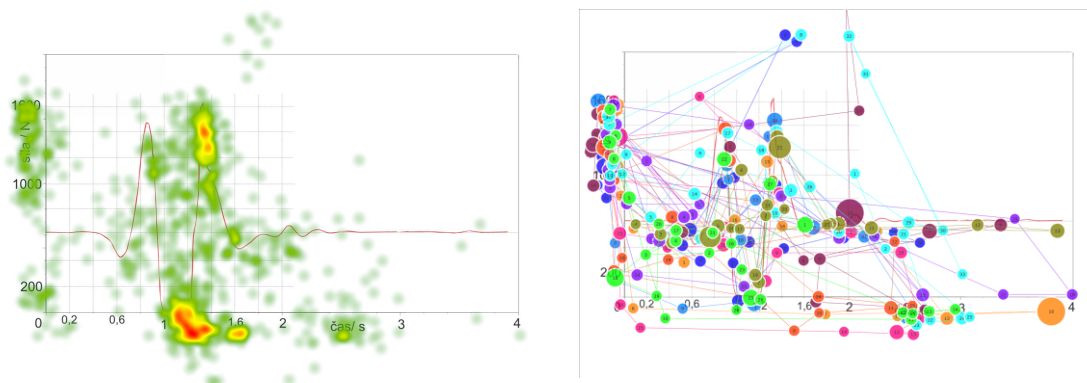
Díky oční kameře můžeme sledovat pohyb očí zkoumané osoby, která se dívá na prezentovaný materiál (což může být text, fotografie, video, atd...). Metoda oční kamery je založena na tzv. eye-mind předpokladu, tj. přemýšlející osoba většinou směřuje nejostřejší oblast vidění na oblast, nad kterou přemýšlí (Kekule, 2014).

Přesnost výsledků však neovlivňuje jen přesnost našeho zařízení, ale i lidský mechanismus vidění. Na sítnici rozlišujeme tři části nejostřejšího vidění (Duchowski, 2007): žlutá skvrna (průměr cca 5 mm), fovea (průměr cca 1,5 mm) a foveola (průměr cca 0,4 mm). Oblast nejostřejšího vidění se obvykle bere asi 1° zorného pole. Jistý model však naznačuje, že tzv. „experti“ nemusí získávat informace jen z nejostřejší oblasti vidění. Dokážou totiž informace získat i z oblastí neostrého vidění. Například zkušenější čtenář se už nemusí tolik soustředit na jednotlivá písmena v textu oproti teprve začínajícímu čtenáři, ale je schopen je identifikovat i méně ostrou oblastí vidění.

Oční kamera vysílá a následně sleduje odraz infračerveného záření od oka respondenta (Duchowski, 2007). Přesněji infrazářič snímá rozdíl pozice mezi středem zornice a odrazem. Je však těžké určit průměr zornice, neboť naše oko neustále akomoduje. Například když čte člověk těžké slovo, pak můžeme pozorovat, jak se mu průměr zornice mění. Ten se však může měnit i v průběhu poznávání, v průběhu emocí i při změně osvětlení. Kvůli tomu se přístroje zaměřují na střed oka, kde je žlutá skvrna (tedy nejostřejší místo). Abychom mohli určit, kam přesně se respondent dívá, musíme ještě zjistit polohu zornice v oku, je tedy nezbytná kalibrace před vlastním použitím přístroje. Pohyb očí se snímá kamerou s různou frekvencí (často 50 Hz, 300 Hz nebo 600 Hz). Na základě získaných surových dat se typicky určí pozice fixací a směr sakád. Dále můžeme použít software, který vytváří speciální mapy, které překrývají sledovaný materiál. Výstupem mohou být tzv. heat mapy neboli mapy pozornosti (diagramy s vyznačenou plochou, na kterou se probandí fixovali nejvíc – nejdelší dobu) nebo tzv. gaze ploty (diagram s vyznačenými fixacemi a sakádami konkrétního probanda) – viz obr. 1.

Fixace a sakády jsou dva základní pohyby očí při pozorování statického materiálu. Během fixace je oko v relativním klidu a sbíráme informace. Fixace zaberou asi 90% celkového času pozorování materiálu. Sakády jsou zase přesuny oka mezi fixacemi. Během sakád nedochází ke sběru informací, to znamená, že naše oko je téměř slepé. Findlay a Walker (1999) ale tvrdí, že sakády a kognitivní procesy jsou paralelní akce. Podle Lukavského (2005) by fixace měla trvat minimálně 50 ms. Běžně se fixace pohybují v rozmezí 150-600 ms (Duchowski, 2006). K sakádám dochází přibližně 3x – 4x za vteřinu. Sakády se můžou od fixací odlišit například tím, že se stanoví určitý

práh rychlosti přesunu oka mezi fixacemi, v softwaru často nazývaný jako tzv. IVT filter.



Obr. 1: Ukázka heat mapy (vlevo – červená místa jsou místa s největším počtem zaznamenaných fixací) a gaze plotu (vpravo – velikost kolečka znázorňuje dobu trvání fixace, zatímco čáry mezi fixacemi jsou naznačené sakády)

V dnešní době se využívají 2 způsoby snímání. Buď se kamera upevní na hlavu respondenta (v podobě brýlí), nebo je kamera v pevně stojícím zařízení (např. v monitoru) – viz obr. 2. Každá metoda má jiné využití. Brýle se používají tam, kde je potřeba, aby byl pozorovaný flexibilní. Například učitel toho může využít, aby zjistil, kam nejvíce směřuje svoji pozornost během výuky. Pevně stojící oční kamera se může používat například na zkoumání prohlížení webových stránek, různých videí, obrázků a tak dále. Jednoduše tam, kde chceme přijít na to, jakým částem materiálu a v jakém časovém sledu věnují lidé svoji pozornost. Nevýhodou stojícího zařízení je to, že v případě pohnutí se testovaného člověka dochází ke zkreslení výsledků. Je možné hlavu testovaného člověka zafixovat, aby k takovým chybám nedocházelo. Tato fixace se v určitých typech výzkumů používá méně především kvůli tomu, že by to mohlo být pro respondenta stresující a nepřírodní a opět bychom získali zkreslené výstupy. Ovšem využívá se například při výzkumu čtení, kdy nás zajímá fixace na libovolné písmeno, tj. potřebujeme určenou pozici oka s malou chybou.



Obr. 2: Oční kamera připevněná k monitoru (dolní lišta monitoru)
Zdroj: KDF MFF UK

1.2 Výzkumy pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání

Oční kameru můžeme použít buď pro kvantitativní nebo kvalitativní typ výzkumu (Kekule, 2014). V kvalitativním výzkumu se používají buď gaze ploty nebo heat mapy. V kvantitativním typu výzkumu se zase využívá oblastí zájmu (tzv. area of interest – AOI), kde se sleduje vyznačená oblast. Ke statistickému zpracování se zaměřujeme například na čas do první fixace v dané oblasti, dobu trvání první fixace, celkovou dobu fixací, počet těchto fixací, průměrnou dobu fixace v této oblasti atd...

Většina studií ve fyzice, které využívaly metodu eye-trackingu, byly zaměřeny na mechaniku nebo elektřinu (Eye-tracking students problem solving). Podle Kekule (2014) se často v těchto výzkumech používá model „expert-začátečník“. Toto paradigma předpokládá jiný přístup řešení úkolů experta a začátečníka. Jak jsem již uvedla, jedna z teorií předpokládá, že experti získávají informace i z neostrého vidění.

Další teorie uvádí, že experti si rychle osvojí informace, které se uloží v dlouhodobé paměti a dále s nimi pracují. Třetí přijímaná teorie v této oblasti zase předpokládá, že experti naopak redukuji nepodstatné informace, čímž pracují s menším počtem dat.

1.2.1 Přehled provedených výzkumů

V následujícím přehledu studií jsem vycházela z článku Martiny Kekule (2014). V tomto článku se píše o tom, že bylo realizováno celkem pět studií z oblasti fyzikálního vzdělávání, tři studie v rámci mechaniky a dvě z elektřiny.

Smith (2010) prováděl výzkum, jak studenti postupují, když se učí z řešené úlohy z mechaniky. Především chtěl zjistit, jestli má řešená úloha vliv na strategii, kterou student dále při řešení použije. Aby se lépe analyzovala data oční kamerou, byly řešené úlohy rozděleny na dva sloupce – jeden s matematickým řešením, druhý se slovním popisem. Přestože se očekávalo, že studenti nebudou slovnímu popisu dávat pozornost, ukázalo se, že strávili asi 40% času fixací právě na text. Po testu se ale zjistilo, že si ale studenti z těchto informací moc nevybavují.

Další studie (Madsen et al., 2012) se zabývala rozdíly ve vizuální pozornosti studentů, kteří řešily předložené fyzikální problémy. Cílem bylo zjistit, jak dva typy pozornosti (bottom-up, top-down) ovlivňují jejich řešení. Ukázalo se, že u studentů, co vyřešili úlohy správně, dominuje pozornost typu top-down, tedy že se více soustřeďují na relevantní oblasti.

Studie Rosengranta (2009) pracuje s již zmíněným paradigmatem expert-začátečník. Tento výzkum se zaměřil na úlohy s elektrickými obvody. Získaná data ukázala odlišnou strategii řešení expertů. Ti vykazali větší počet přesunů mezi zadáním a schématem. Další významný rozdíl mezi nimi a začátečníky byl ten, že po skončení řešení ještě celý postup zkontrolovali, začátečníci to neudělali.

Studie Kozhevnikova (2007) se zabývala zase rozdíly v prostorové představivosti studentů, kteří řešili předložené fyzikální problémy. Nejdříve byli studenti pomocí otázek rozděleni na ty s lepší a na ty s horší představivostí. Dále

se na testování použila oční kamera. Výsledky ukazují na vztah mezi správně vyřešenými úlohami a dobrou prostorovou představivostí studentů.

Ještě starší studie (van Gog, 2005), která je podobná studii Rosengrata, použila navíc tzv. „think-aloud protocol“. To znamená, že účastníci byli požádáni, aby nahlas komentovali svoji strategii při řešení úloh. Výsledkem bylo zjištění, že experti tráví více času fixováním ve fázi jedna (což byla fáze, ve které docházelo k seznámení s daným problémem) oproti ostatním fázím. U začátečníků se neprojevil významnější rozdíl fixací mezi jednotlivými fázemi.

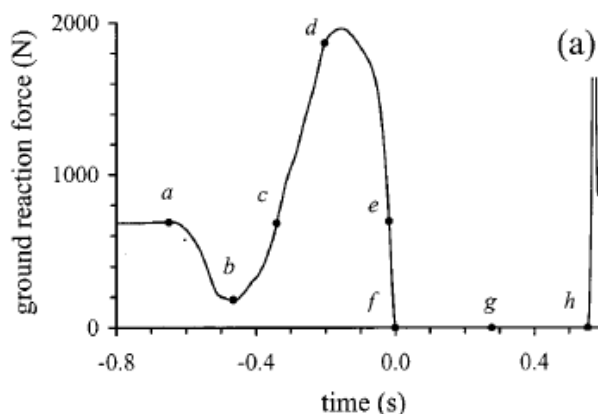
Jeden novější výzkum realizoval Ohno at al. (2015). Ti se snažili přijít na to, jestli existuje vztah mezi pohybem očí a strategií, kterou studenti volí při řešení fyzikálních úloh. Přišli na to, že pokud studenti úlohu již viděli, pak je tím ovlivněn i pohyb jejich očí. Snaží se vybavit řešení, čímž je ovlivněn následný pohyb.

1.3 Dřepování na siloměrné plošině

Siloměrná plošina je kovová deska, která má uvnitř senzor, který snímá sílu mezi horní a dolní podstavnou plochou, a to jak v tahu, tak v tlaku. Senzor je připojen k zařízení a pomocí softwaru jsou výsledkem jak data, tak i grafy. Do grafu se zaznamenává závislost síly na čase. Použitá plošina od firmy Vernier vydrží maximální zatížení 900 N v tahu a 4500 N v tlaku (Force plate. Vernier, 2017).

Jedno z možných použití siloměrné plošiny je zaznamenávání velikosti a průběhu síly při dřepování. Dřepování a následný výskok může být dvojího druhu podle provedení pohybu. Buď přejdeme do dřepu ze stoje, vyskočíme a dopadneme (uděláme tedy protipohyb – graf závislosti síly na čase tohoto pohybu viz obr. 3), nebo vyskočíme na plošině přímo z podřepu. Jestliže děláme protipohyb, protahujeme tím svaly, čímž se zvýší výkon svalů v následném pohybu a vyskočíme výš – až o několik centimetrů (Linthorne, 2001). Pokud budeme chtít, aby měla křivka daný tvar, dá se to zajistit několika mechanismy. Jestliže bude samotný dřep dostatečně pomalý, pak hodnota síly bude téměř konstantní (Kreslení grafů. Vernier, 2017).

Nulového působení na podložku zase můžeme dosáhnout tím, že budeme klesat na plošině volným pádem. Doba letu (tedy nulové působení na podložku) je určena maximální výškou, do které vyskočíme. Výše vyskočíme, pokud před dřepem uděláme právě zmíněný protipohyb.



Obr. 3: Graf závislosti působící síly na podložku při výskoku s protipohybem
Zdroj: Linthorne (2001)

Vysvětlení grafu na obr. 3:

V bodě *a* začíná výskok. Mezi body *a-b* přejde daná osoba do podřepu. Uvolní se svaly a těžiště se urychlí směrem dolů. V bodě *b* je maximální zrychlení ve směru pohybu. Mezi *b-c* se začnou aktivovat svaly, ale těžiště se stále pohybuje směrem dolů. V bodě *c* je výsledná síla působící na osobu se zrychlením těžiště nulová. V tomto bodě má rychlost směřující dolů maximální velikost. Mezi body *c-d* zrychlení míří směrem nahoru, ale daná osoba se pohybuje stále dolů. V bodě *d* se daná osoba nachází nejnižší v podřepu. Její těžiště se nachází v klidu – rychlost působící na těžiště je nulová. Mezi body *d-e* se začne osoba odrážet. Rychlost je nyní kladná a směřuje nahoru. V bodě *e* je opět síla působící na osobu se zrychlením těžiště nulová. V tomto místě dosáhne rychlost (směřující nahoru) opět maximální velikosti. Mezi body *e-f* je výsledná síla působící na osobu se zrychlením těžiště záporná. Těžiště se stále pohybuje nahoru. Bod *f* je okamžik „vzletu“. V tento moment přestane osoba působit na podložku – síla je nulová. Mezi body *f-g* je fáze letu, kdy se těžiště pohybuje nahoru, ale zpomaluje. V bodě *g* se nachází nejvyšší místo výskoku, těžiště je v tomto místě

v klidu. Mezi body $g-h$ osoba padá dolů, její těžiště zrychluje směrem dolů. Bod h je okamžik dopadu, kdy se nohy poprvé dotknou podložky. Dále následuje ostrý pík.

1.4 Miskoncepce při práci s grafy

Následující informace čerpám z diplomové práce Martiny Gřondilové (2004). Ta v přehledu miskonceptí, kterých se dopouští žáci při práci s grafy, uvádí nejčastější chyby, ke kterým dochází především u grafů z oblasti mechaniky.

- a) **Často jsou grafy vnímány žáky jako obrázky nebo nástin dané situace, ne jako matematické reprezentace.** Ve studii provedené Beichnerem v roce 1994 měli žáci za úkol nakreslit graf závislosti rychlosti cyklisty na čase. Ten jel nejdříve z kopce, pak do kopce a nakonec po rovině. Jejich grafy se často podobaly terénu. Ke stejným chybám docházelo i při úkolu, kdy měli interpretovat graf závislosti dráhy na čase. Zde byla vyobrazena postupně klesající velikost dráhy v čase a studenti odpovídali, že se jedná o pohyb zrychlený, pohyb „klesající“, šikmý vrh a podobně.
- b) **Žáci nerozlišují mezi výškou grafu v daném bodě (tedy y-ová souřadnice v daném bodě) a směrnicí grafu.** Opět podle studie Beichnera žáci nevědí, jestli mají požadovanou informaci získat ze směrnice nebo z výšky grafu v daném bodě. S tím souvisí další problém při práci s grafy.
- c) **Často nevědí, jak určit směrnicí grafu** (Beichner, 1994). Jestliže daná závislost procházela počátkem soustavy souřadné, pak s tím žáci takové problémy neměli. Když se však závislost změnila (neprocházela grafem), pak se úspěšnost vyřešení úloh razantně zmenšila. Nejčastěji uváděná chyba byla směrnice zavedená jako podíl y-ové a x-ové souřadnice daného bodu.
- d) **Nevědí, co znamená plocha pod grafem.** Nejméně chyb studenti dělali při určení dráhy v grafu závislosti rychlosti na čase při pohybu rovnoměrném přímočarém (tedy pamatovali si vzoreček $s = vt$). Jakmile se ale jednalo o pohyb přímočarý zrychlený, úspěšnost řešení úloh opět razantně poklesla (Beichner, 1994).
- e) **Studenti mají často problém i při sestrojování grafu závislosti souřadnic na čase.** Tím se zabývala studie McDermotta a kolektivu (1987) a studie

Rakovské a Koubka (1975). Studenti měli za úkol sestrojít grafy pohybu rovnoměrného a pohybu nejdříve rovnoměrného, pak rovnoměrně zrychleného a nakonec opět rovnoměrného. Ukázalo se, že rovnoměrný pohyb často kreslí jako konstantní závislost. Dále špatně zakreslovali nespojitou závislost.

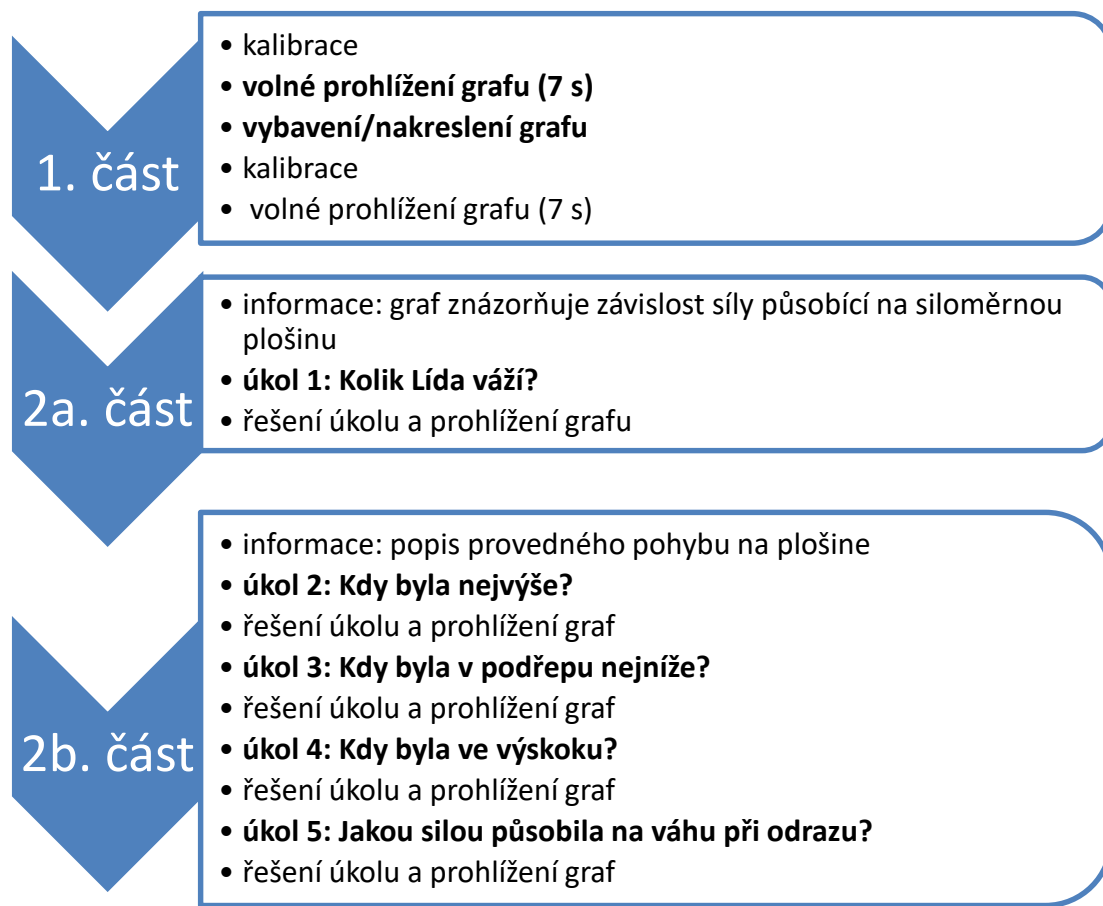
2. Cíle a metoda výzkumu

2.1 Cíle výzkumu

Vlastní experiment modeloval reálnou situaci ve třídě, kdy vyučující prezentuje graf získaný měřením a dále nad ním se žáky diskutuje. Cílem výzkumu pak bylo kvalitativní pozorování interpretace grafu žáky středních škol a ovlivňování tohoto procesu interpretace pokládáním souvisejících otázek. Vliv otázek na zaměření se prohlížení různých scén a dokonce možnost predikce ze získaných výstupů na myšlenou otázku respondentem uvádí ve své slavné práci Yarbus a jeho další následovníci (Borji, Itti, 2014). Experiment byl rozdělen do dvou částí. Cílem první části bylo pozorování žákovské rychlé interpretace grafu a jeho následné vybavení. Tedy zjistit prvotní zaměření žáků při pohledu na komplexnější graf, které části budou považovat za klíčové, apod.. Cílem druhé části bylo pozorování probíhající interpretace s pomocí již zmíněných otázek a identifikace typických problémů/miskonceptů žáků při interpretaci grafu.

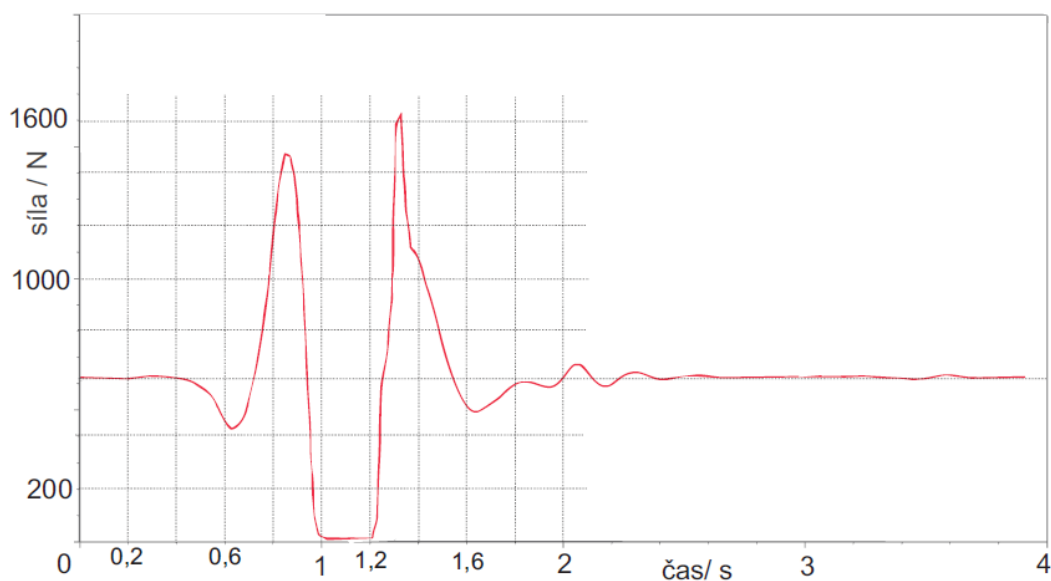
2.2 Zadání experimentu

Účastníkům výzkumu byl promítán na obrazovce graf závislosti síly působící na siloměrnou plošinu na čase (viz obr. 5), pomocí kterého měli vyřešit úlohy z mechaniky. Graf znázorňuje autentický záznam výskoku z podřepu. Experiment byl pomyslně rozdělen na dvě části. Celý proces testování je uveden stručně na obr. 4.



Obr. 4: Proces testování

V první části, která obsahovala volné prohlížení grafu po dobu 7 vteřin zaznamenávané oční kamerou, měli žáci za úkol si graf po uplynutí dané doby vybavit a posléze ho nakreslit. V druhé části již pozorovali graf s cílem vyřešit zadané úlohy. Když se tedy nepočítá první úkol „nakreslit graf“, celkem jim bylo zadáno pět úkolů k vyřešení. Po každé otázce měli možnost graf opět vidět. Po nakreslení grafu jim byl vysvětlen význam křivky – tedy že znázorňuje sílu, kterou Lída působila na elektrickou váhu (plošinu). Nejdříve měli za úkol určit, kolik Lída váží. Následovalo vysvětlení celého pohybu, který Lída vykonala (tedy že si na váhu stoupla, šla do podřepu, odrazila se, vyskočila a dopadla zpět). Po tomto vysvětlení měli dále určit, kdy byla Lída nejvýše, kdy byla v podřepu nejniže, kdy byla ve výskoku a jakou silou působila na váhu při odrazu. Na základě již zmíněného eye-mind předpokladu můžeme tedy pomocí oční kamery sledovat jejich strategii při řešení úloh.



Obr. 5: Graf závislosti působící síly na siloměrnou plošinu na čase v průběhu podřepu, výskoku a dopadu

2.3 Účastníci

Výzkumu se účastnilo dvanáct žáků prvního ročníku vyšší odborné školy a střední průmyslové školy elektrotechnické. Všichni žáci byli chlapci ve věku 15 až 16 let, výzkumu se neúčastnila žádná dívka. Počet se však zredukoval na deset lidí, neboť oční kamera v jednom případě nedokázala zaznamenat pozici očí vůbec a v druhém případě zachytila jen malé procento pozic (méně jak 70%).

2.4 Průběh sběru dat

Ke sběru dat byla použita kamera TX300 od firmy Tobii (Tobii, 2017). Použitá kamera měla frekvenci 300 Hz. V programu od stejné firmy byl vytvořen test, který byl žákům promítán jako prezentace.

Výzkum proběhl v prosinci 2017 v Interaktivní fyzikální laboratoři na Matematicko-fyzikální fakultě (IFL, 2017). Žáci zde v průběhu jiné výukové aktivity dobrovolně na požádání podstoupili experiment. Ještě před samotným pozorováním

jim byl dán dotazník s cílem přiblížit nám jejich vztah k fyzice. V dotazníku (viz Příloha 1) byli seznámeni s tím, že výsledky testování poslouží mé bakalářské práci. Po vyplnění dotazníku jim byl stručně vysvětlen průběh pozorování. Podala jsem jim informace o tom, co to oční kamera je a že jim bude promítnut graf, po kterém budou následně řešit pár úloh z mechaniky. Tyto úlohy řešili naprosto samostatně. Následně jim bylo vysvětleno, že musí proběhnout nejdříve kalibrace oční kamery a po kalibraci se spustil samotný test. Na obrazovce se jim po dobu 7 vteřin objevil graf, poté zmizel a žáci měli za úkol graf namalovat. Samozřejmě tím, jak se pohnuli, se přerušilo testování a k pokračování musela opět proběhnout kalibrace oční kamery. Poté, co došlo k druhému kalibrování, se spustil test znovu, takže žáci se mohli zase na 7 vteřin dívat na graf a zjišťovat, na co zapomněli. Poté následovalo samotné řešení úloh bez pomoci (schéma viz obr. 4). Otázky byly vyjmenovány v podkapitole 2.1. Každá otázka byla zadána na samotném obrázku, při kterém sice docházelo ke snímání, ale tato data nebyla zpracována. Po otázce se objevil na obrazovce graf, který si mohli prohlížet libovolně dlouho. Při tomto pozorování grafu již docházelo ke snímání pozic očí. Jakmile byl úkol vyřešen, mohli žáci přepnout na další otázku. Po vyřešení úloh jim byla zadána druhá část dotazníku, která zjišťovala, které úlohy se jim plnily hůře a které lépe. Žáci měli možnost mi během testování sdělovat, co si myslí, že je správně. Někteří toho využili, někteří ne. Po každém testování musela být zkontrolována validita dat. V případě, že kamera zachytila méně jak 70% pozic očí daného účastníka, nebyla tato data použita k dalšímu zpracování.

2.5 Možnosti zpracování dat

Jelikož oční kamera snímala s frekvencí 300 Hz (tedy jednou za 3,3 ms), bylo pořízeno obrovské množství dat. Jak bylo uvedeno v kapitole 1.1, tato data můžeme zobrazit různými způsoby. Pro účely tohoto výzkumu byla data vizualizována do gaze plotů a heat map (map pozorností).

Gaze plot, jak jsem již zmiňovala, je mapa s vyznačenými fixacemi a sakádami. Fixace je v gaze plotu vyznačena kruhem. Podle průměru kruhu se určuje, jak dlouho trvala daná fixace. Platí úměra, že čím větší kruh, tím delší fixace. Ty jsou propojeny pomocí čar – sakády. Tyto čáry naznačují směr, kterým se koukal účastník mezi

jednotlivými fixacemi. Fixace (kruhy) jsou navíc číslovány podle pořadí, ve kterém k nim docházelo.

Heat mapa (mapa pozornosti, angl. „attention map“) je mapa, která zobrazuje buď počet (nezáleží na čase) nebo délku fixací (jak dlouho se na dané místo lidé zaměřovali) souhrnně pro skupiny více osob. Mapy pozornosti se obvykle nevytváří jen pro jednoho účastníka, pro tento účel je lepší použít gaze plot. V použitém softwaru TobiiPro 3.2 v této práci indikuje červená barva oblast, které se dostalo v průběhu snímání největší pozornosti.

3. Výsledky výzkumu

Výsledky výzkumu jsou v této kapitole rozděleny do tří částí. První podkapitola se zabývá kvalitativním posouzením řešení úloh žáky na základě map pozornosti a gaze plotů. V další podkapitole je rozebráno první prohlížení grafu a jeho následné vybavení. Poslední kapitola se zaměřuje na vliv otázky na interpretaci grafu žáky.

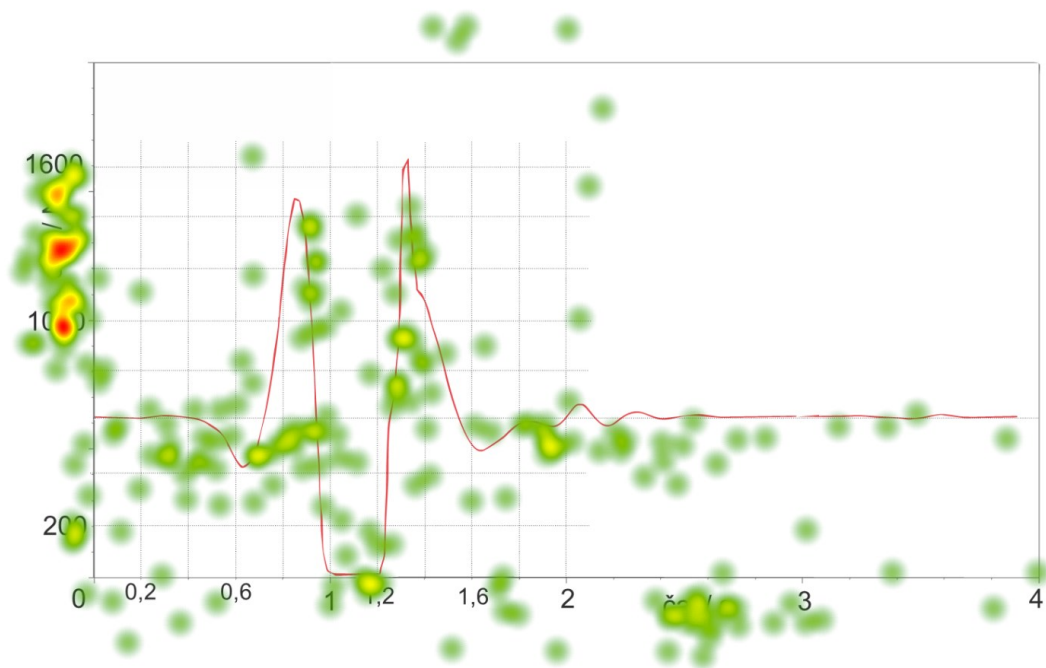
3.1 Řešení žáků jednotlivých úkolů

Postupy, jak žáci vyřešili úlohy, budou popsány kvalitativně na základě vytvořených map pozornosti a gaze plotů. Následují výsledky podle úkolů. A diskuze vzhledem k typickým miskoncepcím.

Nejvíce žáků vyřešilo správně poslední dva tj. úkoly, kdy měli určit dobu, po kterou byla Lída ve výskoku, a kdy měli určit sílu, kterou Lída působila na váhu při odrazu. Naopak nejtěžším úkolem pro ně bylo určit čas, kdy byla Lída nejnižší v podřepu. Tady je nutné podotknout, že tento úkol nebylo možné přesně vyřešit. Na základě otázky č. 5 z přidaného dotazníku také tento úkol, společně s úkolem nakreslit graf, považovali žáci za nejobtížnější. Naopak při hodnocení, jaký úkol jim připadal nejjednodušší, se žáci ve svých názorech velmi lišili. Nejvíce se shodli dva žáci a to na úkolu č. 4, tedy kdy byla Lída nejvýše.

Úkol č. 1: Po dobu 7 s si prohlédni následující graf

Prvních sedm vteřin sloužilo žákům jen k pozorování grafu. Jak je vidět na obrázku 6, žáci si na poprvé všimli důležitých prvků. Nejvíce pozornosti věnovali popisu os, jejich názvu, jednotkám a hodnotám na nich, přičemž je zřejmé, že si více všimali svislé osy. Z obrázku je dále podle očekávání zřejmé, že výrazným prvkům grafu (jako jsou minima a maxima) bylo dáno více pozornosti.

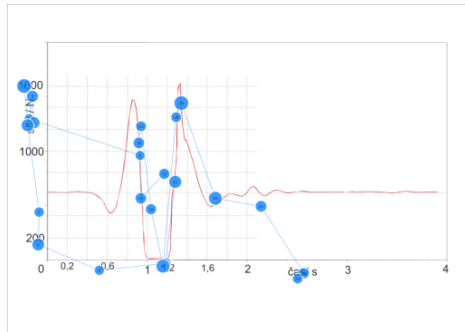


Obr. 6: Heat mapa (mapa pozornosti) všech účastníků při prvním pozorování grafu během 7 s

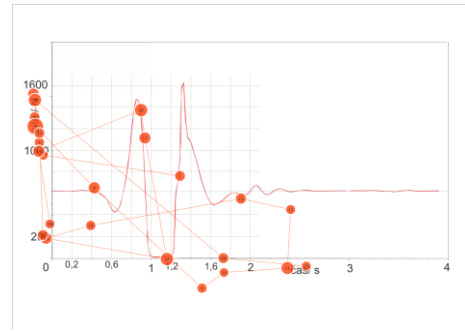
Na obrázku 7 jsou vidět gaze ploty všech zúčastněných (technická poznámka: záznam každého účastníka byl veden z důvodů dvakrát provedené kalibrace pod dvěma čísly). Všechny gaze ploty ukazují na to, že se všichni žáci zhruba seznámili s celou křivkou grafu. Vzhledem k tomu, že žáci dopředu nevěděli, o graf závislosti jakých veličin se jedná, zajímalo nás, jak se budou během tohoto prvního krátkého prohlížení věnovat osám.

Detailního popisu si všimli tři žáci (P43/44, P45/46 a P50/51). Někteří žáci zvolili úspornější strategii, kdy se na svislé ose podívali na shluk a popis nahoře a na časové ose na popis veličiny (P47/48, P52/53 a P62/63). Navíc P54/55 a P60/61 zkontrolovali počátek souřadných os. Pouze dva žáci nevěnovali pozornost popisu veličin na obou osách – P58/59 (čas) a P64/65 (síla a čas).

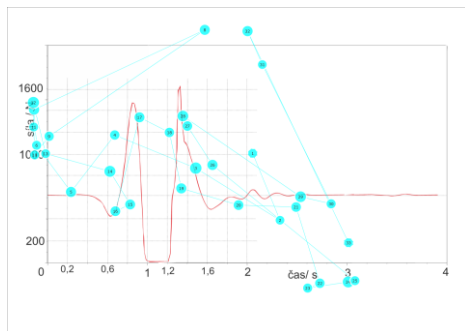
P43/44



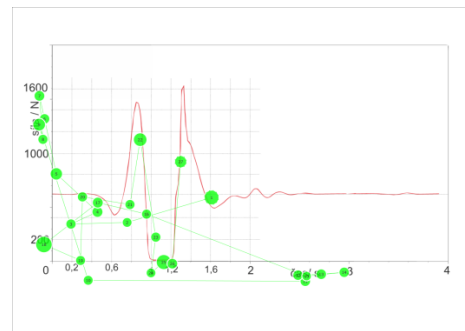
P45/46



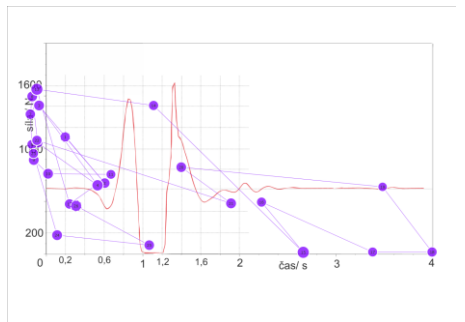
P47/48



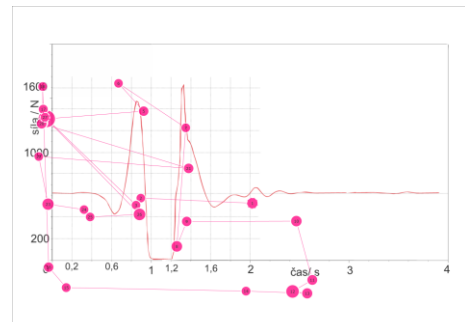
P50/51



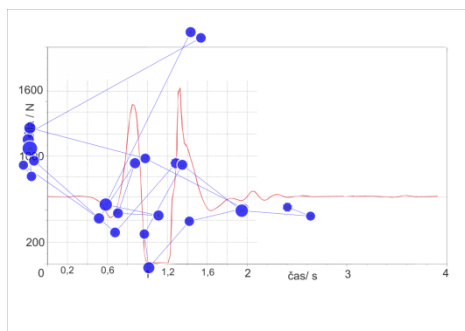
P52/53



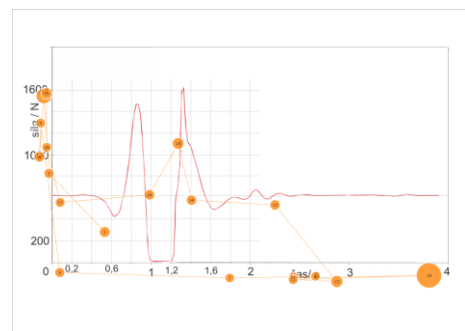
P54/55



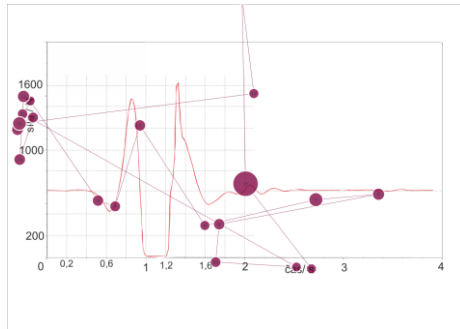
P58/59



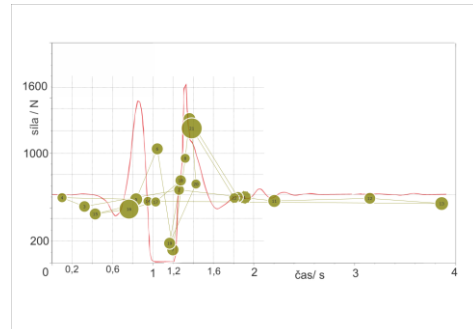
P60/61



P62/63



P64/65



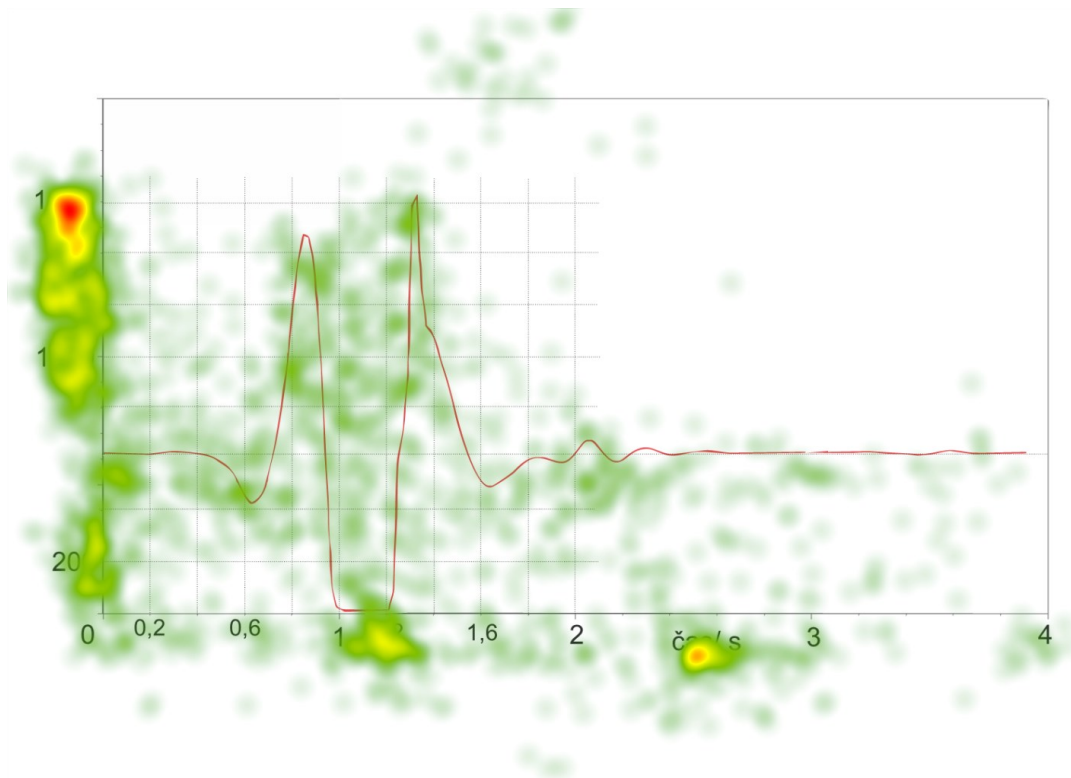
Obr. 7: Gaze ploty všech žáků při prvním prohlížení grafu

Úkol č. 2: Teď nakreslete graf.

Výsledky tohoto úkolu viz další podkapitola.

Úkol č. 3: Graf znázorňuje sílu, kterou v čase působila Lída na elektrickou váhu. Podívej se znovu na graf a zjisti, kolik Lída váží.

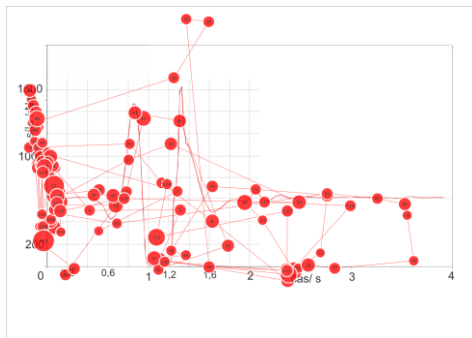
V tomto úkolu již došlo k mnohem většímu počtu fixací. Žáci již mohli prohlížet graf tak dlouho, jak potřebovali. Jak je vidět na heat mapě (viz obr. 8), nejvíce pozornosti věnovali hodnotě 1600 N a popisu kolem této hodnoty. Dále na svislé ose pozorovali hodnotu 200 N, na vodorovné ose si všímali času 1–1,2 s a popisu samotné osy. Z této mapy pozornosti je vidět, že poměrně dost přemýšleli o minimu grafu. Dalo by se polemizovat nad tím, že o tomto bodě mohli uvažovat jako o správné odpovědi. Ovšem jejich typickou chybnou odpovědí bylo, že Lída váží 160 kg (tedy maximum grafu).



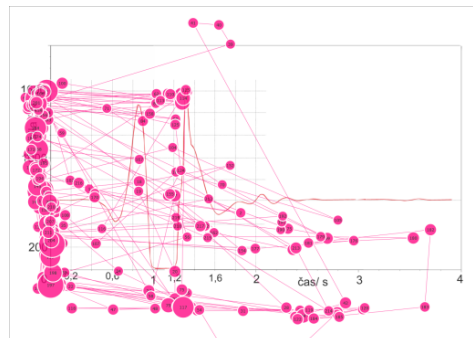
Obr. 8: Heat mapa účastníků při zjišťování, kolik Lída váží

Správně odpovědělo šest účastníků, jejich gaze ploty jsou vidět na obr. 9. U těchto žáků je vidět typický řetízek fixací podél svislé osy. Dva žáci (P54/55 a P64/65) si ale před touto odpovědí mysleli, že hodnota 160 kg je ta správná. Během testování si to však rozmysleli a řekli správnou odpověď, kterou jsem poznamenala do dotazníků. Nicméně i u těchto žáků je patrný výše popsáný řetízek fixací, z čehož se dá usuzovat na to, že se hodnotou počátku křivky také snažili určit.

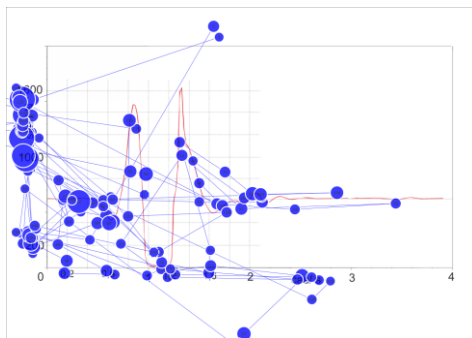
P45/46



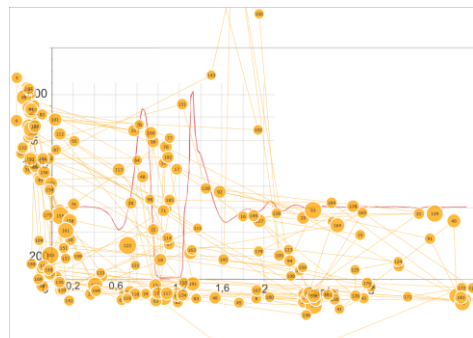
P54/55



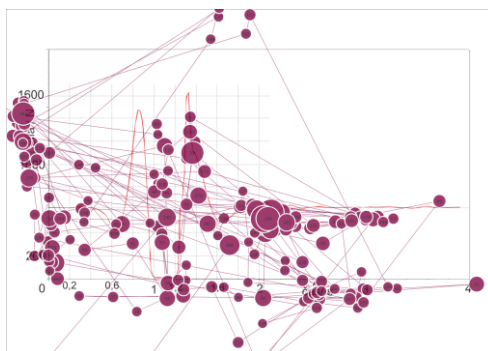
P58/59



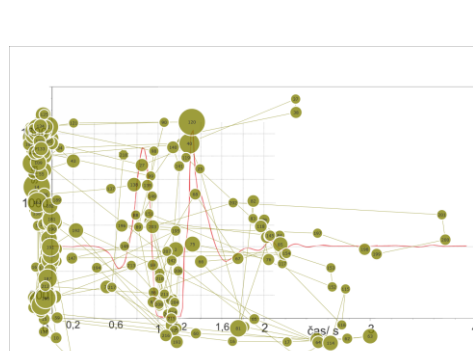
P60/61



P62/63



P64/65

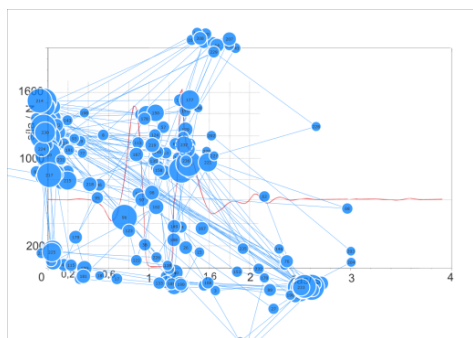


Obr. 9: Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli správně na úkol č. 3

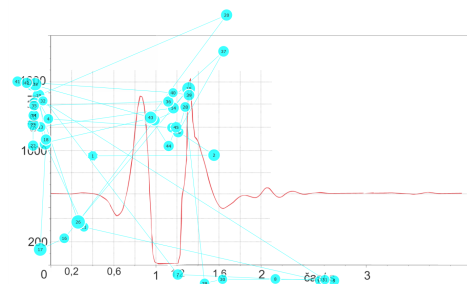
Na následujícím obrázku (obr. 10) jsou gaze ploty těch účastníků, kteří odpověděli špatně. U nich není vidět třeba typické odečítání hodnot (tedy tékání pohledem mezi hodnotami 200 N a 1000 N) jako u žáků, kteří odpověděli správně. Popsaný rozdíl v distribuci fixací podél svislé osy by mohl být jeden z indikátorů, pokud bychom chtěli na základě gaze plotu predikovat

úspěšnost řešení žáka v tomto úkolu. Vzhledem ke kvalitativnímu přístupu toto je pouze návrh hypotézy.

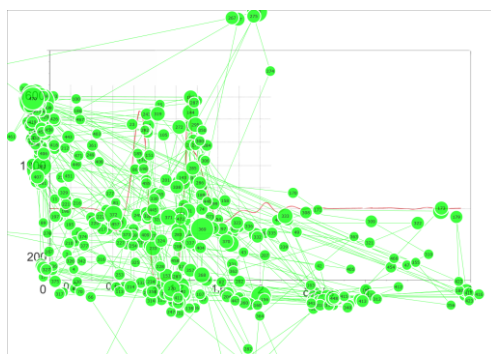
P43/44



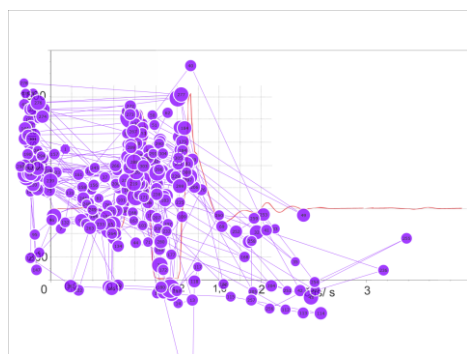
P47/48



P50/51



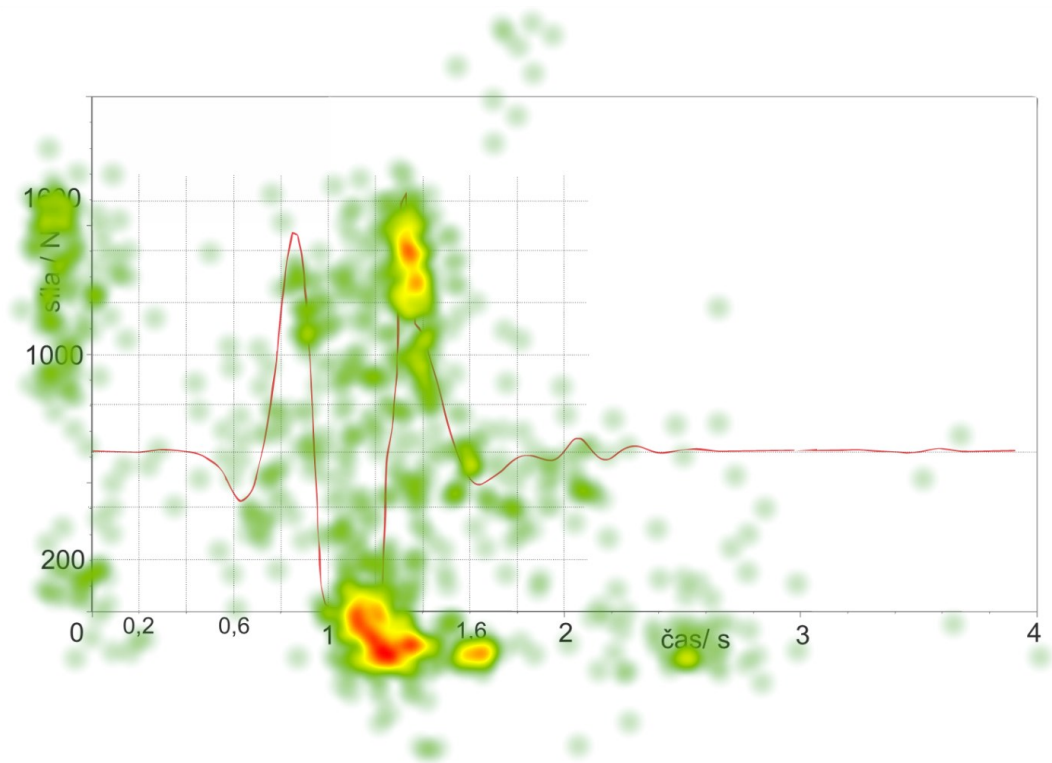
P52/53



Obr. 10: Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli špatně na úkol č. 3

Úkol č. 4: Lída si na váhu nejprve stoupla, pak šla do podřepu, vyskočila a dopadla zpět na váhu. Kdy byla nejvýše? Kdy byla nejnižší?

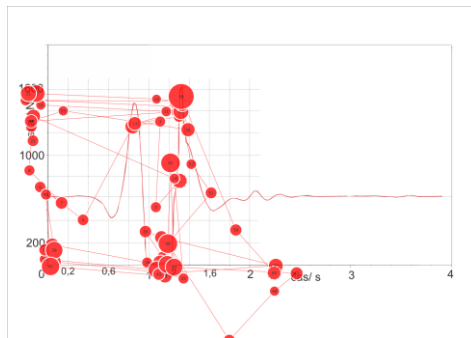
Z heat mapy na obrázku 11 je vidět typická miskoncepce vnímání grafu jako nástinu reálné situace. Žáci věnovali nejvíce pozornosti jak správné odpovědi, tak i maximu grafu. To odpovídá jejich interpretaci, že Lída byla nejvýše tam, kde je „nejvýše“ křivka grafu.



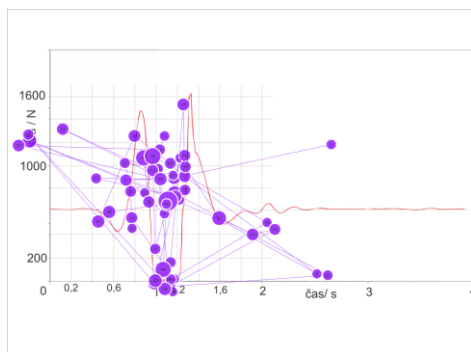
Obr. 11: Heat mapa účastníků při řešení úlohy, kdy byla Lída nejvýše

Na tuto otázku správně odpověděla polovina, tj. šest žáků. Za správnou odpověď jsme považovali celý interval 1– 1,2 s. Jejich gaze ploty viz obr. 12. Účastník P45/46 si nejdříve myslel, že Lída byla nejvýše v maximumu grafu, svoji odpověď však změnil na minimum grafu, tedy mezi 1– 1,2 s. Stejně odpovídali i účastníci P60/61 a P64/65. Dva žáci, P47/48 a P62/63, dokonce řekli přesnou odpověď 1,1 s – tedy u nich došlo k dedukci, že když Lída nepůsobí na váhu, musí být v tom okamžiku ve výskoku, tedy nejvýše bude v polovině intervalu 1– 1,2 s .

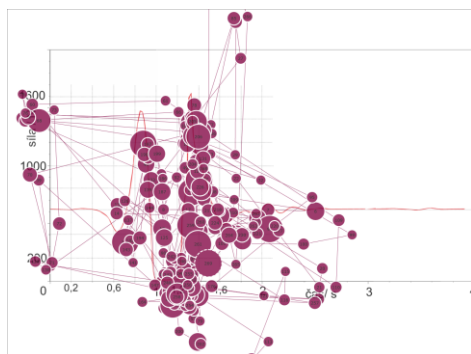
P45/46



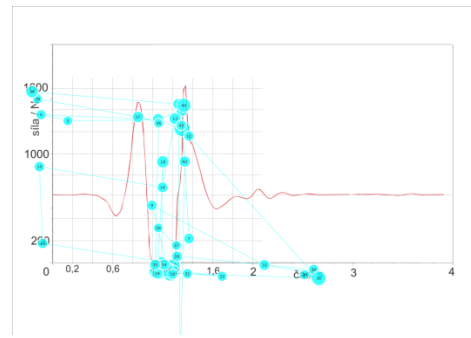
P52/53



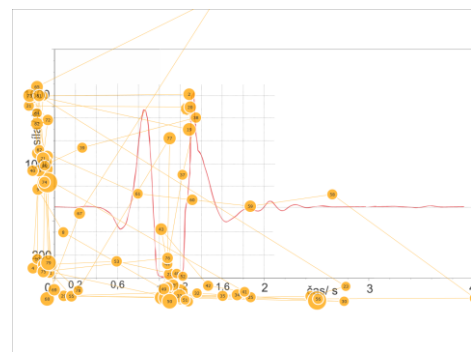
P62/63



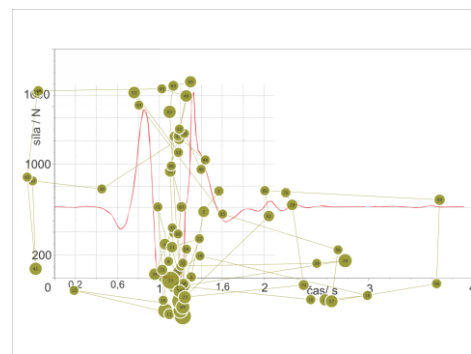
P47/48



P60/61



P64/65

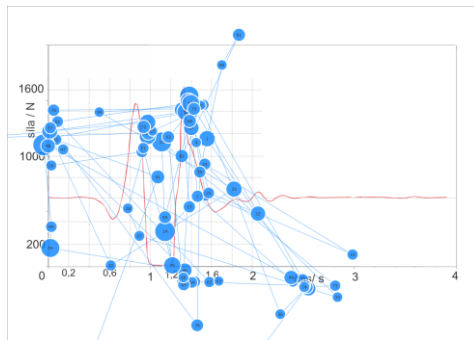


Obr. 12: Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli správně na úkol č. 4

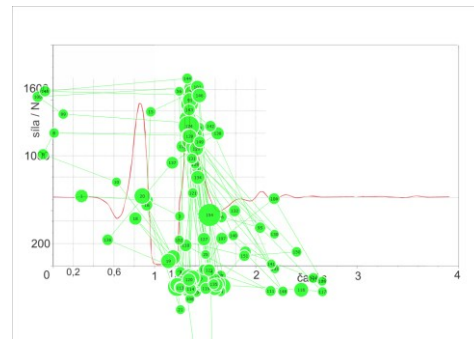
Na obrázku č. 13 jsou gaze ploty čtyř účastníků, kteří odpověděli špatně. U jediného žáka ze čtyř, co odpověděli špatně, P58/59 je vidět, že si nemyslí, že by to bylo maximum grafu. Dochází u něj k fixaci po větší ploše grafu než u ostatních. I když je zřejmé, že se nedíval na místo, kdy by našel odpověď, přemýšlí více nad grafem. Bohužel na tento úkol nevedl odpověď, ale můžeme říct, že u něj nedošlo k typické miskonceptci vnímání grafu jako

obrázku. V případě tohoto úkolu je na základě všech uvedených gaze plotů obtížné identifikovat jasné rozdíly mezi správně a špatně řešícími žáky a identifikovat oblasti zájmu, které by mezi těmito žáky rozlišovali.

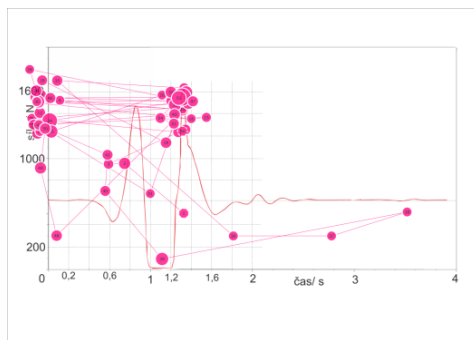
P43/44



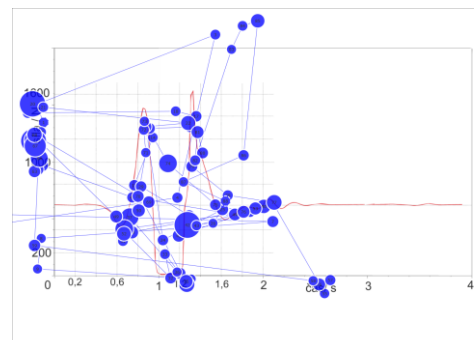
P50/51



P54/55



P58/59

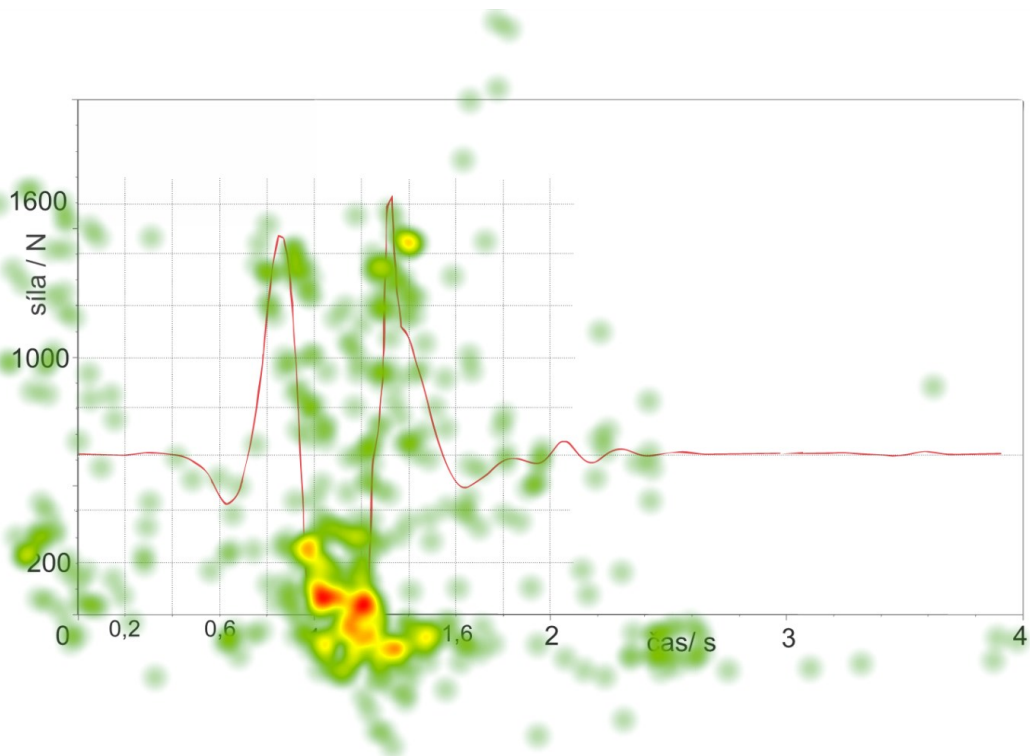


Obr. 13: Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli špatně na úkol č. 4

Úkol č. 5: Kdy byla v podřepu nejnižší?

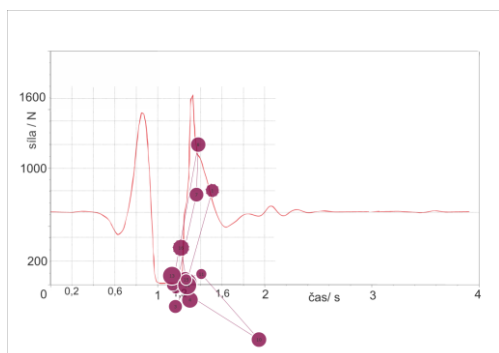
U této otázky je nutné poznamenat, že žáci nemohli pouhým pohledem na graf přesně určit správnou odpověď. Očekávanou odpovědí na tuto otázku byla buďto odpověď svědčící o typické miskonceptci, kdy vnímají graf jako obrázek, nebo odhad blízko před prvním maximem grafu. Žáci však mohli otázku pochopit i tak, že měli hledat nejnižší bod v podřepu po dopadu. Nikdo z účastníků však nekomentoval, že není možné úkol přesně vyřešit.

Z mapy pozornosti na obrázku 14 je jasně vidět, že nejčastěji věnovali žáci pozornost minimu grafu. To opět souvisí s miskoncepcí, že graf vnímají jako nástin reálné situace. V případě této otázky došlo ke zvláštnímu jevu. Odpověď dvou žáků na tuto otázku můžeme považovat za správnou nebo téměř správnou, ovšem ani jeden účastník se nepodíval na místo, kde by našli odpověď (viz obr. 15). Účastník P62/63 řekl, že byla v podřepu v čase 0,8 s, a účastník P64/65 odpověděl 0,84 s. Nejpravděpodobněji se jeví vysvětlení, že graf už interpretovali dříve. V rámci předchozího popisu jsme řekli, že Lída šla do podřepu, tudíž se na to při předchozích interpretacích mohli klidně zaměřit. Na gaze plotech předcházející otázky je u těchto účastníků zřejmé, že se na ty části o podřepu zaměřují a graf interpretovali. Z gaze plotů na obrázku 15 to vypadá, jak kdyby už v případě současné otázky kontrolovali a tedy uvažovali o možné odpovědi, která by se týkala podřepu po dopadu. Nebo je také možné, že si výsledky mezi sebou řekli, i když jsme je žádali, aby si je nesdělovali.

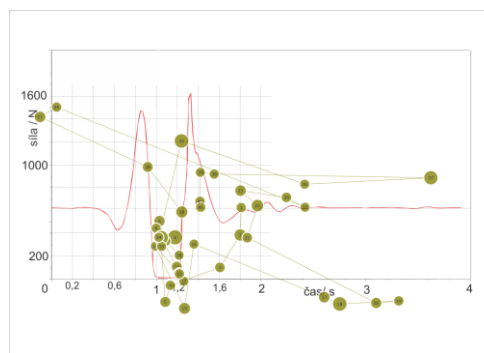


Obr. 14: Heat mapa účastníků při řešení úlohy, kdy byla v podřepu nejníže

P62/63



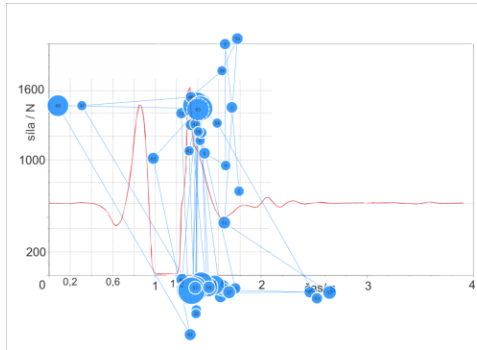
P64/65



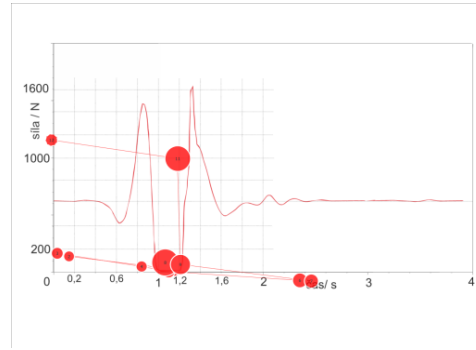
Obr. 15: Gaze ploty dvou účastníků, kteří vyřešili úkol č. 5 správně, ale nepodívali se na dané místo

Na obrázku č. 16 jsou uvedeny gaze ploty těch, kteří úlohu nevyřešili správně. U účastníka P54/55 to vypadá, jako kdyby přemýšlel o tom, že nejnižze byla v podřepu po dopadu. Do dotazníku však nakonec uvedl, že Lída byla nejnižze v době mezi 1 s a 1,2 s. Podobnou úvahu provedl i účastník P43/44. Nejpravděpodobněji si myslel, že nejnižze byla v podřepu po dopadu, ale bohužel do dotazníku neuvedl odpověď.

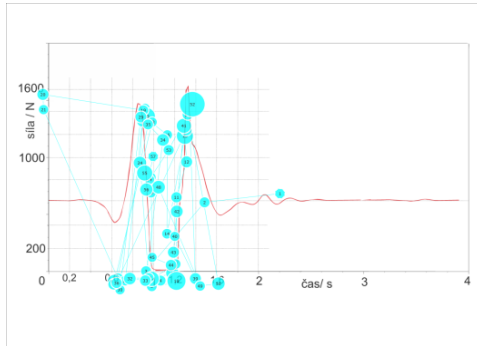
P43/44



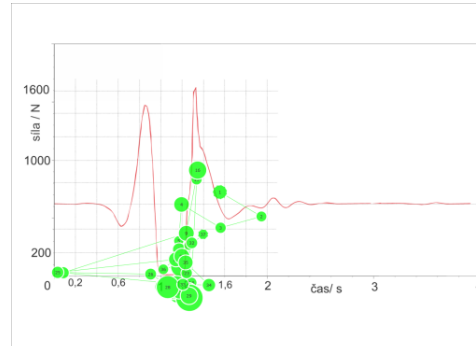
P45/46



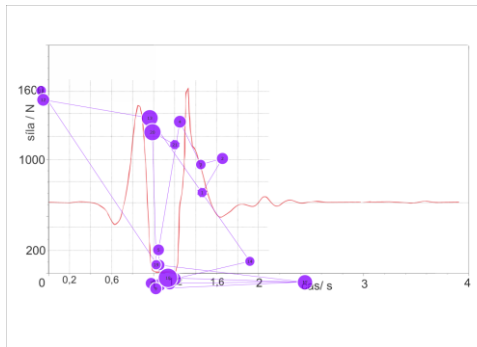
P47/48



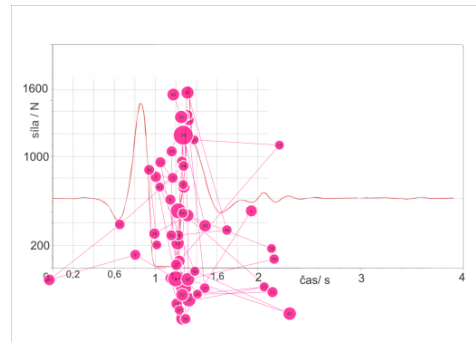
P50/51



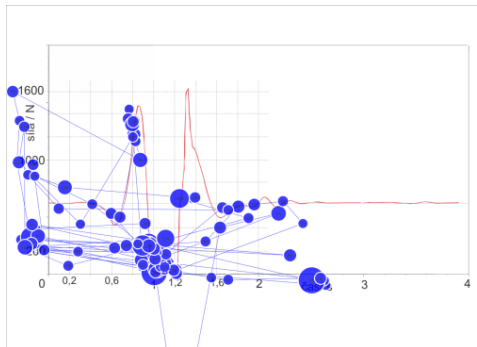
P52/53



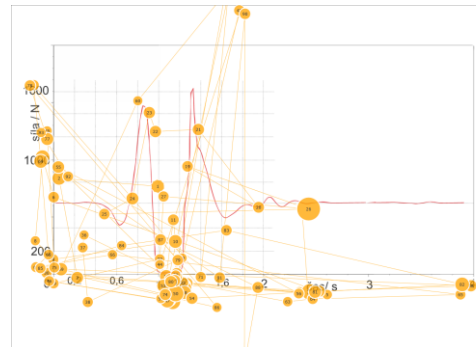
P54/55



P58/59



P60/61

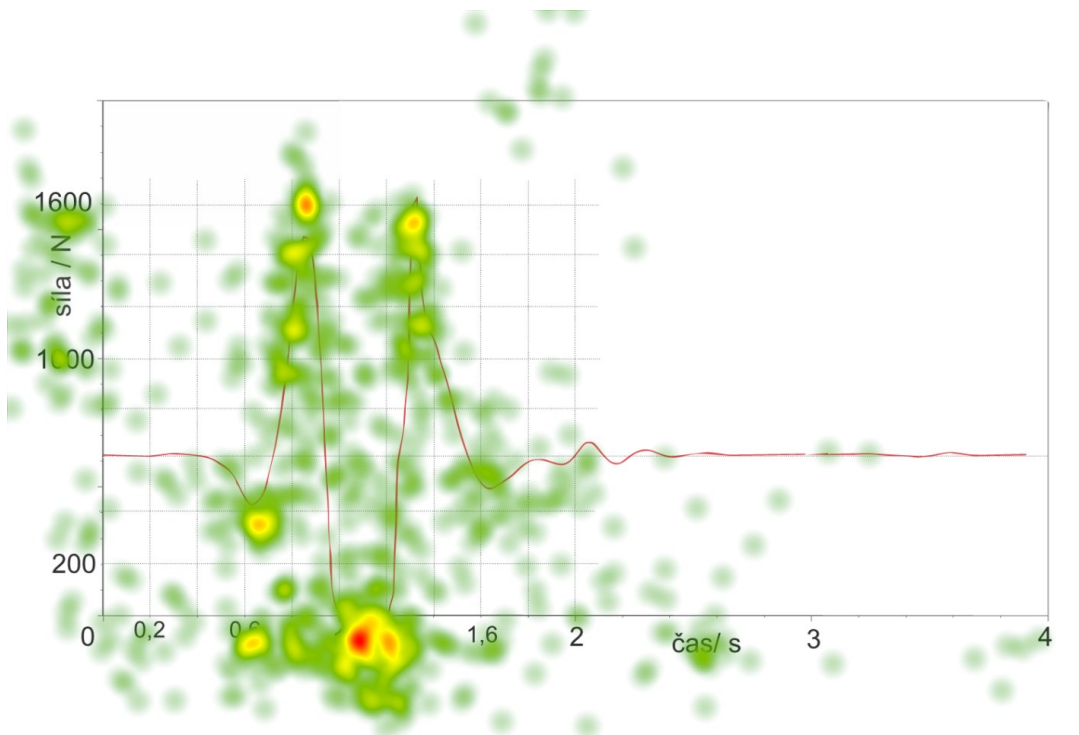


Obr. 16: Gaze ploty účastníků, kteří vyřešili úkol č. 5 špatně

Úkol č. 6: Kdy byla ve výskoku?

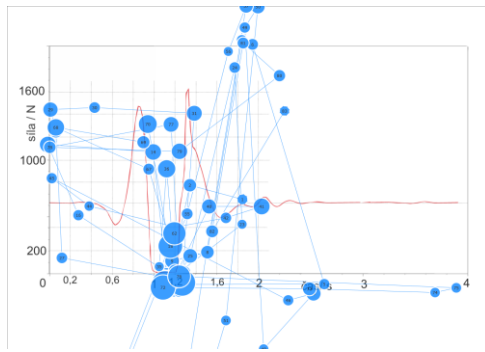
V podkapitole 3.3.2 je popsáno, že u této otázky došlo u více žáků ke konfliktu, kde si uvědomili své předešlé chybné odpovědi a na tuto otázku již odpověděli správně. Jak je vidět na mapě pozornosti (obr. 17), nejvíce žáci pozorovali minimum grafu. Dále byla věnována pozornost i oběma maximům grafu.

Tuto otázku správně vyřešilo sedm žáků (jejich gaze ploty viz obr. 18). Tato otázka pro ně tedy byla ta jednodušší. Osm z deseti žáků dokonce v dotazníku uvedlo, že si byli tímto úkolem při řešení jistí.

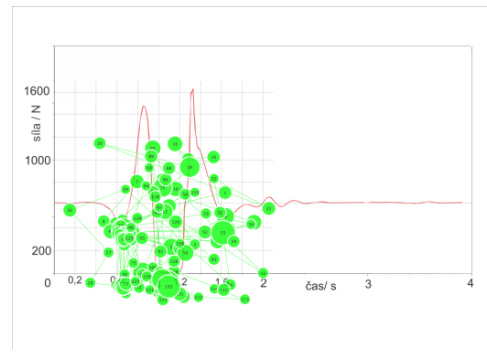


Obr. 17: Heat mapa účastníků při řešení úlohy, kdy byla Lída ve výskoku

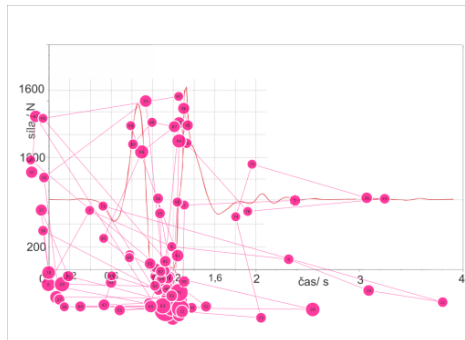
P43/44



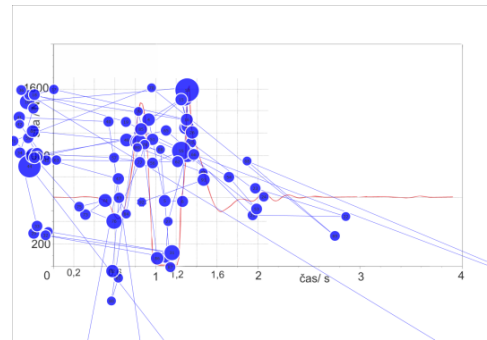
P50/51



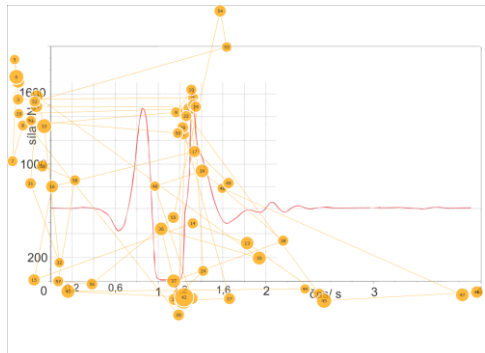
P54/55



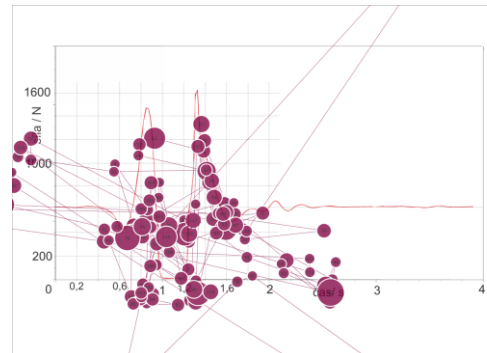
P58/59



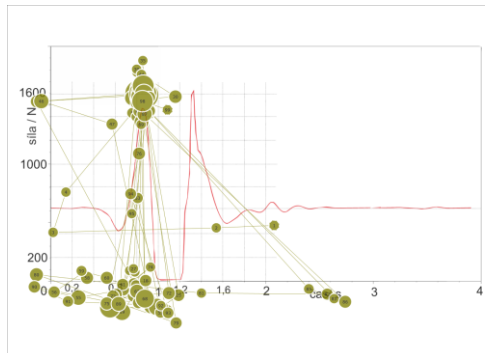
P60/61



P62/63



P64/65

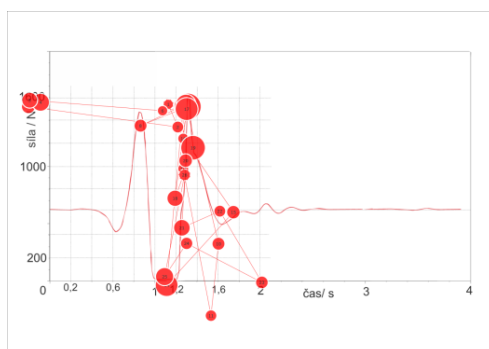


Obr. 18: Gaze ploty účastníků, kteří vyřešili úkol č. 6 správně

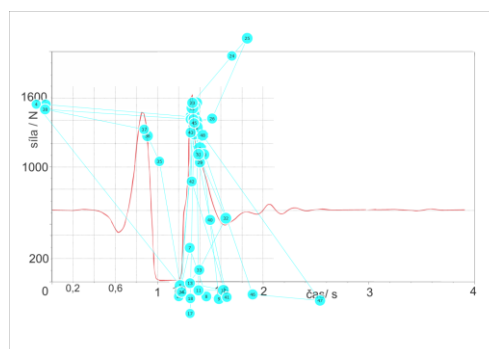
Na obrázku č. 19 jsou gaze ploty účastníků, kteří odpověděli na tento úkol špatně. Jak je u nich vidět, soustředili se na nejvyšší místa v grafu. To opět může poukazovat na to, že graf vnímají jako náčrt reálné situace. Špatně řešící žáci jsou na rozdíl od správně řešících jasně vyhranění a víceméně věnují pozornost jen striktně jednomu nebo druhému maximu. U správně řešících žáků je podobný gaze plot pouze pro účastníka P64/65, tedy by podobný tvar gaze plotu mohl být testován jako predikující a rozlišující mezi správně a špatně řešícími žáky.

Je však s podivem, že P52/53 odpověděl na otázku, kdy byla Lída nejvýše, správně. U něj tedy muselo dojít k přehodnocení správné interpretace. U úkolu č. 5 je u tohoto člověka vidět mnohem více fixací než u předešlého úkolu. Tedy lze usuzovat, že se opravdu znovu nad grafem zamýšlel.

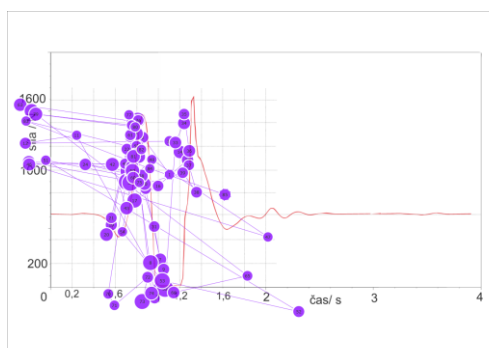
P45/46



P47/48



P52/53

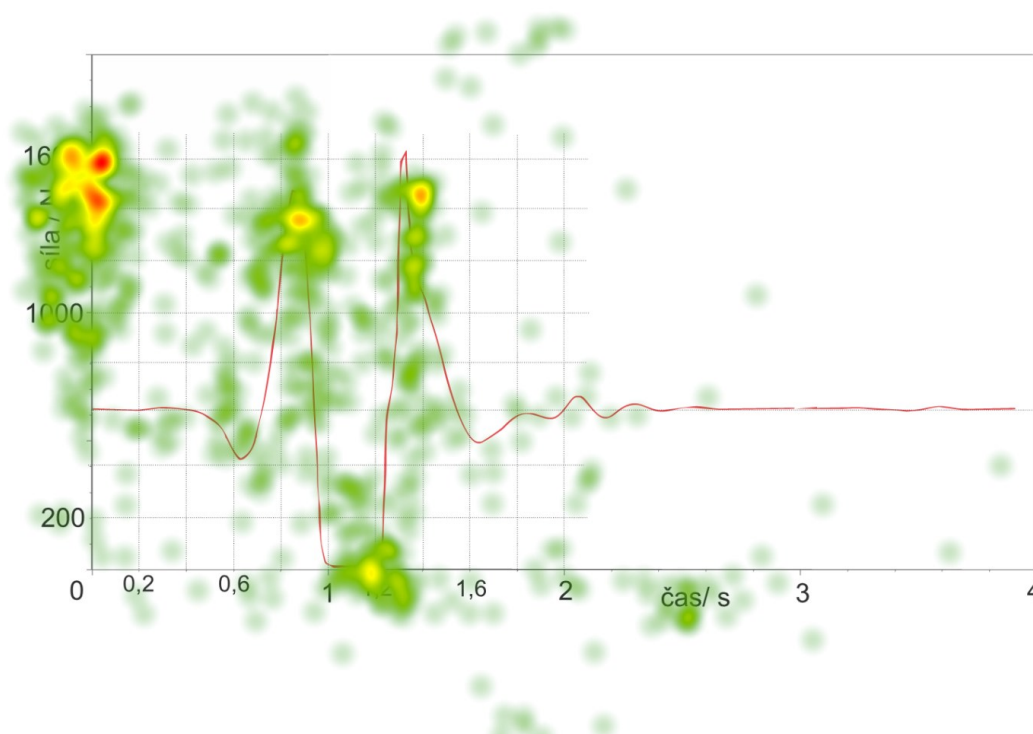


Obr. 19: Gaze ploty účastníků, kteří řešili úkol č. 6 špatně

Úkol č. 7: Jakou silou působila na váhu při odrazu?

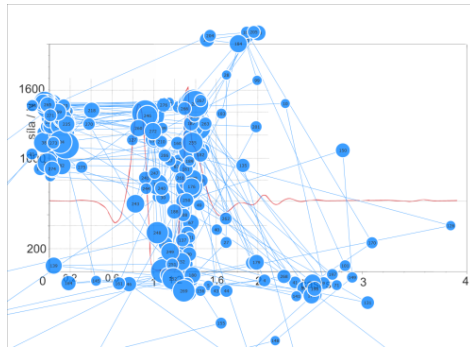
Jak je vidět na heat mapě na obr. 20, nejvíce pozornosti věnovali při tomto úkolu dvěma maximům grafu a hodnotám síly k nim patřící. Tento úkol správně vyřešilo sedm žáků (jejich gaze ploty viz obr. 21). V této úloze byli tedy žáci společně s úkolem č. 6 nejúspěšnější.

U tohoto úkolu došlo u dvou žáků podobně jako u úkolu č. 6 ke konfliktu. Více je o tom psáno v podkapitole 3.3.2. U účastníků P43/44 a P45/46 došlo k nečekaným fixacím po celé ploše grafu. P43/44 odpověděl na tuto otázku správně, což je překvapivé hlavně díky tomu, že správně odpověděl i na předešlý úkol. Tedy není nějaký důvod k tomu, proč by měl najednou tak zkoumat graf. Navíc v dotazníku uvedl, že určování síly při odrazu pro něj byl nejjednodušší úkol. P45/46 naopak vyřešil úkol nakonec špatně i přes to, že se nad grafem znovu podrobněji zamýšlel.

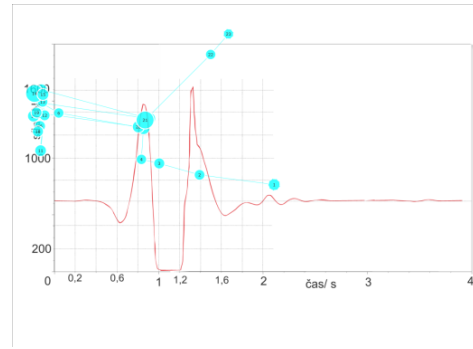


Obr. 20: Heat mapa účastníků při řešení úlohy, jakou silou působila Lída na váhu při odrazu

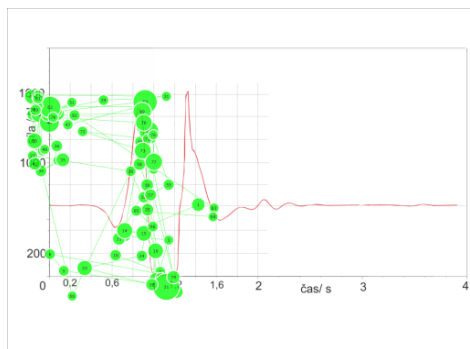
P43/44



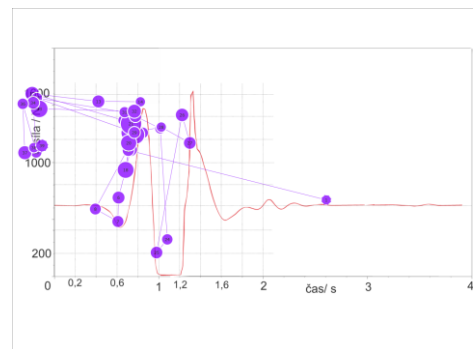
P47/48



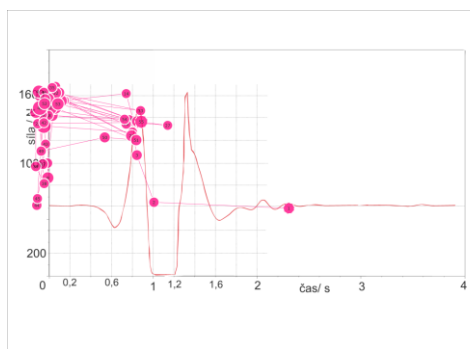
P50/51



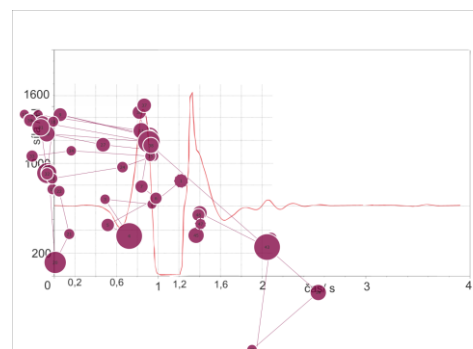
P52/53



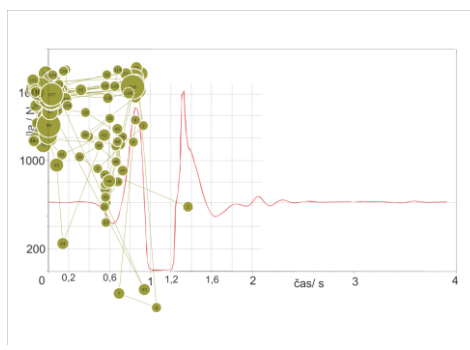
P54/55



P62/63



P64/65

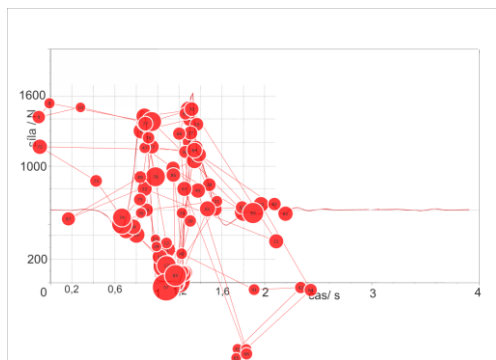


Obr. 21: Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli na úkol č. 7 správně

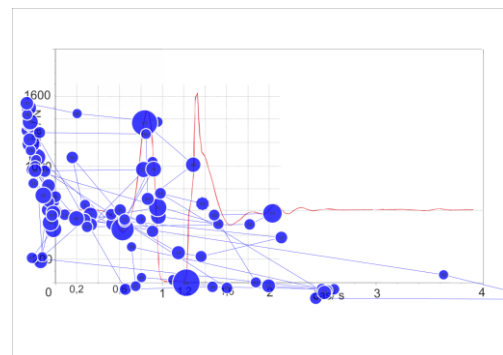
Na obrázku č. 21 jsou gaze ploty těch účastníků, kteří odpověděli na úkol č. 7 správně. Až na účastníka P43/44 je zřejmé, že už nepotřebovali nad grafem příliš přemýšlet, ale víceméně jen vyhledávali požadovanou hodnotu.

Na obrázku č. 22 jsou gaze ploty těch účastníků, kteří odpověděli na úkol č. 7 špatně. U P58/59 a P60/61 je jejich nesprávná odpověď zřejmá již z gaze plotů. Účastník P58/59 navíc v dotazníku odpověděl, že při odrazu působila Lída silou 500 N. U P60/61 je zase zajímavé, že předešlou otázku vyřešil správně, ale při této otázce se soustředil na druhé maximum grafu místo na první, tedy odpověděl 1600 N. P45/46 uvažoval o obou maximech, ale první výrazné maximum grafu, u kterého se měla určovat síla odrazu, označil v dotazníku jako oblast, které nerozumí.

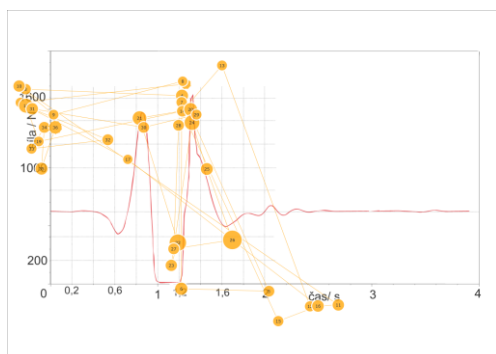
P45/46



P58/59



P60/61



Obr. 22: Gaze ploty účastníků, kteří vyřešili úkol č. 7 špatně

Srovnáme-li správnost řešení žáků úkolu č. 6 a 7 je zajímavé, že pouze žák P45/46 uvedl konzistentně chybné řešení. Úkol č. 6 („kdy byla ve výskoku“) chybně řešili i žáci P47/48 a P52/53, kdy uváděli jedno nebo druhé výrazné maximum křivky grafu. Sílu při odraze ovšem identifikovali správně. Tito dva žáci v určitém smyslu ignorovali oblast nulového působení na váhu.

3.2 Rozbor prvního seznámení s grafem

V podkapitole 3.1 jsem již zmiňovala, že žáci si při prvním prohlížení grafu stihnou projít téměř celý graf. Jak je vidět na obr. 6 na str. 17, žáci si všimli důležitých prvků grafu (tj. osy, názvy os, jednotky, hodnoty na osách, křivky atd.). Když se však podíváme na obrázky, které nakreslili po prvním prohlížení (viz obr. 23), všimneme si několika rozdílů. Nejvýraznější rozdíl je v popisu os. Přestože popis na osách žáci v drtivé většině četli, při kreslení grafů pouze pět žáků popsalo obě osy grafu a jeden žák popsal jen časovou osu. Dále někteří žáci ignorovali první minimum grafu, je zřejmé, že dvě maxima jsou percepčně výraznější. Nebo minima a maxima zaměnili. Vcelku překvapivé je, že globální minimum grafu nedotahovali až k vodorovné ose.

Popis jednotlivých účastníků:

P43/44: Na gaze plotu tohoto účastníka je vidět, že pozornost věnoval popisu a hodnotám svislé osy, to však do obrázku nenakreslil/nenapsal. Je vidět, že ignoroval první vodorovnou část grafu, kterou ani do obrázku nenakreslil. I když si všiml minima grafu, stejně v črtání pokračoval s křivkou dál a ta protla vodorovnou osu.

P45/46: Uvedl popis obou os. Podobně jako P43/44 začíná až náběhem na první maximum grafu. Na gaze plotu je vidět, že si všiml jen jednoho maxima, ale v obrázku má maxima hned tři.

P47/48: Tento účastník si nevšiml celých os, věnoval pozornost pouze jejich názvu, který následně napsal do obrázku. Zběžně si prohlédl celý graf, ale ignoroval jeho globální minimum. Tak si nevšiml, že minimum se dotýká časové osy, tedy to ani nenakreslil. Kresba tohoto žáka velmi dobře odpovídá zaznamenaným fixacím.

P50/51: Obrázek tohoto účastníka se shoduje s tím, čeho si všiml na gaze plotech. Podobně jako se u druhého píku nepodíval až na vrchol, tak nakreslil i druhé maximum. Nenakreslil ho výše jak první. Minimum grafu se nedotýká vodorovné osy i přes to, že se na minimum podíval (na rozdíl od P47/48). Poněkud zvláštní je však číslo 0,26, které napsal u svislé osy. Nejspíše je to nějaká zkomolenina hodnot 200 N a 1600 N.

P52/53: Tento účastník si zapamatoval více hodnot na svislé ose. K oběma osám napsal jednotky, ale nenapsal jejich názvy. U tohoto žáka došlo k překroucení grafu, kde místo dvou maxim a jednoho minima nakreslil dvě minima a jedno maximum. Navíc vodorovné části grafu nenakreslil ve stejné výšce.

P54/55: Podobně jako P52/53 prohodil maxima za minima (nebo aspoň první pokles nakreslil ve stejné výšce jako minimum grafu). Ovšem tento žák již nakreslil vodorovné části grafu ve stejné výšce. Již také napsal názvy os, ale za to si zapamatoval méně hodnot na osách.

P58/59: U tohoto účastníka je vidět, že se podíval jen na svislou osu. V rámci kresby pak neuvedl ani náznak rámce os. To souvisí s jednou miskoncepcí ve vnímání grafu, kdy žáci často ignorují osy, protože je nepovažují za součást grafu.

P60/61: Tento účastník asi jako jediný věnoval více pozornosti osám grafu. Jako jediný ze všech účastníků napsal, že osy začínají nulou. A dále uvedl dvě čísla na časové ose. Při pohledu na jeho gaze plot je zajímavé, že jako jediný věnoval i přímo fixaci číslu 4, které drtivá většina ostatních ignorovala. Toto ukazuje na ovlivnění tzv. bottom-up pozorností. Tomu by i odpovídaly minimální fixace na křivku grafu ve srovnání s ostatními žáky a následné podivné vybavení si této křivky, kdy splývá s osou grafu.

P62/63: Stejně jako P58/59 nebere tento žák za součást grafu osy. Z gaze plotu je sice zřejmé, že se na osy podíval, ale do obrázku je následně nenakreslil. Křivku však nakreslil vcelku správně, pouze ignoroval první minimum grafu.

P64/65: U tohoto žáka nastal pravý opak jako u P58/59 a P62/63. Tento účastník si nevšiml ani jedné osy, ale do obrázku je nakreslil. To znamená, že periferně vnímal rámeček vymezený osami.

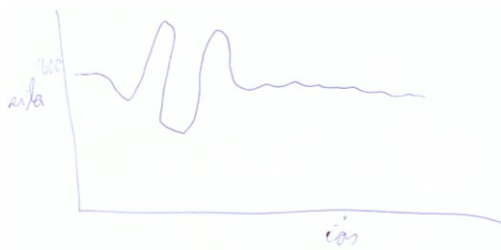
P43/44



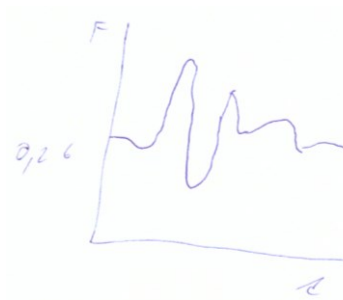
P45/46



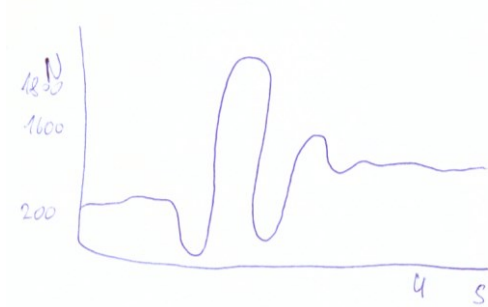
P47/48



P50/51



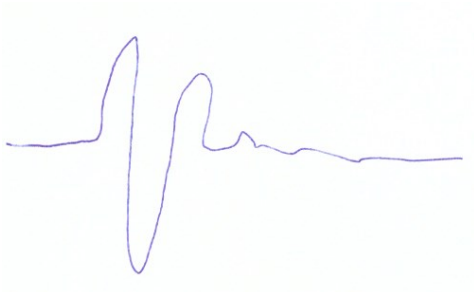
P52/53



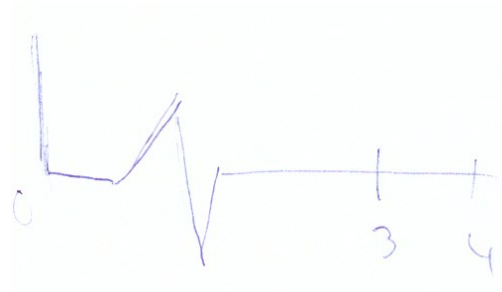
P54/55



P58/59



P60/61





Obr. 23: Náčrty grafů od účastníků po prvním prohlížení grafu

Po kreslení se oční kamera znovu zkalibrovala a test se spustil od začátku. To znamená, že si žáci podruhé prohlíželi graf po dobu 7 s. Gaze ploty druhého prohlížení jsou na videu v příloze k bakalářské práci na CD disku. Lze předpokládat, že při tomto druhém letném prohlížení se žáci nejprve zaměří na oblasti, které vnímali, že graf obsahuje, ale nemohli si je přesně vybavit. Tedy můžeme z toho dále usuzovat, které další charakteristiky grafu jim připadají jako důležité.

Popis jednotlivých účastníků po druhém prohlížení:

P43/44: Při druhém pohledu se ihned podíval nejdříve na název svislé osy a pak na název vodorovné osy. To ukazuje na to, že chtěl zjistit, čeho je to závislost. Dále se soustředil na druhé maximum a poté zkontroloval opět názvy os. Ovšem ani při druhém pohledu se nepodíval na počátek grafu nebo na hodnoty na osách.

P45/46: Pozornost tohoto účastníka zaujalo stejně jako u P43/44 druhé maximum grafu. Už se jen zběžně podíval na popis os a překontroloval i hodnotu 200 N, na kterou se podíval i poprvé.

P47/48: Při druhém pohledu si již všiml, kde leží minimum grafu. Hned na poprvé se podíval na název svislé osy, poté pokračoval podél křivky celého grafu, až se zastavil na názvu vodorovné osy. Hodnotám na osách však nevěnoval větší pozornost stejně jako předešlí účastníci.

P50/51: Tento respondent se naopak již nedíval na tvar křivky, ale zaměřil se více na popis obou os. Několikrát se podíval hlavně na hodnoty na svislé ose. Z toho by se dalo tedy usuzovat, že překontroloval hodnotu, co napsal do svého obrázku.

P52/53: V druhém prohlížení se zaměřil výhradně na levou část grafu. Všiml si jen svislé osy, přičemž na vodorovnou se ani jednou nepodíval. Jeho první pohledy směřovaly přímo k názvu svislé osy. Poté si prohlídl obě maxima. Dále výrazně zkoumal první část grafu před podřepem a všiml si i počátku.

P54/55: Při druhém prohlížení již ignoroval osy, protože těch si všiml při prvním pohledu. Naopak se více zaměřil na tvar křivky. Podíval se na obě maxima i na minimum. Jediné dva body, na které se podíval na osách, byly hodnoty 1000 N a 1,2 s.

P58/59: Tento žák se na osy při prvním prohlížení téměř nepodíval, při druhém se na ně nepodíval už vůbec. To opět poukazuje na jeho mylnou představu o grafu, že je to pouze ta křivka a že k němu nepatří osy. Jeho pohled byl soustředěný jen na jednu oblast uprostřed grafu. Nedíval se ani na maxima, ani na minima, ale zaujala ho část po doskoku, kdy se na grafu ukazuje závěrečný „záchvěv“. Tuto část navíc označil v dotazníku jako oblast, kterou nedokáže interpretovat.

P60/61: Tím, jak při prvním pozorování věnoval pozornost osám, tak si při druhém prohlížení všiml více grafu. Nejdříve se podíval na hodnoty 200 N a 1000 N, poté si prohlídnul téměř celý graf zleva doprava. Více si všiml maxim a minim (především první pokles křivky).

P62/63: Při druhém prohlížení letmo shlédnul křivku grafu a poté se zaměřil jen na osy. Více si všiml všech hodnot, dokonce se podíval i na počátek os. I když se při prvním pozorování díval na název svislé osy, při druhém pozorování se na to místo díval ještě intenzivněji. Vypadá to, jak kdyby ho na poprvé zapomněl a tak si ho snažil zapamatovat.

P64/65: Zatímco tento účastník při prvním pozorování ignoroval obě osy, při druhém prohlížení si je zběžně prohlídl a dokonce se podíval i na počátek. To udělal zřejmě jen proto, aby zjistil, co na osách je, když se na ně poprvé nepodíval.

3.3 Vliv otázky na interpretaci grafu žáky

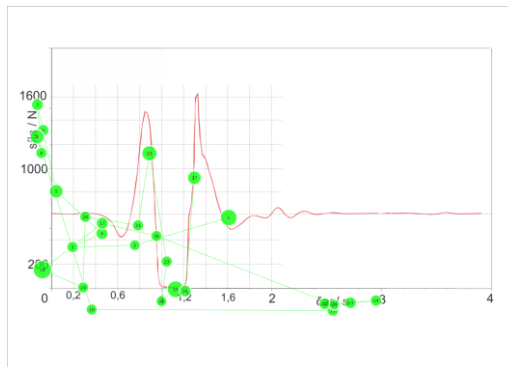
Posouzení interpretace grafu žáky proběhlo na základě vývoje gaze plotů při prohlížení účastníkem při postupném řešení všech úloh. V průběhu výzkumu došlo k několika podobným vývojem při řešení úloh žáky, ale objevilo se i několik originálních způsobů interpretace. Také jsme zaznamenali, že v průběhu pokládání různých otázek si několik žáků uvědomilo svůj chybný úsudek a začali přehodnocovat svoje odpovědi, což se ukázalo výrazným zvýšením počtu fixací (podrobněji v dalších podkapitolách).

3.3.1 Typické prohlížení daného grafu při sérii otázek

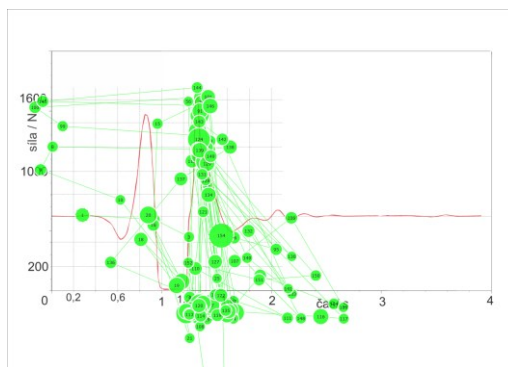
Při prvním volném prohlížení probíhalo typicky fixování celé plochy grafu několika fixacemi. Typicky k podrobnému zkoumání došlo při zadání konkrétní první otázky, tj. žáci si začali graf interpretovat při otázce, kolik Lída váží, a možnosti prohlížet si graf libovolně dlouhou dobu. Po tomto detailním pohledu je už při dalších otázkách počet fixací výrazně nižší. Také se soustředili jen na konkrétní oblasti, kde vyhledávali odpovědi (viz obr. 24). Z tohoto typického průběhu lze usuzovat, že obvykle žáci interpretovali význam již po položení první otázky a při dalších otázkách spíše už jen vyhledali odpověď.

Podobný průběh měla většina zúčastněných. Našly se však dvě výjimky, účastník P47/48 a P58/59, u kterých se tyto tendence neprojeví. U žáka P47/48 se neobjevil žádný detailní shluk fixací. Žádný z gaze plotů tohoto respondenta neukazuje výraznější počet fixací jako tomu bylo pro typický případ (viz obr. 25).

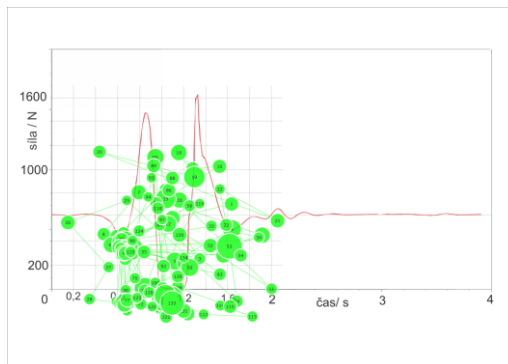
Volné prohlížení grafu



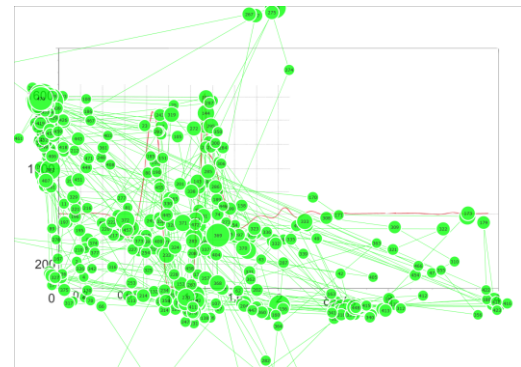
Kdy byla nejvýše?



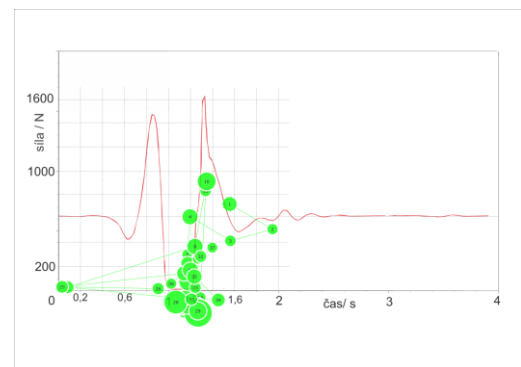
Kdy byla ve výskoku?



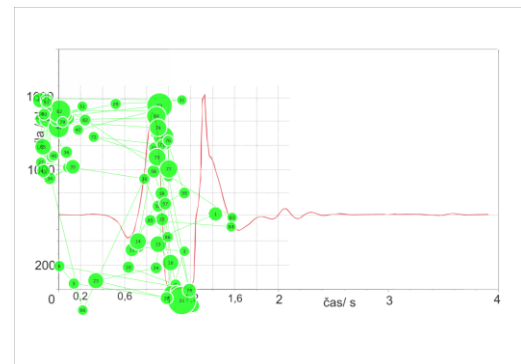
Kolik Lída váží?



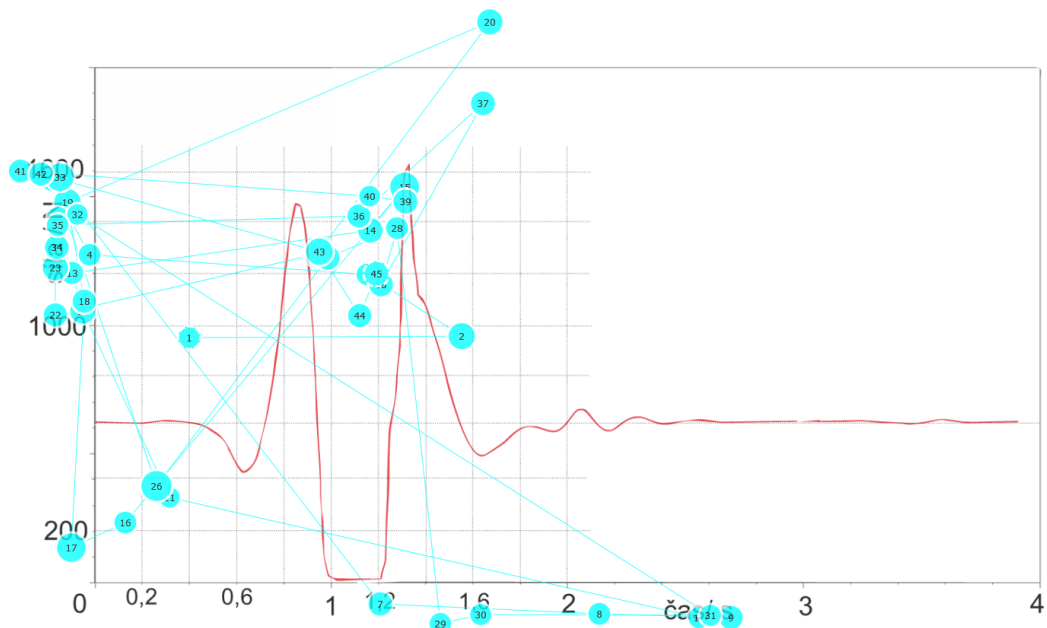
Kdy byla v podřepu nejnižší?



Jakou silou působila na váhu při odrazu?



Obr. 24: Gaze-ploty účastníka P50/51 (je zde vidět typický průběh fixování – při volném prohlížení došlo k fixaci celé plochy, k detailnímu zkoumání došlo až při první otázce, při dalších otázkách již není fixace tak výrazná)



Obr. 25: Gaze-plot účastníka P47/48 – otázka „Kolik Lída váží?“ – je vidět, že nedošlo k žádné podrobné fixaci (k tomu nedošlo ani při žádné další otázce – viz Příloha 2)

U dalšího účastníka P58/59 došlo naopak k výraznějším fixacím u každé otázky. Na jeho gaze-plotech je vidět, že nad grafem a nad otázkami k němu patřící přemýšlí neustále (viz Příloha 3).

Na základě uvedeného kvalitativního pozorování můžeme nastínit doporučení pro výuku. Jednak je zřejmé, že letmé prohlédnutí grafu je pro žáky nedostačující, aby si ho interpretovali. I když jsme zaznamenali několik fixací po celém grafu, při odpovídání na otázku, bylo zřejmé, že si musí graf prohlížet mnohem delší dobu. Dále bylo patrné, že u většiny žáků z našeho vzorku 12 účastníků, došlo k interpretaci grafu už během první otázky. V tomto případě je tedy potřeba dát žákům čas na celkovou interpretaci při první otázce, i když se jedná o otázku jednoduchou (například účastníkovi P50/51 trvalo vyřešení otázky „Kolik Lída váží?“ 2 minuty a 35 vteřin). Naopak při pokládání dalších otázek již většinou žáci tolik času nepotřebovali.

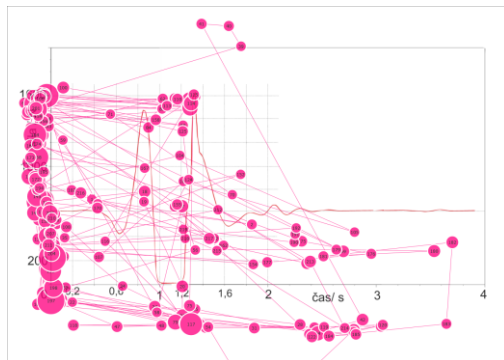
3.3.2 Typické chybné přístupy při interpretaci grafu

Pozorovali jsme jednu z typických miskoncepcí, ke kterým dochází při pozorování grafů. Jak jsem uvedla v kapitole 1.4, jednou z chyb, co žáci dělají, je ta, že graf vnímají jako obrázky. U čtyř studentů došlo k tomu, že si u otázky „Kdy byla nejvýše?“ mysleli, že to je to druhé maximum grafu (viz obr. 26). Tři žáci na tuto otázku odpověděli špatně a jeden (P45/46) si svoji chybnou odpověď rozmyslel a nakonec úkol vyřešil správně. Na gaze plotech třech žáků (P47/48, P60/61 a P62/63), kteří na tuto otázku odpověděli správně, jsou vidět jejich tendence, kdy se při řešení podívali na druhé maximum grafu (viz obr. 12 na str. 24). Tato otázka pro ně tedy byla dost matoucí a nejspíše podvědomě je to táhlo k nejvyššímu bodu v grafu. Vysvětlením může být i to, že u žáků dojde během první otázky ke špatné interpretaci, načež ve druhé otázce odpoví chybně.

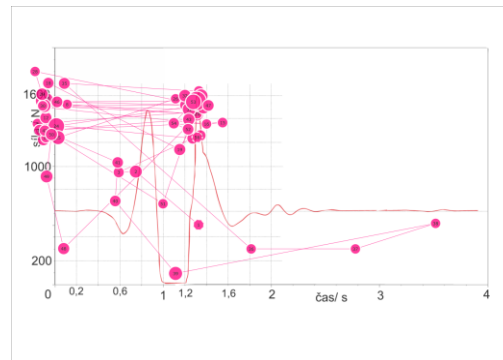
V této úvaze pokračují dále a na otázku „Kdy byla v podřepu nejniže?“ volí strategii, že to musí být před výskokem – tedy minimum grafu (opět viz obr. 26). Při následující otázce „Kdy byla ve výskoku?“ však u třech žáků (účastníci P50/51, P54/55 a P62/63) došlo ke konfliktu – najednou je vidět více fixací po větší ploše grafu. Díky této otázce u nich došlo k pochopení, že odpovídali špatně a začali uvažovat o jiných možnostech interpretace grafu. V tento moment došlo, dalo by se říct, k prozření. U účastníka P43/44 a P45/46 (viz Příloha 4) došlo ke konfliktu až u poslední otázky.

K zajímavému průběhu došlo u P60/61. Ten na úkol č. 4 odpověděl správně, i když přemýšlel nad tím, že Lída byla nejvýše tam, kde bylo maximum grafu. Na další úkol odpověděl špatně, tedy že nejniže v podřepu byla Lída v minimu grafu. Spíš se přiklonil k myšlence, že na předešlou otázku odpověděl špatně a že Lída byla opravdu nejvýše v maximu. Ale při dalším úkolu mu došlo, že odpověděl špatně na předešlou otázku a vrátil se ke své původní interpretaci. Tím pádem již odpověděl na úkol č. 6 správně.

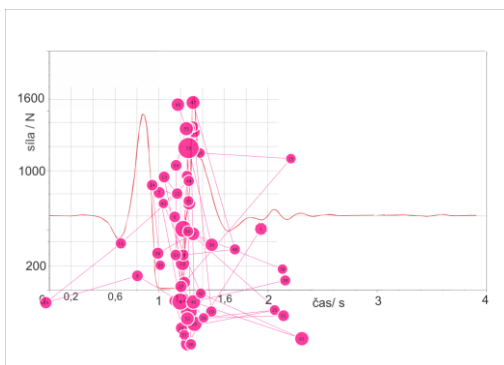
Kolik Lída váží?



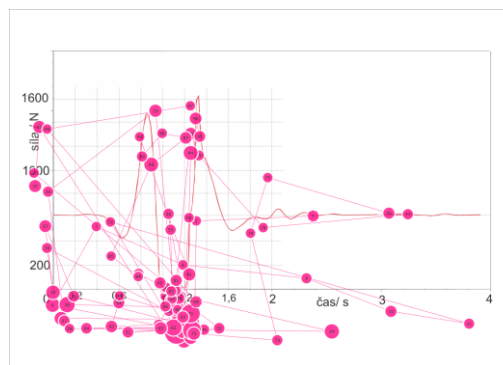
Kdy byla nejvýše?



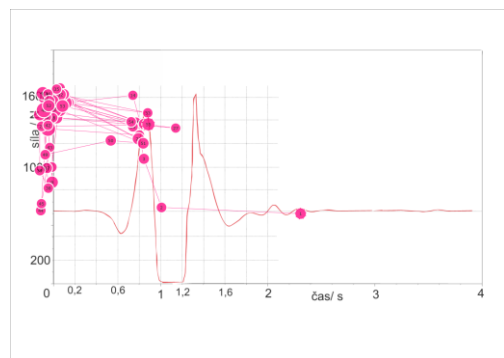
Kdy byla v podřepu nejnižší?



Kdy byla ve výskoku?



Jakou silou působila na váhu při odrazu?



Obr. 26: Gaze-ploty účastníka P54/55 – u druhé otázky je vidět typická miskoncepce ve vnímání grafu, u čtvrté otázky je vidět konflikt

Z těchto výsledků tedy můžeme opět nastínit doporučení pro výuku. Je podstatné nejen dávat žákům otázky ke grafu, ale klást jim více otázek, třeba jen položených jinak. U některých žáků došlo nejprve k chybné interpretaci. Poté u nich došlo při několikáté otázce ke konfliktu, nebo naopak hlubšímu porozumění. Dobře je to vidět

u úkolů č. 4 a č. 6. Tyto otázky jsou v podstatě stejné, jsou k nim potřeba stejné informace. Ale i přes to je úspěšnost vyřešení jiná. Z tohoto malého počtu žáků však nemůžeme usuzovat na to, která otázka je pro porozumění takového grafu klíčová a jaké pořadí otázek by bylo nejvhodnější.

Závěr

Byl proveden kvalitativní průzkum, který se zaměřil na interpretaci grafu žáky sledované oční kamerou a zjištění typických procesů a vlivu otázky na proces interpretace. Byla modelována situace ve výuce, kdy učitel prezentuje žákům graf získaný měřením a diskutuje s nimi o tomto grafu.

Typicky jsme pozorovali, že ve chvíli, kdy jsme grafu přiřadili význam (že se jedná o pohyb Lídy, která vyskočila na siloměrné plošině) a byla jim položena první otázka, žáci začali intenzivně věnovat pozornost celé ploše grafu, což zřejmě vedlo k interpretaci celé křivky grafu. Další následné pokládání otázek již typicky ukazovalo pouze na vyhledání požadované odpovědi. Tedy jsme zaznamenali menší počet fixací cílený jen na vybrané části grafu.

Někteří žáci chybnou interpretaci vlivem dalších otázek změnili, což se projevilo nejen následnou správnou odpovědí, ale také opět větším množstvím fixací po větší ploše grafu. Z výše uvedeného pozorování vyplývá, že je pro žáky potřeba dostatek času po položení první, byť velmi jednoduché otázky, protože v tu dobu u nich dochází k celkové interpretaci grafu. A navíc pokládání různých, ale obsahově stejných, otázek může mít vliv na vlastní uvědomění si žáka, že jeho interpretace není správná, a vést ke změně této interpretace.

Dále se u žáků ukázaly typické miskoncepce při práci s grafy. Nejvíce se projevila ta, kdy graf vnímali jako obrázek nebo nástin reálné situace a ne jako matematickou reprezentaci. Nejobtížnější úlohou pro žáky byl úkol č. 5 „Kdy byla v podřepu nejnižší?“. Tuto úlohu správně vyřešili dva studenti, kteří dále jako jediní vyřešili i všechny ostatní úkoly dobře. Naopak největší úspěšnost měly hned dva úkoly a to úkol č. 6 a 7 (tedy „Kdy byla ve výskoku?“ a „Jakou silou působila na váhu při odrazu“). Na základě kvalitativního posouzení gaze plotů žáků, kteří jednotlivé úkoly řešili správně a těch, kteří je vyřešili špatně, byly v některých případech identifikovány možné oblasti, které by mohly sloužit pro predikování správnosti řešení.

V neposlední řadě bylo zjištěno, že při prvním krátkém pohledu na graf, si téměř všichni testovaní žáci všimli popisu os a prohlédli několika fixacemi celou plochu grafu. Jak uvádí (Gřondilová, 2004) i v zahraniční literatuře zabývající se výzkumem

v oblasti práce s grafy je jednou z typických žakovských miskoncepcí identifikována ignorace os. Sledovaní účastníci v tomto výzkumu byli k osám na první pohled pozornější. Ovšem při následném vybavení si prohlédnutého grafu polovina žáků, i přes původní fixování popisu os, nakonec popis nevedla. Pro další výzkum bude zajímavé rozlišovat, zda žáci vnímají nějakou část grafu jako důležitou a hodnou pozornosti a zda reálně z této oblasti získávají informace. Vybavení si komplexní křivky ukázalo několik typických problémů. Tato část práce by mohla být v budoucnu rozšířena o podrobnější výzkum zaměřený na identifikování klíčových oblastí grafu, doplněná o interview s experty. Dále se nabízí navázání na tuto práci kvantifikováním získaných výstupů např. zjištění doby trvání fixací věnovaných jednotlivým oblastem grafu, apod.

Jako budoucí učitelce mi tato bakalářská práce dala jak praxi v terénu u žáků středních škol tak i následný náhled na styl budoucí výuky grafů. Výsledky této práce se mohou tedy dále uplatnit především ve výuce fyziky popřípadě matematiky.

Seznam použité literatury

BEICHNER, R. Testing student interpretation of kinematics graphs. *Am. J. Phys.* 1994, **62**(8), 750-762.

BORJI, Ali a Laurent ITTI. Defending Yabus: Eye movements reveal observers' task. *Journal of vision*. 2014, **14**(3), 22.

DUCHOWSKI, Andrew. *Eye tracking methodology theory and practice*. 2nd ed. London: Springer, 2007. ISBN 978-184-6286-094.

FINDLAY, J.; WALKER, R. A model of saccade generation based on parallel processing and competitive inhibition. *Behavioral and brain sciences*, 1999, **22**, 661–722.

Force plate. *Vernier* [online]. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/FP-BTA>

GŘONDILOVÁ, Martina. *Práce s grafy ve výuce fyziky*. Praha, 2004. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta.

Interaktivní fyzikální laboratoř. *Katedra didaktiky fyziky* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/ifl/>

KEKULE, Martina. Metoda oční kamery při výzkumu řešení úloh z fyziky žáky SŠ a VŠ. *Matematika - fyzika - informatika*. 2015, **XXIV**(5), 123-130. ISSN 1210-1761.

KEKULE, Martina. Výzkum pomocí oční kamery ve fyzikálním vzdělávání. *Scientia in educatione*. 2014, **5**(2), 58-73. ISSN 1804-7106.

LINTHORNE, N. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*. 2001, **69**(11), 1198-1204.

LUKAVSKÝ, Jiří. *Sledování očních pohybů*. Praha, 2005. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Matematicko-fyzikální fakulta.

OHNO, E., SHIMOJO, A. a IWATA, M. Analysis of Problem Solving Processes in Physics Based on Eye-Movement Data. *Proceedings of GIREP*. 2015, 64-70.

Tobii Pro TX300. *Tobii* [online]. [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-tx300/>

VIIRI, J., KEKULE, M., ISONIEMI, J., HAUTALA, J. Eye-tracking the effects of representation on students' problem solving approaches. *Proceedings of the annual symposium of the FMSERA 2016*, The Finnish Mathematics and Science Education Research Association. ISSN 2489-4583, 88-98.

Seznam obrázků

Obr. 1:	Ukázka heat mapy (vlevo – červená místa jsou místa s největším počtem zaznamenaných fixací) a gaze plotu (vpravo – velikost kolečka znázorňuje délku fixace, zatímco čáry mezi fixacemi jsou sakády)	4
Obr. 2:	Oční kamera připevněná k monitoru (dolní lišta monitoru) Zdroj: KDF MFF UK.	5
Obr. 3:	Graf závislosti působící síly na podložku při výskoku s protipohybem Zdroj: Linthorne (2001)	8
Obr. 4:	Proces testování.	12
Obr. 5:	Graf závislosti působící síly na siloměrnou plošinu na čase v průběhu podřepu, výskoku a dopadu.	13
Obr. 6:	Heat mapa (mapa pozornosti) účastníků při prvním pozorování grafu během 7 s.	17
Obr. 7:	Gaze ploty všech žáků při prvním prohlížení grafu.	19
Obr. 8:	Heat mapa účastníků při zjišťování, kolik Lída váží.	20
Obr. 9:	Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli správně na úkol č. 3.	21
Obr. 10:	Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli špatně na úkol č. 3.	22
Obr. 11:	Heat mapa účastníků při řešení úlohy, kdy byla Lída nejvýše.	23
Obr. 12:	Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli správně na úkol č. 4.	24
Obr. 13:	Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli špatně na úkol č. 4.	25
Obr. 14:	Heat mapa účastníků při řešení úlohy, kdy byla v podřepu nejnižší.	26
Obr. 15:	Gaze ploty dvou účastníků, kteří vyřešili úkol č. 5 správně, ale nepodívali se na dané místo.	27

Obr. 16:	Gaze ploty účastníků, kteří vyřešili úkol č. 5 špatně.	28
Obr. 17:	Heat mapa účastníků při řešení úlohy, kdy byla Lída ve výskoku.	29
Obr. 18:	Gaze ploty účastníků, kteří vyřešili úkol č. 6 správně.	30
Obr. 19:	Gaze ploty účastníků, kteří řešili úkol č. 6 špatně.	31
Obr. 20:	Heat mapa účastníků při řešení úlohy, jakou silou působila Lída na váhu při odrazu.	32
Obr. 21:	Gaze ploty účastníků, kteří odpověděli na úkol č. 7 správně.	33
Obr. 22:	Gaze ploty účastníků, kteří vyřešili úkol č. 7 špatně.	34
Obr. 23:	Náčrty grafů od účastníků po prvním prohlížení grafu.	38
Obr. 24:	Gaze-ploty účastníka P50/51 (je zde vidět typický průběh fixování – při volném prohlížení došlo k fixaci celé plochy, k detailnímu zkoumání došlo až při první otázce, při dalších otázkách již není fixace tak výrazná) . . .	41
Obr. 25:	Gaze-plot účastníka P47/48 – otázka „Kolik Lída váží?“ – je vidět, že nedošlo k žádné podrobné fixaci (k tomu nedošlo ani při žádné další otázce – viz Příloha 2)	42
Obr. 26:	Gaze-ploty účastníka P54/55 – u druhé otázky je vidět typická miskoncepce ve vnímání grafu, u čtvrté otázky je vidět konflikt	44

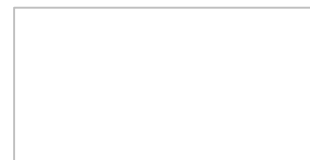
Přílohy

Příloha 1

Dotazník, který vyplňovali žáci během testování.





MATEMATICKO-FYZIKÁLNÍ
FAKULTA
Univerzita Karlova



Účastník výzkumu metodou oční kamery

*Dobrý den,
jsem studentkou 3. ročníku na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy.
Obracím se na Vás s žádostí o vyplnění krátkého dotazníku, který poslouží jako
podklad pro mou Bakalářskou práci. Účast ve výzkumu je anonymní a dobrovolná.
Předem děkuji za spolupráci.*

Pohlaví			Věk
Škola			
Třída/ročník			

Kontakt:

Známky na vysvědčení v minulém školním roce:

z fyziky ① ② ③ ④ ⑤ z matematiky ① ② ③ ④ ⑤

Co se mi první vybaví, když se řekne
„fyzika“

Učivo o vektorech (doplňte, co vás první napadne)
.....

Učivo o síle (doplňte, co vás první napadne)
.....

Učivo o pohybu (doplňte, co vás první napadne)
.....

Fyzikou (popřípadě oborem, který souvisí s fyzikou) se chci / nechci zabývat i po skončení střední školy.

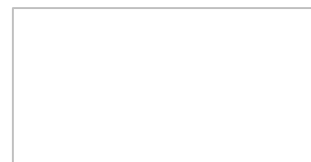
Krátký dotazník o Vašem vztahu k fyzice

Škála

1 – nesouhlasím 2- spíše nesouhlasím 3-těžko rozhodnout 4-spíše souhlasím 5-souhlasím

Preferuji přírodovědné obory před humanitními.	1	2	3	4	5	
Mám raději matematiku než fyziku.	1	2	3	4	5	
Mám raději teorii než pokusy.	1	2	3	4	5	
Fyzika mě baví.	1	2	3	4	5	
Fyzika mi připadá užitečná.	1	2	3	4	5	
Velmi rád dělám při učení nějaké pokusy, experimentuji.	1	2	3	4	5	
Baví mě něco dělat vlastníma rukama.	1	2	3	4	5	

Krátký dotazník k úlohám



Řešení úloh mě bavilo.	1	2	3	4	5	
Řešení úloh mi přišlo zajímavé.	1	2	3	4	5	

Vzpomenete si, co jste si myslel/a o grafu po prvním prohlížení?

.....

Věděl/a jste už odpověď na některou z otázek?

.....

Která úloha pro Vás byla nejobtížnější?

.....

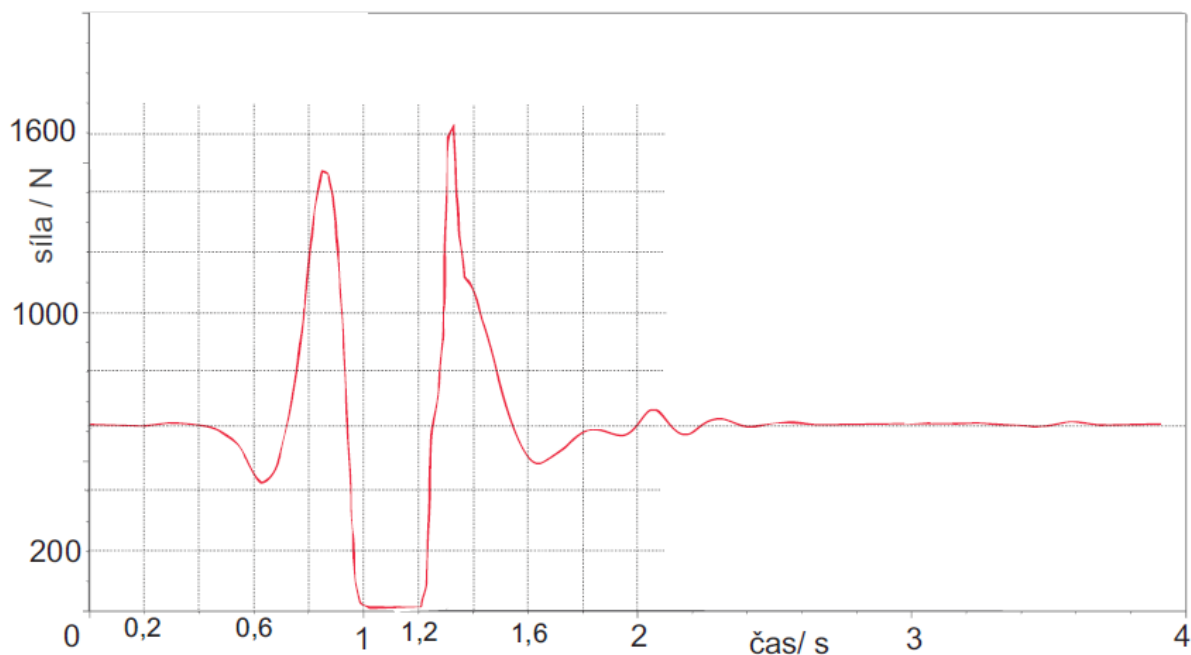
Co bylo pro Vás nejjednodušší?

.....

U které úlohy jste si byl/a jist/a, u které ne?

.....

Kterou část grafu neumíte interpretovat? (stačí zakroužkovat, označit...)

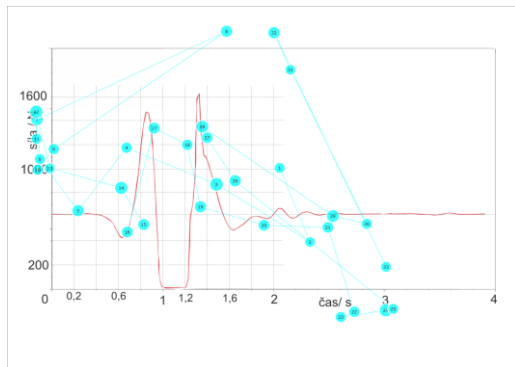


Děkujeme za Vaši účast ve výzkumu!

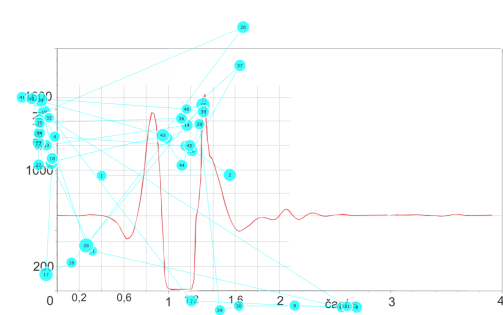
Příloha 2

Gaze-ploty účastníka P47/48, u kterého nedošlo k žádným fixacím po celé ploše grafu

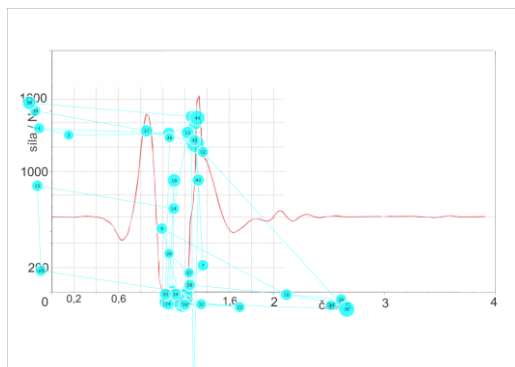
Volné prohlížení grafu



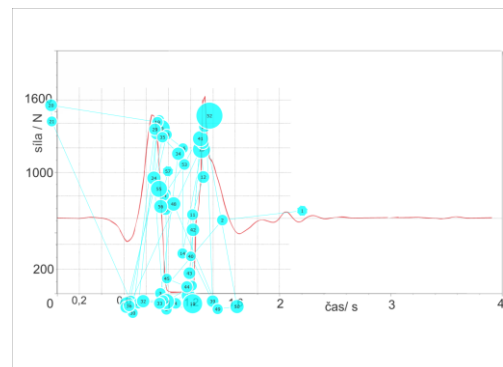
Kolik Lída váží?



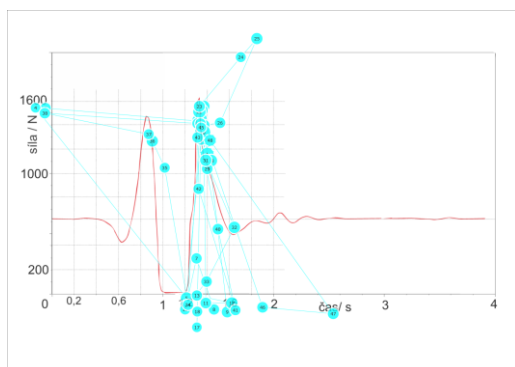
Kdy byla nejvýše?



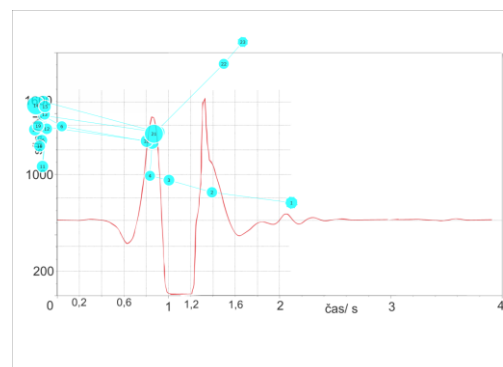
Kdy byla v podřepu nejnižší?



Kdy byla ve výskoku?



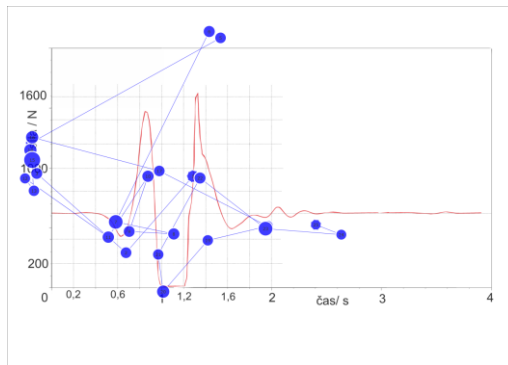
Jakou silou působila na váhu při odrazu?



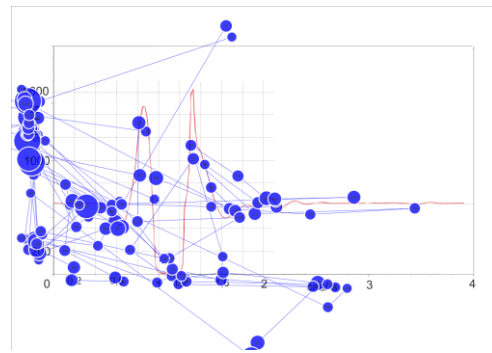
Příloha 3

Gaze-ploty účastníka P58/59, který přemýšlí nad otázkami neustále

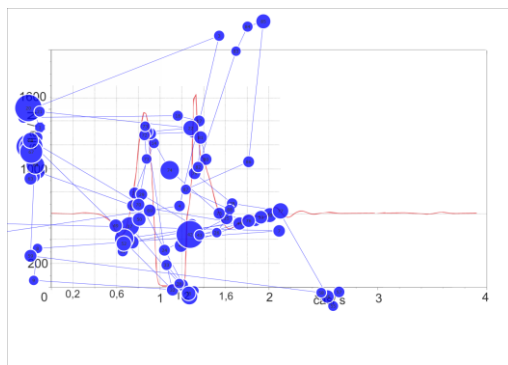
Volné prohlížení grafu



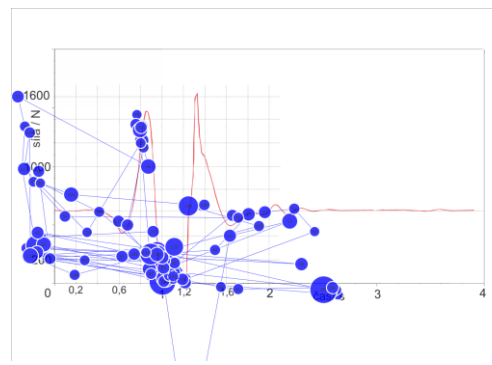
Kolik Lída váží?



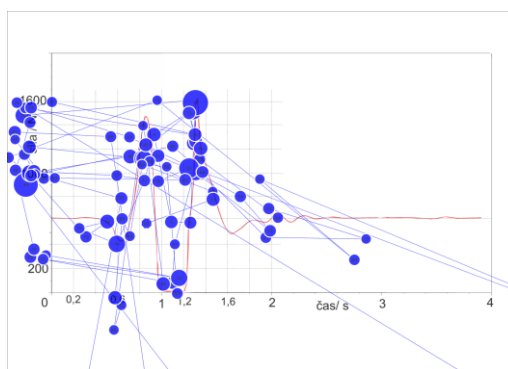
Kdy byla nejvýše?



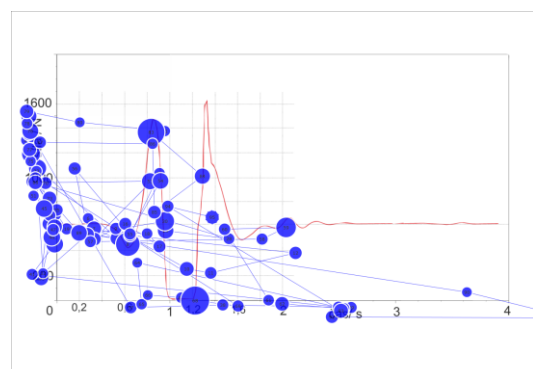
Kdy byla v podřepu nejnižší?



Kdy byla ve výskoku?



Jakou silou působila na váhu při odrazu?

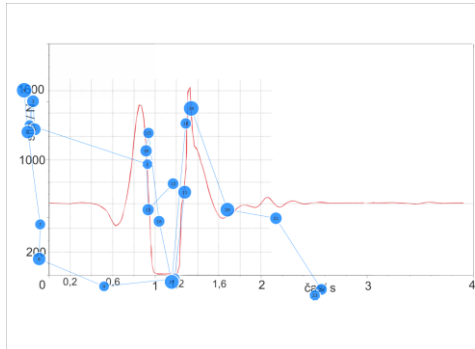


Příloha 4

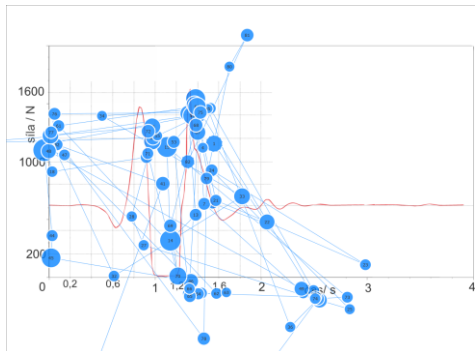
Gaze-ploty účastníků P43/44 a P45/46, u kterých došlo ke konfliktu až při poslední otázce

P43/44

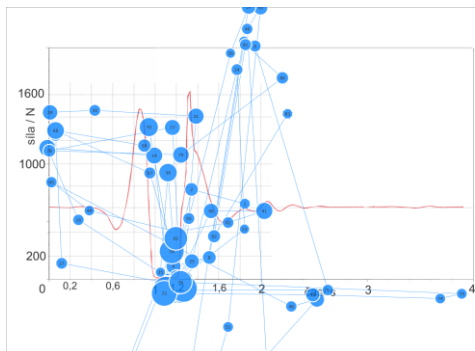
Volné prohlížení grafu



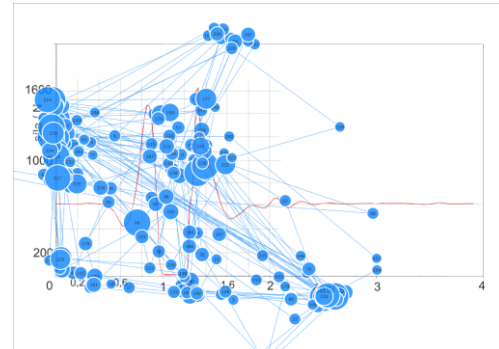
Kdy byla nejvýše?



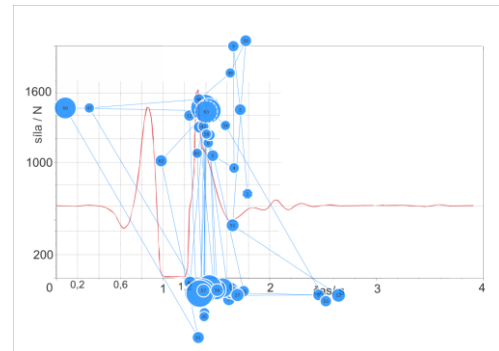
Kdy byla ve výskoku?



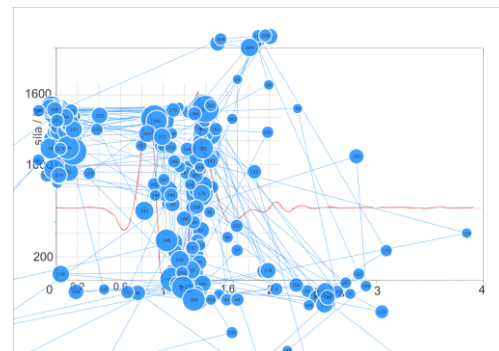
Kolik Lída váží?



Kdy byla v podřepu nejnižší?

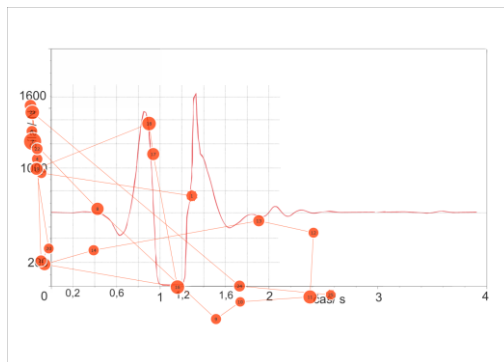


Jakou silou působila na váhu při odrazu?

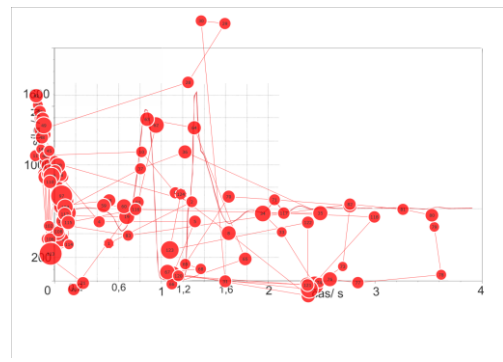


P45/46

Volné prohlížení grafu

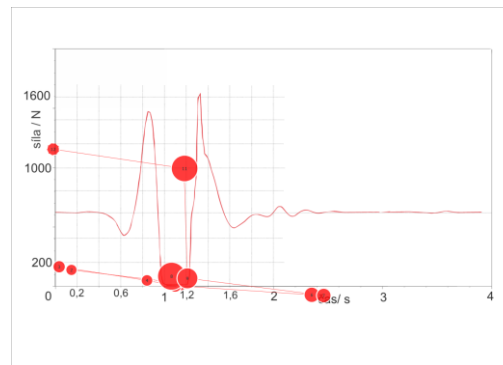
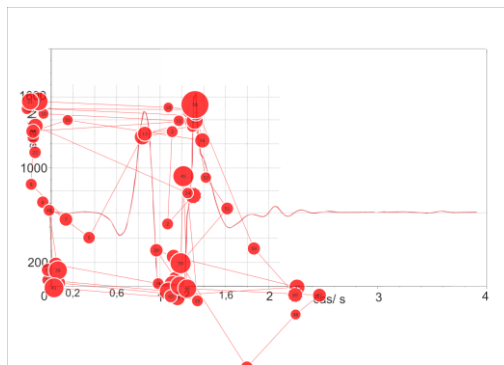


Kolik Lída váží?



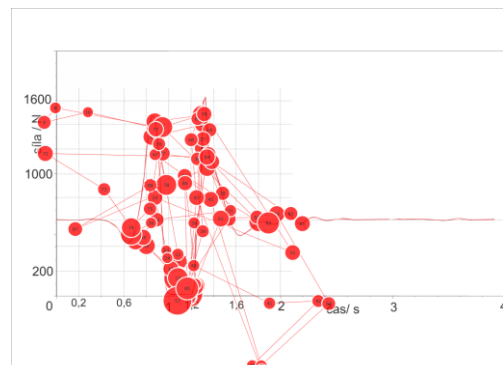
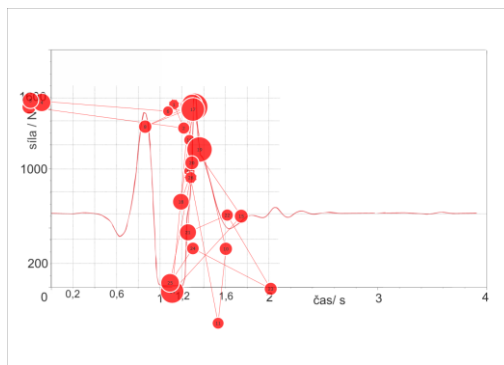
Kdy byla nejvýše?

Kdy byla v podřepu nejniže?



Kdy byla ve výskoku?

Jakou silou působila na váhu při odrazu?



Příloha 5

CD disk, na kterém jsou video záznamy druhého prohlížení grafu žáky. Dále je na něm nahrána elektronická verze této práce.