Univerzita Pardubice

Fakulta ekonomicko-správní

# Oligopoly a teorie her

Bc. Gabriela Klánová

Diplomová práce

2024

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

| | |
|---|---|
| Jméno a příjmení: | **Bc. Gabriela Klánová** |
| Osobní číslo: | **E22532** |
| Studijní program: | **N0413A050009 Ekonomika a management** |
| Specializace: | **Ekonomika a management podniku** |
| Téma práce: | **Oligopoly a teorie her** |
| Zadávající katedra: | **Ústav matematiky a kvantitativních metod** |

## Zásady pro vypracování

Cílem práce je využít poznatky teorie kooperativních her k popisu trhu, ve kterém došlo ke vzniku oligopolu.

Osnova:

- Charakteristika oligopolu.
- Modely duopolu a oligopolu (Cournotův, Stackelbergův).
- Základní pojmy a poznatky teorie her.
- Kooperativní a nekooperativní hry.
- Příklad aplikace teorie her na popis situace, kdy na trhu působí několik aktérů.

Rozsah pracovní zprávy: **50**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DLOUHÝ Martin, FIALA Petr, Úvod do teorie her, 2. přepracované vydání, Praha: Oeconomica, 2009. ISBN 978-80-245-1609-7
FIALA, Petr: Úvod do ekonometrie, 1. vydání, Praha: ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04004-1.
FRIEDMAN, J., Oligopoly and the Theory of Games. Amsterdam: North-Holland, 1977. ISBN 072040505X.
FRIEDMAN J., Oligopoly Theory. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. ISBN 978-052-128-244--4
MANKIW, N. G.. Zásady ekonomie. První vydání. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-7169-891-3.
PETERS, Hans. Game Theory. A Multi-Leveled Aproach. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008. ISBN 978-3--540-69291-1.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Libor Koudela, Ph.D.**
Ústav matematiky a kvantitativních metod

Datum zadání diplomové práce: **1. září 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2024**

L.S.

**prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.** v.r.
děkan

**doc. Ing. et Ing. Renáta Myšková, Ph.D.** v.r.
garant studijního programu

V Pardubicích dne 1. září 2023

Prohlašuji:

Práci s názvem Oligopoly a teorie her jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 23. 4. 2024

Bc. Gabriela Klánová v. r.

Poděkování

Ráda bych poděkovala Mgr. Liboru Koudelovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, pomoc, ochotu a vstřícnost i cenné rady.

## ANOTACE

Diplomová práce s názvem Oligopoly a teorie her se věnuje problematice teorie her ve spojitosti s oligopolní tržní strukturou, včetně praktických příkladů možného využití. Práce je rozdělena do tří kapitol. První kapitola se zabývá oligopolní tržní strukturou – charakteristikou oligopolů, typy oligopolů, Cournotovým, Stackelbergovým a Bertrandovým modelem. Druhá kapitola je zaměřená na oblast teorie her související s využitím v oblasti oligopolů – na kooperativní a nekooperativní hry, vězňovo dilema, opakované hry. Třetí kapitola představuje praktické vyžití jednotlivých typů her jako je například vězňovo dilema, reklamní hra, Cournotův model pro duopol a pro n firem v oligopolní tržní struktuře.

## KLÍČOVÁ SLOVA

oligopol, duopol, kartel, koluze, Cournotův model, Stackelbergův model, Bertrandův model, teorie her, hra, hráč, konfliktní rozhodování, rozhodovací matice, vězňovo dilema, kooperativní hry, nekooperativní hry, opakované hry, neantagonistické hry

## TITLE

Oligopoly and the Theory of Games

## ANOTATION

The diploma thesis Oligopoly and The Theory of Games deals with the issue of game theory in connection with the oligopoly market structure, including practical examples of possible use. The thesis is divided into three chapters. The first chapter deals with the oligopoly market structure – characteristics of oligopolies, types of oligopolies, Cournot, Stackelberg and Bertrand models. The second chapter is focused on the area of game theory related to use in the field of oligopolies – cooperative and non-cooperative games, prisoner's dilemma, repeated games. The third chapter presents the practical use of individual types of games such as the prisoner's dilemma, the advertising game, the Cournot model for a duopoly and for n firms in an oligopolistic market structure.

## KEY WORDS

oligopoly, duopoly, cartel, collusion, Cournot model, Stackelberg model, Bertrand model, game theory, game, player, conflict decision making, decision matrix, prisoner's dilemma, cooperative games, non-cooperative games, repeated games, non-antagonistic games

# Obsah

# Seznam obrázků



# Seznam tabulek

# Úvod

V současné době roste neustále význam rozhodování. Každý den se setkáváme s rozhodovací situací, ať už si vybíráme věci osobní potřeby, řešíme důležité životní situace, nebo jen vybíráme, kam pojedeme v létě na dovolenou. Nejinak je tomu i v ekonomické oblasti, kde vrcholoví manažeři firem musí každodenně řešit řadu problémů a provádět rozhodnutí týkající se fungování firmy. Za pomoci teorie her, jejímiž základními pojmy jsou mimo jiné hra, hráč, strategie, výplatní funkce, se můžeme na takové situace připravit. Pomocí modelových situací můžeme zjistit, jaké by mohly nastat varianty, jak by mohly jednat konkurenční firmy, pomocí strategií můžeme zjistit, jak maximalizovat zisk.

Principy teorie her je možné úspěšně použít i pro oblast oligopolních tržních struktur, ve které zvýší možnost se správně rozhodnout na základě názorné představy možných řešení dané situace.

Vhodnými typy her, které lze využít pro oligopolní tržní strukturu, jsou kooperativní a nekooperativní hry, z nichž nejznámější a nejčastěji využívanou hrou je vězňovo dilema, vycházející z modelové situace, kdy dva zločinci jsou odděleně uvězněni a musí se rozhodnout, zda se přiznat či nikoli. Jejich rozhodnutí poté ovlivní výši trestu. Vězňovo dilema je možné využít pro různé situace v podobě opakované či neopakované hry, s konečným nebo nekonečným počtem opakovaní.

Cílem mé diplomové práce je využít poznatky teorie her k popisu trhu, ve kterém došlo ke vzniku oligopolní tržní struktury, seznámit s jednotlivými typy oligopolů, vysvětlit Cournotův, Stackelbergův a Bertrandův model oligopolu, a především uvést příklady možností využití jednotlivých typů her pro konkrétní situace v oligopolní struktuře. Tyto příklady by měly ukázat, jak je možné pomocí her dopředu odhadnout případné reakce konkurence, předejít problémům a maximalizovat zisk.

# 1 Oligopol

## 1.1 Vymezení pojmu oligopol

Oligopol představuje tržní strukturu, vyskytující se na straně nabídky, přičemž se v daném oboru nachází jen málo firem. Můžeme se ale setkat s poměrně vysokým stupněm vzájemné závislosti při rozhodování. To znamená, že pouze několik subjektů dohromady vytváří na trhu většinový podíl nabídky. Vycházíme-li tedy z předpokladu, že oligopolní tržní strukturu tvoří pouze několik málo firem v odvětví, tvoří produkce velký tržní podíl a rozhodování těchto firem je vzájemně závislé. Každá z těchto firem dopředu promýšlí, jaký vliv budou mít její rozhodnutí na chování dalších firem v odvětví a snaží se odhadnout, jak budou reagovat na daná rozhodnutí. Vzájemné ovlivňování firem ztěžuje analýzu oligopolu, protože firmy se vzájemně přizpůsobují nejen změnám cen, ale i změnám výstupů, kvality produktů, způsobu reklamy a dalším. (Mankiw, 1999)

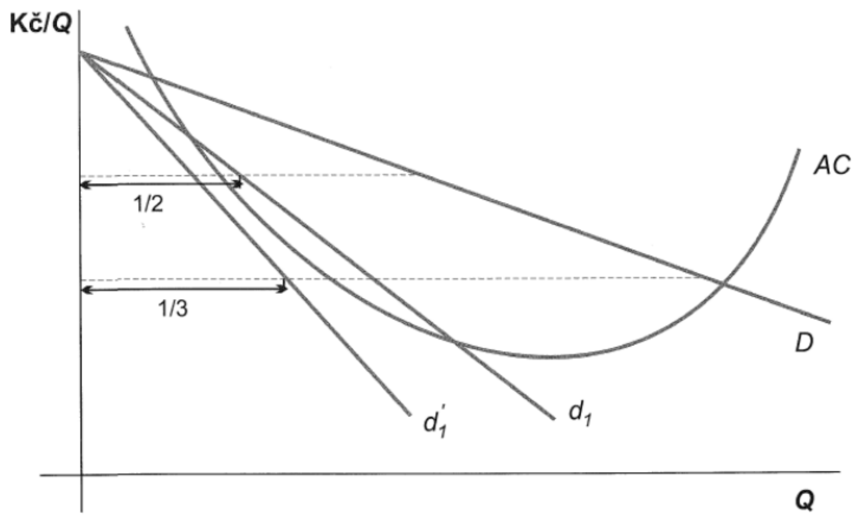
Na základě uvedeného můžeme rozlišovat řadu modelů oligopolu, které se odlišují předpoklady o chování konkurenčních firem. Shodují se ale v těchto předpokladech:

1. Relativně malý počet výrobců v odvětví. V některých modelech jsou analyzovány pouze dvě firmy na daném trhu (duopol), v jiných několik stejně silných firem.
2. Vyráběný produkt může být homogenní i diferencovaný. Pokud se jedná o homogenní produkt, mluvíme o čistém neboli homogenním oligopolu. Pro tento typ oligopolu je charakteristická silná závislost firem, při níž i například minimální změna ceny, kterou uskutečnila jedna firma, má značný vliv na ostatní firmy. Firmy v oligopolu mohou vyrábět rovněž diferencovaný produkt, potom se jedná o diferencovaný oligopol. Rozdíly u výrobků jednotlivých firem nejsou ve většině případů markantní, jedná se o blízké substituty.
3. Bariéry vstupu do odvětví. Tyto bariéry se mohou projevovat například v podobě úspor v rozsahu, právních restrikcí a dalších. V případě bariér vstupu do odvětví úspor z rozsahu se každá firma, která usiluje vstoupit do odvětví, snaží dosáhnout nízkých průměrných výrobních nákladů odpovídajících nákladům firem v tomto odvětví.

Otázka bariér vstupu na trh je pro existenci oligopolu velmi důležitá z toho důvodu, že ne všechny bariéry jsou nepřekonatelné. Pokud by došlo k situaci, že po překonání překážek mohou do odvětví hromadně vstoupit další firmy, znamenalo by to ohrožení existence oligopolní tržní struktury. Z uvedeného vyplývá, že existence oligopolu je závislá na vztahu mezi velikostí trhu a optimální velikostí firmy, umožňující ji realizovat úspory z rozsahu. Pokud zůstane trh ve vztahu k optimální velikosti firmy v odvětví malý, tržní poptávku bude obstarávat malé množství firem, a díky tomu se udrží oligopolní tržní struktura. Pokud by naopak nastal příliv nových firem do odvětví, znamenalo by to konec oligopolu. (Jindra, 2020)

Vztah mezi počtem firem a kapacitou trhu můžeme znázornit pomocí následujícího grafu:

*Obrázek 1 - Velikost trhu jako bariéra vstupu*




Zdroj: Jindra (2020)

Pokud předpokládáme, že v odvětví jsou dvě firmy vyrábějící homogenní produkci a křivka *D* znázorňuje tržní poptávku, potom můžeme znázornit individuální poptávkou křivku všech firem pomocí přímky $d_1$, která se rovná polovině tržní poptávky při všech cenách. Dá se předpokládat, že cena bude vyšší než průměrné náklady, firma tak bude mít ekonomický zisk. Pokud do odvětví vstoupí další firma a budou zde tři stejně velké firmy produkovat homogenní produkt, individuální poptávka bude tvořit jednu třetinu tržní poptávky, znázorněno přímkou $d_1$. V tomto případě budou náklady všech tří firem větší než jimi daná cena. Křivka průměrných nákladů firmy (*AC*) znázorňuje prostor, který je na trhu pouze pro dvě firmy. (Jindra, 2020)

Firmy v oligopolu využívají také jako bariéru vstupu limitní cenu, která je nastavena na nižší úrovni než cena maximalizující oligopolním firmám zisk. Aby mohl být použit princip limitních cen, je nutný společný postup oligopolních firem. Za této situace potom mohou proběhnout tajná jednání (koluze), která řeší otázku společné cenové politiky a směřování vývoje celého odvětví.

Firmy v oligopolu jsou přesvědčené o tom, že jejich chování povede ke změně chování ostatních firem. (Teorie her a oligopol, 2014)

## 1.2 Základní principy modelů oligopolů

Pokud budeme zkoumat jednotlivé modely oligopolu, vyjdeme z předpokladu, že počet firem nacházejících se v daném odvětví je fixní. Budeme ho značit jako *n*. Z důvodu odlišení výstupu firmy a výstupu celého odvětví v rámci oligopolu použijeme následující označení, kde výstup firmy je jako $q_i$ *(i=1, 2, ....., n)* a výstup odvětví jako *Q*. Ke zjednodušení využijeme předpoklad, že v odvětví se nacházejí identické firmy, které mají identické náklady a v důsledku toho i identické objemy optimálních výstupů. Vycházíme rovněž z předpokladu dokonalé konkurence na straně poptávky, což znamená, že existuje velké množství spotřebitelů, ale žádný z nich nedokáže ovlivnit tržní cenu.

*f(Q)* představuje inverzní funkci poptávky po produkci celého odvětví oligopolu, znázorňuje takovou výši ceny, kterou je spotřebitel ochoten vynaložit v závislosti na objemu výstupu daného odvětví.

$$P = f(Q)$$

Vzhledem k tomu, že výstup celého odvětví určíme jako souhrn výstupů jednotlivých firem, je možné rovnici zapsat v následujícím tvaru

$$P = f(q_1 + q_2 + \cdots q_n)$$

Všechny firmy v oligopolu usilují o maximalizaci zisku, přičemž budou maximalizovat rozdíl mezi celkovými příjmy (*TR*) a celkovými náklady (*TC*)

$$\pi_i = TR_i(q_i) - TC_i(q_i)$$

Protože celkové příjmy firmy představují součin ceny a prodaného množství, můžeme předchozí rovnici upravit do následujícího tvaru

$$\pi_i = f(Q).qi - \ TC_i q_i$$

$$\pi_i = f(q_1 + q_2 + \cdots q_n).q_i - TC_i(q_i)$$

U velké části modelů oligopolu se setkáme s předpokladem, že výstup konkrétního odvětví je zcela homogenní, to znamená, že se na daném trhu projevuje zákon jediné ceny. Kupující se potom nemusí rozhodovat, od kterého výrobce budou produkt nakupovat. V realitě je ale situace jiná. Jednotlivé firmy bojují o zákazníka, a proto usilují o to, aby jejich produkt byl co nejlepší z pohledu vzhledu, zdravotních aspektů, aby kvalita výrobku byla co možná nejlepší, stejně tak i další poskytované služby jako například délka záruční lhůty, pozáruční servis, dopad výroby i spotřeby na životní prostředí a řada dalších. Firmy chtějí odlišit svůj produkt od konkurenčního produktu. Na trh se tak dostávají diferencované produkty jednotlivých firem, a v důsledku toho není možné realizovat zákon jedné ceny.

V důsledku diferenciace produktu vznikají při analýze oligopolu dva závažné problémy:

- 1. Prvním je problém vymezení trhu. Vzniká otázka, zda vytvořit obecný společný trh pro skupinu příbuzných výrobků nebo úplně samostatný trh pro každý jednotlivý produkt. Touto problematikou se zabývá koncept výrobkové skupiny. Řešením této situace může být i Varianova definice, která chápe odvětví jako množinu firem, vyrábějících takové výrobky, které spotřebitelé považují za blízké substituty. (Varian, 1995)
- 2. Druhou oblastí problému jsou použité nástroje pro analýzu oligopolu s diferencovaným produktem. Zde se jako výhodnější ukazuje využití teorie her. (Jindra, 2020)

Rozlišujeme 2 druhy produktové diferenciace, a to diferenciaci vertikální a diferenciaci horizontální.

Vertikální diferenciace zahrnuje oblast kvality. Pokud zákazníci hodnotí jeden ze dvou produktů jako lepší, respektive horší než ten druhý, jedná se o vertikální diferenciaci dvou produktů.

Horizontální diferenciace ukazuje na zaměnitelnost dvou produktů. Pokud zákazníci jeden ze dvou produktů upřednostňují tak, že jsou schopni za něj zaplatit vyšší cenu, než kdyby si koupili místo tohoto produktu substitut. Potom jsou tyto produkty horizontálně diferencované. (Besanko, 2010)

## 1.3 Základní znaky oligopolu

Pro oligopol je charakteristickým znakem to, že se na trhu vyskytuje omezený počet firem, které prodávají buď homogenní, nebo diferencovaný produkt, přičemž tyto firmy ovládají značnou část nabídky a díky tomu ovlivňují i výši tržní ceny. Některé firmy zde vystupují jako tvůrce ceny. Dalším typickým znakem oligopolu, který byl zmíněn již výše, je velká vzájemná závislost, která vychází ze značného podílu firmy na celkové nabídce odvětví. Změna u jedné firmy bude mít vliv i na ostatní v odvětví, ať už se jedná o prodeje či zisky. Firmy musí s touto skutečností počítat a snažit se předvídat, jak budou ostatní reagovat na změny. Zde může být nápomocna při rozhodování teorie her. (Fuchs, 2005)

Dalším charakteristickým rysem oligopolu jsou bariéry, které brání vstupu dalších konkurentů do odvětví. Firmy, které fungují v oligopolních podmínkách, disponují ekonomickou silou umožňující jim zabránit vstupu nežádoucích konkurentů, kteří jsou přitahováni vidinou nových zisků. Pokud budou úspěšní a podaří se jim na tento trh proniknout, hrozí původním oligopolním firmám nebezpečí ztráty pozice a ohrožení existence celého oligopolu vstupem dalších firem. Jako překážky vstupu nových firem do odvětví mohou fungovat například vysoké investiční náklady, utopené náklady spojené se vstupní investicí, úspory z rozsahu výroby, které umožňují velkým firmám vyrábět s nízkými náklady, loajalita zákazníků a řada dalších. (Frank, 2003)

Součástí oligopolní konkurence je také cenová konkurence, která ale v podmínkách oligopolu může způsobit problémy. Snaha získat zvýšení tržního podílu snižováním cen, by mohla vést až k takovému poklesu ceny, která by se takto dostala pod křivku tržní poptávky, a firmy by již nadále nedosahovaly zisku. Z tohoto důvodu se cenová konkurence v rámci oligopolu nahrazuje konkurencí necenovou, z nichž se nejčastěji využívá diferenciace produktu a reklama. (Schiller, 2004)

## 1.4 Typy oligopolů

Podle diferenciace (odlišnosti) produktů se rozlišují dva typy oligopolů:

- Ryzí (homogenní) oligopol vychází z předpokladu, že se na trhu vyskytuje malé množství firem, které nabízejí nediferencovaný produkt, přičemž tento produkt je téměř shodný, například ocel, ropa.
- Diferencovaný oligopol vychází z předpokladu, že na trhu je malé množství firem, jež nabízejí diferencovaný produkt. (Široká, 2023)

Dále se oligopoly dělí:

- U duopolu produkt v daném odvětví vyrábějí pouze dvě firmy a je vyjádřen pomocí Cournotova modelu.
- U oligopolu s dominantní firmou se jedná o tržní strukturu, ve které se celková tržní poptávka rozděluje mezi jednu velkou dominantní firmu a několik malých firem, které jsou označovány jako konkurenční lem. Firmy v této tržní struktuře nemají rovnocenné postavení. Dominantní firma stanovuje ceny v odvětví a menší firmy se této ceně přizpůsobují, stávají se příjemcem ceny.
- Koluzivní (smluvní) oligopol je situace, která nastává tehdy, pokud se v odvětví vyskytuje několik velkých firem, které se společně domluví a uzavřou dohodu o cenách a rozdělení trhu. Následně oligopol na trhu jedná jako monopol. Nejznámějším smluvním oligopolem je kartel, jehož vznik je spojen s tajnými dohodami firem. Jako příklad kartelu je možno uvést Organizaci zemí vyvážejících ropu (OPEC).
- Model se zalomenou poptávkovou křivkou (Turečková, 2020).

### 1.4.1 Oligopol s dominantní firmou

Jak již bylo zmíněno výše, o cenovém vůdcovství mluvíme v situaci, kdy v odvětví nalezneme velkou firmu, která ze své iniciativy stanovuje ceny, a ostatní firmy následně tyto ceny přebírají. Firmy, které se nacházejí na konkurenčním lemu, se chovají jako dokonale konkurenční firmy. Přebírají cenu od dominantní firmy a za tuto cenu prodávají neomezený objem svých výstupů, individuální poptávková křivka je v tomto případě horizontální. Celková tržní poptávka se dělí mezi jednu dominantní firmu a několik malých nebo středních firem, tvořících konkurenční lem. (Turečková, 2020)

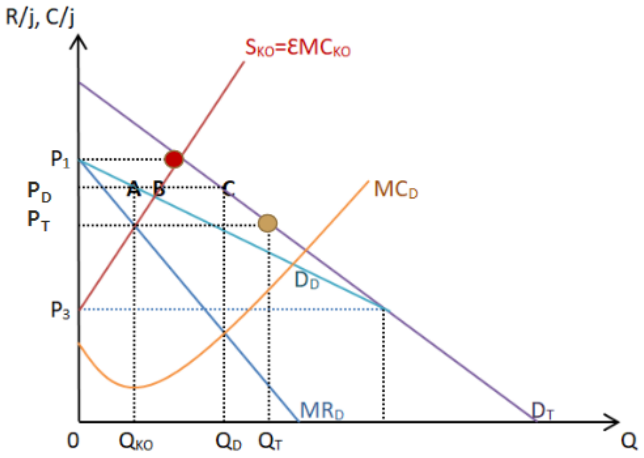
Podmínkou pro maximalizaci zisku firem, nacházejících se na konkurenčním okraji, je rovnost ceny, kterou přebírají, a mezních nákladů každé z nich

$$P = MC_i q_i$$

kde i = 1, 2, ……, n. Za první firmu je považována dominantní firma. (Jindra, 2020)

Pro znázornění stanovení optimálního výstupu a ceny dominantní firmy slouží následující graf.

*Obrázek 2 - Stanovení optimálního výstupu a ceny dominantní firmy*




Zdroj: Hořejší (2010)

V grafu jsou znázorněny:

- Dvě poptávkové křivky, $D_T$ představuje tržní poptávku a $D_D$ poptávku, která je uspokojována pomocí nabídky dominantní firmy.
- Křivka $S_{KO}$ představuje objem produkce nabízený firmami na konkurenčním lemu při různých hodnotách cen. Křivku $S_{KO}$ vypočítáme jako součet částí křivek mezních nákladů (*MC*) jednotlivých firem v konkurenčním lemu ležících nad úrovní průměrných variabilních nákladů každé z nich. Velikost vlastního výstupu dominantní firmy vypočítáme jako rozdíl mezi tržní poptávkou a nabídkou firem, které stojí na konkurenčním okraji. Pokud by cena klesla pod $P_3$, celou tržní poptávku by zajišťovala dominantní firma. Cena $P_3$ je nižší než minimum průměrných variabilních nákladů firem v konkurenčním okraji, výstup každé z nich se rovná nule. Proto je individuální poptávková křivka po produkci dominantní firmy v případě nižší ceny než $P_3$ totožná s tržní poptávkovou křivkou $D_T$.
- Množství optimální produkce nabízené dominantní firmou $Q_D$ určuje průsečík křivek $MC_D$ a $MR_D$ dominantní firmy ($Q_D$ a $P_D$) v duchu „zlatého pravidla maximalizace zisku“.
- Firmy na konkurenčním okraji nabízejí produkci $Q_{KO}$ a celkový výstup odvětví je dán součtem $Q_T$=$Q_D$+$Q_{KO}$

Firmy patřící do konkurenčního lemu respektují cenu určenou dominantní firmou. Pokud by se rozhodly prodávat za cenu vyšší než dominantní firma, mohlo by dojít ke ztrátě velké části jejich zákazníků. Pokud by začaly prodávat za cenu nižší než dominantní firma, mohly by vzniknout problémy s nákladovými podmínkami. Dominantní firma by navíc v takovéto situaci si mohla dovolit snížit ceny ještě více, což by bylo pro menší firmu likvidační.

Jako příklady dominantních firem je možno uvést například společnost Exxon, podnikající v oblasti ropného průmyslu, automobilový gigant General Motors, počítačová firma IBM, v oblasti nealkoholických nápojů Coca Cola.

Pozice dominantní firmy není trvalá. Na základě zkušeností z minulosti je patrné, že tržní struktura s dominantní firmou vykazuje krátkodobost. Může nastat situace, kdy cena stanovená dominantní firmou dovolí firmám v konkurenčním lemu uskutečnit ekonomický zisk. A následně získat výhody spojené s úsporami z rozsahu a zvětšovat svůj výstup na úkor dominantní firmy.

Vedle formy cenového vůdcovství s dominantní firmou se můžeme setkat i s barometrickým cenovým vůdcovstvím. Základem této formy je předpoklad změny firmy na pozici cenového vůdce. Firma jako první provádí cenové změny a slouží ostatním firmám jako barometr tržních podmínek. Jestli se ostatní firmy rozhodnou následovat či nenásledovat její strategii, se odvíjí od toho, jak je tato strategie v daných tržních podmínkách výhodná pro ostatní firmy. Tento typ cenového vůdcovství je často reakcí na vzniklé problémy v odvětví, projevující se například neustálými změnami cen, bezohlednou konkurencí, a jeho úkolem je přinést do odvětví uklidnění situace a stabilizaci. (Jindra, 2020)

### 1.4.2 Kartel

Podle Samuelsona (1991, s. 607) *„Kartel je organizace nezávislých producentů podobných výrobků, kteří společně zvyšují ceny nebo omezují přístup na trh.*

Kartel můžeme charakterizovat jako dohodu mezi dvěma nebo více účastníky, jejichž cílem je omezit hospodářskou soutěž mezi nimi, a tím dosáhnout zvýšení jejich zisků při omezení nebo vyloučení konkurence. Kartel je v podstatě formální vyjádření dohody o tajné dohodě, kde se firmy společně domluví na ceně, množství, dopravě atd. (Economy-pedia, nedatováno)

Kartel je tedy typem koluzivního monopolu, ve kterém odvětví reprezentuje skupina firem chovajících se jako monopol. Za hlavní cíl kartelu je považována maximalizace celkového zisku daného odvětví. Celkový zisk daného odvětví vypočítáme jako rozdíl mezi celkovými příjmy kartelu a součtem všech celkových nákladů jeho členů.

$$\pi = P \cdot Q - [TC_1 q_1 + TC_2 q_2 + \cdots + TC_n q_n]$$

Nezbytnou podmínkou maximalizace společného zisku kartelu je

$$\frac{\partial \pi}{\partial q_i} = MR(Q) - MC_i(q_i) = 0$$

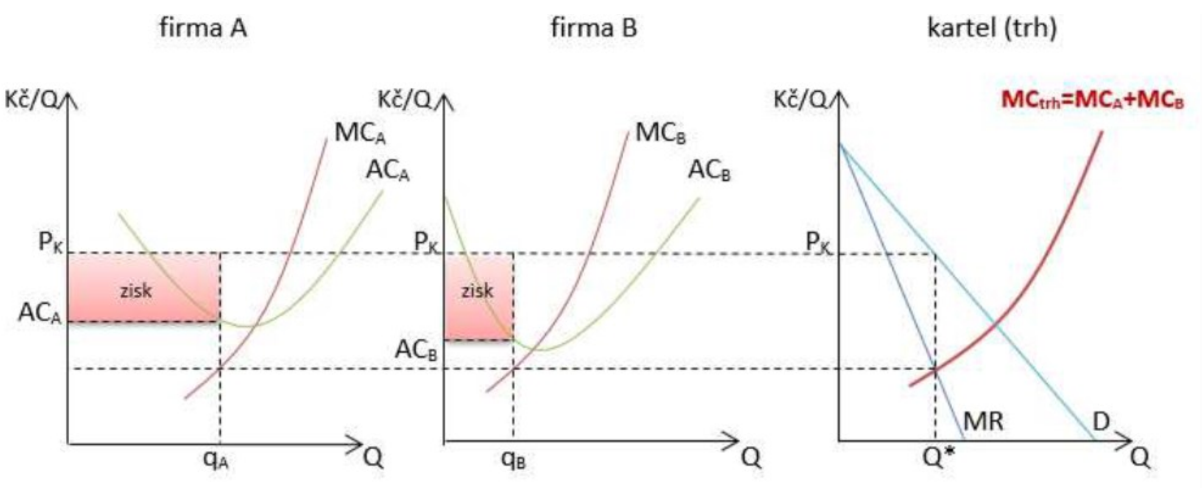
Což je možné vyjádřit v podobě

$$MR(Q) = MC_i(q_i)$$

Z této rovnice vyplývá to, že celkový zisk kartelu dosáhne svého maxima při výrobě takového výstupu, při kterém se rovná přírůstek společného celkového příjmu kartelu (společný mezní příjem *MR(Q)*) přírůstku celkových nákladů každé členské firmy kartelu (mezní náklady $MC_i(q_i)$).

Optimální výstup kartelu, jehož členy jsou dvě firmy, můžeme znázornit takto:

*Obrázek 3 - Optimální výstup kartelu se dvěma členy*




Zdroj: Turečková (2020)

Společný mezní příjem *MR(Q)* odvodíme z tržní poptávkové křivky *D*. Sumu *MC* získáme jako horizontální součet dlouhodobých mezních nákladů členských firem. V bodě, kde se nachází průsečík křivek *MC* a *MR(Q),* platí rovnost $MR(Q) = MC_1(q_1) = MC_2(q_2)$ což představuje optimální výstup kartelu $Q^*$. Výše společné ceny, kterou budou obě firmy při prodeji dodržovat, bude $P_K$.

Vytvoření kartelu může být pro firmy výhodné, ale je spojeno i s výraznými problémy. Nejvýraznějším problémem je fakt, že kartelové dohody nejsou zákonné, a z tohoto důvodu musí jednání probíhat tajně. Druhým problémem je otázka dodržení dojednaných dohod. Jednotliví členové mohou využít situaci k odchýlení se od dohody a snažit se si tak zvýšit vlastní zisky. Například ve chvíli, kdy všichni členové na základě dohody snižují produkci a zvyšují ceny, může jednotlivý člen tajně zvýšit produkci, a tím větší část zisků získat pro sebe.

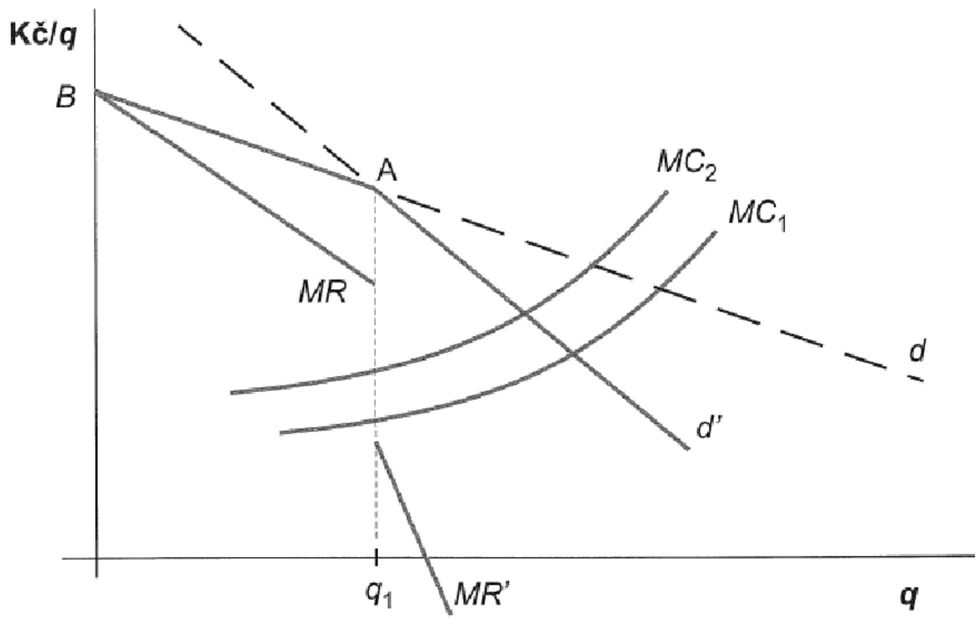
Vznik úspěšného kartelu závisí na řadě faktorů:

- Na struktuře trhu – uzavření dohod mohou zkomplikovat faktory, jako je například počet konkurentů na daném trhu, koncentrace trhu, překážky vstupu, transparentnost cen, apod. Kartel je možné snáze vytvořit, pokud je na daném trhu méně konkurentů, protože je možné lépe vyjednávat, pokud je produkt nebo služba homogenní, pokud se vyskytují výrazné překážky vstupu, které odradí nové konkurenty, a pokud je trh transparentní, co se týče cen, čímž je možné odhalit změny, které společnost provede.
- Na možnosti zjištění a potrestání odchýlení se od dohody – kartel je úspěšný pouze tehdy, pokud je možné odchylku odhalit a provést sankce.
- Na délce interakce nebo konkurence firem na trhu – u tohoto faktoru je možné velmi dobře využít principů teorie her. Kartel silně připomíná situaci, uvedenou ve vězňově dilematu, ve kterém jsou firmy uváděny v pokušení podvádět. Předpoklad úspěšnosti kartelu je tím vyšší, čím dlouhodobější a pevnější jsou vztahy mezi společnostmi. (Economy-pedia, nedatováno)

### 1.4.3 Model se zalomenou poptávkovou křivkou

Tento model oligopolu vychází z předpokladu, že firmy v oligopolu vytvářejí diferencovaný produkt. *„Model oligopolu se zalomenou křivkou vznikl jako reakce na potřebu vysvětlit tendenci ke strnulým cenám, které se projevovaly na některých oligopolních trzích. Základem tohoto modelu je myšlenka, že pokud jedna z firem oligopolu sníží cenu, učiní tak i ostatní firmy. Pokud však jedna z firem přistoupí ke zvýšení ceny, ostatní firmy tento krok nenásledují.“* (Jindra, 2020, s. 13) Jako výsledek chování firem vzniká zalomená poptávková křivka, která se skládá ze dvou částí. Jedna část ukazuje reakci konkurentů na snížení ceny jednou firmou a druhá část chybějící reakci konkurentů na zvýšení ceny jednou firmou. Tuto situaci zobrazuje následující graf.

*Obrázek 4 - Zalomená poptávková křivka*




Zdroj: Hořejší (2010)

V grafu existují dvě křivky poptávky, a to *d* a *d´*. Poptávková křivka *d* vychází z předpokladu, že konkurenti nebudou následovat změnu ceny, kterou udělala jedna z firem oligopolu. Poptávková křivka *d´* předpokládá, že konkurenční firmy budou následovat změnu ceny, uskutečněnou touto firmou. Pokud konkurenti nenásledují změnu ceny, pak každé zvýšení ceny znamená ztrátu významného počtu zákazníků a každé snížení ceny naopak získání značného počtu zákazníků, než kdyby změnu ceny jednou firmou následovali. Poptávková křivka oligopolisty vykazuje větší elasticitu v případě, že konkurenční firmy cenu nesledují, než když ji sledují. V důsledku toho bude poptávková křivka d elastičtější než poptávková křivka *d´*. Vzniká zalomený tvar poptávkové křivky *BAD´* se zlomem v bodě A, a proto není křivka mezního příjmu spojitá. Pokud bychom vzali jako křivku mezních nákladů $MC_1$, vyvstane otázka, kdy bude firma maximalizovat zisk, protože vyrovnání mezních příjmů a mezních nákladů nenastane při žádné velikosti výstupu. Jako optimální můžeme brát nejpravděpodobněji výstup $Q_1$. Pokud by firma produkovala více než $Q_1$, byl by růst jejich příjmů nižší než růst nákladů. Pokud by naopak produkovala méně než $Q_1$, růst příjmů by byl vyšší než růst nákladů. Při posunu křivky zůstávají rovnovážný výstup i cena nezměněny.

Model se zalomenou poptávkovou křivkou řeší cenovou strnulost, ale neřeší způsob formování ceny. Některé ekonomické výzkumy ukázaly, že toto pravidlo vždy neplatí a že firmy často reagují na zvýšení ceny jednou firmou také zvýšením.

## 1.5 Modely duopolu a oligopolu

### 1.5.1 Cournotův model

Tento model vytvořil v roce 1838 francouzský filozof a matematik Antoine Augustin Cournot. Popsal v něm, jakým způsobem se budou firmy chovat v situaci, ve které mají všechny současně stanovit výrobní množství, aniž by věděly, jaké množství vyprodukuje konkurence. (Cournot, 2017)

Pro tento model stanovil Cournot následující podmínky:

- Týká se duopolu – tedy dvou firem
- Obě firmy vyrábějí homogenní produkt
- Firmy si konkurují – prostřednictvím nabízeného množství $Q$
- Obě firmy jsou stejně silné, mají stejnou lineární funkci mezních nákladů $MC = cQ$
- Tržní poptávku můžeme vyjádřit funkcí $P = a – bQ$
- Obě firmy se snaží maximalizovat zisk
- Obě firmy přijímají rozhodnutí současně
- Obě firmy při rozhodování berou výstup svého konkurenta jako fixní (Fuchs, 2005)

Cournotův model představuje tedy model tržní situace, který vychází z předpokladu, že v odvětví fungují pouze dvě firmy, jedná se tedy o duopol. Tyto dvě firmy vytvářejí zcela homogenní produkt, mají stejné nákladové křivky a znají tržní poptávkovou křivku, která je klesající a lineární. Cournotův model patří mezi nekooperativní strategie. (Friedman, 1983)

Základním předpokladem tohoto modelu je fakt, že první (i-tá) firma považuje při svém rozhodování o velikosti výstupu výstup druhé konkurenční (j-té) firmy jako konstantní. To znamená, že i-tá firma předpokládá, že j-tá firma nebude reagovat změnou výstupu na změnu výstupu i-té firmy. Z toho vyplývá, že $\partial q_j/\partial q_i = 0$ pro všechna j nerovnající se i. (Holman, 2007)

V souvislosti se změnou rozhodnutí o velikosti výstupu si první (i-tá) firma uvědomuje, že současně musí dojít ke změně ceny. Stejným způsobem přemýšlí i druhá (j-tá) firma v odvětví.

Na základě těchto předpokladů můžeme definovat nutnou podmínku maximalizace zisku

$$\frac{\partial \pi i}{\partial qi} = MRi_{(qi)} - MCi_{(qi)} = 0$$

$$MRi_{(qi)} = MCi_{(qi)}$$

Pokud se zaměříme na chování první firmy v duopolu. Firma rozhoduje o velikosti svého výstupu označeného jako $q_1$, přičemž očekává, že druhá firma vyprodukuje výstup $q_2$. Celkový výstup daného duopolu potom bude $Q = q_1 + q_2$ a tržní cena bude $P(Q) = P(q_1+q_2)$. Firmy stanovují množství vyráběného nezávisle na sobě, nedomlouvají se a ani nemají žádnou informaci o tom, kolik má v plánu produkovat konkurent. Rozhodnutí o výstupu firmy je ovlivněno tržní cenou, která se odvíjí od výstupu obou firem. Z toho vyplývá, že tržní cenu firmy neznají do té doby, než se obě firmy rozhodnou, kolik budou vyrábět. Obě firmy tedy maximalizují zisk na základě odhadu vyráběného množství konkurence. (Besanko, 2010)

Zisková funkce první firmy:

$$\pi_1 = TR_1 - TC_1$$

$$\pi_1 = P(q_1 + q_2) \cdot q_1 - TC_1$$

Pro různé konstantní úrovně výstupu druhé firmy budou existovat různé výstupy první firmy. Tento vztah můžeme vyjádřit rovnicí:

$$q_1 = f_1(q_1)$$

Tento vztah je označován jako reakční funkce nebo také jako reakční křivka, která definuje výstup první firmy jako funkci výstupu druhé firmy v duopolu. Stejným způsobem můžeme vyjádřit reakční křivku druhé firmy, která je určena analogicky:

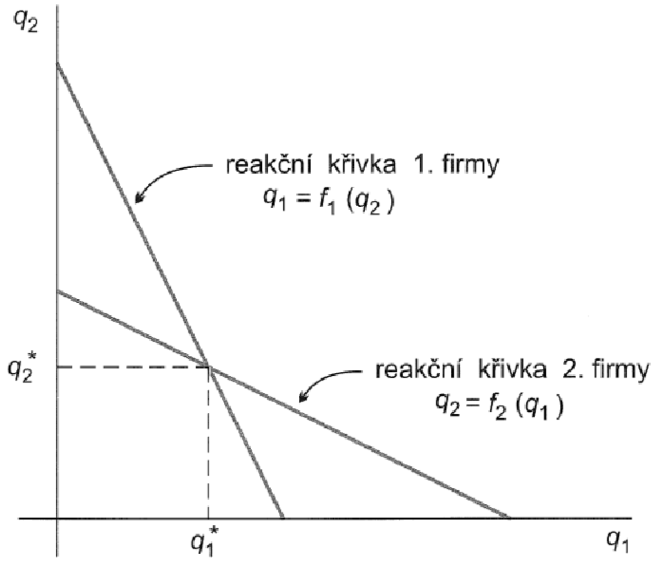
$$q_2 = f_2(q_2)$$

Rovnováha duopolu, který je charakterizován Cournotovým modelem, bude vytvořena optimálními výstupy obou firem. Proto musí platit: $q_1^* = f_1(q_2^*)$, $q_2^* = f_2(q_1^*)$.

Cournotova rovnováha nastává v bodě $q_1^*$, $q_2^*$, kdy obě firmy maximalizují své zisky. Ani jedna z nich v případě dokonalé konkurence není motivována ke změně výstupu, Cournotova rovnováha se proto vyznačuje vysokou stabilitou. (Hořejší, 2010) Cournotovo ekvilibrium, v němž výstup každé firmy představuje optimální reakci na produkované množství ostatních firem na trhu, se nachází v místě průniku reakčních křivek všech firem na trhu. Tento model je statický, a proto neobjasňuje způsob, jakým se firmy dostanou do rovnovážného stavu. Můžeme ale předpokládat, že pokud firma porovná svoji strategii, která přináší maximální zisk, a strategii svého konkurenta, dopracuje se postupnou eliminací výstupů až k množství, které představuje rovnovážný stav. (Besanko, 2010)

Graficky je Cournotova rovnováha vyjádřena průsečíkem reakčních křivek obou firem.

*Obrázek 5 - Cournotova rovnováha*




Zdroj: Hořejší (2010)

### 1.5.2 Stackelbergův model oligopolu

Stackelbergův model oligopolu vychází z totožných předpokladů jako Cournotův model s rozdílem vzájemné reakce firem. Cournotův model nepočítá s reakcí j-té firmy na změnu výstupu i-té firmy (platí zde předpoklad $\partial q_j \,/\, \partial qi = 0$), na rozdíl od Stackelbergova modelu, který takovou reakci zohledňuje (to znamená, že $\partial q_j \,/\, \partial q_i$ se nerovná 0).

Výhodu v podobě vyššího zisku získá ta firma, která zjistí, jakým způsobem bude konkurenční firma reagovat. U některých autorů se setkáme s termínem asymetrické chování, kdy je první firma, která je aktivní, v postavení vůdce a druhá firma, které je pasivní, v postavení následníka. (Hořejší et al, 2006) Přičemž aktivní firma využívá svých znalostí reakční křivky druhé, pasivní firmy, a díky tomu zlepšuje své postavení. Jiní autoři kladou důraz na aspekt časové odlišnosti. Výhodou firmy, která jako první oznámí velikost svého výstupu, je skutečnost, že druhá firma bere tuto velikost výstupu jako neměnnou a následně z ní odvozuje velikost svého vlastního výstupu. (Jindra, 2020)

Stackelbergův model oproti Cournotovu zohledňuje funkci nákladů, funkce zisku vůdce a následníka je konkávní.

Funkce zisku vůdce:

$$\pi_1 = P \cdot q_1 - TC_1(q_1) = f\big(q_1 + q_2(q_1)\big) \cdot q_1 - TC_1(q_1)$$

kde $q_2(q_1)$ představuje optimální hodnotu množství následníka vyjádřenou jako reakci na množství vůdce $q_1$. (Brčák a Sekerka, 2010)

Pokud provedeme derivaci funkce zisku vůdce, získáme jeho optimální výstup $q_1$:

$$\frac{d\pi_1}{dq_1} = f\big(q_1 + q_2(q_1)\big)\frac{dq_1}{dq_1} + \frac{df(q_1 + q_2)}{dq_2}\frac{dq_2(q_1)}{dq_1}q_1 - \frac{dTC_1(q_1)}{dq_1} = 0$$

Pokud jsou nulové náklady a lineární poptávková křivka, odvodíme optimální množství následníka derivací jeho funkce zisku podle $q_2$:

$$\frac{d\pi_2}{dq_2} = a - b(q_1 + q_2) - b \cdot q_2 = 0$$

$$q_2 = \frac{a - bq_1}{2b}$$

Pokud dosadíme $q_2$ do funkce zisku vůdce můžeme vypočítat $\pi_1$:

$$\pi_1 = \left(a - b\left(q_1 + \frac{a - bq_1}{2b}\right)\right) \cdot q_1$$

$$q_1 = \frac{a}{2b}$$

$$q_2 = \frac{a}{4b}$$

$$Q = \frac{3a}{4b}$$

Pro rovnovážnou cenu následně platí:

$$P = \frac{a}{4}$$

Z uvedeného vyplývá, že vůdci bude náležet dvojnásobně vyšší zisk než následníkovi.

Stackelbergův model představuje následující možnosti:

- Vůdce je první firma, druhá je následník
- Vůdce je druhá firma, první je následník
- Obě firmy jsou následníky – potom se jedná o Cournotův model
- Vůdce jsou obě firmy, což je Stackelbergova nerovnováha (Dlouhý, 2020)

### 1.5.3 Bertrandův model oligopolu

Tento model byl vytvořen francouzským ekonomem Josephem Bertrandem v roce 1883. Bertrandův model je v podstatě stejný jako Cournotův model. Jediným rozdílem je strategická proměnná, u Cournotova modelu je to množství, u Bertrandova modelu cena.

Základní předpoklady pro tento model jsou:

- na trhu působí dvě firmy
- obě firmy vyrábí homogenní produkt
- obě firmy vyrábí za konstantní mezní náklady
- firmy volí ceny *PA* a *PB* současně
- výstupy firem jsou substitucí
- tržby jsou rozděleny rovnoměrně, pokud $PA = PB$ (Serrano, 2018)

Bertrandovo ekvilibrium představuje stav, kdy žádná firma není schopna dosáhnout vyššího zisku změnou ceny s předpokladem, že ostatní firmy cenu rovněž nezmění.

Pokud vyjdeme z předpokladu, že obě firmy mají stejné náklady a vyrábí totožné produkty, potom cena za jednotku se v Bertrandově ekvilibriu rovná mezním nákladům, stejně jako když firma vystupuje jako cenový příjemce. Například: konstantní mezní náklady a průměrné náklady za výrobek u první firmy by byly 100 Kč a druhá by tento výrobek na trhu prodávala za 150 Kč. Pokud by první firma chtěla výrobek prodat za více než 150 Kč, budou všichni zákazníci nakupovat pouze u druhé firmy, první neprodá žádné zboží. Pokud nastaví obě firmy stejnou cenu, můžeme předpokládat, že polovina zákazníků bude nakupovat u první firmy a polovina u druhé firmy, obě firmy získají polovinu tržního zisku. Může ale nastat situace, že první firma se rozhodne prodávat za cenu o málo nižší než druhá firma, například za 145 Kč. Vzhledem k tomu, že produkty jsou totožné, přejdou zákazníci k první firmě, která tím získá celý trh a celý tržní zisk. Druhá firma nebude mít žádný zisk. Bude se snažit situaci vyřešit a sníží cenu pod cenu konkurenční firmy. Pokud první firma sníží cenu na své mezní náklady, druhá firma se dalším snížením již dostane pod mezní náklady. Získá sice celou tržní poptávku, ale je ve ztrátě. Může tedy docházet k několikerému snížení ceny až pod mezní náklady, které se projevuje jako cenová válka. Firmy potom dosahují nulový zisk, stejně jako na trhu s dokonalou konkurencí. Jediným momentem, kdy firmy nemají motivaci měnit cenu, je ve chvíli, kdy obě nabízejí produkt za své mezní náklady. Rovnovážná situace trhu v Bertrandově modelu nastává, když všechny firmy dosahují nulové zisky. (Perloff, 2012)

Bertrandův model se setkává s kritikou, podle které je přirozenější soupeření firem v proměnné týkající se množství než ceny, pokud je firmami vyráběn homogenní produkt.

### 1.5.4 Modely oligopolu založené na teorii her

Vzhledem k tomu, že pro oligopolní tržní strukturu je typická vzájemná závislost firem, musí každá firma v odvětví pečlivě zvažovat své strategie a jednotlivé kroky, které uskutečňuje. Musí se také snažit předvídat reakce ostatních firem, které mohou ovlivnit její chování na trhu. K strategickému rozhodování firmy přistupují jako ke hře. Při hře musí hráči také při svém tahu přemýšlet o reakci protihráče, nejenom o té bezprostřední, ale i o dalších následujících. Z těchto důvodů je teorie her jedním ze základních nástrojů manažerů při strategickém rozhodování.

# 2 Teorie her a oligopoly

Modely oligopolů, které vycházejí z teorie her, představují zjednodušené strategické situace, pomocí nichž můžeme předvídat chování konkurenční firmy při skutečném řešení konfliktní situace a přijmout správné rozhodnutí. Mezi základní pojmy teorie her patří pojmy, jako je hra, hráč, strategie, prostor strategií, výplatní funkce, inteligentní hráč a další.

Základním pojmem teorie her je hra, která je chápána jako konfliktní situace mezi dvěma a více účastníky – hráči. Každou hru tvoří tři základní prvky, kterými jsou hráč, strategie a výplatní funkce.

Jako hráči jsou označováni účastníci konfliktní rozhodovací situace, kteří si na základě svého rozhodnutí vybírají jednu z mnoha existujících strategií. Ve většině případů se bude jednat v této práci o hry se dvěma hráči – dvěma firmami.

Strategie představuje konkrétní alternativu, kterou si hráč zvolí a která by mu měla umožnit dosáhnout stanoveného cíle. Proto se snaží zvolit optimální strategii, která je pro něj nejvýhodnější.

Výplatní funkce představuje výsledek hry, výhru, konečný zisk ze hry pro každého hráče, který je přímo závislý na zvolené strategii. Závisí nejen na strategii daného hráče, ale také na zvolených strategiích protihráčů. (Dlouhý a Fiala, 2009)

Problematice základních pojmů teorie her jsem se podrobněji věnovala ve své bakalářské práci Využití teorie her v podnikové praxi.

## 2.1 Neantagonistické hry

V praxi se často můžeme setkat s konflikty, ve kterých účastníci rozhodovací situace sice sledují své zájmy, ale nevzniká zde přímý protiklad, jedná se o neantagonistické konflikty. V této situaci neplatí, že výhra prvního hráče znamená prohru druhého hráče a naopak. U těchto případů můžeme dále rozlišit, zda jde o hru nekooperativní, ve které hráči nemohou spolupracovat, či o hru kooperativní, ve které hráči spolupracovat mohou. (Dlouhý a Fiala, 2009) Oba druhy her je možné využít při rozhodovacím procesu v rámci oligopolu.

U neantagonistického konfliktu je ve srovnání s konfliktem antagonistickým vysvětlení optimálního jednání náročnější. Vzhledem k tomu, že zájmy obou účastníků konfliktu nejsou zcela protichůdné, vzniká zde možnost koordinace výběru rozhodnutí s cílem dosáhnout oboustranných výhod. Ne vždy je ale koordinace voleb rozhodnutí reálná. Pokud tomu tak je, může se uskutečňovat různými formami.

### 2.1.1 Konečný neantagonistický konflikt

Jako příklad konečného neantagonistického konfliktu můžeme použít spor dvou oligopolních firem, při kterém obě strany mohou uskutečnit jednu ze tří následujících aktivit:

- podat žalobu u soudu
- nabídnout společný postup
- navrhnout ústupek

Důsledky jednotlivých aktivit jsou znázorněny v následující tabulce. Přičemž v průsečíku jednotlivých ryzích strategií, to znamená výběr aktivity 1, 2 nebo 3, je uvedena hodnota výplatní funkce. Levé číslo je pro hráče 1, pravé pro hráče 2. (Maňas, 1991)

$$\begin{array}{ccc} & & \text{Hráč 2} \\ & & \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \end{array} \\ \text{Hráč 1} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} & \begin{bmatrix} -2,-3 & 9,-10 & 9,-10 \\ -10,9 & -5,30 & 0,0 \\ -10,9 & 0 & 5,6 \end{bmatrix} \end{array}$$

Aktivita 1 podání žaloby u soudu ve srovnání s rozhodnutím řešit konflikt mimosoudními prostředky znamená pro žalující stranu výhodu v tom, že obdrží od nežalující strany odškodné. Navíc nežalující strana musí uhradit soudní výlohy ve výši 1. Společný postup, který představuje strategie 2, 2, přináší výhodu jen pro hráče 2. Zbývající důsledky jsou téměř obdobně závažné pro obě strany, s tím rozdílem, že varianta 1, 1 znamená ztrátu pro oba, zatímco varianta 3, 3 pro oba zisk.

Pokud bychom chtěli k této hře vytvořit návod k nalezení racionálního výběru strategií, musíme znát možnosti uzavírání dohod mezi zúčastněnými stranami. V případě, že mezi hráči není reálné, aby proběhla vzájemná komunikace, nebo aby byla před volbou strategie uzavřena závazná dohoda, budou hráči upřednostňovat ryzí strategii 1, 1. K této volbě přispívá i skutečnost, že kdo se jednostranně odchýlí, poškodí sám sebe. Strategie 1, 1 představuje strategii rovnovážného typu. Ale hodnota výhry -2, -3 ukazuje, že tato varianta není pro hráče výhodná a výrazně lepší variantou je strategie 3, 3 s hodnotami 5, 6, ačkoliv se zde nejedná o rovnovážnou strategii.

Další možností je uzavřít před volbou strategie závaznou dohodu, přičemž zde mohou nastat ještě různé varianty. Předmětem dohody se může stát jen volba strategie nebo například budoucí rozdělení výhry, kdy jeden hráč přenechá část své výhry druhému hráči jako kompenzaci za to, že si zvolil strategii, která je pro něj nevýhodná, ale pro ostatní velmi výhodná. Je možné předpokládat, že hráči si zvolí dohodu 2, 2, ve které se domluví, že hráč 2 zaplatí hráči 1 určitou kompenzaci za výběr této varianty. Získají tak dohromady čistou výhru v hodnotě 25, která je jinak v této výši v tomto konfliktu nedosažitelná.

Je-li předmětem dohody pouze volba strategie, vyberou si hráči variantu 3, 3, která znamená výhru 5, 6. Vyšší výhry hráči bez přerozdělení nemohou v daném konfliktu dosáhnout.

Pokud není možné, aby hráči mezi sebou uzavřeli dohody, mluvíme o nekooperativní hře. V případě, že hráči mohou uzavírat dohody o výběru strategií a současně také o přerozdělení výhry, jedná se o kooperativní hru s přenosnou výhrou. Pokud není možné výhru přerozdělit, jedná se o kooperativní hru s nepřenosnou výhrou. (Maňas, 1991)

## 2.2 Nekooperativní hra

Nekooperativní teorie neantagonistického konfliktu se zaměřuje na řešení otázky, co můžeme u tohoto typu konfliktů považovat za racionální volbu strategií. Stejně jako u antagonistického konfliktu vycházíme z definice rovnovážných strategií. U neantagonistického konfliktu ale nemůžeme využít převod na hru s nulovým součtem jako u antagonistického. Musíme zde vycházet z nerovností, protože částka rozdělovaná mezi hráče závisí na zvolené strategii. Nemluvíme zde o ceně hry, ale o ceně hry pro hráče 1 a o ceně hry pro hráče 2. Hráč, který nezvolí rovnovážnou strategii, poškodí nejen sám sebe, ale může současně výrazně poškodit i protihráče, i když ten rovnovážnou strategii zvolil. Tento fakt vede k tomu, že se rovnovážné strategie u tohoto typu her tak silně nevynucují a není tedy možné chápat rovnovážné strategie jako racionální návod chování. V této oblasti se objevují často při řešení konfliktních situací etická dilemata, protože ten, kdo poruší pravidla a nejedná správně, dosáhne větších zisků než ten, kdo dojednané dohody dodrží. (Maňas, 1991)

Matematický model konečných neantagonistických konfliktů pro dva hráče představuje dvojmaticová hra, která je tvořena maticemi A a B, určujícími výplatní funkce prvého a druhého hráče. Při volbě i-té strategie (i=1, 2, …..„ m) prvního hráče a j-té strategie (j=1, 2, ……., n) druhého hráče se hodnota výplatní funkce prvního hráče rovná veličině $a_{i,j}$ a hodnota výplatní funkce druhého hráče veličině $b_{i,j}$. Hodnoty výher nejsou v přímém vztahu.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \cdots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \cdots a_{2n} \\ & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} \cdots a_{mn} \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \cdots b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} \cdots b_{2n} \\ & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} \cdots b_{mn} \end{bmatrix}$$

Dvojice strategií $x^0$ a $y^0$ jsou označovány jako Nashovy rovnovážné strategie, při splnění následujících podmínek:

$$f_1(x, y^0) \leq f_1(x^0, y^0)$$

$$f_2(x^0, y) \leq f_2(x^0, y^0)$$

pro všechna x∈X, y∈Y

Pro získání rovnovážného řešení postupujeme následujícím způsobem. Nejdříve si v matici A označíme všechna sloupcová maxima a v matici B všechna řádková maxima. Následně porovnáváme. Pokud je dvojice prvků dvojmatice označena současně prvním i druhým hráčem, jedná se o rovnovážné řešení, které se může vyskytovat ve 4 různých variantách:

- 1. Nashovo rovnovážné řešení v ryzích strategiích existuje pouze jedno, ukazuje tedy optimální cestu pro oba hráče.
- 2. Existuje více rovnovážných řešení, přičemž jedno z nich je pro oba hráče výhodnější než všechna ostatní, tzn., že jedno rovnovážné řešení dominuje ostatní řešení. Hráči si tedy vyberou rovnovážné řešení, které je pro oba nejvýhodnější.
- 3. Rovnovážných řešení existuje více, ale hráči nejsou schopni se shodnout, které z těchto rovnovážných řešení je pro ně to nejlepší. Každý upřednostňuje jiné řešení.
- 4. Ve hře neexistuje žádné rovnovážné řešení v ryzích strategiích. (Dlouhý a Fiala, 2009)

V případě, že není možné nalézt Nashovo rovnovážné řešení v ryzích strategiích, využijeme smíšeného rozšíření dvojmaticové hry. Platí zde tato věta: „*Smíšené rozšíření každé dvojmaticové hry má alespoň jedno rovnovážné řešení.*“ (Dlouhý a Fiala, 2009, s. 29)

Prostory strategií jsou následující:

$$X = \left\{ x; x^T = [x_1, x_2, \dots, x_m], \sum_{i=1}^{m} x_i = 1, x \geq O \right\}$$

$$Y = \left\{ y; y^T = [y_1, y_2, \dots, y_n], \sum_{j=1}^{n} y_j = 1, y =\geq 0 \right\}$$

Výplatní funkce hráčů vyjádříme v následujícím tvaru:

$$f_1(x, y) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_i a_{ij} y_j = x^T A y$$

$$f_2(x, y) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_i b_{ij} y_j = x^T B y$$

V situaci smíšeného rozšíření dvojmaticových her je možné definovat hledání rovnovážných strategií jako hledání optimálního řešení u případu nelineárního programování ve tvaru:

Maximalizovat

$$p^T (A + B) q - e^T p - f^T q$$

Za podmínek

$$Aq \leq e,\ B^T p \leq f, p \geq 0, q \geq 0$$

kde *A* a *B* představují výplatní matice hráčů o rozměrech *m* x *n*, které jsou přizpůsobeny tak, aby jejich prvky byly kladné;

*p* a *q* jsou vektory o *m* a *n* proměnných, *e* a *f* jsou vektory složené z *m* a *n* jedniček, 0 jsou odpovídající nulové vektory.

Smíšené rovnovážné strategie získáme po transformacích, díky kterým je součet pravděpodobností roven jedné:

$$x^O = \frac{p^O}{e^T p^O}\ a\ y^O = q^O / (f^T q^O)$$

Podle Dlouhého a Fialy „*jsme tímto postupem našli jedno rovnovážné řešení, nevíme však, zda neexistují další rovnovážná řešení. Nalezení všech rovnovážných řešení je poměrně komplikovanou úlohou. Určitou jednoduchou náhradní možností je spustit řešení úlohy z různých výchozích hodnot proměnných, což většina optimalizačních programových produktů povoluje, a sledovat, zda dojde ke změně optimálního řešení.*“ (Dlouhý a Fiala, 2009, s. 31)

### 2.2.1 Modelové rozhodovací situace nekooperativních her

Dvojmaticové hry můžeme použít k vyhodnocení konfliktů se dvěma ryzími strategiemi u každého jednotlivého hráče. Vzhledem k tomu, že s těmito typy konfliktů se setkáváme poměrně často, může znalost teoretického modelu usnadnit rozhodování v praxi. Pro lepší zapamatování a orientaci dostaly některé modelové konflikty jména a je s nimi spojen konkrétní příběh. Jednotlivými modelovými konflikty jsem se podrobně zabývala ve své bakalářské práci. Zde zmíním pouze ty, které jsou spojeny s rozhodováním ve spojitosti s oligopolem.

#### 2.2.1.1 Vězňovo dilema

Vězňovo dilema představuje nekooperativní dvojmaticovou hru s nekonstantním součtem, jedná se o model konfliktu, ve kterém „*obtížnost situace, v jinak přehledném střetnutí zájmů, spočívá v tom, že řešení pro obě strany výhodné sice existuje, ale je nedostupné vzhledem k tomu, že jednostranné porušení solidárního jednání vede k podstatné výhodě pro toho, kdo se odchýlil a k nevýhodě pro toho, kdo na oboustrannou solidárnost spoléhal*.“ (Maňas, 1991, s. 107) Zpravidla se jedná o hru dvou hráčů, výše výplaty se odvíjí od zvolené strategie obou hráčů.

Schéma matice vězňova dilematu zobrazíme následujícím způsobem:

*Tabulka 1 - Matice vězňova dilematu*

| | | Hráč 2 | |
|---|---|---|---|
| | | Spolupráce | Zrada |
| Hráč 1 | Spolupráce | SS | SZ |
| | Zrada | ZS | ZZ |

Zdroj: Heissler, 2010

„*Z*“ představuje situaci, kdy hráč nespolupracoval a zradil druhého hráče, využil nekooperativní strategii a „*S*“ spolupracoval s druhým hráčem, využil kooperativní strategii. Pro vězňovo dilema musí být splněna tato nerovnost:

$$ZS > SS > ZZ > SZ$$

Zápis nerovnosti vychází z pohledu prvního hráče. Jestliže první hráč si vybere variantu spolupracovat s druhým hráčem a ten zradí - SZ, potom výhra hráče 1 bude v minimální výši nebo žádná. V případě, že oba hráči zvolí zradu – ZZ, bude zisk prvního hráče vyšší než v první situaci, stejně tak v situaci, kdy budou oba hráči spolupracovat – SS. Nejvyššího zisku dosáhne první hráč, když zradí a druhý hráč bude spolupracovat – ZS. (Heisler, 2010)

Název vězňova dilematu je vytvořen podle modelové situace, v níž dva zločinci jsou odděleně uvězněni a při vyšetřování mají na výběr ze dvou strategií – přiznat se x nepřiznat se. Za situace, že se jeden z vězňů přizná a druhý ne, dostane první z nich nižší trest a druhý naopak trest vyšší. Pokud se oba nepřiznají, nebude dostatek důkazů, a tak dostanou oba nižší trest, než kdyby se oba přiznali. Výše trestu je závislá na strategii, kterou oba zvolí. Vzhledem k tomu, že se vězni nemohou domluvit na výběru možnosti, nastává vězňovo dilema. (Mankiw, 1999)

Konflikt můžeme vyjádřit pomocí následující dvojmatice:

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} \mathrm{P} & \mathrm{NP} \end{array} \\ \begin{array}{c} \mathrm{P} \\ \mathrm{NP} \end{array} & \begin{bmatrix} -3;-3 & -1;-4 \\ -4;-1 & -2;-2 \end{bmatrix} \end{array}$$

Vzhledem k tomu, že uvěznění přináší záporný užitek, jsou hodnoty ve výplatní matici záporná čísla. Na základě nalezených řádkových a sloupcových maxim jsme zjistili, že se zde nachází Nashova rovnováha v ryzích strategiích.

Hráči, kteří nemohou spolupracovat, zvolí vždy strategii přiznat se. Paradoxem této modelové situace je fakt, že rovnovážné řešení s výplatami (-3, -3) je horší než řešení s výplatami (-2,-2). Toto řešení ale nesplňuje podmínky Nashovy rovnováhy, protože změnou své strategie si může hráč polepšit. V tomto případě dojde ke snížení trestu na jeden rok, zatímco druhý hráč dostane jako trest 4 roky vězení. Nashovo rovnovážné řešení je sice rovnovážné, ale není paretovsky efektivní. Volbou strategie nepřiznat se oba hráči získávají. (Dlouhý a Fiala, 2009) Strategie přiznat se tedy dominuje strategii zapírat a dvojice přiznat se, přiznat se znamená jediný rovnovážný bod v dané hře. Podle Hykšové (2008) je obecně vězňovým dilematem každá situace následujícího typu:

*Tabulka 2 - Vězňovo dilema podle Hykšové*

| | | Hráč 1 | |
|---|---|---|---|
| | | Spolupráce | Zrada |
| Hráč 2 | Spolupráce | (odměna, odměna) | (oškubání, pokušení) |
| | Zrada | (pokušení, oškubání) | (trest, trest) |

Zdroj: Hykšová (2008)

Pod pojem spolupráce můžeme v podstatě zařadit cokoliv. Dvojice strategií *spolupráce – spolupráce* představuje vzájemně solidární chování, kdy hráč 1 pomůže hráči 2 a hráč 2 mu to následně oplatí a oba obdrží jistou hodnotu jako *odměnu*. Dvojice *spolupráce – zrada* znamená situaci, ve které hráč 1 poskytne pomoc hráči 2, ten ale podlehne pokušení a hráč 1 končí *oškubán*. Dvojice *zrada – zrada* je stav, kdy hráči nespolupracují, může nastat i situace, kdy se navzájem poškozují a jsou *potrestáni*.

Hru vězňovo dilema můžeme využít při rozhodování v reálných ekonomických situacích v rámci oligopolu.

- Budování čističky odpadních vod
- Duopolisté

## 2.3 Opakované hry

Z předchozího příkladu vězňova dilematu je zřejmé, že pokud se hra uskuteční pouze jednou a nelze dopředu uzavřít opravdu závaznou dohodu, potom racionální hráč zvolí dominující strategii *zrada.* Pokud se hra uskutečňuje opakovaně v nekonečném nebo neurčitém časovém horizontu, pak *spolupráce* se nemusí jevit jako iracionální. (Hykšová, 2008)

V reálném světě existuje velké množství her, které se neustále opakují – firmy se opakovaně potkávají na trhu, řeší konfliktní situace, stanovují ceny výrobků, množství produkce. Hra v normálním tvaru, kterou hráči hrají opakovaně, je označována jako opakovaná hra.

Pokud máme hru G v normálním tvaru s N hráči, jedná se o jednorázovou hru, která se neopakuje a hraje se pouze jednou. Každý hráč $i$ disponuje konečným neprázdným prostorem akcí $A_i$. U opakované hry se volba strategie hráče $i$ v jednotlivých kolech nazývá akcí, termín strategie znamená posloupnost zvolených akcí v rámci celé opakované hry. Prostor akcí je kartézským součinem prostorů akcí všech hráčů $A_i$ a značí se $A$. Pokud se hra $G$ hraje opakovaně, potom řada jednokolových her $G$ je sama o sobě také hrou, označovanou jako opakovaná hra nebo superhra $G^*$. Hra se hraje v diskrétních okamžicích $t = 0, 1, \ldots, T$. V případě, že je $T < \infty$ jedná se o konečně opakovanou hru, jestliže je $T = \infty$, jedná se o nekonečně opakovanou hru. Hodnota indexu $t$ začíná nulou, proto pro konkrétní $T$ uvádíme celkový počet kol jako $T+1$. K označení hráče využijeme dolní index, k označení kola opakované hry horní index. Profil akcí vyjadřuje volby hráčů v daném kole, prostor profilů akcí potom všechny možné kombinace. (Dlouhý, 2021)

Předpoklady pro opakovanou hru:

- každý hráč disponuje v jednotlivých kolech hry stejným prostorem akcí $A_i$
- výplaty hráčů jsou závislé jen na profilu akcí konkrétního kola bez ohledu na to, kolikáté kolo se hraje
- hráči se rozhodují a provádějí své akce pro konkrétní kolo současně – jedná se o hru v normálním tvaru
- každý hráč zná akce, které ostatní hráči realizovali v předchozím kole

Z předpokladů vychází, že prostředí pro opakovanou hru je stacionární, to znamená, že výplatní matice je ve všech kolech totožná. Volba konkrétní akce hráče v jednotlivých kolech je ovlivněna předchozími rozhodnutími ostatních hráčů.

Když $a_1^t \in A_i$ je akce, kterou v období $t$ zvolí hráč $i$, potom vektor $a_t = (a_1, a_2, \ldots . a_n )$ je profil akcí, které jsou hrány v období $t$ neboli $N$-tice individuálních akcí jednotlivých hráčů v jednorázové hře. (Dlouhý a Fiala, 2009)

Podmíněnosti výběru akcí, které jsou dány minulým chováním, vyjadřujeme pomocí historie. Historie ukazuje všechny profily akcí, které již dříve byly realizovány. Pro období $t$ je definována následovně:

$$h^t = (a^0, a^1, \ldots, a^{t-1}), pro\ t = 1, 2, \ldots$$

Historie v okamžiku *t* vyjadřuje, jaké kombinace individuálních akcí v jednorázové hře byly vybrány ve všech předcházejících kolech.

Předpoklady:

- historie $h^0$ je prázdná
- historie $h^t$ v sobě zahrnuje také informaci o historiích $h^{t-1}$, $h^{t-2}$, ……., $h^0$
- historie $h^T$ je konečná historie, v situaci nekonečně opakované hry má konečná historie nekonečnou délku T = ∞
- vzhledem k tomu, že hra začíná v okamžiku nula, je historie například ve čtvrtém kole $h^3$

Dále je nutné při opakované hře definovat prostor historií $H^t$, který představuje množina všech existujících historií $h^t$v opakované hře. Prostor historií v době *t* je dán jako kartézský součin prostorů profilů akcí *A* jednotlivých kol opakované hry:

$$H^t = (A)^t = A^0 \times A^1 \times \ldots \times A^t$$

Například prostor historií u vězňova dilematu po prvním kole je *H¹ = {(spolupráce, spolupráce), (spolupráce, zrada), (zrada, spolupráce), (zrada, zrada)}*. Po druhém kole prostor historií $H^2$ tvoří 4x4 = 16 možných historií $h^2$. (Dlouhý a Fiala, 2009)

S opakovanou hrou jsou také spojeny strategie hráčů. Hráč vždy vyhodnotí dosažené výsledky odehrané hry, vyhodnotí chování ostatní hráčů a na základě těchto informací zvolí akci pro další kolo hry. Tento princip nelze použít v počátečním nultém kole, protože historie akcí protihráčů je v tuto chvíli prázdná. Profil strategií odehraných hráči v kole *t* je vyjádřen:

$$s^t = (s_1(h^t), s_2(h^t), \ldots, s_n(h^t))$$

Prostor strategií $S_I$ je množina všech strategií, které může uskutečnit hráč *i* v opakované hře, a *S* je množina prostorů strategií všech hráčů. Chování hráčů v opakované hře je tedy spojeno s historií. Na počátku hry, kdy ještě historie neexistuje, si každý hráč volí pro nulté kolo akci podle sebe. Po proběhnutí nultého kola již vzniká historie $h^1 = (a^0)$, s kterou jsou všichni hráči obeznámeni a podle které volí své chování pro první kolo $s_i\,(h^1)$. Po odehrání každého dalšího kola je historie aktualizována, a to sloučením historie předchozího a daného kola. S touto historií jsou vždy seznámeni hráči, aby mohli volit své strategie pro další kola.

Pro určení výplatní funkce $u_1$ v opakované hře využijeme diskontování s diskontním faktorem $\delta_1$, který leží v intervalu $(0, 1)$. Diskontováním je do výplatní funkce zahrnuta hodnota času. Diskontní faktor vyjadřuje míru netrpělivosti hráčů. Hodnoty $\delta_1$ blížící se k nule označují netrpělivého hráče, u něhož se vyskytuje větší sklon k podvádění, protože hrozba trestu v budoucnosti nemá pro něj velký význam. Na druhé straně hodnoty $\delta_1$pohybující se v blízkosti jedné představují trpělivého hráče, pro něhož jsou budoucí výplaty důležité, proto ztráty vyvolané tresty v budoucnu vnímá hůř. Na základě této skutečnosti je možné trpělivé hráče brát jako ty, kdo chtějí spolupracovat. (Dlouhý a Fiala, 2009)

Výplatní funkce hráče je definována jako diskontovaný součet výplat z každého kola hry:

$$u_i = g_i(a^0) + \delta_i g_i(a^1) + \delta_i^2, g_i(a^2) + \cdots = \sum_{t=O}^{T} \delta_i^t g_i(a^t)$$

kde $g_i(a^t)$ jsou výplaty hráče z jednotlivých kol a $T$ je konečné číslo nebo nekonečno. Diskontovaný součet výplat je možné nahradit diskontovanou průměrnou výplatou:

$$u_i = (1 - \delta_i) \sum_{t=0}^{T} \delta_i^t g_i(a^t)$$

kde $(1 - \delta_i)$ je normalizační faktor, který umožňuje přímé srovnání výplat opakované hry s jednorázovou hrou

### 2.3.1 Konečně opakované hry

Pro konečně opakované hry platí časový horizont opakování $T<\infty$, o kterém vědí všichni účastníci hry. Vzhledem k tomu, že je předem známý počet opakování, může v posledních kolech docházet ke změnám chování hráčů. Nastává často situace, že hráči spolupracují do té doby, než se přiblíží konec hry. V posledním kole spolupráci poruší, protože už jim nehrozí trest.

Jako příklad je možné použít vězňovo dilema:

*Tabulka 3 - Vězňovo dilema v konečně opakované hře*

| | | Hráč 1 | |
|---|---|---|---|
| | | Spolupráce | Zrada |
| Hráč 2 | Spolupráce | (6, 6) | (0, 10) |
| | Zrada | (10, 0) | (2, 2) |

Zdroj: Vlastní zpracování

Ve hře je $\delta$ diskontní faktor a $T$ je počet opakování hry. Při jednorázové hře je řešením *(podvod, podvod).* Nyní vycházíme ze skutečnosti, že hra má několik kol. V posledním kole má pro hráče *spolupráce* hodnotu 6, zatímco *podvod* hodnotu 10. Vzhledem k tomu, že se jedná o kolo poslední, není možné hráče za podvod potrestat, a proto je výhodné v tuto chvíli podvádět. Výsledkem hry bude řešení *(podvod, podvod)*, tedy stejný výsledek jako je u jednorázové hry. Pokud bychom uvažovali předposlední kolo, bude i v něm hodnota zvolené *spolupráce* 2 a hodnota *podvodu* 3. V tomto případě může sice protihráč podvádějícího hráče potrestat v posledním kole volbou *podvod*, která se ale bude hrát za každé situace, proto v podstatě nejde o skutečný trest. Touto úvahou se můžeme dostat až na začátek hry.

*Věta: V konečně opakované hře vězňovo dilema existuje jediná Nashova rovnováha (a jediná dokonalá rovnováha podhry), ve které všichni hráči volí podvod.* (Dlouhý a Fiala, 2009, s. 51)

### 2.3.2 Nekonečně opakované hry

Nekonečně opakované hry představují model konfliktní situace, ve které hráči nemají informaci o tom, kdy hra skončí, popřípadě jestli vůbec skončí. Využívá se především v oblasti trhu, protože firmy nepočítají s tím, že by mělo dojít k ukončení hry. U této hry není pevně dáno poslední kolo hry, které by znamenalo podvody hráčů. Hráči dodržují pravidla spolupráce, protože jim hrozí trest za nedodržení domluvené strategie. (Friedman, 1977)

Namísto jediné rovnovážné strategie pro nekonečně opakované hry se vyskytuje celá řada potenciálně rovnovážných strategií. Z hráčů se stávají „*automaty*“, nastavené zpracovat vstupy a generovat odpovídající výstupy. (Slantchev, 2004)

Nejčastěji používané strategie pro vězňovo dilema:

- Vždy podvádějte (Always Defect)

Pokud hráč použije tuto strategii, tak podvádí po jakékoliv historii, nezjišťuje volbu strategií protihráčů.

$s_i(h^t)$= „podvod“ pro všechny t=0, 1, 2, …..

- Vždy spolupracujte (Always Cooperate)

Hráč, který využívá tuto strategii, bude vždy spolupracovat bez ohledu na to, jakou strategii zvolí protihráč.

$$s_{i(h^t)} = \text{“spolupráce“ pro všechny t} = 0, 1, 2, \ldots.$$

- Naivní Grim Trigger

Tato strategie vede hráče ke spolupráci, když ostatní spolupracují, a k podvodu, když ostatní podvádějí v přechozím kole. A potom k následnému podvodu pro všechna další kola. Natrvalo postihuje prohřešky ostatních protihráčů.

$$s_i(h^0) = \text{spolupráce}$$

$$s_i(h^t)\begin{cases} = spolupráce, když\ a_j^\tau = spolupráce\ j \neq i, pro\ \tau = 0, 1, 2, \ldots \tau - 1 \\ = podvod \qquad jinak. \end{cases}$$

- Grim Trigger

Tato strategie přichází s doporučením spolupracovat v počátečním kole a následovně spolupracovat do té doby, dokud spolupracovali v předchozím kole všichni protihráči. Tato strategie se zabývá nejen zradou protihráče, ale také zradou hráče samotného.

$$s_i(h^{0)} = \text{spolupráce}$$

$$s_i(h^t)\begin{cases} = spolupráce\ když\ a_j^\tau = spolupráce, pro\ \tau = 0, 1, 2, \ldots, t - 1 \\ = podvod \qquad jinak. \end{cases}$$

- Oko za oko (Tit-for-Tat)

Na základě této strategie je doporučena spolupráce v prvním kole a následně se volí akce podle chování ostatních v předchozím kole, což znamená spolupracovat, když všichni spolupracují a podvádět, když ostatní podvádějí.

$$s_i(h^0) = spolupráce$$

$$s_i(h^0)\begin{cases} = spolupráce, když\ a_j^{t-1} = spolurace, j \neq i \\ = podvod \quad jinak. \end{cases}$$

- Omezená odplata (Limited Retaliation)

Tato strategie je označována také jako „odpouštějící trigger“. Spolupráce je doporučena pro první kolo, následně pro *k* kol je doporučeno podvádět jako odplata za podvody jiných hráčů a po *k* kolech se vrátit k původní variantě spolupráce, aniž by zohledňovalo to, co se uskutečnilo v průběhu odvety.

- Win-Stay, Lose-Shift (Pavlov)

Strategie volí v prvním kole spolupráci a následně doporučuje spolupráci po jakékoliv historii, jejímž posledním výstupem bylo *(spolupráce, spolupráce)* nebo *(podvod, podvod)*, v ostatních případech volí podvádět.

$$s_i(h^0) = spolupráce$$

$$s_i(h^t)\begin{cases} = spolupráce\ když\ a^{t-1} \in \{(spolupráce, spolupráce), (podvod, podvod)\} \\ = podvod \quad jinak. \end{cases}$$

- Jednou podvádějte (Deviate Once)

Tato strategie doporučuje využít strategii „*Oko za oko*“ až do kola *L*, potom v kole *L* podvádět, v kole *L + 1* spolupracovat a dál volit chování podle strategie „*Oko za oko*“.

$$s_i(h^t) = spolupráce\ když\ t = 0\ nebo\ t = L + 1$$

$$s_i(h^t)\begin{cases} = spolupráce\ když\ a_i^{t-1} = spolupráce\ j \neq i, t \neq L \\ = podvod \quad jinak. \end{cases}$$

- Grim Deviate Once

Tato strategie vychází z využití strategie *„Grim Trigger“* až do $L$ kola, v $L$ kole a následujících hráč potom podvádí.

$$s_i(h^0) = spolupráce$$

$$s_i(h^t, t < L)\begin{cases} = spolupráce\ když\ a_j^\tau = spolupráce, pro\ \tau = 0, 1, 2, \dots, t-1, \\ = podvod \quad jinak. \end{cases}$$

$$s_i(h^t, t \geq L) = podvod$$

Abychom mohli určit průběh opakované hry a vypočítat výplaty, musíme zjistit Nashovy rovnovážné strategie obou hráčů. Jednou z možností rovnovážných strategií je strategie *„Grim Trigger“*. (Dlouhý a Fiala, 2009)

Předpokládáme, že hra se bude opakovat, v každém kole bude pravděpodobnost, že proběhne ještě kolo další, rovna například ¾.

Pokud budou oba hráči spolupracovat, je očekávaná hodnota výhry pro oba rovna

$$\pi_s = 6 + 6 \cdot \frac{3}{4} + 6 . \left(\frac{3}{4}\right)^2 + 6 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^3 + \cdots + 6 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^n$$

Pravděpodobnost, že proběhne druhé kolo je $\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4} = \left(\frac{3}{4}\right)^2$

Pravděpodobnost, že se uskuteční třetí kolo, je $\left(\frac{3}{4}\right)^2 \cdot \frac{3}{4} = \left(\frac{3}{4}\right)^3$, atd.

Hykšová (2008) používá pro strategie v opakovaném vězňově dilematu následující označení:

- Vždy spolupracuje (Always Cooperates)
- Vždy zradí (Always Defects)
- Nevraživec (Grudger, Spiteful): Spolupracuje do té doby, dokud ho protihráč nezradí, od této chvíle navždy zrazuje, nikdy neodpouští.
- Půjčka za oplátku (Tit for Tat): V prvním kole spolupracuje, v dalších kolech vychází z tahu protihráče. Pokud protihráč zradí, v následujícím kole zradí také. Pokud protihráč bude spolupracovat, oplácí v dalším kole spoluprací.
- Podezíravá půjčka za oplátku (Mistrust): V prvním kole zradí, v dalších kolech oplácí chování protihráče z předchozího kola, spolupracuje nebo zradí.

- Naivní pokušitel (Naive Prober): Chová se stejně jako půjčka za oplátku, ale průměrně jednou za 10 tahů náhodně zradí.
- Kajícný pokušitel (Remorseful Prober): Chová se jako naivní pokušitel, usiluje o ukončení cyklu spolupráce – zrada, který je způsoben vlastní zradou, reagující na jeho vlastní nespravedlivou zradu. Jednou odpoví spoluprací.
- Nelítostná půjčka za oplátku (Hard Tit for Tat): Spolupracuje. Nespolupracuje tehdy, když protihráč zradil alespoň jednou v posledních dvou kolech.
- Postupná (Gradual): Spolupracuje do té doby, než ho protihráč zradí. Po první zradě jednou zradí a dvakrát spolupracuje, po druhé dvakrát zradí a dvakrát spolupracuje, po n-té zradě n-krát následuje zrada a dvakrát spolupráce.
- Postupný zabiják (Gradual Killer): V prvních pěti kolech je zrada, následně dvakrát spolupracuje. Pokud protihráč v 6. a 7. kole zradí, potom postupný zabiják zůstává natrvalo u zrady nebo naopak natrvalo spolupracuje.
- Nelítostná půjčka za dvě oplátky (Hard Tit for 2 Tats): Spolupracuje s výjimkou případu, kdy protihráč zradil alespoň dvakrát po sobě v posledních třech kolech.
- Něžná půjčka za dvě oplátky (Soft Tit for 2 Tats): Spolupracuje s výjimkou situace, kdy protihráč zradil ve dvou po sobě jdoucích kolech.
- Pomalá půjčka za oplátku (Slow Tit for Tat): Dvakrát po sobě spolupracuje. Pokud protihráč hrál dvakrát po sobě totožný tah, hraje obrácený tah.
- Periodicky ZZS (Periodically DDC): Střídá zrada – zrada - spolupráce
- Periodicky SSZ (Periodically CCD): Střídá spolupráce – spolupráce - zrada
- Něžná většinová (Soft Majority): Spolupracuje, potom nejčastější strategie protihráče. Pokud je četnost spolupráce i zrady protihráče stejná, tak spolupracuje.
- Krutá většinová (Hard Majority): Spolupracuje, potom nejčastější strategie protihráče. Pokud je četnost spolupráce i zrady protihráče stejná, tak zradí.
- Pavlov: Pokud v předchozím kole mají oba hráči totožnou strategii, potom spolupracuje.
- Pavlov $P_n$: Pravděpodobnost spolupráce je 1/n podle předchozího kola.
- Náhodná (Random): Uskutečňuje spolupráci s pravděpodobností 1/2.
- Nelítostná Joss (Hard Joss): Stejným způsobem jako v půjčce za oplátku, ale spolupráce nastává jen s pravděpodobností 0,9.
- Něžná Joss (Soft Joss): Stejným způsobem jako v půjčce za oplátku, ale zrada nastává jen s pravděpodobností 0,9.

- Velkorysá půjčka za oplátku (Gemerous Tit for Tat): Stejným způsobem jako v půjčce za oplátku, ale po uskutečněné zradě následuje spolupráce s pravděpodobností $g(Od, T, P, Os) = min\left(1 - \frac{P-Od}{Od-Os}, \frac{Od-T}{P-T}\right)$.
- Lepší a lepší (Better and Better): Ke zradě dochází s pravděpodobností $(1000 - \text{pořadí kola})/1000$, to znamená s pravděpodobností stále menší.
- Horší a horší (Worse and Worse): Ke zradě dochází s pravděpodobností $\text{pořadí kola}/1000$, to znamená s pravděpodobností stále větší.

Podle Hykšové (2008, s. 211) *je strategie v opakované hře kompletní plán, jak se hráč zachová v průběhu celé hry ve všech možných situacích, v nichž se může ocitnout.*

## 2.4 Kooperativní hra dvou hráčů

Pokud hráči mohou před výběrem strategií uzavírat závazné smlouvy o tom, jaké volby budou realizovat a jakým způsobem budou postupovat, jedná se o kooperativní teorii. (Peters, 2008) U tohoto typu her hráči mohou, ale nemusí spolupracovat. Spolupráci budou volit v situaci, která jim přinese určité výhody, to znamená, že kooperace přinese oběma hráčům větší výhru než v případě, že by nespolupracovali. V kooperativní hře je proto pro hráče důležité nejdříve zjistit, jaká by byla výše výhry, kdyby hráči danou hru pojali jako nekooperativní a nespolupracovali. Tato výhra, vycházející z Nashova rovnovážného řešení nekooperativní hry, je označována jako zaručená výhra. Zaručená výhra u hráče číslo 1 dosahuje hodnoty v(1), zaručená výhra hráče číslo 2 nabývá hodnoty v(2). Celková částka, kterou mohou hráči získat dohromady pomocí vzájemné kooperace, je vyjádřena následujícím vzorcem:

$$v(1,2) = max[f_1(x,y) + f_2(x,y)], \qquad x \in X \; a \; y \in Y$$

Pokud platí, že v(1,2) > v(1) + v(2), potom je pro hráče výhodná kooperace. V tomto případě jsou optimální strategie takové, které odpovídají maximální hodnotě v(1,2). Tyto optimální strategie získáme tak, že sečteme prvky matic A a B a nalezneme maximální hodnotu. (Dlouhý a Fiala, 2009)

Dalším problémem je otázka rozdělení společné výhry v(1,2) mezi zúčastněné hráče. Rozdělením nazýváme takovou dvojici částek $a_1$ a $a_2$, pro kterou platí:

$$a_1 + a_2 = v(1, 2)$$

$$a_1 \geq v(1)$$

$$a_2 \geq v(2)$$

Množina všech rozdělení, splňujících výše uvedené vztahy, se nazývá jádro hry. Teorie her ale už neposkytuje návod, na jakém rozdělení by se hráči měli dohodnout. Je možné pouze najít několik doporučení, jakým způsobem vybrat optimální rozdělení společné výhry. Jednou z možností je nechat každému hráči jeho zaručenou výhru a přidat polovinu z výhry, kterou získali hráči vzájemnou spoluprací navíc:

$$a_1^* = v(1) + 1/2[v(1,2) - v(1) - v(2)]$$

$$a_2^* = v(2) + 1/2[v(1,2) - v(1) - v(2)]$$

Pokud bychom jako příklad měli kooperativní hru s nekonstantním součtem, která je dána následující maticí:

$$A = \begin{bmatrix} 6 & -6 \\ 8 & 2 \end{bmatrix} \qquad\qquad B = \begin{bmatrix} 10 & -2 \\ 2 & 8 \end{bmatrix}$$

Zaručené výhry, které vycházejí z Nashových rovnovážných strategií, jsou (2,8).

Sečteme matice A + B a vnikne nová matice:

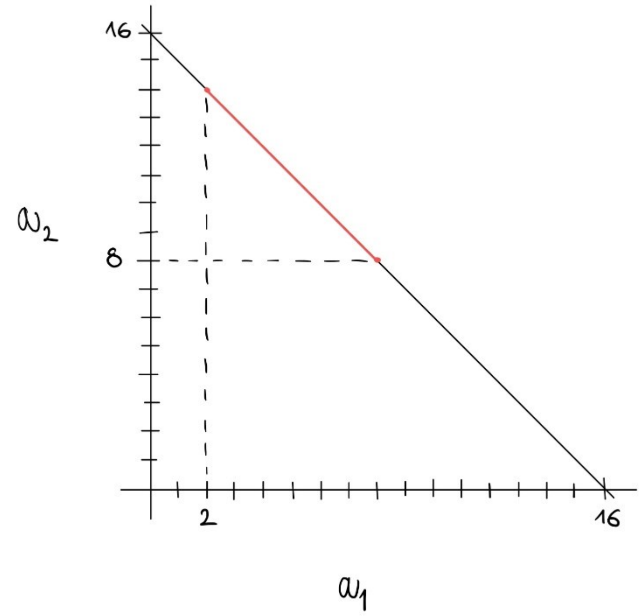
$$A + B = \begin{bmatrix} 16 & -8 \\ 10 & 10 \end{bmatrix}$$

Maximální celková výhra:

$$v(1,2) = \max\left(a_{ij} + b_{ij}\right) = 16$$

Vzhledem k tomu, že v(1,2) > v(1) + v(2) je pro hráče výhodné uzavřít dohodu o výběru strategií (1,1). Jádro hry, které představuje množina všech možných rozdělení výhry mezi hráče, můžeme znázornit graficky. Vyjdeme z podmínky, že: $a_1 + a_2 = 16$, celá výhra je rozdělena mezi hráče; $a_1 \geq 2$, první hráč musí dostat minimálně zaručenou výhru; $a_2 \geq 8$, druhý hráč musí dostat minimálně zaručenou výhru. Jádro hry je znázorněno úsečkou.

*Obrázek 6 - Jádro hry*




Zdroj: Vlastní zpracování

## 2.5 Metoda fiktivní hry

G. W. Brown vytvořil metodu pro vyhledávání rovnovážných strategií maticové hry, která spočívá v přirozeném principu postupného učení se ideálnímu chování v konfliktních situacích. Tato metoda získala název metoda fiktivní hry. Pro maticové hry existuje řada efektivnějších způsobů výpočtu rovnovážných strategií, proto se v tomto případě metoda fiktivní hry příliš nepoužívá. Naopak lze tuto metodu využít v případech, pro které nejsou k dispozici žádné jiné metody pro nalezení optimálních strategií. Metoda fiktivní hry zde poskytne alespoň přibližné odhady optimálních strategií. Konvergenci metody fiktivní hry k rovnovážným nebo jiným způsobem optimálním strategiím je nutné v každé situaci dokázat, a právě důkaz konvergence této metody je velmi obtížný, patří k nejsložitějším, které můžeme v teorii her nalézt. (Brown, 1950)

Pro vysvětlení si principu metody fiktivní hry použijeme situaci, kdy dva hráči opakovaně hrají část hry s maticí A, ale neumějí si spočítat své rovnovážné strategie. Aby se mohli naučit, jak se správně rozhodnout, budou zjišťovat, jaké strategie si vybírá protihráč. Na základě zjištěného budou své vlastní strategie vybírat tak, aby na základě dosavadního způsobu hry soupeře maximalizovali svou výhru. Pokud si zapisují, které ryzí strategie kolikrát použili, vytvoří si odhad svých smíšených rovnovážných strategií následujícím způsobem – vydělí počty použití jednotlivých ryzích strategií počtem fiktivně sehraných částí. Podle Maňase

*„stupeň přiblížení ke správným hodnotám rovnovážných strategií je možné odhadnout z intervalového odhadu ceny hry, který lze snadno získat při realizaci výpočetního schématu*." (Maňas, 1991, s. 49)

### 2.5.1 Výpočet metodou fiktivní hry

Hráči, realizující fiktivní hru, mohou začínat libovolnými ryzími strategiemi. V tomto případě začnou oba strategiemi číslo 1. Hráč 1 předpokládá, že hráč 2 si v další části vybere znovu ryzí strategii číslo1. Z tohoto důvodu použije také strategii číslo 1, protože při tomto výběru získá největší výhru. Ze stejného důvodu si zvolí hráč 2 v druhé fiktivní části strategii číslo 2, protože v tomto případě je jeho ztráta nejmenší.

**Hráč 1** by při volbě ryzí strategie

Číslo 1 získal výhru celkem 5 + 5/2 = 15/2

Číslo 2 výhru celkem 4 + 8 = 12

Ve třetí fiktivní části vybírá ryzí strategii číslo 2, protože tato strategie mu zajistí větší výhru než strategie číslo 1

**Hráč 2** by při volbě ryzí strategie

Číslo 1 měl ztrátu celkem 5 + 5 = 10

Číslo 2 měl ztrátu celkem 5/2 + 5/2 = 5

Číslo 3 měl ztrátu celkem 3 + 3 = 6

Pět fiktivních částí (herních partií) je znázorněno v následující tabulce.

*Tabulka 4 - Herní partie*

| **Partie č.** | **Hráč 1 volí** | **Hráč 2 volí** | **Hráč 1 získá při volbě** | | **Hráč 2 ztratí při volbě** | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **1** | **2** | **1** | **2** | **3** |
| 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 5 | 5/2 | 3 |
| 2 | 1 | 2 | 15/2 | 12 | 10 | 5 | 6 |
| 3 | 2 | 2 | 10 | 20 | 14 | 13 | 12 |
| 4 | 2 | 3 | 13 | 26 | 18 | 21 | 18 |
| 5 | 2 | 3 | 16 | 32 | 22 | 29 | 24 |

Zdroj: Maňas (1991)

Součty výher, které hráčům pomáhají s volbou ryzí strategie v dalším kole, jsou v tabulce označeny šedou barvou. Ve čtvrté části vzniká u hráče 2 tzv. vazba, volba jeho ryzí strategie není v další části hry určena jednoznačně, protože jeho součty jsou stejné jak pro strategii 1, tak i strategii 3. Podle Maňase „*je dokázáno, že metoda poskytuje posloupnosti odhadů konvergující ke správným hodnotám rovnovážných strategií při libovolném pravidlu pro rozhodování při vazbě.*“ (Maňas, 1991, s. 50)

Po uskutečnění páté části hry získáme následující odhady rovnovážných strategií:

$$\bar{x}_{(5)} \doteq \left[\frac{2}{5};\frac{3}{5}\right], \quad \bar{y}_{(5)} \doteq \left[\frac{1}{5};\frac{2}{5};\frac{3}{5}\right]$$

Z předchozí tabulky výpočtů můžeme získat i meze pro cenu hry. Když je V(i) celková výhra hráče 1 po i fiktivních částech hry (partiích) a v(i) celková výhra (ztráta) hráče 2 po i fiktivních částech, platí pro všechna i pro cenu hry v nerovnosti

$$v_{(i)}/i \leq v \leq V_{(i)}/i$$

Po absolvování pěti fiktivních partií můžeme z tabulky získat odhad

$$\frac{22}{5} \leq v \leq \frac{32}{5}$$

Pokud bychom pokračovali ve výpočtech dále, získali bychom odhady po 10, 20, 30, … partiích. Bylo zjištěno, že konvergence metody fiktivní hry je velmi špatná, protože ani po 20, 30 krocích se odhady příliš nepřibližují ke správným hodnotám.

# 3 Praktické využití teorii her v oligopolní struktuře

Oligopolní struktura je využita například v energetickém sektoru, kde několik málo velkých firem dominuje na trhu. Tyto společnosti ovládají významnou část výroby, distribuce i prodeje energií. Síla těchto hráčů a jejich vzájemná závislost následně ovlivňuje ceny, kvalitu služeb a inovace v tomto odvětví. A právě z těchto důvodů jsem si situaci na trhu s elektřinou vybrala pro aplikování modelů teorie her (popř. matematického popisu).

Vzhledem ke konkurenčnímu boji jednotlivé firmy nechtějí poskytovat citlivé údaje, proto budu v této části práce v některých případech vycházet z údajů fiktivních nebo z údajů stanovených na základě kvalifikovaného odhadu, přičemž se skutečný stav může lišit od popsaného v jednotlivých hrách, kde jde především o ukázání praktické využitelnosti daného modelu. Proto budu dále označovat jednotlivé aktéry na trhu pomocí písmen A, B, C, D, E a všechny modelové situace je tedy nutné chápat pouze jako hypotetické.

## 3.1 Charakteristik a jednotlivých firem

Největšími dodavateli elektřiny v ČR jsou:

- Firma (dodavatel) ČEZ
- Firma (dodavatel) E.ON
- Firma (dodavatel) INNOGY
- Firma (dodavatel) PRAŽSKÁ ENEGETIKA
- Firma (dodavatel) CENTROPOL

### 3.1.1 Firma (dodavatel) ČEZ

Firma ČEZ představuje největšího dodavatele elektrické energie v České republice, který zásobuje téměř 3,8 milionů odběrných míst. Výrazným podílem se účastní i dodávek po celé Evropě, čímž se řadí mezi stabilní a důvěryhodné dodavatele elektrické energie. Díky tomu dochází každoročně k navyšování počtu odběratelů i zvyšování množství dodané elektřiny. Firma ČEZ zajišťuje dodávky pro velkoodběratele (14 836 odběrných míst), pro podnikatele maloodběratele (444 266 odběrných míst) a pro maloodběratele – domácnosti (3 331 672 odběrných míst). Zásobovaná oblast představuje 50 000 km² s délkou vedení 168 533 km a s 60 953 transformačními stanicemi. Firma zajišťuje dodávky na území následujících krajů: Plzeňského, Karlovarského, Ústeckého, Středočeského, Libereckého, Královéhradeckého, Pardubického, Olomouckého, Moravskoslezského a částečně v krajích Zlínském a Vysočina.

Tržby z prodeje distribuce elektrické energie byly v roce 2023 37, 4 miliardy korun, čistý zisk 3, 7 miliard korun. Podíl na trhu s elektřinou: 39,78 %.

### 3.1.2 Firma (dodavatel) E.ON

Firma E.ON představuje mezinárodní společnost se sídlem v německém Essenu dodávající elektrickou energii jak do České republiky, tak i do dalších evropských zemí. V České republice zajišťuje dodávku energií 1, 5 milionům zákazníků a využívá 66 000 km elektrického vedení. Pro výrobu energie využívá také vodní elektrárnu Vranov.

Tržby za rok 2023 činily 52, 4 miliard korun, čistý zisk 1, 09 miliard korun. Podíl na trhu s elektřinou: 12, 6 %.

### 3.1.3 Firma (dodavatel) INNOGY

Firma INNOGY představuje společnost, která se věnuje distribuci elektrické energie a současně i plynu. Prodej elektrické energie je uskutečňován pro tři kategorie zákazníků, a to pro velkoodběratele, kteří tvoří nejvýznamnější část, pro maloodběratele domácnosti a dále pro maloodběratele podnikatele. Meziročně vzrostlo množství energie dodané koncovým zákazníkům o 25 %. Postupně je rozvíjena oblast provozování distribučních soustav elektrické energie.

Tržby dosáhly částky 1, 14 miliard korun. Čistý zisk je 551 milionů korun. Podíl na trhu s elektřinou: 10, 35 %.

### 3.1.4 Firma (dodavatel) PRAŽSKÁ ENERGETIKA

Firma PRAŽSKÁ ENERGETIKA představuje třetího největšího dodavatele elektrické energie v České republice s dlouholetou tradicí na českém trhu. Disponuje 830 tisíci odběrných míst, k distribuci elektrické energie využívá vysoce kvalitní distribuční síť. Ve větší míře se zaměřuje na dodávky elektrické energie a plynu pro domácnosti a drobné podnikatele. Dodávky se uskutečnily pro 60 tisíc zákazníků. Firma má vlastního ombudsmana, jehož úkolem je pomáhat zákazníkům. Firma disponuje 12 541 km elektrických sítí a 26 transformačními stanicemi.

Tržby z prodeje činily 5, 43 miliard korun. Čistý zisk je 3, 34 miliard korun. Podíl na trhu s elektřinou: 8, 05 %.

### 3.1.5 Firma (dodavatel) CENTROPOL

Firma CENTROPOL patří mezi významné české firmy, zabývající se dodávkami elektrické energie a plynu. Elektrickou energie zásobuje domácnosti i podnikatele. Zajišťuje dodávky elektrické energie pro 300 000 zákazníků.

Tržby z prodeje činily 7, 87 miliardy korun. Čistý zisk je 589 milionů korun. Podíl na trhu s elektřinou: 1, 75 %.

## 3.2 Využití Cournotova modelu

Ačkoliv se na trhu s elektřinou objevuje více dodavatelů, nejdůležitějšími hráči, kteří mají největší počet zákazníků a odběrných míst, jsou dvě firmy, a to firma A a firma B.

### 3.2.1 Cournotův model duopolu

Pro následující příklad budeme vycházet z předpokladu, že v odvětví se vyskytují právě tyto dvě firmy dodavatel A a dodavatel B, které představují duopolní konkurenci v Cournotově modelu duopolu, jehož základními předpoklady jsou:

- množina hráčů {1, 2}
- strategickou proměnnou je objem produkce (prodeje) $q_i$
- množina nákladových funkcí $TC_i(q_i)$
- cenová funkce P = g($q_1$, $q_2$)
- následně jsou odvozeny ziskové funkce $\pi_1$ = P$q_i$– $TC_i(q_i)$ - maximalizace ziskových funkcí
- podmínka prvního řádu je nutná podmínka pro existenci extrému: první derivace ziskových funkcí je u všech firem nulová
- podmínka druhého řádu je postačující podmínka pro existenci extrému (v případě záporného znaménka druhé derivace jde o maximum)

V našem případě budeme uvažovat množinu dvou hráčů – firem {1, 2}, kde 1 je firma A a 2 je firma B. Obě firmy dodávají homogenní produkt, mají stejné nákladové křivky a znají tržní poptávkovou křivku. Firma A považuje v průběhu rozhodování o velikosti výstupu výstup firmy B jako konstantní, obdobně uvažuje i firma B.

Chování firmy A: Firma A vychází z předpokladu, že výstup konkurenční firmy B je nulový a v důsledku toho se chová jako monopol. Při volbě rovnovážného výstupu vychází z rovnice

*MR* = *MC*, to znamená, že mezní příjem je roven mezním nákladům. Nulové mezní náklady a nulový mezní příjem bude firma realizovat při výstupu 1 000 jednotek.

Reakce firmy B na chování firmy A: Firma B chce změnit svůj výstup, který byl brán jako nulový. Firma B považuje výstup firmy A ve výši 1 000 jednotek za fixní a na základě toho předpokládá, že poptávka po její produkci bude vytvořena tržní poptávkou sníženou o individuální poptávku po produktu firmy A.

Individuální poptávková křivka firmy B vznikne jako tržní poptávková křivka mínus 1 000. K rovnosti mezních příjmů $MR_2$ a mezních nákladů $MC_2$ dochází při výstupu 500 jednotek, což představuje rovnovážný výstup pro firmu B. Tento objem chápe firma A při svém dalším rozhodování opět jako fixní. Vychází z předpokladu, že poptávka po její produkci se bude rovnat tržní poptávce snížené o výstup firmy B, to znamená o 500 jednotek. Takto vzniklá individuální poptávková křivka po produktu firmy A nám umožní odvodit křivku mezního příjmu $MR_1$ a z rovnosti $MR_1 = MC_1$ rovnovážný výstup ve výši 750 jednotek. Dále tímto způsobem by výstup firmy A klesal a výstup firmy B by postupně rostl, což by směřovalo až k výstupu obou firem 666, 6 jednotek. Celkový výstup odvětví by byl cca 1333, 3 jednotek.

Cena je závislá na objemu nabídky:

$$P = 1000 - (q_1 + q_2)$$

Nákladové funkce jsou:

$$TC_1(q_1) = 1500 + 120q_1$$

$$TC_2(q_2) = {q_2}^2$$

Ziskové funkce jsou:

$$\pi_1 = (1000 - (q_1 + q_2))\, q_1 - 1500 - 120q_1$$

$$\pi_1 = 880q_1 - {q_1}^2 - q_1q_2 - 1500$$

$$\pi_2 = (1000 - (q_1 + q_2))\, q_2 - {q_2}^2$$

$$\pi_2 = 1000q_2 - 2{q_2}^2 - q_1q_2$$

První firma nemůže ovlivnit produkci

$$q_2 = q_2^0$$

Zisková funkce $\pi_1$ je:

$$\pi_1(q_1, q_2^0) = TR_1(q_1, q_2^0) - TC_1(q_1)$$

Podmínky prvého řádu (první derivace):

$$\partial\pi_1/\partial q_1 = 880 - 2q_1 - q_2 = 0$$
$$\partial\pi_2/\partial q_2 = 1000 - 4q_2 - q_1 = 0$$

Reakční funkce (vzájemná závislost firem):

$$q_1 = \varphi_1(q_2^0) = \frac{880 - q_2^0}{2} = 440 - 5q_2^0$$
$$q_2 = \varphi_2(q_1^0) = \frac{1000 - q_1^0}{4} = 250 - 2{,}5q_1^0$$

Hodnota optimální produkce

$$q_1^0 = 360$$

$$q_2^0 = 160$$

Cena:

$$P = 1000 - q_1 - q_2 = 1000 - 360 - 160 = 480$$

Celkové náklady:

$$TC_1(q_1) = 1500 + 120q_1 = 1500 + 43200 = 44\,700$$

$$TC_2(q_2) = q_2^2 = 160^2 = 25\,600$$

Celkové příjmy:

$$TR_1(q_1) = P \cdot q_1 = 480 \cdot 360 = 172\,800$$

$$TR_1(q_1) = P \cdot q_2 = 480 \cdot 160 = 76\,800$$

Zisky:

$$\pi_1 = TR_1(q_1) - TC_1(q_1) = 172800 - 44700 = 128\,100$$

$$\pi_2 = TR_2(q_2) - TC_2(q_2) = 76800 - 25600 = 51\,200$$

### 3.2.2 Cournotův model pro „n“ firem na oligopolním trhu

Pro Cournotův model pro „n“ firem přidáme do klasického Cournotova modelu ještě nákladové funkce, jejichž tvar bude lineární.

Pro příklad s energetickými dodavateli budeme uvažovat, že firmy dodávají homogenní produkt, aby nebyl důvod nějakou firmu preferovat. Cena dodávky bude stejná na celém trhu a bude mít lineární tvar. Konkurence mezi firmami bude pouze v dodaném množství $q_i$, které představuje objem dodávky uskutečněný i-tou firmou.

Lineární funkce ceny dodané produkce:

$$P = f(Q) = a - b \cdot \left( \sum_{i=1}^{n} q_i \right) = a - b \cdot q_1 - b \cdot q_2 - \cdots - b \cdot q_n$$

kde *a* je konstanta, *b* představuje mezní úbytek ceny na jednu doplňující jednotku dodávky nebo sklon cenové funkce. Koeficient *b* také udává, že při zvýšení objemu dodávky o jednu jednotku se tržní cena výrobku sníží o *b* finančních jednotek. Optimální objem dodávky dodávaný i-tou firmou označujeme jako $q_i$.

Funkce nákladů bude mít lineární tvar, souhrn těchto nákladů označíme jako $TC_i(q_i)$. Náklady i-té firmy jsou závislé na objemu dodávky $d_i.q_i$ a na fixní složce nákladů $c_i$:

$$TC_i(q_i) = c_i + d_i.q_i \qquad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

kde $c_i$ a $d_i$ jsou konstanty.

Nejdříve vyjádříme ziskovou funkci pro každou jednotlivou „n“ firmu:

$$\pi_i = P.q_i - TC_i(q_i) = q_i \left( a - b \cdot \sum_{i=1}^{n} q_i \right) - c_i - d_i \cdot q_i \qquad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

Pro zjednodušení výpočtu použijeme upravenou parciální derivaci $\pi_i$ podle $q_i$:

$$\frac{d\pi_i}{dp_i} = a - b \cdot \sum_{j \neq i}^{n} q_j - d_i - 2 \cdot b \cdot q_i = a - b \cdot \sum_{i=1}^{n} q_i - d_i - b \cdot q_i \quad \forall j, i = 1, 2, \dots, n$$

kde j nabývá stejných hodnot jako i, zastupuje ho při kolizi

Když položíme parciální derivace rovny nule a upravíme, aby na pravé straně byly konstanty a na levé straně neznámé, dostaneme následující tvar:

$$a - b \cdot \sum_{i=1}^{n} q_i - d_i - b \cdot q_i = 0 \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$b \cdot \sum_{i=1}^{n} q_i + b \cdot q_i = a - d_i \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

Vyřešením rovnice stanovíme optimální množství dodávané produkce $q_i$ pro Cournotův oligopol o „n“ firmách. Ke stanovení množství nejdříve přepíšeme soustavu těchto rovnic do maticového tvaru a následně vyřešíme. Do i-tého řádku matice dosadíme konstanty z i-té rovnice pro každé $q_i$ takovým způsobem, aby se v prvním sloupci matice nacházel konstantní člen, který odpovídá $q_i$:

$$\left(\begin{array}{cccc|c} 2b & b & \dots & b & a - d_1 \\ b & 2b & & b & a - d_2 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots \\ & & 2b & b & a - d_{n-1} \\ b & \cdots & b & 2b & a - d_n \end{array}\right)$$

Při další úpravě matice se vymění první řádek matice za poslední, druhý řádek za předposlední a tak dále všechny další řádky:

$$\left(\begin{array}{cccc|c} b & \cdots & b & 2b & a - d_n \\ b & & 2b & b & a - d_{n-1} \\ \vdots & & \iddots & \vdots & \vdots \\ b & 2b & & b & a - d_2 \\ 2b & b & \cdots & b & a - d_1 \end{array}\right)$$

V dalším kroku je využita eliminační metoda, pomocí které je původní matice převedena na jednotkovou matici a na pravé straně bude řešení soustavy, nazvaná Gauss-Jordanova eliminace. Budeme postupovat následujícím způsobem. První řádek matice vynásobíme –1, pro sumace prvního a posledního řádku vynásobíme první řádek –2 a k vynásobenému prvnímu řádku přičteme příslušný řádek matice:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} b & b & \cdots & & b & 2b & a - d_n \\ 0 & 0 & & 0 & b & -b & d_n - d_{n-1} \\ \vdots & & & & 0 & \vdots & \vdots \\ & 0 & & \iddots & & & \\ 0 & b & 0 & & 0 & -b & d_n - d_2 \\ 0 & -b & \cdots & & -b & -3b & -a + 2d_n - d_1 \end{array}\right)$$

V dalším kroku potom sečteme druhý až předposlední řádek matice a přičteme následně poslední řádek. Výsledek se zapíše do posledního řádku matice, přičemž ostatní řádky zůstaly stejné jako před tím:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} b & b & \cdots & & b & 2b & a-d_n \\ 0 & 0 & & 0 & b & -b & d_n-d_{n-1} \\ \vdots & & & & 0 & \vdots & \vdots \\ & 0 & & \iddots & & & \\ 0 & b & 0 & & 0 & -b & d_n-d_2 \\ 0 & b & & \cdots & 0 & -(n+1)b & -a-d_1-,\dots,-(2d_{n-1})+nd_n \end{array}\right)$$

V této matici první sloupec představuje první proměnnou $q_1$ a její j-tý sloupec představuje proměnnou $q_j$. Eliminace probíhá až do vzniku diagonální matice. V předchozí uvedené matici vynásobíme druhý až předposlední řádek *(-(n+1))* a k poslednímu řádku matice postupně přičteme tyto násobky:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} b & b & \cdots & & b & 2b & a-d_n \\ 0 & 0 & & 0 & -(n+1)b & 0 & -a-d_1-,\dots,-d_{n-2}+nd_{n-1}-d_n \\ \vdots & & & & 0 & & \vdots \\ & 0 & \iddots & & & & -a-d_1+nd_2-d_3-,\dots,-d_n \\ 0 & -(n+1)b & 0 & & 0 & 0 & -a-d_1-,\dots,-d_{n-1}+nd_n \\ 0 & 0 & & \cdots & 0 & -(n+1)b & \end{array}\right)$$

Následně se k součtu posledních *(n-1)* řádků přičte *(n+1)* násobek prvního řádku:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} (n+1)b & 0 & \cdots & & 0 & (n+1)b & 2a-(n-1)d_1+2d_2+,\dots,+2d_{n-1}-(n-1)d_n \\ 0 & 0 & & 0 & -(n+1)b & 0 & -a-d_1-,\dots,-d_{n-2}+nd_{n-1}-d_n \\ \vdots & & & & 0 & & \vdots \\ & 0 & \iddots & & & \vdots & -a-d_1+nd_2-d_3-,\dots,-d_n \\ 0 & -(n+1)b & 0 & & 0 & 0 & -a-d_1-,\dots,-d_{n-1}+nd_n \\ 0 & 0 & & & 0 & -(n+1)b & \end{array}\right)$$

Na závěr přičteme poslední řádek k prvnímu, a tímto krokem získáme diagonální matici:

$$\left(\begin{array}{cccccc|c}
(n+1)b & 0 & \cdots & & 0 & 0 & a - nd_1 + d_2 +, \dots, + d_{n-1} + d_n \\
0 & 0 & & 0 & -(n+1)b & 0 & -a - d_1 -, \dots, -d_{n-2} + nd_{n-1} - d_n \\
\vdots & & & & 0 & & \vdots \\
& 0 & \iddots & & & \vdots & -a - d_1 + nd_2 - d_3 -, \dots, -d_n \\
0 & -(n+1)b & 0 & & 0 & 0 & -a - d_1 -, \dots, -d_{n-1} + nd_n \\
0 & 0 & & \cdots & 0 & -(n+1)b &
\end{array}\right)$$

Výměnou řádků v pořadí druhého a předposledního, třetího od začátku a třetího od konce a stejným způsobem i dalších řádků vznikne diagonální matice. Vzorec pro optimální množství dodávky všech „n“ hráčů v Cournotově modelu oligopolu o „n“ firmách je:

$$q_i = \frac{a + \sum_{i=1}^{n} d_i - (n+1)}{b(n+1)} \qquad \forall \text{ i,j=1, 2, …, n}$$

Optimální množství dodávky i-tého dodavatele v oligopolu o *„n“* firmách je určeno variabilní složkou nákladů *„d“*, konstantou ceny *„a“*, počtem firem na trhu *„n“* a také mezním úbytkem ceny *„b“*. Jestliže chceme spočítat optimální množství dodávky všech hráčů oligopolu o „n“ firmách, sečteme dodávky jednotlivých dodavatelů a získáme „$\sum q_i$“:

$$\sum_{i'1}^{n} q_i = \frac{n \cdot a - \sum_{i=1}^{n} d_i}{b(n+1)} \qquad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

Dále je odvozena rovnice optimální ceny výrobků v Cournotově modelu oligopolu o „n“ firmách:

$$P = a - b \sum_{i=1}^{n} q_i \qquad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$P = a - b \frac{n \cdot a - \sum_{i=1}^{n} d_i}{b(n+1)} = \frac{a \cdot (n+1) - n \cdot a + \sum_{i=1}^{n} d_i}{(n+1)} \qquad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$P = \frac{a + \sum_{i=1}^{n} d_i}{(n+1)} \qquad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

Pro výpočet optimální ceny dodávky v Cournotově modelu pro „n“ firem použijeme počet dodavatelů „*n*“, konstantní hodnotu „*a*“ lineární funkce ceny a konstantu „$d_i$“ vyjadřující mezní úbytek nákladů na jednotku produkce.

V případě uvedených energetických společností použijeme Cournotův model pro 5 firem. Tržní cenu dodávané produkce vyjádříme následující rovnicí:

$$P = f(Q) = a - b \cdot \left( \sum_{i=1}^{n} q_i \right) = 3000 - 5 \cdot \left( \sum_{i=1}^{5} q_5 \right)$$

Nákladové funkce pro 5 uvedených firem jsou následující:

$$TC_{i(q_i)} = c_i + d_{i.}q_i \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$TC_1(q_1) = 140 + 160 \cdot q_i \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, 5$$

$$TC_2(q_2) = 800 + 100 \cdot q_2 \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, 5$$

$$TC_3(q_3) = 520 + 80 \cdot q_3 \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, 5$$

$$TC_4(q_4) = 120 + 180 \cdot q_4 \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, 5$$

$$TC_5(q_5) = 60 + 220 \cdot q_5 \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, 5$$

Z těchto rovnic využijeme veličiny pro následující výpočet optimálního množství dodávky a ceny. Vybraný soubor tvoří 5 firem, proto *n* = 5, *a* = 3000, *b* = 5, $d_1 = 160$, $d_2 = 100$, $d_3 = 80$, $d_4 = 180$, $d_5 = 220$

Nejdříve sečteme hodnoty $d_i$:

$$\sum_{i=1}^{5} d_i = 160 + 100 + 80 + 180 + 220 = 740$$

Dále vypočítáme optimální množství pro každého dodavatele:

$$q_i = \frac{a + \sum_{i=1}^{n} d_i - d_i(n+1)}{b(n+1)} \quad \forall\, i, j = 1, 2, \dots . n$$

$$q_1 = \frac{3000 + 740 - 160(5+1)}{5(5+1)} = 92{,}67$$

$$q_2 = \frac{3000 + 740 - 100(5+1)}{5(5+1)} = 104{,}67$$

$$q_3 = \frac{3000 + 740 - 80(5+1)}{5(5+1)} = 108{,}67$$

$$q_4 = \frac{3000 + 740 - 180(5+1)}{5(5+1)} = 88{,}67$$

$$q_5 = \frac{3000 + 740 - 220(5+1)}{5(5+1)} = 80{,}67$$

Výpočtem pomocí rovnice nebo součtem hodnot $q_1$ až $q_5$ vypočítáme optimální celkové množství produkce na zkoumaném trhu:

$$\sum_{i=1}^{n} q_1 = \frac{n \cdot a - \sum_{i=1}^{n} d_1}{b(n+1)} \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^{5} q_i = \frac{5 \cdot 3000 - 740}{5(5+1)} = 475{,}33$$

Součtem:

$$\sum_{i=1}^{5} q_i = 92{,}67 + 104{,}67 + 88{,}67 + 80{,}67 = 475{,}35$$

Dále vypočítáme optimální cenu na oligopolním trhu:

$$P = \frac{a + \sum_{i=1}^{n} d_i}{(n+1)} \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$P = \frac{3000 + 740}{(5+1)} = 623{,}33$$

Závěrečným výpočtem je zisk jednotlivých dodavatelů a celkový zisk na trhu:

$$\pi_i = P \cdot q_i - TC_i(q_i) = q_i \left( a - b \cdot \sum_{j=1}^{n} q_j \right) - c_i - d_i \cdot q_i \quad \forall\, i = 1, 2, \dots, n$$

$$\pi_1 = 623{,}33.92{,}67 - 14967{,}2 = 42796{,}79$$

$$\pi_2 = 623{,}33.104{,}67 - 11267 = 53976.95$$

$$\pi_3 = 623{,}33.108{,}67 - 9213{,}6 = 58523{,}67$$

$$\pi_4 = 623{,}33.88{,}67 - 16080{,}6 = 39190{,}07$$

$$\pi_5 = 623{,}33.80{,}67 - 17807{,}4 = 32476{,}63$$

$$\sum_{i=1}^{5} \pi_5 = 226964{,}11$$

Z tohoto příkladu vidíme, že při rovnovážné ceně 623, 33 Kč jsou zisky dodavatelů od 32 476, 63 Kč do 58 523, 67 Kč. Dodavatelé uskuteční dohromady 475, 33 dodávek, nejmenší dodavatel dodá 80, 67 a největší 108, 67 dodávek. Toto řešení příkladu pomocí Cournotova modelu o „*n*" firmách je optimální a rovnovážné řešení pro všechny oligopolní hráče na trhu.

## 3.3 Stackelbergův model

Pro příklad Stackelbergova modelu budeme předpokládat, že na trhu s elektrickou energií se vyskytují pouze dvě firmy. Obě firmy si konkurují a obě se snaží maximalizovat svůj zisk. Firma ve Stackelbergově modelu může vystupovat jako vůdce (bude se chovat jako monopol) nebo následník. Celkové množství produkce „$Q$" vychází z rovnice $Q = q_1 + q_2$, tržní poptávková křivka je tvořena inverzní funkcí $P = 100 - Q$. Vyjdeme z předpokladu, že náklady jsou nulové, a reakční funkce firem jsou vyjádřeny následovně:

$$q_1 = \frac{100 - q_2}{2}$$

$$q_2 = \frac{100 - q_1}{2}$$

Zisk vypočítáme tím způsobem, že od celkových příjmů odečteme celkové náklady, které jsou ale u našeho příkladu nulové. Vzhledem k tomu určíme zisk jako funkci celkových příjmů:

$$\pi = TR - TC \quad TC = 0$$

$$\pi = TR = P \cdot Q$$

$$\pi_1 = (100 - q_1 - q_2) \cdot q_1 = 100.q_1 - (q_1 \cdot q_2)^2$$

$$\pi_2 = (100 - q_1 - q_2) \cdot q_2 = 100.q_2 - (q_1 \cdot q_2)^2$$

Obě firmy usilují o maximalizaci zisku, jíž je dosaženo v průsečíku křivek „*MC*“ a „*MR*“. V tomto případě vycházíme z nulových nákladů a optimum se nachází v *MC = 0*.

Ve Stackelbergově modelu vycházíme z předpokladu, že $\frac{dq_2}{dq_1} \neq 0$, proto je zisk ovlivněn také dodávaným množstvím elektrické energie druhou firmou:

$$MR_1 = \frac{d\pi_1}{dq_1} - q_1\frac{dq_2}{dq_1} = 100 - 2q_1 - q_2 - q_1\frac{dq_2}{dq_1}$$

$$MR_2 = \frac{d\pi_2}{dq_2} - q_2\frac{dq_1}{dq_2} = 100 - 2q_2 - q_1 - q_2\frac{dq_1}{dq_2}$$

Jestliže se první firmě podaří odhadnout reakční křivku druhé firmy, je možné vyjádřit vliv chování druhé firmy na její mezní příjem za pomoci derivace $q_2$ při fixní $q_1$:

$$q_2 = \frac{100 - q_1}{2} = 20 - \frac{1}{2}q_1$$

$$\frac{dq_2}{dq1} = -\frac{1}{2}$$

$$MR_1 = 100 - 2q_1 - \left(50 - \frac{1}{2}q_1\right) - q_1\left(-\frac{1}{2}\right) = 0$$

$$q_1 = 50$$

$$q_2 = \frac{100 - 50}{2} = 25$$

Zisky firem:

$$\pi_1 = (100 - 75) \cdot 50 = 25.50 = 1250$$

$$\pi_2 = (100 - 75) \cdot 25 = 25.25 = 625$$

První firma coby vůdce dosáhla zisku, který je o 625 jednotek vyšší než u následníka. Pokud firma dokáže správně předvídat chování konkurenta, dosáhne vyššího zisku.

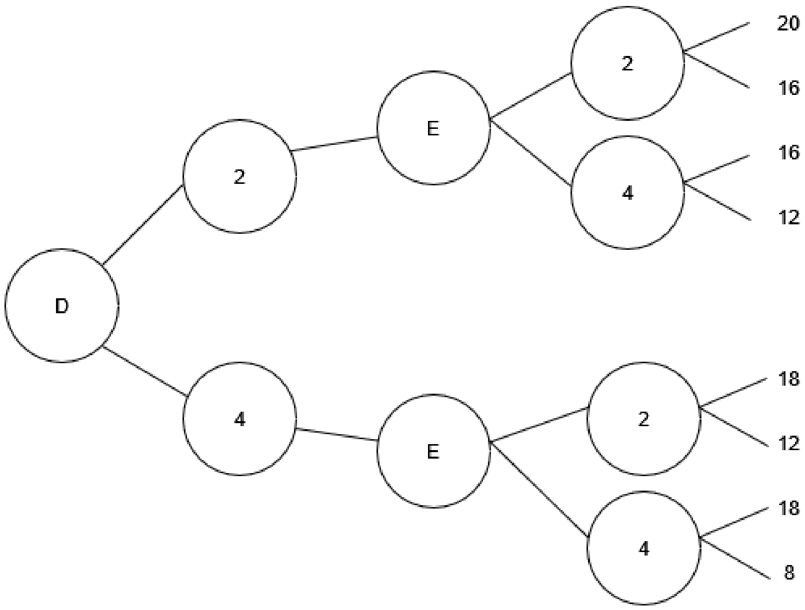
### 3.3.1 Reklamní hra

Důležitou součástí boje o zákazníky je v dnešní době reklama, která může výrazně ovlivnit rozhodování zákazníků. Nejinak je tomu i v oblasti prodeje elektrické energie. Správně cílená a koncipovaná reklama přináší firmě růst zisků prostřednictvím nárůstu počtu zákazníků, kteří díky vlivu reklamy mohou změnit dodavatele. Naopak nesprávně zvolená reklama bez ohledu na postup konkurence může firmu stát nemalé finanční prostředky bez většího úspěchu a dopadu na zákazníky.

V nastavení reklamy, aby byla pro firmu co nejpřínosnější, může pomoci reklamní hra, která nám umožní předvídat reakce konkurentů i potenciálních zákazníků.

Reklamní hra bude realizována mezi dvěma dodavateli elektrické energie, a to firmou D a firmou E. Pro znázornění jednotlivých variant můžeme využít rozhodovací strom nebo výplatní matici. Budeme předpokládat, že firma D a firma E se rozhodly investovat do reklamní kampaně. Firmy se rozhodují, jak velké náklady vynaložit, aby jim reklamní kampaň přinesla co nejlepší výsledky. Rozhodují se mezi částkami 2 nebo 4 miliony korun. Jako první se bude rozhodovat firma D.  Firma E se bude rozhodovat jako druhá s tím, že nebude znát velikost částky, kterou se rozhodla do reklamy investovat firma D. Možné varianty můžeme znázornit pomocí rozhodovacího stromu.

*Obrázek 7 - Rozhodovací strom*




Zdroj: Vlastní zpracování

Pokud budou obě firmy investovat do reklamní kampaně 2 miliony korun, bude mít firma D zisk 20 milionů korun a firma E 16 milionů korun. Když bude firma D investovat 2 miliony korun a firma E 4 miliony korun, potom zisk firmy D bude 16 milionů korun a zisk firmy E 12 milionů korun. Pokud by firma D investovala 4 miliony korun a firma E 2 miliony korun, pro firmu D bude následně zisk ve výši 18 milionu korun a pro firmu E ve výši

12 milionů korun. V případě, že by každá z firem investovala do reklamy 4 miliony korun, potom by firma D měla zisk 18 milionů korun a firma E 8 milionů korun.

Tyto výsledky můžeme uspořádat do výplatní matice.

*Tabulka 5 - Výplatní matice*

| Strategie firmy | | E | |
|---|---|---|---|
| | | 2 mil. Kč | 4 mil. Kč |
| D | 2 mil. Kč | 20; 16 | 16; 12 |
| | 4 mil. Kč | 18; 12 | 18; 8 |

Zdroj: Vlastní zpracování

V případě této reklamní hry dochází k dominantní strategii, která se nachází u firmy E. Nezávisle na rozhodnutí firmy D získá firma E díky strategii investovat do reklamní kampaně 2 miliony korun vyšší zisky než při strategii investovat 4 miliony korun.

Když bude firma D investovat do reklamní kampaně 2 miliony korun, bude také firma E investovat 2 miliony korun. Pokud bude D investovat 4 miliony korun, bude E investovat opět 2 miliony korun. Rozhodování firmy E o tom, jakým způsobem bude investovat, je závislé na rozhodování firmy D. Vzhledem k tomu, že obě firmy znají strukturu hry, firma D pozná dominantní strategii firmy E investovat 2 miliony korun a bude volit rovněž strategii investovat 2 miliony korun. Tato strategie jí přinese zisk 20 milionů korun, zatímco při investici 4 miliony korun dosáhne zisku 18 milionů korun. Optimálním řešením bude přijetí strategie investovat do reklamní kampaně oběma firmami 4 miliony korun, což firmě D zajistí zisk 20 milionů korun a firmě E zisk 8 milionů korun. Žádná změna strategie nebude znamenat ani pro jednu firmu realizaci vyššího zisku. Strategie obou firem jsou rovnovážné.

## 3.4 Kartelová dohoda dvou firem

Firma A a firma B se dohodnou, že mezi sebou uzavřou kartelovou dohodu na základě, které každá z nich zajistí polovinu celkového množství dodávek elektrické energie v místě XY. To v tomto případě bude znamenat, že každá firma zajistí dodávku q = 60 jednotek za cenu P = 80 jednotek, MC = 20 jednotek.

Zisk pro obě firmy bude následující:

$$60 \cdot (80 - 20) = 3600$$

Pokud obě firmy dodrží dohodu, dosáhnou zisk 3600 jednotek.

Pokud dodavatel A dohodu nedodrží a dodá q = 80 jednotek, tržní množství se zvedne na Q = 140 jednotek a cena klesne na P = 70 jednotek. Zisk firmy A vzroste:

$$80 \cdot (70 - 20) = 4000$$

Dodavateli A se proto vyplatí dohodu porušit.

Pokud obě firmy dohodu poruší a dodají q = 80 jednotek, bude tržní množství Q = 160 jednotek a cena P = 60 jednotek. Zisk každé firmy bude:

$$80 \cdot (60 - 20) = 3200$$

Z výpočtů vyplývá, že pro obě firmy by bylo výhodné dodržet kartelovou dohodu, ale ve skutečnosti se každá z firem snaží dosáhnout vyšších zisků, tudíž je dodržování dohod velmi obtížné a často dochází k jejich porušování.

Pokud oligopolní dodavatelé elektrické energie firma A a firma B uzavírají kartelovou dohodu s cílem dosáhnout monopolního výsledku, můžeme tuto situaci znázornit pomocí hry vězňovo dilema.

*Tabulka 6 - Kartelová dohoda pomocí vězňova dilematu*

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">DODAVATEL</td><td colspan="2">A</td></tr>
<tr><td>q = 60</td><td>q = 80</td></tr>
<tr><td rowspan="4">B</td><td rowspan="2">q = 60</td><td>A = 3 600</td><td>A = 4 000</td></tr>
<tr><td>B = 3 600</td><td>B = 3 000</td></tr>
<tr><td rowspan="2">q = 80</td><td>A = 3 000</td><td>A = 3 200</td></tr>
<tr><td>B = 4 000</td><td>B = 3 200</td></tr>
</table>

Zdroj: Vlastní zpracování

Maximalizace zisku pro oba dodavatele je tehdy, pokud oba dodrží kartelovou dohodu. Dominantní strategií každé firmy ale je podvádět a získat tak vyšší zisk pro sebe.

## 3.5 Reklamní kampaň pro 3 kraje

Firma B a firma C, které na trhu s elektrickou energií pokrývají každá cca 10 % dodávek všech dodávajících firem, se rozhodly se zúčastnit reklamní kampaně zaměřené na dodávky elektrické energie ve třech krajích České republiky, a to v kraji Pardubickém, kraji Olomouckém a v kraji Vysočina. Kampaň probíhá v jednotlivých krajích odděleně. Obě firmy disponují stejnou kapacitou dodávek, přičemž jejich celková kapacita dvojnásobně převyšuje poptávku.

Obě firmy mají k dispozici finanční prostředky pouze na reklamní kampaň v jednom kraji. U obou dodavatelů je stejná účinnost reklamní kampaně. V případě, že v kraji uskutečňuje kampaň jen jedna firma, získá všechny budoucí klienty i budoucí zisky tato firma. Pokud v uvedeném kraji povedou kampaň obě firmy nebo žádná z nich, potom každé z firem náleží polovina klientů i zisků.

Plánované zisky v jednotlivých krajích:

- kraj Pardubický 2 800 jednotek
- kraj Olomoucký 3 200 jednotek
- kraj Vysočina 4 000 jednotek

Všechny kombinace strategií znázorníme pomocí následující dvojmatice:

*Tabulka 7 - Dvojmatice*

| Strategie firmy | | B | | |
|---|---|---|---|---|
| | | PUA | OLOMOUC | VYSOČINA |
| C | PUA | (50, 50) | (48, 52) | (44, 56) |
| | OLOMOUC | (52, 48) | (50, 50) | (46, 54) |
| | VYSOČINA | (56, 44) | (54, 46) | (50, 50) |

Zdroj: Vlastní zpracování

I když firma B zvolí jakoukoliv strategii, pro firmu C je nejvýhodnější variantou třetí strategie, která vychází lépe než první a druhá, proto první a druhý řádek je vyškrtnut, tato volba by nebyla pro firmu výhodná. Obdobně platí i pro firmu B, kde můžeme na základě stejného principu škrtnout první a druhý sloupec. Zbyde tak jediná dvojice strategií, která představuje rovnovážný bod a která je řešením této hry. Nejvýhodnější je pro firmu B i pro firmu C reklamní kampaň pro kraj Vysočina.

# Závěr

Cílem mé práce bylo ukázat možnosti využití poznatků teorie her k popisu trhu, ve kterém došlo ke vzniku oligopolu. Práci jsem rozdělila do tří kapitol.

První kapitolu jsem věnovala problematice oligopolu. V této kapitole jsem vysvětlila existenci oligopolní tržní struktury a základní východiska modelů oligopolu spolu s jeho základními znaky. Dále jsem v této kapitole uvedla základní typy oligopolu, jednotlivé typy jsem zde charakterizovala a pomocí grafů zobrazila jejich optimální výstupy. Část první kapitoly je také věnována teoretickému vysvětlení tří modelů oligopolu – Cournotovu modelu, Stackelbergovu modelu a Bertrandovu modelu. Na toto teoretické objasnění principů jednotlivých modelů jsem potom navázala ve třetí kapitole praktickými příklady.

Druhá kapitola je věnována teorii her a jejímu propojení s oligopoly. Na začátku kapitoly jsem zmínila základní pojmy teorie her, jako jsou například hra, hráč, strategie, výplatní funkce a další. Tyto pojmy jsem v diplomové práci neuváděla podrobněji, protože jsem jim věnovala pozornost již ve své bakalářské práci nazvané Využití teorie her v podnikové praxi. Velkou pozornost jsem ve druhé kapitole věnovala kooperativním a nekooperativním hrám, které lze velmi dobře využít při simulaci rozhodovacích situací v rámci oligopolu. Dále je v této kapitole charakterizovaná nejčastěji využívaná hra pro oblast oligopolů, a to vězňovo dilema. Ukázala jsem zde různé varianty této hry, představila jsem vězňovo dilema jako hru jednorázovou, ale také jako hru opakovanou s konečným i nekonečným množstvím opakování. Pro doplnění představy o vězňově dilematu jsem ve druhé kapitole rovněž uvedla nejčastěji používané strategie podle Dlouhého a podle Hykšové.

Třetí kapitola je věnována praktickému využití teorie her v oligopolní struktuře. V této části své práce jsem pro znázornění možností praktického využití jednotlivých her si vybrala odvětví s elektrickou energií, které svým uspořádáním a vzájemnými vztahy vytváří oligopolní strukturu. Z tohoto odvětví jsem zvolila pět nejvýznamnějších firem, pro něž jsem vytvořila různé rozhodovací situace. V praktické části jsem ukázala možnost využití Cournotova modelu pro dvě firmy a také pro n firem k výpočtu optimálního množství dodávek elektřiny jednotlivými dodavateli s optimální cenou. Důležitost správného využití reklamy jsem nastínila v reklamní hře pomocí rozhodovacího stromu a také pomocí výplatní matice. Správnému využití finančních prostředků pro reklamu jsem se věnovala ve hře nazvané reklamní kampaň pro tři kraje. Ve hře kartelová dohoda dvou firem jsem se zabývala významem a přínosem takovéto dohody pro firmy.

Význam teorie her u oligopolních firem neustále stoupá. Díky ní mohou odhadnout chování svých konkurentů a přijmout správné rozhodnutí, které jim umožní maximalizovat zisk.

# Použitá literatura

BESANKO, D. A.; BRAEUTIGAM, R. R.: Microeconomics. Wiley, čtvrté vydání, 2010. ISBN 978-0-470-56358-8.

BRČÁK, Josef a SEKERKA, Bohuslav. *Mikroekonomie*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2010. ISBN 978-80-7380-280-6.

BROWN, G. W. – NEUMANN, J. VON: Solution of games by differential equations. Princeon. Princeton University Press, 1950.

COURNOT, A. *Researches Into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth*. Forgotten Books, 2017. ISBN 978-1-5279- 2084-2.

ČEZ. *Výroční zpráva*. 2023. [online]. [cit. 20. 4. 2024] Dostupné z: cez-distribuce-cz-vyrocni-zprava-2023.pdf (cezdistribuce.cz)

DLOUHÝ, Martin a FIALA, Petr. *Úvod do teorie her*. 2., přeprac. vyd. Praha: Oeconomica, 2009. ISBN 978-80-245-1609-7.

DLOUHÝ, Martin. *Modely nedokonalých trhů.* Praha: VŠE, 2020. [online]. [cit. 4. 3. 2024]. Dostupné z: https://nb.vse.cz/~dlouhy/Teorieher10.pdf

DLOUHÝ, Martin. *Opakované hry.* Praha: VŠE, 2021. [online]. [cit. 3. 3. 2024]. Dostupné z: https://nb.vse.cz/~dlouhy/Teorieher07.pdf

ECONOMY-PEDIA. *Kartel, co to je, definice a koncept*. [online]. [cit. 1. 3. 2024]. Dostupné z: https://cs.economy-pedia.com/11035819-poster

EON. *Výroční zpráva*. 2023. [online]. [cit. 20. 4. 2020]. Dostupné z: E.ON SE Financial Statements pursuant to German GAAP and Combined Group Management Report for the 2023 Financial Year (eon.com)

FIALA, Petr. *Úvod do ekonometrie,* 1. vydání. Praha: ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04004-1.

FRANK, Robert H. a BERNANKE, Ben. Ekonomie. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0471-4

FRIEDMAN, J. *Oligopoly and the Theory of Games*. Amsterdam: North-Holland, 1977. ISBN 072040505X.

FRIEDMAN, J. *Oligopoly Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. ISBN 978-052-128-244-4.

FUCHS, Kamil a Pavel TULEJA. Základy ekonomie. Praha: Ekopress, 2005. ISBN 978-80-8611-994-6.

FUCHS, Kamil. *Mikroekonomie: distanční studijní opora*. Brno: Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, 2005. ISBN 802103808x.

HOLMAN, Robert. *Mikroekonomie: středně pokročilý kurz*. Beckovy ekonomické učebnice. Praha: C.H. Beck, 2002. ISBN 80-7179-737-5.

HOŘEJŠÍ, B., SOUKUPOVÁ, J., MACÁKOVÁ, L., SOUKUP, J. *Mikroekonomie*. 4., rozš. vyd. Praha: Management Press, 2006. ISBN 978-80-7261-150-8.

HOŘEJŠÍ, B., SOUKUPOVÁ, J., MACÁKOVÁ, L., SOUKUP, J., Mikroekonomie, 4. rozšířené vydání, Management Press, Praha, 2009. ISBN 978-80-7261-150-8,

HOŘEJŠÍ, Bronislava. Mikroekonomie. 5., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-218-5.

HYKŠOVÁ, Magdaléna. *Teorie her*. Praha: ČVUT, 2008. [online]. [cit. 20. 4. 2024]. Dostupné z: https://euler.fd.cvut.cz/predmety/teorie_her/hry_t.pdf

INNOGY. *Výroční zpráva*. 2022. [online]. [cit. 20. 4. 2024]. Dostupné z: https://www.innogy.cz/o-innogy/press-centrum/vyrocni-zpravy/innogy-ceska-republika/

JINDRA, Vojtěch. *Optimální výstup firmy v podmínkách oligopolu.* Hradec Králové: UHK, 2020. [online]. [cit. 18. 2. 2024]. Dostupné z: https://edu.uhk.cz/~jindrvo1/files/miek2/texty/11_optimalni_vystup_firmy_v_podminkach_oligopolu.pdf

KLÁNOVÁ, Gabriela. *Využití teorie her*. Pardubice: Univerzita Pardubice. 2022. Dostupné z: content (upce.cz)

MAŇAS, Miroslav. *Teorie her a její aplikace.* Teoretická knižnice inženýra. Praha: SNTL, 1991. ISBN 80-03-00358-x.

MANKIW, N. Gregory. *Zásady ekonomie*. První vydání. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-891-1.

Perloff, J. M.: Microeconomics. Pearson, 6 vydání, 2012. ISBN 978-0-13-139263-2.

PETERS, Hans. *Game Theory.* A multi-leveled Aproach. Berlin-Heidelberg: Springer, 2008. ISBN 978-3-540-69291-1.

PRAŽSKÁ ENERGETIKA. *Výroční zpráva*. 2022. [online]. [cit. 20. 4. 2024]. Dostupné z: https://www.pre.cz/cs/profil-spolecnosti/o-nas/vyrocni-zpravy/vyrocni-zprava/

SAMUELSON, P.A., NORDIIAUS, W.D. *Ekonomie,* 13. vydání. NS Svoboda. Praha. 1991. ISBN 80-205-0192-4.

SEKNIČKOVÁ, J. *Teorie her a ekonomické rozhodování,* 2006. [online]. [cit. 24. 4. 2024]. Dostupné z: Vícekriteriální rozhodování EKO404 (kalcev.cz)

SERRANO, Roberto. *Duopoly*. Cambridge University Press, 2018. Dostupné z: Duopoly | A Short Course in Intermediate Microeconomics with Calculus | Higher Education from Cambridge

SCHILLER, Bradley R. Mikroekonomie dnes. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 978-80-2510-109-4.

SLANTCHEV, B. L. *Game Theory: Repeated Games.* University of California. San Diego., 2004. [online]. [cit. 15. 4. 2024]. Dostupné z: untitled (ucsd.edu)

ŠIROKÁ, D. *Oligopol je trh tvořený malým počtem firem,* 2023. [online]. [cit. 13. 3. 2024]. Dostupné z: https://www.euro.cz/clanky/oligopol/

*Teorie her a oligopol*. Brno: MUNI, 2014. [online]. [cit. 18. 2. 2024]. Dostupné z: P10_Teorie_her_oligopol_tisk.pdf

TRAMBA, David. *Centropol se po roce vrátil k ziskovému hospodaření, vydělal skoro 600 milionů korun.* 2023. [online]. [cit. 20. 4. 2024]. Dostupné z: Centropol se po roce vrátil k ziskovému hospodaření, vydělal skoro 600 milionů korun - Ekonomický deník (ekonomickydenik.cz)

TUREČKOVÁ, Karolína. *Volba výstupu firmy v nekonkurenčním tržním prostředí – oligopol a monopolistická konkurence.* Opava: Slezská univerzita, 2020. [online]. [cit. 24. 2. 2024]. Dostupné z: https://is.slu.cz/el/opf/zima2020/EVSNPMKB/um/NPMKB_11_Nedokonala_konkurence_oligopol_a_monopolisticka_konkurence.pdf

VARIAN, HAL. R. *Mikroekonomie: moderní přístup*. Praha: Victoria publishing, 1995. ISBN 80-85865-25-4.