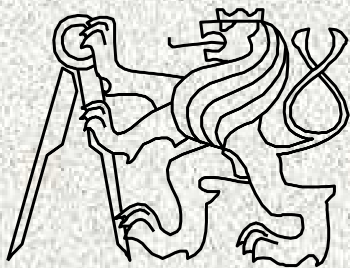
Výjimky



A0B36PR2-Programování 2
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické

Výjimky

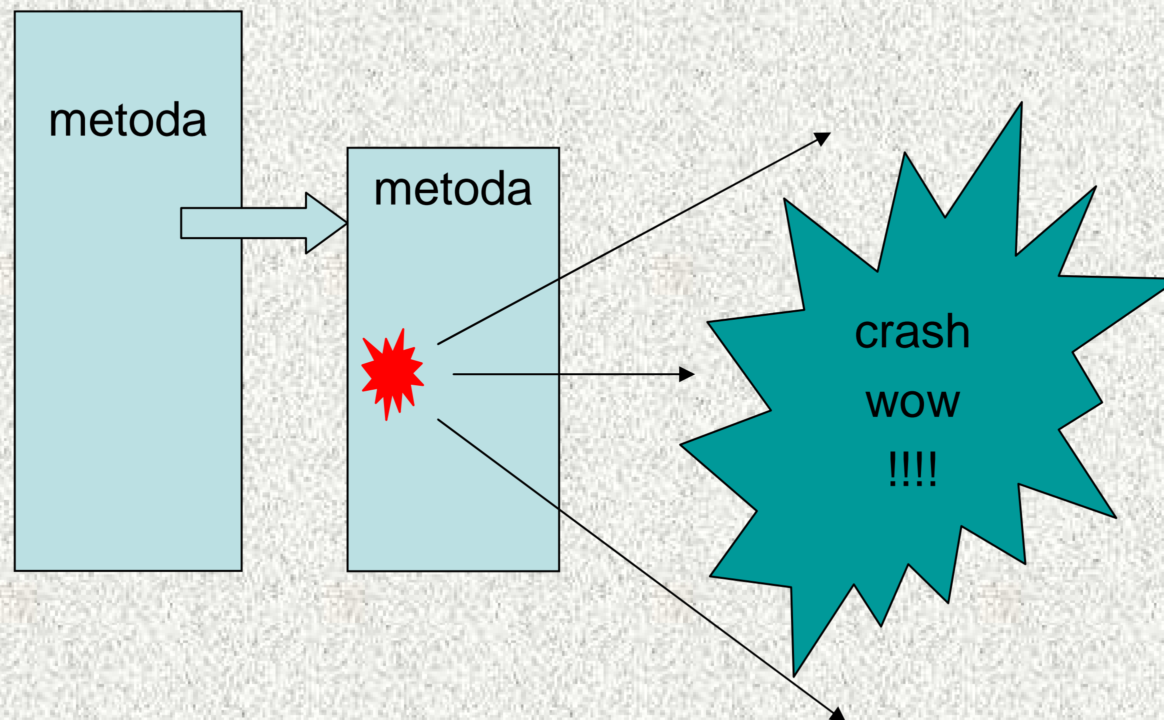
Obsah

- Pojem výjimky
- Princip mechanismu zpracování výjimek, `try + catch`
- Kompletní zpracování výjimek
- Vyhození výjimky, propagace výjimek
- *Generování vlastní výjimky*
- *Hierarchie výjimek*
- Blok **`finally`**

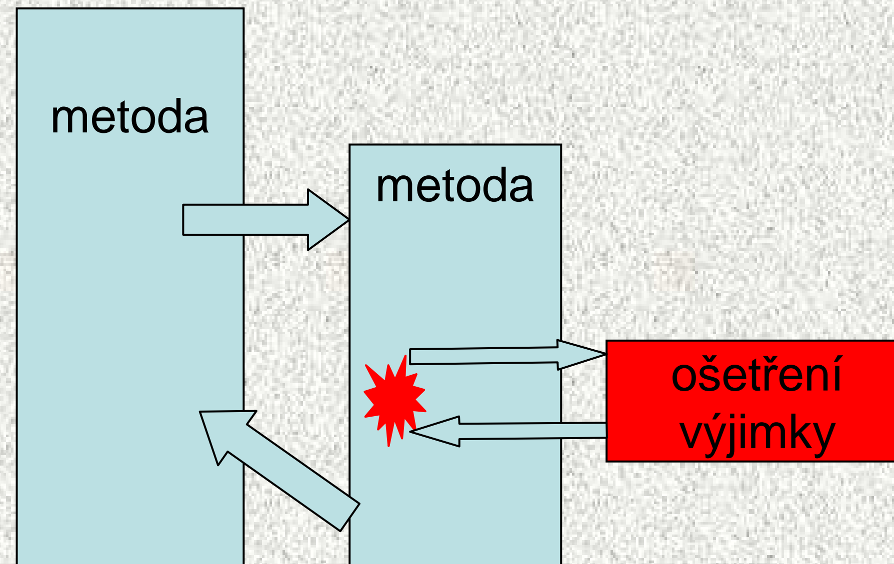
Výjimky

- Vyjímka je „nestandardní situace“:
  1. **Situace, které jsou nestandardní či které my považujeme za nestandardní, měli bychom reagovat a můžeme a dokážeme reagovat** (**`RuntimeException`**)
     - *Pokus o čtení z prázdného zásobníku*
       `EmptyStackException`
     - *Dělení nulou, indexování mimo rozsah pole, špatný formát čísel*
       `AritmeticException, NumberFormatException`
  2. **Situace, na které musíme reagovat, Java nás přinutí** (**`Exception, IOException`**)
     - *Odkaz na chybějící soubor*
       `FileNotFoundException`
  3. **Chyba v hardware, závažné chyby, nemůžeme reagovat** (Error)
     - *Chyba v JVM, HW chyba*
       *(***`OutOfMemoryError`**,**`UnknownError`***)*

Výjimky – vznik nestandardní situace



Výjimky – ideální ošetření



Výjimky

- Výjimka je nestandardní situace při výpočtu programu, např.:
  - *indexace mimo meze pole, neexistující soubor, dělení nulou, málo paměti, nedovolená reakce uživatele,* apod., která znemožňuje pokračovat řádným způsobem.
- Obecně chyba vzniká při porušení sémantických omezení jazyka Java
- Bezpečnostní prvek Javy:
  - zpracování chyb a nestandardních stavů není ponecháno jen na vůli programátora!!
- Reakce na očekávané chyby se vynucuje na úrovni překladu, při nerespektování se překlad nepodaří
- Chyba při provádění programu v jazyku Java nemusí znamenat ukončení programu – chybu lze ošetřit a pokračovat dál
- Při vzniku výjimky je automaticky vytvořen ***objekt,*** který nese informace o vzniklé výjimce.
- Mechanismus výjimek umožní přenést řízení z místa, kde výjimka vznikla do místa, kde bude zpracována
- Oddělení "výkonné" části (**`try`**) od části "chybové" - **`catch`**

Neošetření výjimky

```
public class Vyjimka {
  public static int ctiInt() throws IOException {
    byte[] pole = new byte[20];
    String nacteno;
    int i;

    System.in.read(pole);
    nacteno = new String(pole).trim();
    i = Integer.valueOf(nacteno).intValue();
    return i;
  }


  public static void main(String[] argv) throws IOException {
    System.out.print("Zadej pocet cihel: ");
    int i = ctiInt();
    System.out.println("Cihel je: " + i);
  }
}
```

Neošetření výjimky – příklad reakce

```
Zadej pocet cihel: š
java.lang.NumberFormatException: For input string: "š"
at java.lang.NumberFormatException.forInputString
                              (NumberFormatException.java:48)
   at java.lang.Integer.parseInt(Integer.java:426)
   at java.lang.Integer.valueOf(Integer.java:532)
   at vyjimky.Vyjimka.ctiInt(Vyjimka.java:13)
   at vyjimky.Vyjimka.main(Vyjimka.java:20)
Exception in thread "main"
```

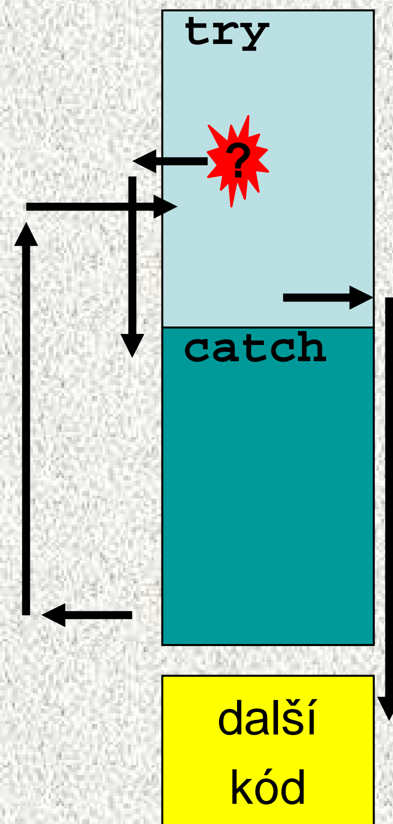
Pojem výjimky

- Označení nestandardní **situace** při výpočtu programu (který například může nastat chybou, např. indexace mimo meze pole), která znemožňuje pokračovat řádným způsobem:
  - výjimečný stav (`exceptional event`) nebo chyba (`error`)
- Označení **výjimečného stavu**, který může být iniciován podle sémantiky programu, mluví se o vyvolání výjimky
  - z metody se výjimka "vyhazuje" – **`throws`** - k dalšímu zpracování
- Označení pro **objekt**, který vznikne "ve výjimečné situaci", nese informaci o vzniklé události, je možné na tuto informaci reagovat
  - objekt nese informaci na místo, kde možné výjimečný stav zpracovat

Mechanismus šíření výjimek v jazyku Java

- Jestliže vznikne výjimka, potom *JVM* hledá odpovídající klauzuli, která je schopná výjimku ošetřit (tj. převzít řízení):
  - pokud výjimka vznikla v bloku příkazu **`try`**, hledá se odpovídající klauzule **`catch`** v tomto příkazu, další příkazy bloku **`try`** se neprovedou a řízení se předá konstrukci ošetřující výjimku daného typu do místa ošetření výjimky (tzv. handler)
  - pokud výjimka vznikne mimo příkaz **`try`**, předá se řízení do místa volání
    metody a pokračuje se podle předchozího bodu
  - pokud taková konstrukce v těle funkce (metody, konstruktoru) není, skončí funkce nestandardně a výjimka se šíří na dynamicky nadřazenou úroveň
  - není-li výjimka ošetřena ani ve funkci **`main,`** vypíše se a program skončí
  - pro rozlišení různých typů výjimek je v jazyku Java zavedena řada knihovních tříd, výjimky jsou instancemi těchto tříd

Bloky `try` a `catch`



Výjimky, způsoby ošetření

1. Bez ošetření vyjímky - CHYBA

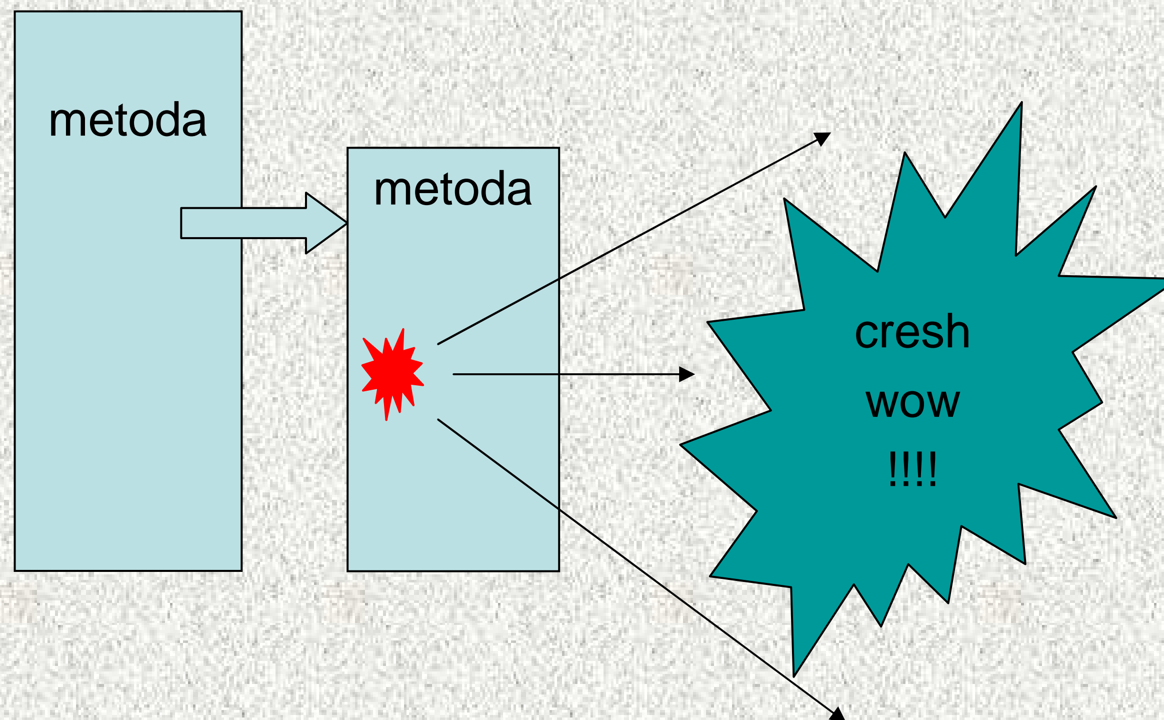
2. Ošetření předáme výše, výjimku nelze či nechceme ošetřit

3. Zachytíme, (částečně) ošetříme a mimo to ji předáme výše

4. Zachytíme a kompletně ošetříme

Poznámka: Nevíme-li dopředu, jak uživatel chce naložit se vzniklou výjimkou, snažíme se použít poslední možnost

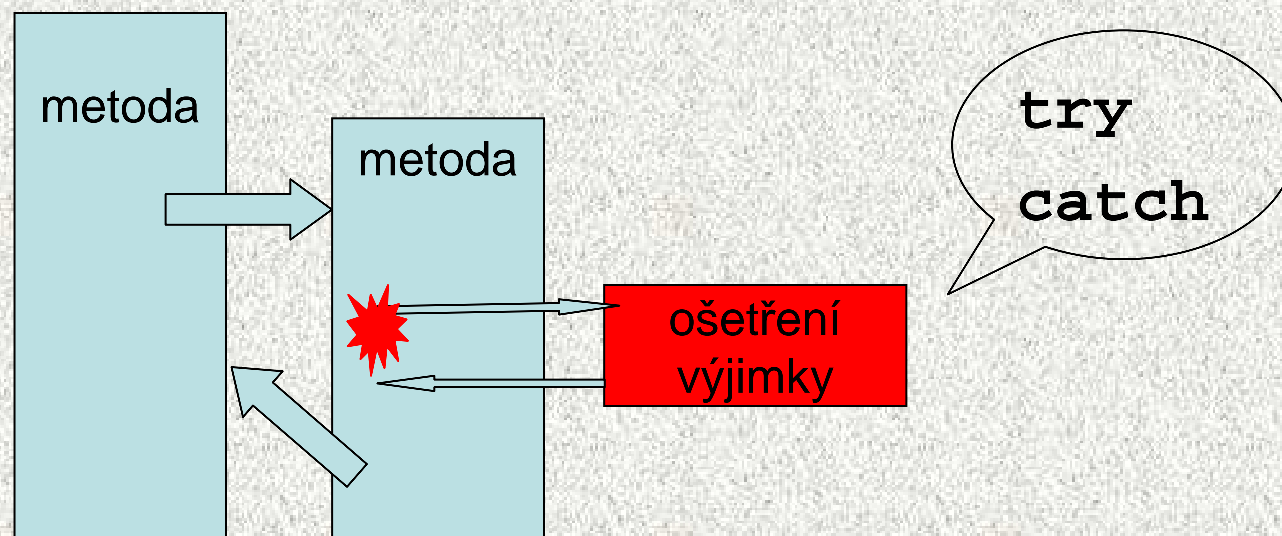
Výjimka – bez jejího ošetření



Neošetření výjimky – příklad reakce

```
Zadej pocet cihel: š
java.lang.NumberFormatException: For input string: "š"
at java.lang.NumberFormatException.forInputString
                                (NumberFormatException.java:48)
   at java.lang.Integer.parseInt(Integer.java:426)
   at java.lang.Integer.valueOf(Integer.java:532)
   at vyjimky.Vyjimka.ctiInt(Vyjimka.java:13)
   at vyjimky.Vyjimka.main(Vyjimka.java:20)
Exception in thread "main"
```

Výjimka – zachytíme a kompletně ošetříme



Kompletní ošetření výjimky

- Při vzniku výjimky se řízení (provádění) programu přenese z místa vzniku výjimky do místa ošetření výjimky. Místo ošetření výjimky (tzv. handler) je klauzule `catch` příslušná příkazu `try`:

```
class Vyjimka0 {
  void m(int[] pole) {
  try {
   int i = 10;
   pole[i] = 0;
  } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException ioe) {
    System.out.println("Ignoruji prekroceni...");
  }}
public static void main(String[] args) {
  int[] pole={1,2,3};
  new Vyjimka0().m(pole);
 System.out.print("a pokracuji\n");
}}
```

Ignoruji prekroceni...
a pokracuji

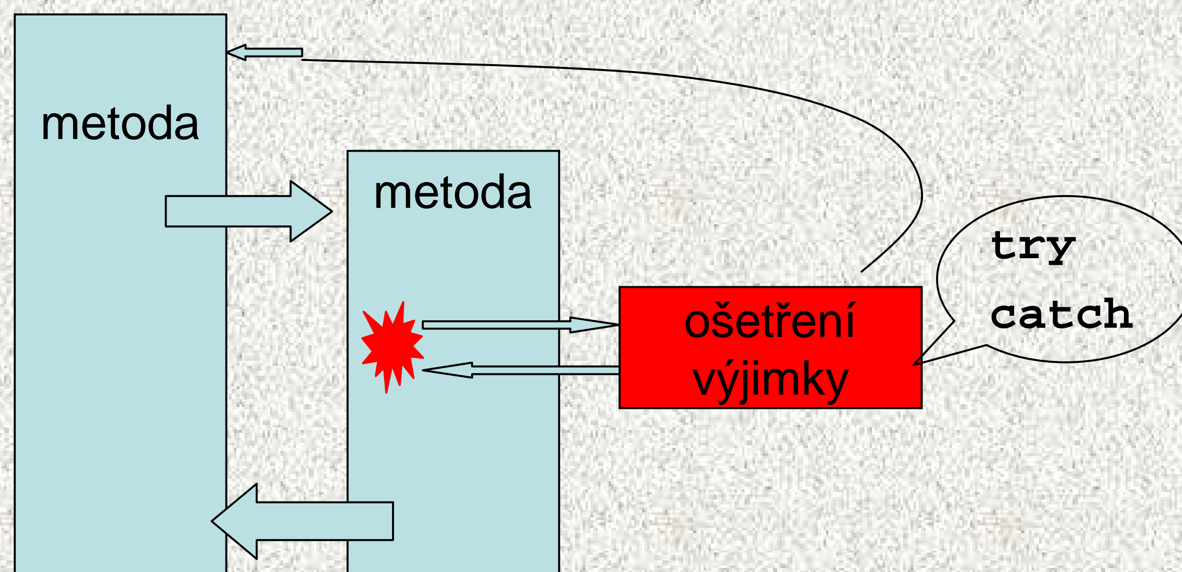
Kompletní ošetření výjimky

- Řešení jazykovou konstrukcí **`try-catch`**

Jedná se o systém:

- průchodu kritickou částí - tzv. chráněný úsek - **`try`**
- s případnou následnou reakcí na vzniklou výjimečnou událost v bloku (**`catch`**), označovaný jako *handler*
- klauzule **`catch`** odpovídá výjimce tehdy, pokud je objekt výjimky kompatibilní pro přiřazení s parametrem **`catch`** klauzule
- klauzulí **`catch`** může být i více pro různé typy výjimek

Ošetření výjimky a předání výš



Ošetření výjimky a předání výš

```
public class Vyjimka1 {
  public static int ctiInt() {
    byte[] pole = new byte[20];
    String nacteno;
    int i;
    try {
      System.in.read(pole);
      nacteno = new String(pole).trim();
      i = Integer.valueOf(nacteno).intValue();
      return i;
    }…
              …
    }catch (NumberFormatException e) {
      System.out.println("Chyba v údaji");
      return -1;
    }}
```

Ošetření výjimky a předání výš

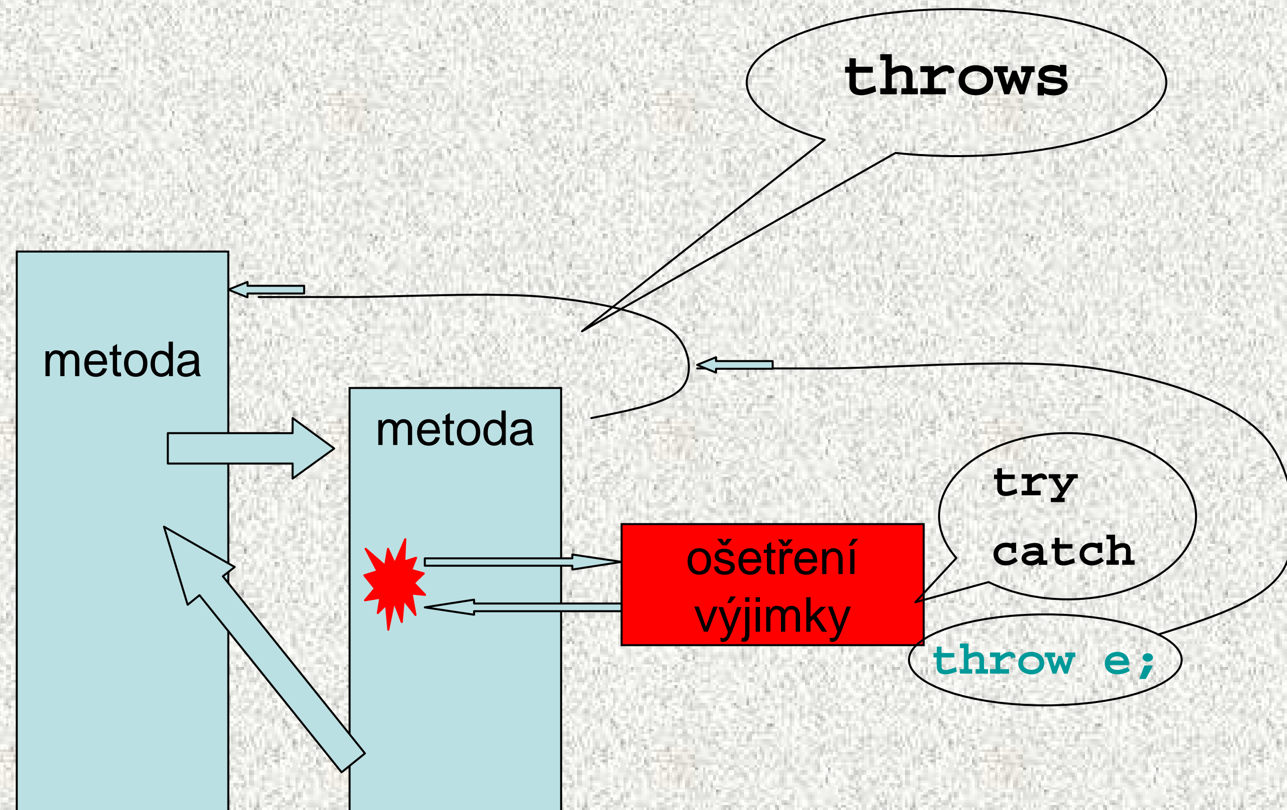
```
public static void main(String[] args) {
    System.out.print("Zadej počet cihel: ");
    int i = ctiInt();
    if (i != -1)
      System.out.println("Cihel je: " + i)
          ;else
       System.out.println("Počet cihel neudán "  );
  }
}
```

```
Zadej počet cihel: č
Chyba v údaji
Počet cihel neudán
```

Poznámka

- Ve volající funkci `main` se testuje "chybový" kód zaslaný zachycenou výjimkou
    - nekonzistentní řešení, lépe pomocí příkazu **`throw`**

Výjimka – zachytíme, ošetříme + předáme výše



Ošetření výjimky + vyhození **throw**

```
public class Vyjimka2 {
public static int ctiInt() throws
                              IOException,NumberFormatException{
    byte[] pole = new byte[20];
    String nacteno;
    int i;
    try {
      System.in.read(pole);
      nacteno = new String(pole).trim();
      i = Integer.valueOf(nacteno).intValue();
      return i;
    }catch (NumberFormatException  e) {
       System.out.println("Chyba v datech"); // ošetření
      throw e;                              // vyhození výjimky
    }…
      …
    }}
```

Ošetření výjimky + vyhození + zpracování

```
public static void main(String[] args) {
    System.out.print("Zadej pocet cihel: ");
    try {
      int i = ctiInt();   // kritické místo
      System.out.println("Cihel je: " + i);
    }catch (NumberFormatException e) { // ošetření
    System.out.println("Program - spatny format");
    }catch (IOException e) {                 // ošetření
    System.out.println("Program neprobehl spravne");
    }
 }}
```

Zadej pocet cihel: š
Chyba v datech
Program neprobehl - spatny format

Ošetření výjimky + vyhození - komentář

Zpracování výjimky:

1. Odchycení pomocí `catch (NumberFormatException e)` v `ctiInt()`
2. Ošetření: `System.out.println("Chyba v datech");`
3. Předání výše pomocí `throw e;` (`e` typu `NumberFormatException`)
4. Odchycení ve funkci `main` pomocí `catch(NumberFormatException e)`
5. Ošetření:

```
System.out.println("Program neprobehl-spatny format ");
```

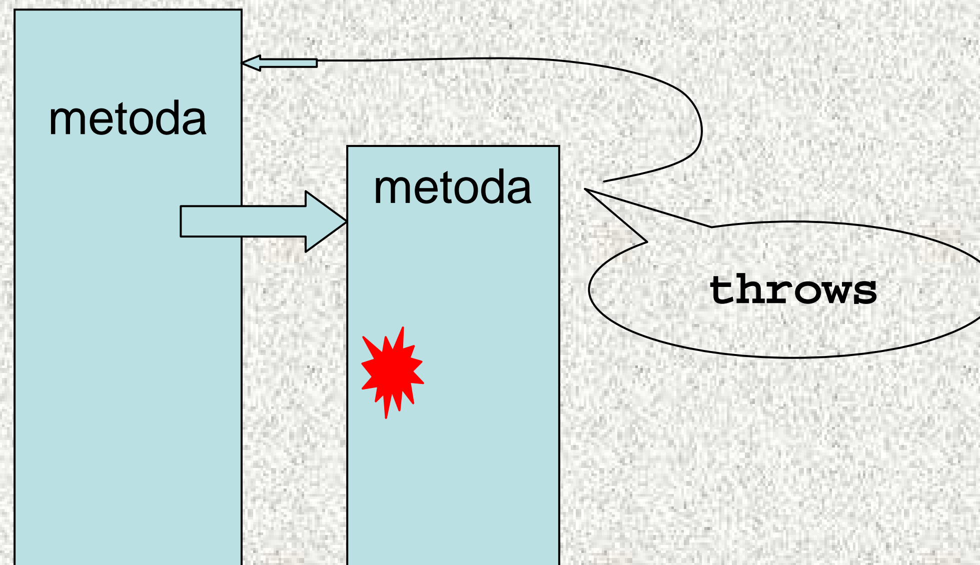
Funkce `main` by mohla výjimku předat výše:

```
public static void main(String[] args) throws IOException {}
```

Proměnná `e` funguje jako formální parametr metody:

```
catch (IOException e) {
       System.out.println("Chyba pri cteni");
       throw e;                                    // vyhození výjimky
    }
```

Neošetření výjimky – předáním výše



Neošetření výjimky – předáním výše

- Předání výjimky do volající metody - tzv. **propagace výjimek**, šíření výjimek v případě "neošetření" výjimky, "zřeknutí se odpovědnosti" a předání klauzulí `throws`

- Nejjednodušší řešení, žádný zásah do kódu doplněním hlavičky metody

```
public static int ctiInt() throws IOException {
```

- Podobně i metoda `main`, Výjimku pak řeší JVM

```
public static void main(String[] args) throws IOException {
```

Nevýhoda:

Nutíme uživatele metody se postarat o "vyhozenou" metodu

Oprávnění použití:

Závisí-li chod dalšího programu na korektní funkci metody, nemá cenu ji ošetřovat a přitom by činnost programu stejně nemohla pokračovat (prostě tu hodnotu musíme mít a ne jen "nespadnutý" program!)

Neošetření výjimky – předáním výše

- Java sama ohlásí při překladu, které části jsou kritické a je je třeba ošetřit, nejsou-li, pak minimálně "vyhozením" na vyšší úroveň pomocí klauzule **`throws`**, jinak nedojde k překladu.

Neošetření výjimky – předáním výše

```
public class Vyjimka1Ne {
  public static int ctiInt() throws IOException,
……                                          NumberFormatException{
    int i;
      System.in.read(pole);
      nacteno = new String(pole).trim();
      i = Integer.valueOf(nacteno).intValue();
   return i;
  }
  public static void main(String[] args) {
    System.out.print("Zadej pocet cihel: ");
   try {  int i = ctiInt();
     System.out.println("Cihel je: " + i);
   }
... catch (NumberFormatException e) {
       System.out.println("Chyba v udaji");
     }}}
```

Chyba v udaji

Vygenerování vlastní výjimky

- Ve vlastních třídách může nastat stav, který chceme ošetřit standardně výjimečným stavem
- Vlastní výjimka je potomkem třídy **`Exception:`**
  - jedná se o tzv.**synchronní výjimku**, vzniká na přesně definovaném místě
  - většinou se jedná o výjimku, na kterou **chceme** reakci uživatele

Poznámka:

Není doporučeníhodné používat vyhození výjimky jako náhrady break (čas!)

Vygenerování výjimky - příklad

```
public class Vyjimka3 {
  public static int ctiInt() throws IOException {
    byte[] pole = new byte[20];
    String nacteno;
    int i;
    try {
      System.in.read(pole);
      nacteno = new String(pole).trim();
      i = Integer.valueOf(nacteno).intValue();
      if (i == 0)
        throw new IOException(); // generujeme vyjímku
      return i;
    }
    catch (IOException e) {
      System.out.println("Chyba cteni");
      throw e;
    }}
```

Vygenerování výjimky – příklad, dokončení

```
public static void main(String[] argv) {
  System.out.print("Zadej pocet cihel: ");
  try {
    int i = ctiInt(); // kritické místo
    System.out.println("Cihel je: " + i);
  }
 catch (Exception e) {
                // zpracování vstupní i naší chyby
    System.out.println("Program neprobehl spravne");
  }
 }
}
```

```
Zadej pocet cihel: 0
Chyba cteni
Program neprobehl spravne
```

```
Zadej pocet cihel: e
Program neprobehl spravne
```

Vygenerování vlastní výjimky, příklad I

```
class MojeVyjimka extends Exception {
  int n;   // deklarace třídy vyjímky
  int d;
   MojeVyjimka(int i, int j) {
    n = i;
    d = j;
  }
 public String toString() {
    return "Hodnota " + n + "/" + d +
           "  není  integer.";
  }}
```

Vygenerování vlastní výjimky, příklad II

```
public class CustomExceptDemo1 {
  public static void main(String args[]) {
    int numer[] = { 4, 8, 15, 32, 64, 127, 256, 512 };
    int denom[] = { 2, 0,  4,  4,  0,   8 };
    for(int i=0; i<numer.length; i++) {
      try {
       System.out.print((i+1) + ".  ");
       if((numer[i]%denom[i])!=0)
                        //podmíněné vyhození výjimky
       throw new MojeVyjimka(numer[i], denom[i]);
           System.out.println(numer[i] + "/" +
                            denom[i] + " je " +
                            numer[i]/denom[i]);
    }
```

Vygenerování vlastní výjimky, příklad III

```
catch (ArithmeticException exc) {
  System.out.println("Nelze dělit nulou!");
     }
     catch (ArrayIndexOutOfBoundsException exc) {
        System.out.println("Mimo rozsah");
     }
     catch (MojeVyjimka exc) { // ošetření
        System.out.println(exc);     // vlastní výjimky
     }
   }
 }
}
```

Vygenerování vlastní výjimky, příklad, výsledek

Výsledek činnosti:

```
1.  4/2 je 2
2.  Nelze dělit nulou!
3.  Hodnota 15/4  není  integer.
4.  32/4 je 8
5.  Nelze dělit nulou!
6.  Hodnota 127/8  není  integer.
7.  Mimo rozsah
8.  Mimo rozsah
```

Ošetřování výjimek, které "nikdy nenastanou"

- Nešvar: nevyplnění těla **catch:**

```
catch (IOException e) {
}
```

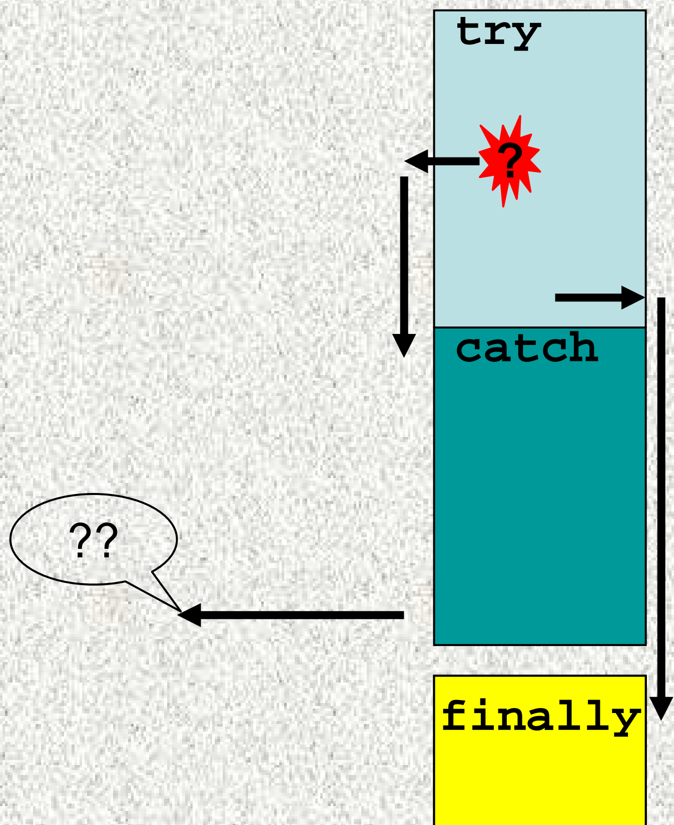
- I v případě, že máme pocit, že chyba „nemůže nastat“, ponecháme na kritickém místě otestování a výpis informací o výjimce pomocí:

```
catch (IOException e) {
e.print.StackTrace(); // vypisuje chybové hlášení
}
```

Pozn.: Výpis je na konzoli, pro grafické prostředí lépe do souboru:

```
System.setErr()
Systém.setOut()
```

Bloky `try` a `catch` a jak dál po ...?



Blok `finally`

V běhu programu je často třeba vykonat nějaké akce, ať dojde k vyvolání výjimky či nikoli

- typicky ukončení práce se soubory

Tuto situaci řeší blok **`finally:`**

```
try {
   // hlidaný blok
}
catch (TypVyjimky e) {
// ošetření výjimky e, proběhne pouze v případě vzniku výjimky
}
finaly {
// akce, které proběhnou vždy
}
```

Blok **`finally`** se vykoná i v případě (!!), že v blocích **`try`** či **`catch`** je:

- příkaz **`return`**
- vyvolána i nezachycená výjimka, propagovaná výše

Blok **`finally`**, příklad

```
class UseFinally {
  public static void genException(int what) {
    int t;
    int nums[] = new int[2];
    System.out.println("Přečteno " + what);
    try {
      switch(what) {
        case 0:
          t = 10 / what; // dělení nulou
          break;
        case 1:
          nums[4] = 4;   // mimo rozsah
          break;
        case 2:
          return;        // výskok z try bloku, bez výjimky
      }
    }
```

Blok **finally**, příklad, pokr. I

```
catch (ArithmeticException exc) {
      System.out.println("Nelze dělit nulou!");
      return;
    }
catch (ArrayIndexOutOfBoundsException exc) {
      System.out.println("Mimo rozsah");
    }
    finally {
      System.out.println("   Společná větev");
    }
  }}
class FinallyDemo {
  public static void main(String args[]) {
    for(int i=0; i < 3; i++) {
      UseFinally.genException(i);
}}}
```

Blok `finally`, příklad, pokr. II

Výstup:

```
Přečteno 0
Nelze dělit nulou!
    Společná větev
Přečteno 1
Mimo rozsah
    Společná větev
Přečteno 2
    Společná větev
```

Poznámka:

Konstrukci **`try-catch-finally`** lze zkrátit i na **`try-finally`**:

- důvodem může být požadavek bezpodmínečného vykonání části kódu při výjimce, která směřuje mimo, nemusí jít o ošetření výjimky

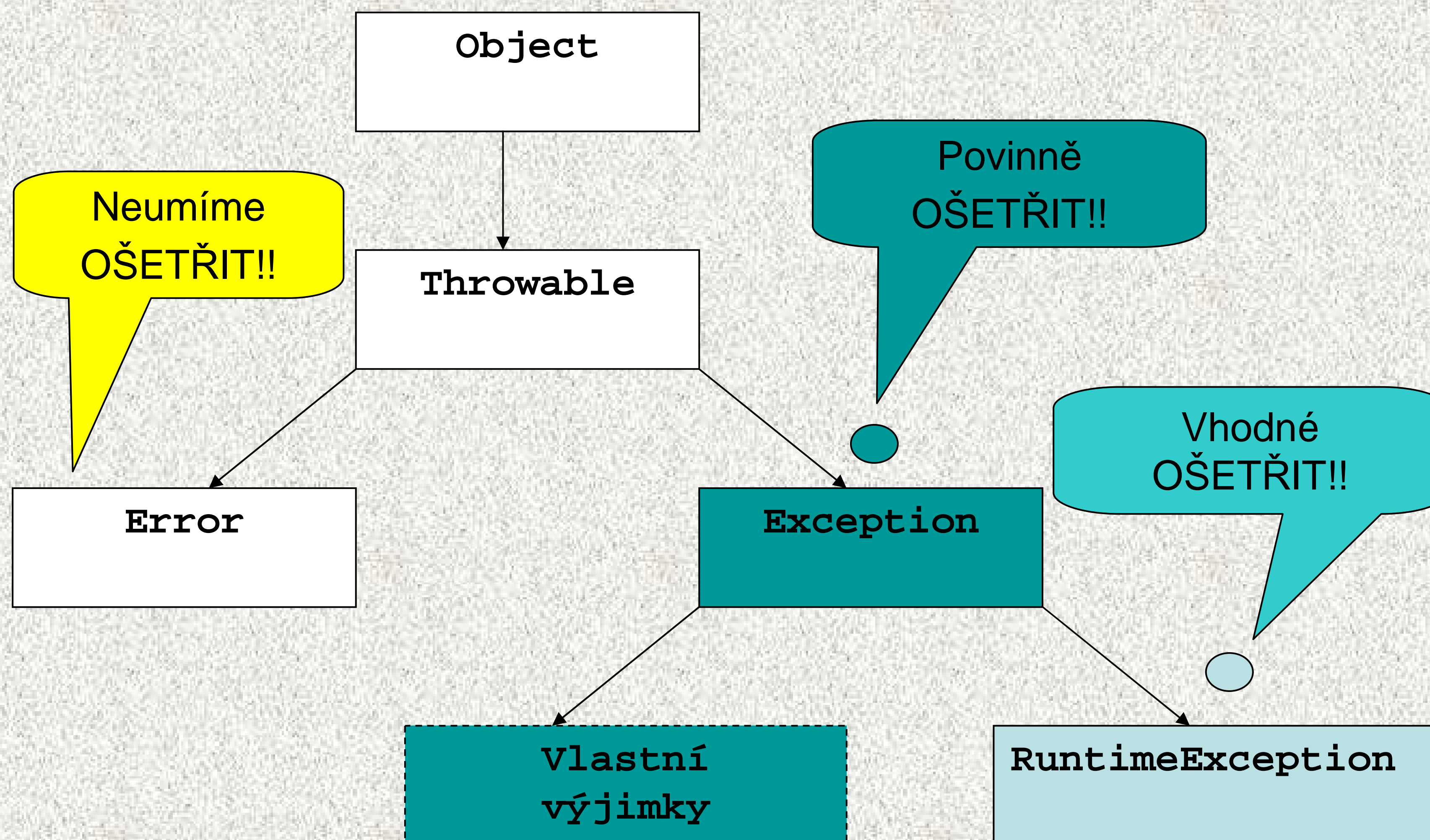
Seskupování výjimek

- V programu mohou nastat výjimky různých typů a úrovní, např.:
  - **`IOException`** (třída **`Exception`**) - musí být uvedena
  - **`NumberFormatException`** (třída **`RuntimeException`**) - měla by být uvedena, nenumerický vstup

- Pro každou výjimku - vlastní blok **`catch`**
- Bloky **`catch`** jsou procházeny v pořadí, jak jsou uvedeny:
- Jakmile vzniklá výjimka vyhovuje třídě uvedené v bloku **`catch`** (či rodičovské třídě), provede se tento blok a ostatní jsou přeskočeny ("**break**")
- Pozor, je-li v prvním **`catch`** zachycena výjimka **`Exeption`**, ostatní bloky jsou zbytečné
- Lze tak rozlišovat různé úrovně výjimek:

```
catch (NumberFormatException e) {
  System.out.println("Chyba ve formatu");
}
catch (IOException e) {// nadtřída NumberFormatException
  System.out.println("Jina behova chyba");
}
```

Struktura tříd výjimek



Kontrolované a nekontrolované výjimky

- ***Kontrolované*** výjimky musí být na rozdíl od nekontrolovaných explicitně deklarovány v hlavičce metody, ze které se mohou šířit, jedná se o výjimky třídy `Exception`, je nutné je povinně obsloužit. Označují se též jako ***výjimky synchronní***:

```
void m() throws Exception {
   if (…) throw new Exception();
}
```

- ***Nekontrolované*** výjimky jsou takové, které se mohou šířit z většiny metod a proto by jejich deklarování obtěžovalo, tzv. asynchronní výjimky:
  - běžný uživatel není schopen výjimku ošetřit – třída `Error`:

`MemoryOverflowError` ~ přetečení paměti

  - chyby, které ošetřujeme podle potřeby, překladač nekontroluje, zda tyto výjimky jsou ošetřeny - podtřídy třídy `RuntimeException`:

`ArithmeticException` ~ dělění 0

`IndexOutOfBoundsException` ~ indexace mimo meze

Třída `Error`

- Představuje závažné chyby na úrovní virtuálního stroje (JVM)
- Nejsme schopni je opravit, tedy neopravujeme
- Třída **`Error`** je nadtřída všech výjimek, které převážně vznikají v důsledku softwarových či hardwarových chyb výpočetního systému a které většinou nelze v aplikaci smysluplně ošetřit (např. **`ClassFormatError`**).

Příklad:

`ClassFormatError` ~ chybný formát byte-kódu

`MemoryOverflowError` ~ přetečení paměti

Třída **RuntimeException** (podtřída `Exception`)

- Představuje třídu chyb, která se můžeme s úspěchem ošetřit
- Je třeba je očekávat, jedná se tzv. **asynchronní výjimky**, např.:
  - dělení nulou - **ArithemeticExeption**
  - nedovolený převod znaků na číslo - **NumberFormatException**
- Nemusíme na ně reagovat, ale můžeme je předat "výše", překladač nás k reakci nenutí
- Reagujeme na ně podle našeho odhadu jejich výskytu
- Pokud to špatně odhadneme a nastane chyba, Java nám indikuje místo chyby, které opravíme tak, že tam vložíme ošetření výjimky
- Prakticky není možné ošetřit všechny výjimky **RuntimeException -** nepřehledný kód

ArithmeticException	- dělení nulou
ClassCastException	- nedovolené přetypování
IndexOutOfBoundsException	- indexace mimo meze
NegativeArraySizeException	- vytváření pole se zápornou délkou
NullPointerException	- dereference odkazu **null**
NumberFormatException	- přečtení nenumerické hodnoty

Třída `Exception`

- Označovány jako **kontrolované `(checked)`,** nebo též **synchronní**, nemohou se vyskytovat kdekoli, jen v souvislosti s voláním "nebezpečných" metod, typicky metody vstupu/výstupu (`IOException`)
- Potomek třídy `Exception` může ošetřovat i "naše" výjimky, jednoznačně synchronní, vznikají na námi specifikovaném místě
- Vyžadují povinné ošetření, jinak se ohlásí!
- Třída `Exception` je nadtřída výjimek, které převážně vznikají vlastní chybou aplikace a má smysl je ošetřovat
  - typicky ošetření chyb vstupu/výstupu (`IOException`)