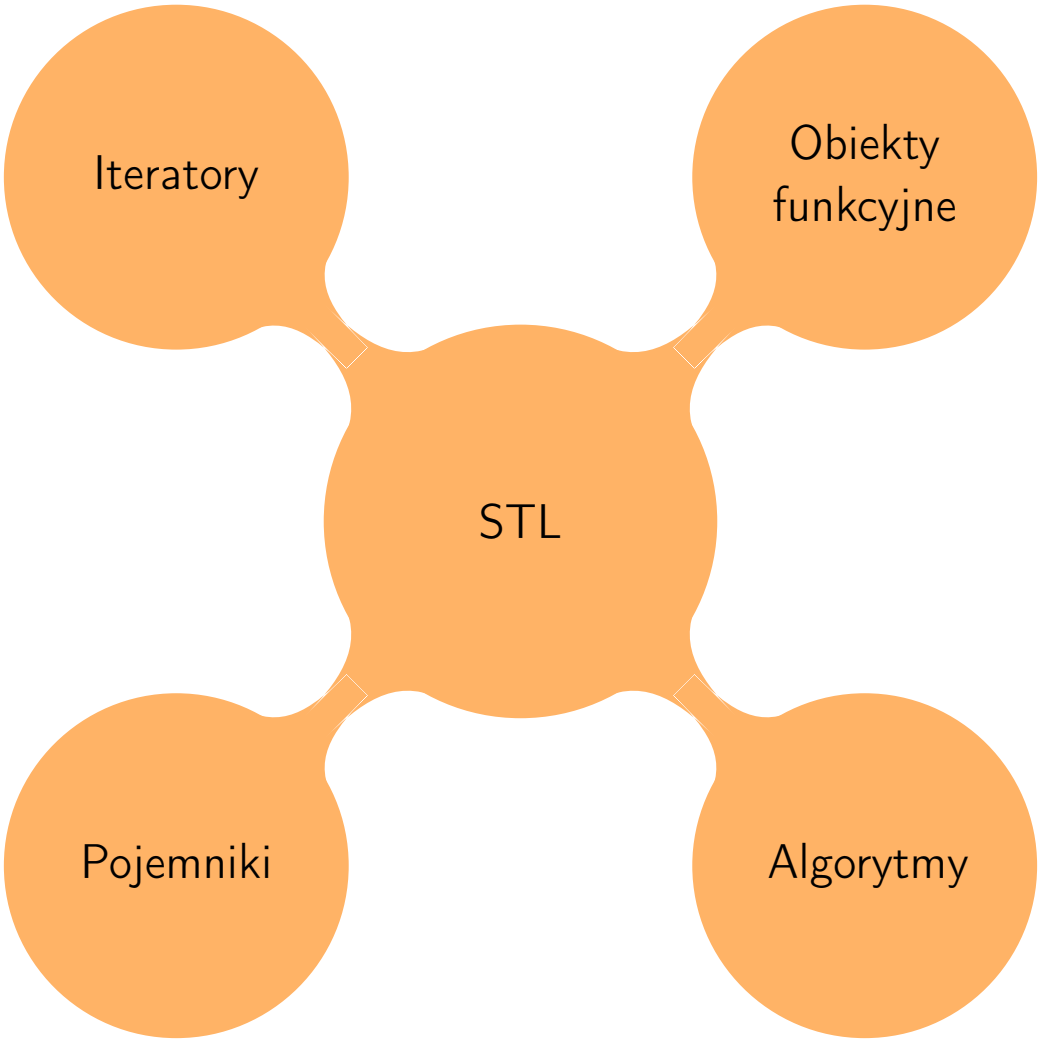
Standard Template Library - STL

Michał Marciniak

March 14, 2024

STL - Wstęp



The C++ Standard Template Library (STL)

1. `https://en.cppreference.com/`
2. `https://cplusplus.com/reference/`
3. YT: CppCon; seria *Back to Basics*

STL - Pojemniki

- Przechowywanie danych (przy użyciu szablonów klas -> elastyczność)
- Metody (dużo metod jest wspólnych dla różnych pojemników)
- Wybór pojemnika zależy od funkcjonalności i złożoności operacji, ale:

  Unless you have a solid reason not to, use a vector.

  – Bjarne Stroustrup - *The C++ Programming Language*

- Pojemniki (Containers)
  1. sekwencyjne (vector, array , deque, list, forward_list)
  2. asocjacyjne (set, map, multiset, multimap)
  3. nieuporządkowane asocjacyjne (unordered_set, unordered_map, unordered_multiset, unordered_multimap)
  4. adaptory (queue, priority_queue, stack, flat_set, ...)

STL - Iteratory

- Uogólnione wskaźniki, przystosowane do iteracji po elementach pojemnika
- Łącznik między pojemnikami, a algorytmami
- Sekwencje zdefiniowane na [begin, end[, tj.

```
*(container.begin()) = 5;   //ok
*(container.end()) = 5;   //nie ok
```

- przykłady:

```
std::vector<int> vec{9,8,74,2,34,5,1};
for(auto it = vec.begin();it!=vec.end();it++)
                    std::cout<<*it<<" ";
for(auto it = vec.cbegin();it!=vec.cend();it++)
                    std::cout<<*it<<" ";
```

Rodzaje iteratorów

- *Input iterator* tylko do (wielokrotnego) odczytu; iteracja przez ++, dereferencja *, porównywanie == i !=
- *Output iterator* jednokrotny zapis przy użyciu *, iteracja przez ++
- *Forward iterator* (wielokrotny) zapis/odczyt za pomocą *; iteracja przez ++, wywołanie funkcji ->,porównywanie ==, != ; przykład forward_list
- *Bidirectional iterator*(wielokrotny) zapis/odczyt za pomocą *; iteracja ++ i – –, wywołanie funkcji ->, porównywanie ==, != ; przykład list, map, set
- *Random-access iterator*(wielokrotny) zapis/odczyt za pomocą *, lub []; iteracja ++, +=, – –, -=; wywołanie funkcji ->, porównywanie ==, !=, <,<=,>,>= ; przykład: deque
- *Contiguous iterator (C++20)*jak wyżej ale iterator może być czystym wskaźnikiem (raw pointer) przykład: vector, string, array

Algorytmy

- zbiór ponad 100 algorytmów z header'a **<algorithm>**
- argumenty - iteratory, np:

```
std::vector<int> vec{9,8,74,2,34,5,1};
std::sort(vec.begin(), vec.end());

std::ranges::sort(vec);          //od C++20
```

- nie wszystkie algorytmy działają na wszystkie pojemniki. Przykład:

```
std::list<int> lis{ 1,2,43,4,5,68,9 };
std::sort(lis.begin(), lis.end()); //nie działa
auto pos = std::find(lis.begin(), lis.end(), 5);
      //ok, typ auto to std::list<int>::iterator
```

Obiekty funkcyjne (funktory)

- Wiele funkcji z <**algorithm**> może brać obiekty funkcyjne jako argumenty - poszerza to zakres stosowalności funkcji
- Funktor = obiekt posiadający zdefiniowany operator ()
- Wiele zdefiniowanych obiektów funkcyjnych w <**functional**> np: greater/less, plus/minus, logical_and/logical_or

Obiekty funkcyjne (funktory)

- Wiele funkcji z <**algorithm**> może brać obiekty funkcyjne jako argumenty - poszerza to zakres stosowalności funkcji
- Funktor = obiekt posiadający zdefiniowany operator ()
- Wiele zdefiniowanych obiektów funkcyjnych w <**functional**> np: greater/less, plus/minus, logical_and/logical_or
- Przykład : odwrotne sortowanie

```
std::vector<int> vec{95,8,74,2,16,34,5,1};

std::sort(vec.begin(), vec.end(), std::greater<>{});
```

std::vector, konstruktory

```cpp
#include<iostream>
#include<vector>

template <typename T>
void print(const T& vec) {
    for (auto& elem : vec) {
        cout << elem << " ";
    }
    cout << endl;
}

int main() {

    std::size_t n = 10;

    std::vector<int> vec1   ;               //pusty vector
    std::vector<int> vec2(n);              //n elementowy vector zer
    std::vector<int> vec3(n, 5);            //n elementowy vector piątek
    std::vector<int> vec4(5, n);            //pięcio-elementowy vector o wartościach n
    std::vector<int> vec5{ 1,2,3,5,4,89,5 }; //vector o danych wartościach

    std::vector<int> vec6 = vec2;           //vector taki sam jak vec2


    print(vec1);
    print(vec2);
    print(vec3);
    print(vec4);
    print(vec5);
    print(vec6);
}
```

Microsoft Visual Studi

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
10 10 10 10 10
1 2 3 5 4 89 5
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

std::vector, dostęp do elementów

```cpp
int main() {

    std::vector<int> vec{ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0 };
    int element1 = vec[4]; //nie sparwdza poprawności adresu
    int element2 = vec.at(4); //sparwdza poprawność adresu

    int element3 = vec[41]; //ok, dostęp do adresu w pamięci
    int element4 = vec.at(41); //program wyrzuci błąd

    int element5 = *(&vec[0] + 3); //dereferencja odpowiedniego wskaźnika;
    int element6 = *(vec.data() + 3);

    int element7 = vec.front(); //dostęp do pierwszego elementu
    int element8 = vec.back(); //dostęp do ostatniego element

    return 0;
}
```

std::vector, przejście po elementach

```cpp
int main() {
    std::vector<int> vec{ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0 };

    for (size_t i = 0; i < vec.size(); i++)  // ok
        std::cout << vec.at(i) << " ";
    std::cout <<std::endl;
    //lepiej; tutaj auto = std::vector<int>::iterator
    for (auto i = vec.begin(); i != vec.end(); i++)
        std::cout << *i << " ";
    std::cout << std::endl;
    // przejście od końca;
    for (auto i = vec.rbegin(); i != vec.rend(); i++)
        std::cout << *i << " ";
    std::cout << std::endl;
    //najlepsza opcja; (jeśli nie interesują nas pozycje)
    for (auto& elem : vec)std::cout << elem << " ";
    std::cout << std::endl;
    return 0;
}
```

std::vector, metody 1

```cpp
int main() {
    std::vector<int> vec;                       //tworzy pusty vector
    std::cout << vec.size() << " " << vec.capacity() << std::endl;
                                                //wypisz rozmiar i zarezerwowany rozmiar
    for (int i = 0; i < 10; i++)vec.push_back(i);   //dodawaj do vectora liczby od 0 do 9

    print(vec);                                 //wypisz vec

    vec.pop_back();                             //usuń ostatni element
    vec.pop_back();                             //usuń ostatni element

    print(vec);                                 //wypisz vec
    std::cout << vec.size() << " " << vec.capacity() << std::endl;   //do co poprzednio
    vec.resize(20);                             //zmień rozmiar
    print(vec);                                 //wypisz vec
    return 0;
}
```

std::vector, metody 2

```cpp
int main() {
    std::vector<int> vec{ 1,2,3,4,6,7,8,9,0 };
    std::vector<int> vec1{ -1,-2,-3,-4 };

    auto itr = vec.begin();   //iterator na pierwszy element

    vec.insert(itr + 5, 5);   //wstaw value przed (pos - 1) element;
    itr = vec.begin();   //ustaw iterator na pierwszy element
    vec.insert(std::next(itr, 7), {1, 1});   //wstaw std::initializer_list
    print(vec);

    vec.insert(vec.begin(), vec1.begin(), vec1.end()); //wstaw vec1 na początek vec

    print(vec)
              // vec.erase działa na tak samo
    return 0;
}
```

std::vector - uwagi

- definiowanie vectora typu const:

```
const std::vector<int> vec{1,2,3,4,5};
```

- funkcje **begin()** i **end()** są też zdefiniowane jako funkcje działające na pojemniki:

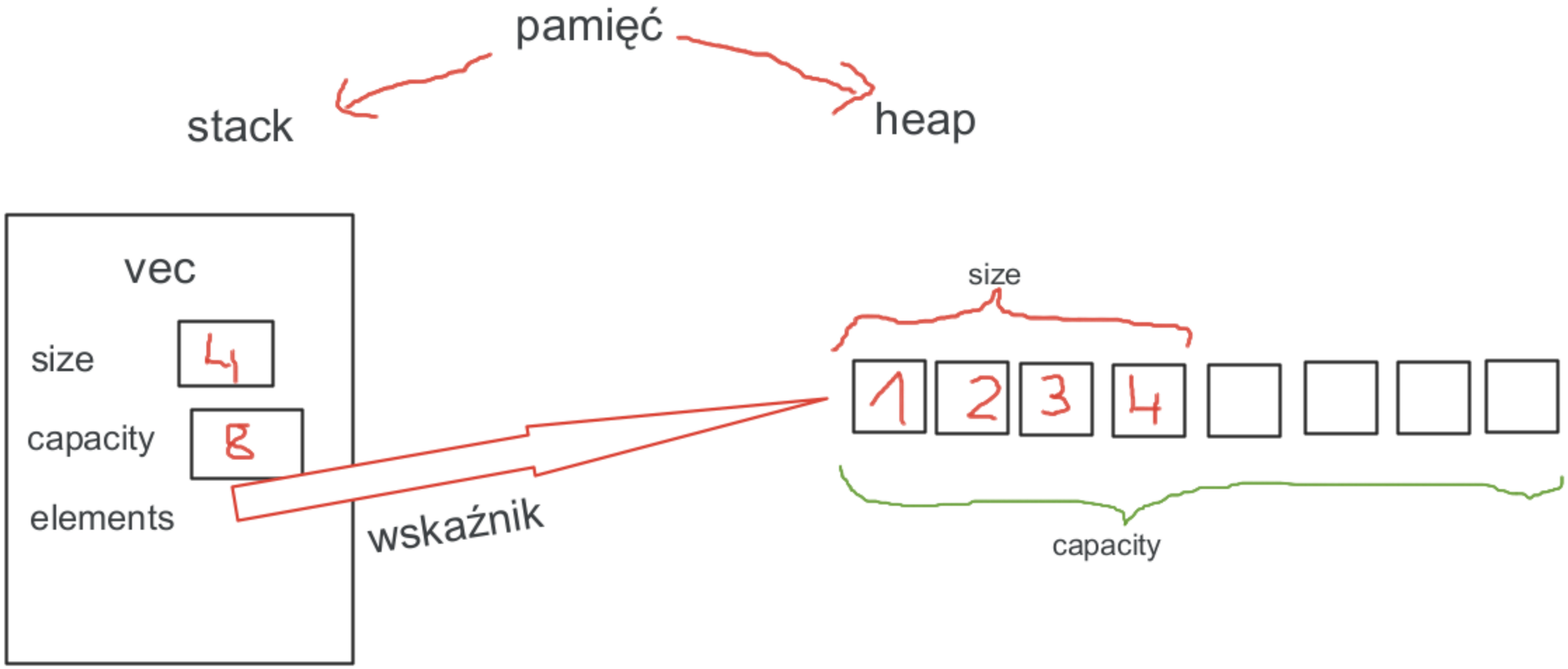
```
std::vector<int>v{1,2,3}
for(auto it=begin(v); it!=end(v);it++)
```

-

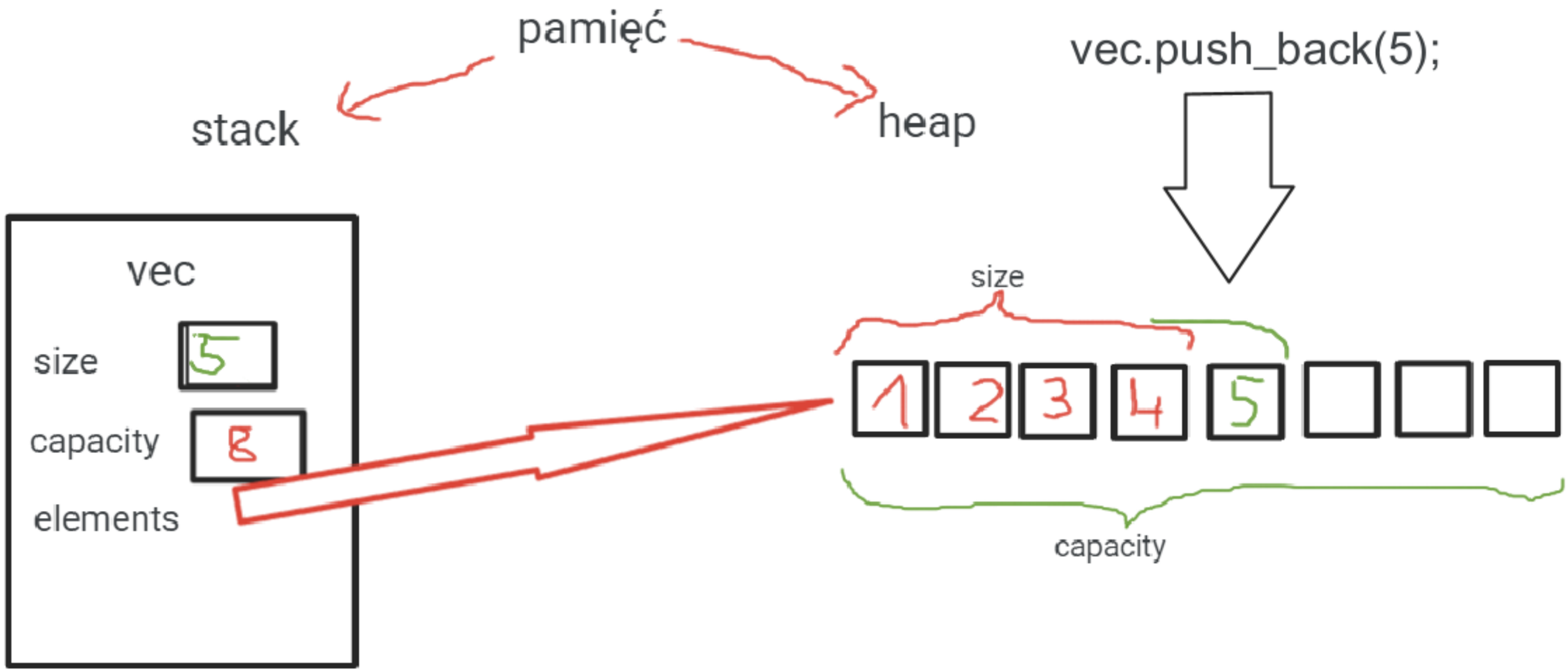
```
std::vector<bool> vec{1,0,1,1,1,1,0};
auto elem = vec[3];
```

kompilator wydedukuje typ zmiennej **elem** jako **std::vector<bool>::reference**. Operator **[]** zwraca referencję, a C++ zabrania referencji do poszczególnych bitów, dlatego używa się tzw. "proxy class"

std::vector<int> vec{ 1, 2, 3, 4}



std::vector<int> vec{ 1, 2, 3, 4}

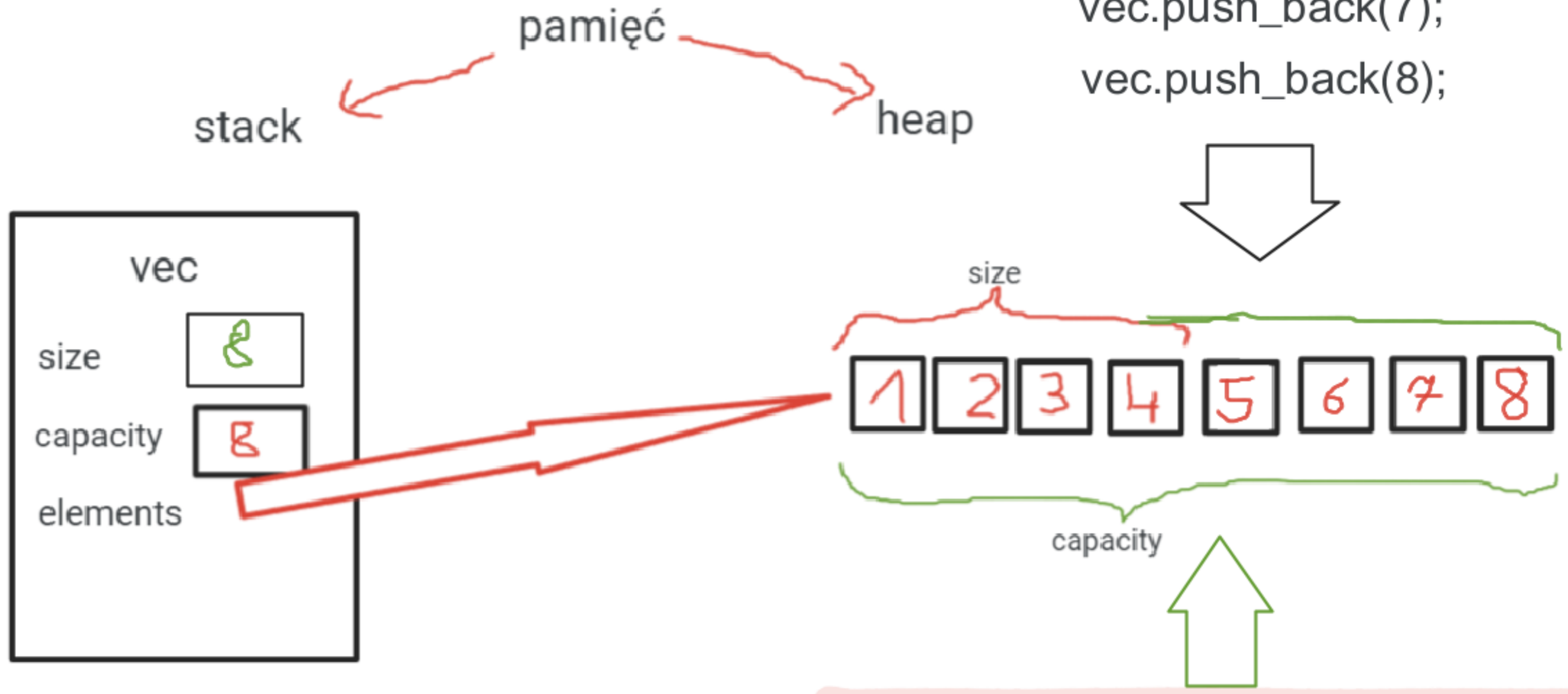


std::vector<int> vec{ 1, 2, 3, 4}

vec.push_back(6);

vec.push_back(7);

vec.push_back(8);



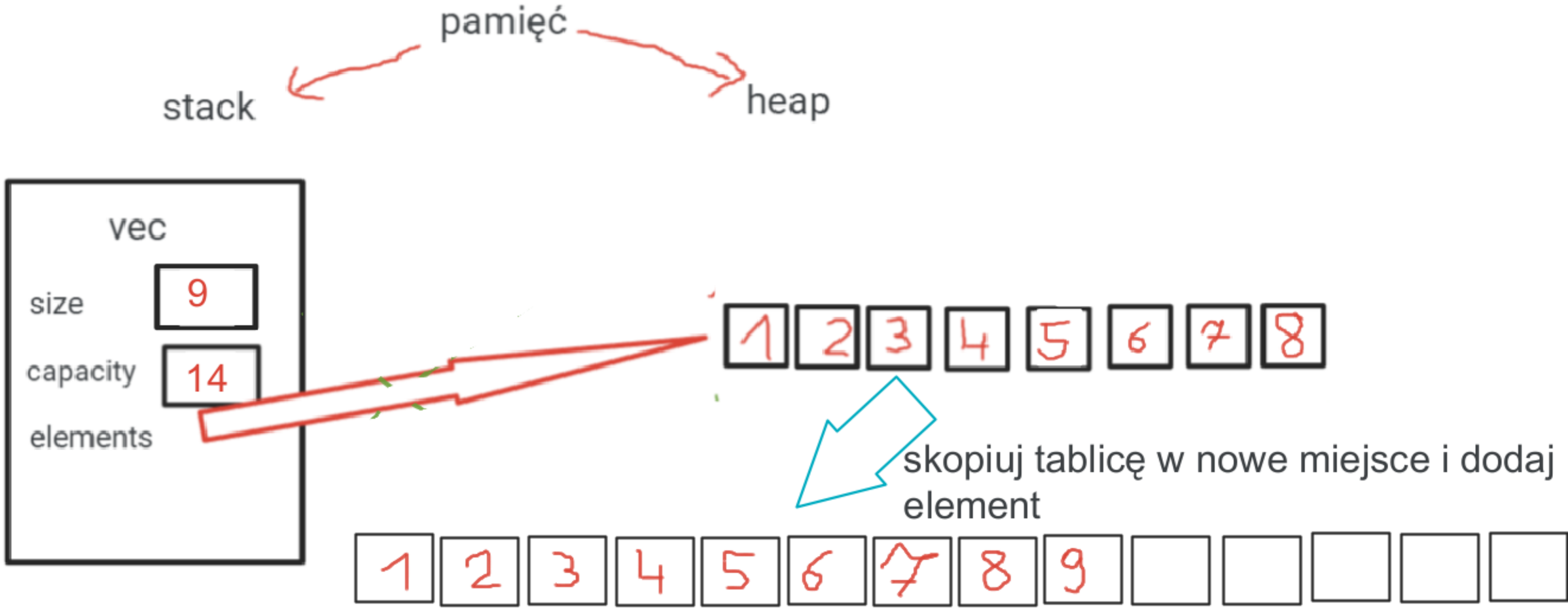
koniec zarezerwowanego miejsca w pamięci!

vec.push_back(9); ⇨ brak miejsca w pamięci ⇨ znajdź większy blok pamięci

⇩

skopiuj tablicę do nowego miejsca i zwolnij niepotrzebną pamięć

std::vector<int> vec{ 1, 2, 3, 4}



std::vector<int> vec{ 1, 2, 3, 4}