

1 Wprowadzenie

Archiwizacja i odtwarzanie to jedno z głównych zadań każdego administratora baz danych, zapewniające ochronę danych i możliwość ich rekonstrukcji. Odtwarzanie bazy danych jest złożoną operacją polegającą na odzyskaniu uszkodzonych plików bazy danych z archiwum, odtworzeniu operacji wykonanych w bazie danych od momentu stworzenia wykorzystywanej kopii i na wycofaniu tych wszystkich zmian, które nie zostały zatwierdzone do momentu awarii.

Kopia archiwalna to nic innego jak kopia danych zawierająca najważniejsze części bazy danych, pliki kontrolne i pliki danych. Dysponując takim archiwum jesteśmy zabezpieczeni przed ewentualną utratą danych i błędami wynikającymi z działania aplikacji.

Kopie tworzone by zabezpieczyć się przed awariami, są kopiami fizycznymi lub kopiami logicznymi bazy danych. Kopie fizyczne, które są podstawą wszystkich algorytmów archiwizacji i odtwarzania bazy danych, to kopie plików tworzących bazę danych. Kopie te mogą być robione korzystając z poleceń systemu operacyjnego lub za pomocą narzędzia Recovery Manager – RMAN (od wersji 8.0). Z kolei kopie logiczne zawierają dane bazy danych (definicje tabel, dane, procedury, ...) umieszczone w plikach binarnych, wygenerowane za pomocą narzędzia Oracle Export. Są one zwykle uzupełnieniem tych pierwszych.

Wiele problemów może zakłócić normalne działanie bazy danych Oracle i wpłynąć na związane z tym operacje I/O. Niektóre z tych problemów nie wymagają interwencji administratora, inne mogą wymagać okresowego zamknięcia bazy danych. Do tych pierwszy można zaliczyć awarie instancji, błąd polecenia, czy awarię procesu użytkownika. Druga grupa, znacznie groźniejszych i wymagających zwykle dłuższego czasu na ich usunięcie awarii to błąd użytkownika i awaria nośnika.

2 Awarie i ich przyczyny

2.1 Awaria instancji

Awaria instancji występuje w sytuacji, gdy jakieś czynniki uniemożliwiają kontynuację pracy instancji bazy danych Oracle. Może być to spowodowane problemami sprzętowymi, na przykład brakiem lub zanikami zasilania lub problemami z oprogramowaniem, na przykład awarią systemu operacyjnego. Z awarią instancji mamy również do czynienia, kiedy korzystamy z poleceń SHUTDOWN ABORT i STARTUP FORCE.

Skutki awarii jednej lub kilku instancji Oracle usuwa automatycznie podczas ponownego jej uruchomienia. Odtwarzanie takie składa się z następujących etapów:

1. Odtwarzanie w przód (Rolling forward) by odzyskać dane, które nie zostały jeszcze zarejestrowane w plikach danych, a jedynie w bieżących plikach dziennika powtórzeń, włączając w to również bloki wycofania. Faza ta jest również nazywana odtwarzaniem buforów (cache recovery).
2. Otwarcie bazy danych. Aby jak najszybciej udostępnić bazę użytkownikom Oracle nie czeka na wycofanie transakcji niezatwierdzonych. Po zakończeniu pierwszego etapu baza jest otwierana i wszystkie dane, niezablokowane przez nieodtworzone transakcje są natychmiast dostępne.
3. Oznaczenie wszystkich transakcji, które trwały w momencie awarii znacznikiem DEAD, wszystkich segmentów rollback i undo zawierających te transakcje jako PARTLY AVAILABLE.
4. Wycofanie przerwanych awarią transakcji przez proces SMON. Ta faza jest nazywana odtwarzaniem transakcji (transaction recovery).
5. Rozstrzygnięcie wszystkich rozproszonych transakcji związanych z dwufazowym zatwierdzaniem trwających w czasie awarii.

6. Jeżeli nowa transakcja zażąda dostępu do wierszy zablokowanych przez “martwą” transakcję, to są one automatycznie wycofywane na podstawie informacji z segmentów typu rollback lub undo, aby je odblokować.

2.2 Błąd polecenia

Błąd polecenia występuje w sytuacji niewłaściwego wykorzystywania poleceń w aplikacjach. Na przykład, użytkownik próbuje wykonać polecenie nie posiadając do tego odpowiednich uprawnień, użytkownik chce wstawić nowy wiersz do tabeli, która ma już wypełnione wszystkie przydzielone jej ekstenty a ich ilość jest równa wartości parametru MAXEXTENTS, lub też próba alokacji kolejnego ekstentu kończy się niepowodzeniem ze względu na brak miejsca w plikach danych należących do przestrzeni tabel, w której ta tabela jest składowana. Wystąpienie tego typu awarii sygnalizowane jest wyświetleniem odpowiedniego komunikatu przez serwer Oracle lub system operacyjny. Nie wymaga to zwykle żadnych kroków odtwarzania. Oracle sam naprawia skutki polecenia wycofując je i zwracając sterowanie do aplikacji. A użytkownik ponownie musi wykonać to samo polecenie lub poinformować o zaistniałym zdarzeniu administratora.

2.3 Awaria procesu

Awaria procesu to problemy wynikające z przerwania działania lub połączenia pomiędzy procesami użytkownika, serwera lub procesami drugoplanowymi instancji bazy danych. Proces drugoplanowy o nazwie PMON wykrywa tego typu sytuacje i wycofuje transakcję związaną z „uszkodzonym” procesem, zwalniając jednocześnie wszelkie związane z nią zasoby. Odtwarzanie po awarii procesu użytkownika czy serwera jest wykonywane automatycznie. Jeżeli przerwany proces to proces drugoplanowy to zwykle instancja nie może poprawnie funkcjonować i mamy do czynienia z sytuacją opisaną w punkcie 1. W tym przypadku odtwarzanie wymaga zamknięcia i ponownego uruchomienia instancji.

2.4 Błąd użytkownika

Jako administratorzy odpowiedzialni za działanie bazy danych mamy niewielki wpływ na to co robią użytkownicy, również na ich błędy, na przykład przypadkowe usunięcie tabeli, zmodyfikowanie i zatwierdzenie błędnych danych. Można ilość tych incydentów ograniczać poprzez okresowe szkolenia użytkowników, nadawanie odpowiednich uprawnień, ale i tak taka sytuacja może zawsze mieć miejsce. Zwykle błąd użytkownika na przykład usunięcie tabeli wymaga ponownego odtworzenia danych ręcznie, poprzez wykonanie importu, lub poprzez wykonanie niepełnego odtwarzania bazy danych lub pojedynczej przestrzeni tabel (tablespace point-in-time recovery TSPITR).

2.5 Awaria nośnika

Błąd ten może wystąpić gdy zachodzi potrzeba czytania lub pisania do plików wynikająca z działania bazy danych Oracle. Nazwa awaria nośnika wynika z tego, że najczęstszą przyczyną problemów z operacjami I/O są urządzenia na których składowane są dane. Często występującym przypadkiem awarii nośnika są uszkodzenia głowic dysków twardych. Wybór algorytmu odtwarzania w tym przypadku jest zawsze zależny od tego jakie pliki bazy danych, do jakich przestrzeni tabel należące zostały uszkodzone. Wszystkie te metody bazują na odpowiednio często wykonywanych kopiach archiwalnych i na informacjach zapisanych w plikach dziennika powtórzeń.

Awaria nośnika może być spowodowana uszkodzeniem jednego lub wszystkich typów plików potrzebnych do funkcjonowania bazy danych, włączając w to pliki danych, bieżące pliki dziennika powtórzeń, pliki kontrolne i oczywiście archiwalne pliki dziennika powtórzeń.

Postępowanie w przypadku uszkodzenia bieżących plików dziennika powtórzeń i plików kontrolnych zależy od tego czy te pliki były chronione poprzez zwielokrotnienie (multiplexing), tak jak jest to zalecane. Jeżeli uszkodzeniu ulega jeden z dysków a pliki zostały zwielokrotnione to utrata jednego z plików dziennika nie powoduje zatrzymania systemu. Uszkodzenie pliku kontrolnego bez względu na ich ilość zawsze powoduje zatrzymanie pracy bazy. Jednak posiadanie drugiej kopii pliku kontrolnego ułatwia odtwarzanie, które w tym przypadku polega jedynie na przekopiowaniu nieuszkodzonego pliku w miejsce tego, który jest przyczyną awarii.

Awaryjne nośnika związane z plikami danych dzielą się na dwie kategorie: błędy czytania i błędy pisania. W przypadku problemów z czytaniem Oracle nie może pozyskać zawartości plików danych, w związku z tym zwykle zwracany jest komunikat o nie odnalezieniu pliku, niemożności jego otwarcia, czy czytania generowany przez Oracle wraz z błędem systemu operacyjnego. Oracle kontynuuje działanie systemu, ale przy każdej próbie dostępu do pliku generuje komunikat o błędzie. Przy kolejnym punkcie kontrolnym wystąpi błąd pisania spowodowany brakiem dostępu do nagłówka pliku.

Jeżeli baza danych pracuje w trybie ARCHIVELOG to Oracle umieści komunikat o błędzie w pliku śledzenia procesu DBWR i przełączy automatycznie plik w tryb offline, przestrzeń tabel nadal pozostanie włączona.

Jeżeli uszkodzony plik danych należy do przestrzeni SYSTEM, to nie może być on wyłączony. W takiej sytuacji zwracany jest komunikat o błędzie i zamykana jest instancja. Jest to spowodowane wymogiem by podczas pracy serwera bazy danych były zawsze dostępne wszystkie pliki należące do przestrzeni SYSTEM. Podobnie zachowa się system w przypadku uszkodzenia plików danych należących do przestrzeni wycofania (undo segments) lub plików zawierających aktywne segmenty wycofania (rollback segments). One również muszą być cały czas dostępne.

3 Tryby pracy bazy danych

Baza danych może pracować w dwóch trybach jeżeli chodzi o sposób obsługi plików dziennika powtórzeń:

3.1 NOARCHIVELOG

Jeżeli baza danych jest używana w trybie NOARCHIVELOG, to archiwizacja bieżących plików dziennika powtórzeń jest wyłączona. W pliku kontrolnym istnieje informacja o braku potrzeby archiwizacji plików dziennika powtórzeń. Z tego powodu zaraz po tym jak wypełniona grupa jest już nieaktywna, staje się ona dostępna procesowi LGWR do ponownego wykorzystania. Ten tryb pracy bazy ochrania ją tylko przed awariami instancji. Brak jest możliwości odtwarzania bazy danych po awarii nośnika. Informacje o aktywności transakcyjnej użytkowników są nadpisywane i bezpowrotnie traczone.

3.2 ARCHIVELOG

Jeżeli baza danych Oracle pracuje w trybie ARCHIVELOG, to archiwizacja bieżących plików dziennika powtórzeń jest kontrolowana przez serwer. Informacja przechowywana w pliku kontrolnym bazy uniemożliwia nadpisanie informacji w pliku dziennika przez proces LGWR zanim ten nie zostanie zarchiwizowany. Tryb ARCHIVELOG umożliwia wykonanie kompletnego odtwarzania bazy danych po awarii dysku jak również po awarii instancji. Wszystko to dzięki temu, że wszystkie modyfikacje wykonywane w bazie danych zostały zarejestrowane w plikach bieżących dziennika powtórzeń, a te zostały z kolei poddane archiwizacji.

3.3 Automatyczna archiwizacja i drugoplanowe procesy archiwizujące

Zwykle korzysta się z dodatkowych procesów drugoplanowych (ARCn), które automatycznie archiwizują każdą grupę plików dziennika w momencie jak staje się ona grupą niebieżącą.

Automatyczna archiwizacja odciąża administratora od ciągłej kontroli stanu grup i od ręcznej ich archiwizacji. W przypadku dużego obciążenia systemu, na przykład zadań wsadowych, można wymusić uruchomienie kilku procesów ARCH w momencie startu instancji poprzez parametr inicjalizacyjny LOG_ARCHIVE_MAX_PROCESSES.

Konfigurując bazę danych pracującą w trybie ARCHIVELOG z automatyczną archiwizacją dzienników za pomocą parametru LOG_ARCHIVE_START, powodujemy uruchomienie kilku procesów archiwizujących zgodnie z wartością parametru LOG_ARCHIVE_MAX_PROCESSES podczas startu instancji. Archiwizacja automatyczna może być uruchomiona lub zatrzymana w dowolnym momencie, a ilością procesów ARCh możemy sterować za pomocą polecenia ALTER SYSTEM z klauzulą LOG_ARCHIVE_MAX_PROCESSES.

Archiwizacja zawsze zaczyna się od grupy dzienników o najniższym numerze sekwencyjnym. Proces ARCH przepisuje zawartość jednego z plików grupy zaraz po tym jak przestanie pisać do niej proces LGWR i zostanie zakończony punkt kontrolny. Informacja o wykonanej archiwizacji jest rejestrowana w pliku kontrolnym i w pliku śledzenia.

Jeżeli proces archiwizujący napotka problemy z dostępem do archiwum to informacja ta jest rejestrowana w pliku śledzenia procesu ARCh i w pliku śledzenia instancji alert-SID.log. Nie usunięcie awarii, do chwili zapełnienia wszystkich bieżących grup plików dziennika powtórzeń spowoduje czasowe zatrzymanie systemu ponieważ proces LGWR nie będzie mógł wywiązać się ze swoich standardowych obowiązkowych zadań, to znaczy z przepisywania zawartości bufora dziennika powtórzeń. Z tego względu, jeżeli tego typu problem wystąpi to należy jak najszybciej go usunąć, tak by archiwizacja automatyczna mogła być kontynuowana, a do momentu zakończenia naprawy należy ręcznie archiwizować dzienniki.

3.4 Ręczna archiwizacja

Jeżeli baza danych pracuje w trybie ARCHIVELOG, to można ręcznie archiwizować wypełnione grupy dzienników, bez względu na to czy automatyczna archiwizacja jest włączona, czy też nie. Jeżeli archiwizacja automatyczna jest wyłączona, to kopie archiwalne dzienników muszą być robione ręcznie.

Oczywiście w większości systemów bazodanowych wykorzystuje się archiwizację automatyczną dzięki czemu unika się obowiązku ciągłej kontroli stanu grup plików dziennika powtórzeń. Wyłączenie archiwizacji automatycznej i wykonywanie archiwizacji ręcznej może prowadzić do tymczasowego zatrzymywania operacji na bazie danych jeżeli ta ostatnia nie jest wykonywana odpowiednio sprawnie, powodując w ten sposób zwiększenie czasu oczekiwania procesu LGWR na dostęp do kolejnej grupy dziennika, by zapisać tam informacje z bufora dziennika powtórzeń, który przez to może wypełnić się w 100%.

3.5 Konfiguracja bazy danych pracującej w trybie ARCHIVELOG

1. Przełączenie bazy danych w tryb ARCHIVELOG.
Przełączenie bazy danych w tryb archiwizacji plików dziennika powtórzeń może być wykonane jedynie w fazie mount uruchamiania bazy. Chcąc zmienić tryb pracy bazy danych należy:
 - Zamknąć bazę danych z opcją polecenia SHUTDOWN inną niż ABORT.
 - Uruchomić bazę danych poleceniem STARTUP MOUNT.
 - Wykonać polecenie ALTER DATABASE ARCHIVELOG lub NOARCHIVELOG, by zmienić tryb pracy bazy. Tryb pracy jest rejestrowany w pliku kontrolnym.
 - Otworzyć bazę danych poleceniem ALTER DATABASE OPEN.
 - Zamknąć bazę danych by wykonać jej archiwizację w nowym trybie pracy.
2. Uruchomienie procesów archiwizujących bieżące pliki dziennika powtórzeń.
Procesy archiwizujące pliki dziennika powtórzeń możemy uruchomić poprzez umieszczenie w pliku inicjalizacyjnym instancji dwóch parametrów:

- LOG_ARCHIVE_START=TRUE, by włączyć automatyczną archiwizację plików dziennika powtórzeń, po wykonaniu na nich punktu kontrolnego.
 - LOG_ARCHIVE_MAX_PROCESSES=n, gdzie n od 1 do 10, by określić początkową ilość procesów ARCn, uruchamianych podczas startu instancji.
3. Zdefiniowanie lokalizacji archiwów plików dziennika powtórzeń i formatu nazw tworzonych plików archiwalnych.

Kolejne parametry umożliwią nam zdefiniowanie pozostałych elementów systemu:

- LOG_ARCHIVE_FORMAT, by zdefiniować format nazw tworzonych plików archiwalnych dzienników powtórzeń. Na przykład:
LOG_ARCHIVE_FORMAT=arc%t%s.arc, gdzie %t to maska wymuszająca umieszczenie w nazwie pliku numeru wątku (instancji), a %s dodanie do nazwy numeru sekwencyjnego dziennika powtórzeń.
- LOG_ARCHIVE_DEST i LOG_ARCHIVE_DUPLEX_DEST (od wersji 8.0), by podać lokalizację pierwszego obowiązkowego i drugiego opcjonalnego lokalnego archiwum. Na przykład: LOG_ARCHIVE_DEST=/ARCHIVE1/ i LOG_ARCHIVE_DUPLEX_DEST=/ARCHIVE2/. Należy pamiętać o kończących ścieżki znakach '/', aby uniknąć niezgodności istniejących w niektórych systemach.
- LOG_ARCHIVE_DEST_n (od wersji 8i), gdzie n od 1 do 5 w wersji 8i i od 1 do 10 w wersji 9i. Od wersji Oracle 8i mamy do dyspozycji nowy parametr LOG_ARCHIVE_DEST_n pozwalający na rozszerzenie definicji archiwów i sposobów ich wykorzystania.
Na przykład: LOG_ARCHIVE_DEST_1="LOCATION=/ARCHIVE1/MANDATORY", LOG_ARCHIVE_DEST_2="LOCATION=/ARCHIVE2/OPTIONAL REOPEN", LOG_ARCHIVE_DEST_3="LOCATION=/ARCHIVE3/MANDATORY REOPEN=600",
LOG_ARCHIVE_DEST_4="SERVICE=STANDBY_DB". Parametr pierwszy archiwum lokalne obowiązkowe, archiwum drugie lokalne, opcjonalne, w przypadku problemów z umieszczeniem w nim kolejnych plików archiwalnych próby mają być ponawiane co 300 sekund (wartość domyślna). Parametr LOG_ARCHIVE_DEST_4 definiuje zdalne archiwum na serwerze wskazywanym aliasem (STANDBY_DB) zdefiniowanym w pliku TNSNAMES.ORA.
- LOG_ARCHIVE_MIN_SUCCEED_DEST=n, dodatkowo możemy jeszcze skorzystać z tego parametru by kontrolować minimalną ilość poprawnie zakończonych archiwizacji dzienników w systemie.
- LOG_ARCHIVE_DEST_STATE_n= ENABLE | DEFER, ten z kolei parameter pozwala na tymczasowe wyłączenie n-tego archiwum z bieżącej listy lokalizacji, gdzie składowane są archiwalne pliki dziennika powtórzeń.

4 Archiwizacja fizyczna bazy danych

4.1 Archiwizacja całej bazy danych

Archiwizacja całej bazy danych, włączając w to bieżący plik kontrolny i wszystkie pliki danych to najczęściej wykonywany typ kopii archiwalnej, który może być wykonywany w przypadku bazy danych pracującej w trybie ARCHIVELOG, jak i w trybie NOARCHIVELOG. Kopia ta może być albo spójną albo niespójną. O typie decyduje to, czy po odzyskaniu bazy z kopii muszą być zaaplikowane informacje z dzienników czy też nie.

4.2 Kopia archiwalna przestrzeni tabel

Kopia archiwalna przestrzeni tabel jest to kopia plików danych tworzących tą przestrzeń. Na przykład jeżeli przestrzeń tabel users składa się z plików danych 2, 3 i 4, to archiwum przestrzeni

tabel users musi zawierać te trzy pliki. Archiwizowana przestrzeń tabel może być w trybie online lub offline i kopia ta jest poprawna tylko w przypadku bazy danych w trybie ARCHIVELOG. Jedyny przypadek, gdy przestrzeń tabel bazy danych w trybie NOARCHIVELOG może być archiwizowana to przełączenie jej w tryb read-only lub offline-normal. Ta sytuacja jest wyjątkowa ponieważ nie wymaga odtwarzania.

4.3 Kopia archiwalna pliku danych

Kopia archiwalna pliku danych to kopia pojedynczego pliku robiona zwykle w przypadku bazy danych w trybie ARCHIVELOG. W przypadku bazy danych w trybie NOARCHIVELOG kopia jest poprawna jeżeli, wszystkie pliki danych przestrzeni są archiwizowane i pliki danych są w trybie read-only lub offline-normal.

4.4 Archiwizacja pliku kontrolnego

Archiwizacja pliku kontrolnego jest szczególnie ważna z punktu widzenia archiwizacji i odtwarzania bazy danych. Bez pliku kontrolnego nie można zamontować i otworzyć bazy. Kopie plików kontrolnych mogą być robione za pomocą następujących poleceń SQL: ALTER DATABASE BACKUP CONTROLFILE, aby utworzyć kopię binarną, lub ALTER DATABASE BACKUP CONTROLFILE TO TRACE, chcąc utworzyć skrypt SQL, który może być użyty do ponownego utworzenia pliku kontrolnego.

4.5 Archiwizacja archiwalnych plików dziennika

Archiwizacja archiwalnych plików dziennika powtórzeń, które są podstawą odtwarzania bazy danych wykorzystując niespójne kopie plików jest robiona poprzez zwielokrotnienie kopii tworzonych przez procesy ARCH, lub poprzez okresowe kopiowanie jednego z archiwów tych plików

4.6 Spójne i niespójne kopie archiwalne

Kopie robione poleceniami systemu operacyjnego mogą być kopiami spójnymi lub niespójnymi. Kopia niespójna to kopia jednego lub kilku plików danych robiona kiedy baza danych była otwarta lub po zamknięciu jej z opcją ABORT. Kopia spójna natomiast to kopia jednego lub kilku plików danych zrobiona po czystym zamknięciu bazy danych. Spójne archiwum po jego odzyskaniu nie wymaga odtwarzania.

To czy posługujemy się jednym, czy drugim rodzajem kopii archiwalnych zależy od tego czy możemy okresowo zamknąć bazę danych aby wykonać kopię archiwalną. W przypadku bazy danych pracującej w układzie 24/7, dwadzieścia cztery godziny na dobę, siedem dni w tygodniu, może okazać się to niemożliwe. Często korzysta się i z jednych i z drugich kopii uwzględniając je w tej samej strategii archiwizacji.

Spójna kopia całej bazy danych lub jej części to kopia której wszystkie pliki danych będące w trybie read/write i plik kontrolny pochodzą z tej samej chwili czasowej, mają zarejestrowany ten sam systemowy numer zmiany (SCN). Dodatkowo wszystkie te pliki nie zawierają zmian wykonanych po zmodyfikowaniu nagłówków podczas ostatniego punktu kontrolnego. Oracle sprawdza czy odzyskana kopia bazy danych jest spójna poprzez porównanie informacji z pliku kontrolnego z informacjami z nagłówków plików danych. Jedynym wyjątkiem w takiej kopii archiwalnej bazy danych są pliki należące do przestrzeni tabel będącej w trybie read-only lub pliki należące do przestrzeni tabel, która została wyłączona w trybie normalnym, numery SCN takich plików mogą być starsze. Pliki te są spójne cały czas od momentu ich przełączenia ze względu na to, że nie są one modyfikowane. Jeżeli informacje o punktach kontrolnych zгодzą się, to Oracle nie musi ich odtwarzać.

Jedynym sposobem na wykonanie spójnej kopii archiwalnej całej bazy danych jest jej zamknięcie z opcją `NORMAL`, `IMMEDIATE`, lub `TRANSACTIONAL` i następnie przekopiowanie do archiwum wszystkich plików ją tworzących. Jeżeli baza danych nie została zamknięta czysto (`SHUTDOWN ABORT`), to pliki bazy danych nie są spójne. Wyjątkiem jest baza danych otwarta w trybie `read-only`. Spójna kopia archiwalna jest jedynym sposobem archiwizacji bazy danych pracującej w trybie `NOARCHIVELOG`, z tego powodu, że nie istnieją archiwalne pliki dziennika którymi można by było się posłużyć synchronizując bazę danych.

Niespójna kopia archiwalna bazy danych to kopia w której pliki danych będące w trybie `read/write` i plik kontrolny nie są oznaczone tym samym numerem `SCN`. Po odzyskaniu bazy z takiej kopii archiwalne, Oracle nie może otworzyć bazy danych dopóki wszystkie nagłówki nie będą zawierały tego samego numeru `SCN`. Muszą więc być zaaplikowane informacje z plików dziennika powtórzeń.

Jeżeli baza danych pracuje w trybie `24/7` to nie ma innego wyboru jak tylko posługiwać się niespójnymi kopiami archiwalnymi całej bazy danych. Aby móc korzystać z niespójnej kopii bazy danych system musi pracować w trybie `ARCHIVELOG`. Spowoduje to obowiązek tworzenia archiwalnych plików dziennika powtórzeń i dzięki temu będziemy dysponowali informacjami niezbędnymi do przywrócenia spójności bazy.

Niespójna kopia zamkniętej bazy danych może powstać w sytuacji, gdy będziemy archiwizowali bazę danych po zamknięciu jej poleceniem `SHUTDOWN ABORT` lub bazę po awarii instancji. Ten typ kopii jest poprawny jeżeli baza danych pracuje w trybie `ARCHIVELOG`, ze względu na dostępność archiwalnych i bieżących plików dziennika powtórzeń potrzebnych do przywrócenia spójności plikom.

4.7 Archiwizacja Online i Offline przestrzeni tabel i plików danych

Archiwizacja online przestrzeni tabel i plików danych jest wykonywana w czasie kiedy baza danych jest otwarta i obowiązkowo pracuje w trybie `ARCHIVELOG`. W czasie tego typu archiwizacji wszystkie pliki należące do archiwizowanej przestrzeni tabel mogą być modyfikowane. Niebezpieczeństwo jakie wiąże się z tą operacją to niespójność danych na poziomie bloku. Na przykład, polecenie systemu operacyjnego czyta blok jak proces `DBWn` jest w trakcie jego modyfikowania. W takim przypadku część przeczytanych danych może być stara a część nowa.

Aby uniknąć problemów związanych z możliwością pojawienia się tego typu bloków podczas archiwizacji online plików danych lub przestrzeni tabel za pomocą poleceń systemu operacyjnego należy przed rozpoczęciem kopiowania wykonać polecenie `ALTER TABLESPACE ... BEGIN BACKUP`. Wynikiem tego polecenia będzie zatrzymanie modyfikacji nagłówków plików wskazanej przestrzeni tabel. Po zakończeniu kopiowania należy ponownie przywrócić normalną obsługę plików podczas punktów kontrolnych przez wykonanie polecenia `ALTER TABLESPACE ... END BACKUP` lub polecenia `ALTER DATABASE END BACKUP` by wyprowadzić z trybu archiwizacji od razu wszystkie przestrzenie tabel.

Archiwizacja offline przestrzeni tabel i plików danych jest wykonywana kiedy te są wyłączone. Przestrzeń tabel może być wyłączona za pomocą rozkazu `ALTER TABLESPACE OFFLINE` z jedną z trzech opcji: `NORMAL`, `TEMPORARY`, lub `IMMEDIATE`. Wyłączenie przestrzeni tabel w trybie `NORMAL` daje pewność, że po zakończeniu archiwizacji nie trzeba odtwarzać przestrzeni tabel czy pliku, gdy ponownie włączamy je do systemu. Dzięki temu można wykonać potrzebną archiwizację plików danych i przestrzeni bez zamykania bazy danych, lub wykonywania odtwarzania.

5 Algorytm odtwarzania bazy danych po awarii

W poniższej tabelce przedstawiono metody postępowania w przypadku różnych typów awarii, w zależności od typu posiadanej kopii bezpieczeństwa.

Uszkodzone pliki	Tryb pracy bazy	Status	Opis
Jeden lub kilka plików danych	NOARCHIVELOG	Zamknięta	Odzyskaj całą bazę danych ze spójnej kopii archiwalnej. Wszystkie modyfikacje zrobione po archiwizacji zostaną stracone. Otwórz bazę danych z opcją RESETLOGS. Uwaga: Opcja RESETLOGS może być pominięta jeżeli odzyskaliśmy z archiwum również bieżące pliki dziennika powtórzeń.
Jeden lub kilka plików danych i bieżące pliki dziennika powtórzeń	NOARCHIVELOG	Zamknięta	Odzyskaj całą bazę danych ze spójnej kopii archiwalnej. Wszystkie modyfikacje zrobione po archiwizacji zostaną stracone. Otwórz bazę danych z opcją RESETLOGS.
Wszystkie pliki kontrolne i prawdopodobnie jeden lub kilka plików danych	NOARCHIVELOG	Zamknięta	Odzyskaj całą bazę danych i plik kontrolny ze spójnej kopii archiwalnej. Wszystkie modyfikacje zrobione po archiwizacji zostaną stracone. Otwórz bazę danych z opcją RESETLOGS
Jeden lub kilka plików danych – baza otwarta	ARCHIVELOG	Otwarta	Wykonaj odtwarzanie pliku lub przestrzeni tabel przy otwartej bazie danych. Wyłącz uszkodzone pliki danych lub przestrzeń tabel, następnie wykonaj odtwarzanie i po jego zakończeniu udostępnij je użytkownikom. Baza danych cały czas jest otwarta, żadne dane nie są tracone.
Jeden lub kilka plików danych – baza zamknięta podczas awarii	ARCHIVELOG	Otwarta	Wykonaj odtwarzanie pliku lub przestrzeni tabel przy otwartej bazie danych. Uruchom bazę danych z opcją MOUNT, wyłącz uszkodzone pliki danych, następnie wykonaj odtwarzanie i po jego zakończeniu udostępnij pliki użytkownikom. Baza danych cały czas jest otwarta, żadne dane nie są tracone.

Jeden lub kilka plików danych należących do przestrzeni SYSTEM lub zawierających aktywne segmenty wycofania.	ARCHIVELOG	Zamknięta	Wykonaj odtwarzanie nie otwartej bazy danych. Otwórz bazę danych i udostępnij ją użytkownikom. Żadne dane nie są tracone, Baza podczas całego procesu nie jest otwarta.
Wszystkie pliki danych	ARCHIVELOG	Zamknięta	Odzyskaj pliki danych z archiwum. Wykonaj kompletne odtwarzanie bazy danych. Otwórz bazę danych.
Jedna lub kilka grup plików dziennika powtórzeń	ARCHIVELOG	Zamknięta	Wykonaj niepełne odtwarzanie bazy danych do utraconego pliku dziennika. Otwórz bazę danych z opcją RESETLOGS.
Jeden lub kilka plików danych, dla których nie istnieją kopie archiwalne.	ARCHIVELOG	Otwarta	Jeżeli baza danych jest zamknięta to wyłącz uszkodzone pliki i otwórz bazę danych. Jeżeli baza danych jest otwarta wyłącz przestrzeń tabel lub plik. Ponownie utwórz utracony plik danych. Wykonaj odtwarzanie pliku danych lub przestrzeni tabel. Udostępnij dane.
Jeden lub kilka plików danych i archiwalne pliki dziennika potrzebne do odtworzenia bazy	ARCHIVELOG	Otwarta	Wykonaj TSPITR na przestrzeni tabel z uszkodzonymi plikami danych, do momentu napotkania uszkodzonego pliku dziennika.
Wszystkie pliki kontrolne i prawdopodobnie jeden lub kilka plików danych	ARCHIVELOG	Nie otwarta	Odzyskaj pliki kontrolne i pliki danych z archiwum. Wykonaj odtwarzanie plików danych. Żadne dane nie są tracone, ale baza danych jest niedostępna podczas naprawy. Otwórz bazę danych z opcją RESETLOGS.
Wszystkie pliki kontrolne, prawdopodobnie jeden lub kilka plików danych i prawdopodobnie archiwalne bieżące pliki dziennika	ARCHIVELOG	Nie otwarta	Odzyskaj wymagane pliki z archiwum i wykonaj niepełne odtwarzanie bazy danych do ostatniego poprawnego pliku dziennika. Utracone zostaną dane zmodyfikowane w bazie i zarejestrowane w uszkodzonym i w kolejnych plikach dziennika. Otwórz bazę danych z opcją RESETLOGS.

6 Przykłady kompletnego odtwarzania bazy danych

W sytuacji kiedy konieczne jest przeprowadzenie odtwarzania bazy danych, pracującej w trybie Archivelog, po awarii nośnika należy upewnić się, że dysponujemy następującymi plikami by odtworzyć bazę do chwili awarii:

- Poprawnym archiwum zawierającym utracone lub uszkodzone pliki danych, wykonanym po przełączeniu bazy danych w tryb Archivelog.
- Wszystkie archiwalne pliki dziennika powtórzeń stworzone od momentu wykonania kopii archiwalnej, która będzie wykorzystywana do naprawy bazy danych. Podczas odtwarzania wszystkie potrzebne archiwalne pliki dziennika powtórzeń muszą być umieszczone na dysku. Jeżeli są przechowywane na taśmie, to należy je przed rozpoczęciem odtwarzania odzyskać.
- Bieżące pliki dziennika zawierają transakcje, które nie zostały jeszcze zarchiwizowane

6.1 Identyfikacja plików danych, które wymagają odtwarzania

By odnaleźć pliki danych, które wymagają odtwarzania i informacje o momencie jego rozpoczęcia, należy skorzystać z informacji udostępnianych przez perspektywę V\$RECOVER_FILE:

```
SQL> SELECT * FROM v$recover_file;
FILE# ONLINE ERROR CHANGE# TIME
-----
2 OFFLINE 288772 02-MAR-01
```

Kolumna ERROR może zawierać jedną z dwóch wartości określających przyczynę dlaczego plik musi być odtworzony, NULL jeżeli powód jest nieznan, OFFLINE NORMAL jeżeli odtwarzanie nie jest potrzebne. Kolumna CHANGE# zwraca wartość systemowego numeru zmiany SCN (system change number) od którego musi się rozpocząć odtwarzanie.

6.2 Lokalizacja archiwalnych plików dziennika powtórzeń niezbędnych podczas odtwarzania

Chcąc zlokalizować archiwalne pliki dziennika powtórzeń, należy wykonać zapytanie na perspektywie V\$ARCHIVED_LOG aby wyświetlić informacje o plikach archiwalnych dziennika powtórzeń lub na perspektywie V\$RECOVERY_LOG aby wyświetlić pliki archiwalne dziennika powtórzeń potrzebne podczas odtwarzania:

```
SQL> SELECT * FROM v$recovery_log;
THREAD# SEQUENCE# TIME ARCHIVE_NAME
-----
1 34 02-MAR-01 /.../ORADATA/ARCHIVE1/arch_34.arc
...
1 43 04-MAR-01 /.../ORADATA/ARCHIVE1/arch_43.arc
1 44 04-MAR-01 /.../ORADATA/ARCHIVE1/arch_44.arc
```

Perspektywa V\$RECOVERY_LOG zawiera użyteczne informacje tylko w czasie gdy procesy Oracle odtwarzają bazę danych.

6.3 Polecenia RECOVER

Podczas odtworzenia bazy danych, można skorzystać z jednego z poniższych poleceń:

- RECOVER [AUTOMATIC] [FROM ...] DATABASE

- Może być zastosowane tylko w przypadku odtwarzania zamkniętej bazy danych.
- RECOVER [AUTOMATIC] TABLESPACE <NUMBER> | <NAME>
Może być zastosowane do odtworzenia otwartej bazy danych.
- RECOVER [AUTOMATIC] DATAFILE <NUMBER> | <NAME>
Może być zastosowane do odtworzenia zarówno zamkniętej, jak i otwartej bazy danych.

gdzie: *automatic* wymusza automatyczne aplikowanie danych z archiwalnych i bieżących plików dziennika powtórzeń podczas odtwarzania

6.4 Proces odtwarzania

1. Uszkodzone lub utracone pliki są odzyskiwane z archiwum. Do odzyskania plików wykorzystujemy polecenia systemu operacyjnego, by przekopiować pliki z archiwum. Możemy w ten sposób odzyskiwać pliki danych, pliki kontrolne, archiwalne pliki dziennika powtórzeń i plik parametrów serwera.

Jeżeli odzyskiwane pliki nie mogą być umieszczone w oryginalnych lokalizacjach to można skorzystać z polecenia ALTER DATABASE aby zmodyfikować zawartość pliku kontrolnego, wskazując nowe lokalizacje:

```
SQL> ALTER DATABASE RENAME FILE  
2> '/ORADATA/u03/users01.dbf' to '/ORADATA/u04/users01.dbf';
```

2. Odtwarzane są operacje zarejestrowane w plikach archiwalnych dziennika powtórzeń i w plikach bieżących dziennika, jeżeli zajdzie taka potrzeba. Podczas tego procesu są tworzone bloki wycofania (undo blocks). Ta faza procesu odtwarzania jest nazywana fazą odtwarzania w przód lub fazą odtwarzania buforów pamięci (roll forward lub cache recovery).
3. Baza danych w tym stanie może zawierać zarówno zatwierdzone jak i niezatwierdzone zmiany.
4. Bloki wycofania są używane do wycofania niezatwierdzonych zmian. Faza ta jest nazywana fazą odtwarzania w tył lub faza odtwarzania transakcji (roll back lub transaction recovery).
5. Baza danych jest odtworzona.

6.5 Metody kompletnego odtwarzania bazy danych

Istnieją cztery metody wykonywania pełnego odtwarzania bazy danych:

Metoda 1: Odtwarzanie zamkniętej bazy danych

Skorzystaj z tej metody w sytuacji gdy:

- Baza danych nie musi być dostępna 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu.
- Odzyskiwane pliki należą do przestrzeni tabel SYSTEM lub zawierają aktywne segmenty wycofania.
- Odtworzenia wymaga cała baza danych lub jej główne pliki danych.

Przykład:

Wykryłeś, że dysk u01 zawiera uszkodzone bloki. Dysk ten zawiera plik danych numer 1. Wykonując zapytania na perspektywach V\$DATAFILE i V\$TABLESPACE, dowiadujesz się, że plik danych o numerze 1 należy do przestrzeni SYSTEM. Należy wykonać następujące kroki by odtworzyć bazę danych:

1. Jeżeli instancja nie jest jeszcze zamknięta, to wykonaj polecenie SHUTDOWN tak jak pokazano to poniżej:

```
SQL> SHUTDOWN ABORT;
```

2. Odzyskaj plik z archiwum (wykorzystaj najbardziej aktualną kopie archiwalną):

```
SQL> host cp /BACKUP/system01.dbf /ORADATA/u01
```

3. Uruchom instancję w trybie Mount i wykonaj odtwarzanie pliku danych:

```
SQL> STARTUP MOUNT;
SQL> RECOVER DATABASE;
```

lub

```
SQL> RECOVER DATAFILE '/ORADATA/u01/system01.dbf';
ORA-00279: change 148448 ...03/29/01 17:04:20 needed for thread
ORA-00289: suggestion : /ORADATA/ARCHIVE1/arch_144.arc
ORA-00280: change 148448 for thread 1 is in sequence #144
Log applied.
...
Media recovery complete.
```

Aby doprowadzić plik danych do stanu w jakim on był w momencie awarii są aplikowane informacje z archiwalnych i bieżących plików dziennika powtórzeń.

4. Po zakończeniu odtwarzania, wszystkie pliki są zsynchronizowane. Otwórz bazę danych.

```
SQL> ALTER DATABASE OPEN;
```

Poinformuj użytkowników o ponownej dostępności bazy danych i o konieczności ponownego wprowadzenia tych danych, które nie zostały zatwierdzone przed awarią systemu.

Metoda 2: Odtwarzanie otwartej bazy danych, otwartej w chwili wystąpienia awarii
Skorzystaj z tej metody w sytuacji gdy:

- Zostanie uszkodzony, utracony plik danych lub wystąpi awaria nośnika, lecz baza danych nie zostanie na skutek tego zamknięta.
- Baza danych musi być dostępna przez 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu. Czas niedostępności bazy danych musi być zminimalizowany.
- Odzyskiwane pliki danych nie należą do przestrzeni SYSTEM i nie zawierają segmentów wycofania.

Przykład:

Baza danych jest otwarta i plik danych numer 2 został przypadkowo usunięty za pomocą polecenia systemu operacyjnego. Ponieważ baza danych jest otwarta, to możesz wykorzystać następujące polecenie by określić do jakiej przestrzeni tabel ten plik danych należy:

```
SQL> SELECT file_id f#, file_name,
2> tablespace_name tablespace, status
3> FROM dba_data_files;
```

F#	FILE_NAME	TABLESPACE	STATUS
1	/disk1/data/system01.dbf	SYSTEM	AVAILABLE
2	/disk2/data/df2.dbf	USER_DATA	AVAILABLE
3	/disk1/data/rbs01.dbf	RBS	AVAILABLE

1. Pierwszym krokiem jest sprawdzenie czy utracony plik danych musi zostać wyłączony:

```
SQL> SELECT d.file# f#, d.name, d.status, h.status
2> FROM v$datafile d, v$datafile_header h
3> WHERE d.file# = h.file#;
```

F#	D.NAME	D.STATUS	H.STATUS
1	/disk1/data/system01.dbf	SYSTEM	ONLINE
2	/disk2/data/df2.dbf	RECOVER	OFFLINE
3	/disk1/data/rbs_01.dbf	ONLINE	ONLINE

...

2. W tym przypadku Oracle automatycznie wyłączył plik 2. Ponieważ plik jest już wyłączony, to możemy przekopiować go z archiwum:

```
SQL > host cp /disk1/backup/df2.dbf /disk2/data/
```

3. Następnie, poleceniem RECOVER lub ALTER DATABASE RECOVER rozpoczynamy odtwarzanie i aplikujemy informacje z odpowiednich archiwalnych plików dziennika powtórzeń do odtwarzanego pliku danych.

```
SQL> recover datafile '/disk2/backup/df2.dbf';
```

lub

```
SQL> recover tablespace USER_DATA;
```

4. Po zakończeniu odtwarzania wszystkie pliki są zsynchronizowane. Odtworzony plik możemy więc włączyć:

```
SQL> alter database datafile '/disk2/data/df2.dbf' online;
```

lub

```
SQL> alter tablespace USER_DATA online;
```

Oracle, w niektórych przypadkach, automatycznie wykrywa awarię i zmienia tryb uszkodzonego pliku na offline. Zawsze przed rozpoczęciem odtwarzania sprawdź zawartość pliku ostrzeżeń, czy nie ma tam dodatkowych informacji o błędach i statusie plików - pliki OFFLINE mogą wymagać odtwarzania.

Wyłączenie przestrzeni tabel powoduje wyłączenie wszystkich jej plików, nie mamy dostępu do żadnych danych znajdujących się w takiej przestrzeni. W przestrzeniach składających się z wielu plików wyłączenie jednego pliku powoduje brak dostępu do danych umieszczonych tylko w tym pliku. Przestrzeń tabel cały czas jest dostępna.

Metoda 3: Odtwarzanie otwartej bazy danych, zamkniętej podczas awarii

Skorzystaj z tej metody w sytuacji gdy:

- Awaria nośnika lub sprzętu powoduje zamknięcie systemu.
- Baza danych musi być dostępna przez 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu; czas niedostępności danych musi być zminimalizowany.
- Odzyskiwane pliki danych nie należą do przestrzeni SYSTEM i nie zawierają segmentów wycofania.

Przykład:

Dowiedziałeś się właśnie o awarii nośnika spowodowanej awarią kontrolera, który obsługiwał tylko jeden dysk, dysk numer 2. Plik danych 2 umieszczony na tym dysku nie należał do przestrzeni SYSTEM i nie zawierał segmentów wycofania, brak tych danych uniemożliwia wykonanie przez użytkowników co miesięcznych raportów.

1. Zamontuj bazę danych. Baza nie może zostać otwarta ponieważ nie ma pliku danych numer

```
SQL> STARTUP MOUNT
Database mounted.
```

Jeżeli nie jesteś pewien do której przestrzeni tabel uszkodzony plik należy wykonaj następujące polecenie:

```
SQL> SELECT d.file#, d.ts#, h.tablespace_name, d.name,
2>          h.error
3> FROM v$datafile d, v$datafile_header h
4> WHERE d.file# = h.file#;
```

FILE#	TS#	TABLES	NAME	ERROR
1	0	SYSTEM	/disk1/data/system01.dbf	
2	1		/disk2/data/df2.dbf	FILE NOT FOUND
3	2	RBS	/disk1/data/rbs01.dbf	

2. Jeżeli plik danych nie jest wyłączony to baza danych nie może być otwarta. Z tego względu plik musi być wyłączony. Możesz wykonać zapytanie na perspektywie V\$DATAFILE by sprawdzić stan pliku. Wykonaj następnie polecenie:

```
SQL> ALTER DATABASE datafile '/disk2/data/df2.dbf' offline;
```

Polecenie ALTER TABLESPACE nie może być wykorzystane w tej sytuacji ponieważ baza danych nie jest jeszcze otwarta.

3. Baza danych może być teraz już otwarta i udostępniona użytkownikom:

```
SQL> ALTER DATABASE OPEN;
```

4. Teraz odzyskaj plik. Ponieważ nie może być on odzyskany do jego pierwotnej lokalizacji na uszkodzony dysk 2, to należy odzyskać go na dysk 3:

```
SQL> host cp /disk1/backup/df2.dbf /disk3/data/
```

Należy następnie poinformować system o nowej lokalizacji pliku:

```
SQL> ALTER DATABASE rename file '/disk2/data/df2.dbf'
2> to '/disk3/data/df2.dbf';
```

Kiedy baza danych jest otwarta i wymagane jest odtworzenie przestrzeni tabel, wykonaj następujące zapytanie by określić nazwę przestrzeni tabel do której należy uszkodzony plik danych:

```
SQL> SELECT file_id f#, file_name,
2>         tablespace_name tablespace, status
3>         FROM dba_data_files;
```

F#	FILE_NAME	TABLESPACE	STATUS
1	/disk1/data/system_01.dbf	SYSTEM	AVAILABLE
2	/disk3/data/df2.dbf	USER_DATA	AVAILABLE
3	/disk1/data/rbs01.dbf	RBS	AVAILABLE

Użyj polecenia RECOVER lub ALTER DATABASE RECOVER aby rozpocząć odtwarzanie pliku danych i ładowanie wpisów z plików dziennika do odzyskanego pliku.

```
SQL> RECOVER DATAFILE '/disk3/data/df2.dbf';
```

lub

```
SQL> RECOVER TABLESPACE user_data;
```

6. Po zakończeniu odtwarzania, wszystkie pliki danych są zsynchronizowane. Plik danych może zostać przełączony w tryb ONLINE:

```
SQL> ALTER DATABASE datafile '/disk3/data/df2.dbf' online;
```

lub

```
SQL> ALTER TABLESPACE user_data online;
```

Metoda 4: Odtwarzanie pliku danych, dla którego nie ma kopii archiwalnej

Skorzystaj z tej metody w sytuacji gdy:

- Awaria nośnika lub błąd użytkownika powoduje utratę nigdy niearchiwizowanego pliku danych.
- Posiadamy wszystkie archiwalne pliki dziennika powtórzeń, wygenerowane od czasu stworzenia pliku do chwili obecnej.
- Odzyskiwane pliki danych nie należą do przestrzeni SYSTEM i nie zawierają segmentów wycofania.

Przykład

Plik danych 4 (na dysku 1) został stracony. Podczas odzyskiwania pliku z taśmy, otrzymujemy komunikat, mówiący o tym, że plik ten nie został zrzucony na taśmę. Administrator, który dwa dni temu stworzył przestrzeń tabel TABLE_DATA, twierdzi, że plik ten zawierał istotne dane i nie został dołączony do żadnej z istniejących strategii archiwizacji. Ponieważ plik 4 nie należy do przestrzeni SYSTEM i nie zawiera aktywnych segmentów wycofania oraz dysponujemy wszystkimi potrzebnymi plikami dziennika powtórzeń, to możemy zastosować następującą metodę odtwarzania bazy danych:

1. Jeżeli baza danych jest zamknięta, to ją montujemy, następnie trzeba wyłączyć stracony plik danych i udostępnić bazę danych użytkownikom nie korzystającym z przestrzeni tabel TABLE_DATA. Jeśli baza jest otwarta, to po prostu wyłącz stracony plik. Jeżeli utracony plik był jedynym plikiem przestrzeni tabel, to możemy wyłączyć całą przestrzeń.

Uwaga: Jeżeli baza danych jest otwarta to utracony plik musi być wyłączony z opcją IMMEDIATE, by uniknąć próby pisania do pliku, który nie istnieje przez proces DBWR:

```
SQL> ALTER TABLESPACE table_data OFFLINE IMMEDIATE;  
Tablespace altered.
```

Należy potwierdzić jeszcze status straconego pliku wykonując zapytanie na perspektywie V\$RECOVER_FILE:

```
SQL> SELECT * FROM v$recover_file;  
FILE# ONLINE ERROR CHANGE# TIME  
-----  
4 OFFLINE FILE NOT FOUND 0
```

2. Następnie należy wykorzystać następujące polecenie aby utworzyć ponownie utracony plik danych:

```
SQL> ALTER DATABASE create datafile '/disk2/DATA/df4.dbf'  
2> as '/disk1/DATA/df4.dbf';  
Database altered.  
SQL> SELECT * FROM v$recover_file;  
FILE# ONLINE ERROR CHANGE# TIME  
-----  
4 OFFLINE 248621 01-DEC-97
```

3. Następnie, korzystając z polecenia RECOVER lub ALTER DATABASE RECOVER rozpoczynamy odtwarzanie:

```
SQL> RECOVER TABLESPACE table_data;
```

4. Po zakończeniu odtwarzania, przełącz przestrzeń tabel w tryb ONLINE:

```
SQL> ALTER TABLESPACE table_data ONLINE;
```

Wszystkie dane są odtworzone. Należy dołączyć plik do strategii archiwizacji i poinformować użytkowników, o tym że przestrzeń tabel jest ponownie dostępna.

Posiadając bazę danych pracującą w trybie ARCHIVELOG i dysponując archiwalnymi plikami dziennika powtórzeń, powstałymi od momentu wykonania kopii archiwalnej bazy danych, jesteśmy w stanie posługując się poleceniami SQL odtworzyć bazę danych ORACLE do momentu awarii, nie tracąc żadnych z zatwierdzonych wcześniej danych.